

Sachbericht

2022



Inhalt

Highlights

- 4 Zeit multipler Krisen: von der Ukraine über Energie bis Klima
- 6 Von Kipp-Elementen bis zu den gesellschaftlichen Kosten
- 8 30 Jahre PIK
- 10 Aus der Forschung
- 12 Von PIAM zu POEM – die Welt der Modelle
- 14 Erfolge und Auszeichnungen
- 15 Ehrungen und Berufungen
- 16 Wissenschaftliche Politikberatung
- 18 Wirken in die Gesellschaft
- 20 Berlin und Brandenburg
- 21 Leibniz-Gemeinschaft
- 22 Medienresonanz

Das PIK in Zahlen

- 24 Finanzierung · Beschäftigungszahlen
Publikationen · PIK in den Medien
Vorträge, Lehre und Veranstaltungen
Wissenschaftlicher Nachwuchs

Forschungsabteilungen

- 26 Forschungsabteilung 1 – Erdsystemanalyse
- 32 Forschungsabteilung 2 – Klimaresilienz
- 38 Forschungsabteilung 3 – Transformationspfade
- 44 Forschungsabteilung 4 – Komplexitätsforschung

50 FutureLabs

Anhang

- 53 Organigramm
- 54 Kuratorium und Wissenschaftlicher Beirat
- 55 Angenommene Rufe, Habilitationen und Stipendien
- 55 Auszeichnungen und Ernennungen
- 58 Drittmittelprojekte
- 60 Veröffentlichungen 2022
- 78 Impressum





Das Jahr 2023 startete vielversprechend: Niemand hielt es für wahrscheinlich oder machbar, dass der EU-Kohlenstoffpreis in so kurzer Zeit die symbolische Grenze von 100 Euro überschreiten würde – und doch hat er es vor ein paar Wochen getan. Signalwirkung hatte auch die erste UN-Konferenz zu Süßwasser seit fast 50 Jahren, die unter Beteiligung des PIK stattfand. Sie gab der entscheidenden Bedeutung von Wasser bei der Lösung unserer zahlreichen globalen Krisen eine internationale Bühne.

In diesem Sachbericht blicken wir zurück auf das Jahr 2022. Es wurde eingeläutet vom russischen Angriffskrieg auf die Ukraine, der die Verbundenheit der Welt und die schwerwiegenden globalen Krisen deutlich zu Tage brachte. So wurde die deutsche Energiewende, jahrelang durch eine technokratische Linse begutachtet, zu einer Diskussion um Energiesouveränität und um Ausgleichsmechanismen zwischen gesellschaftlichen Gruppen. Die durch den Krieg verstärkte Nahrungsknappheit beschleunigte das Explorieren neuer Lösungsansätze und rückte den Wandel hin zu einem nachhaltigeren Lebensmittelsystem in ein neues Licht. Das PIK konnte maßgeblich zu einem wissenschaftlich fundierten Diskurs beitragen.

Gleichzeitig bedingt der voranschreitende Klimawandel diese geopolitischen und gesellschaftlichen Herausforderungen. Die Konferenz der Vereinten Nationen zum Klimawandel (UNFCCC) wies in der Abschlusserklärung erstmals auf die Kippelemente im Erdsystem hin und der Weltklimarat IPCC schlussfolgerte in seinem Sachstandsbericht, dass der Nutzen des Klimaschutzes eindeutig seine Kosten übertrifft. Das PIK konnte seine vielfältige Expertise in diese Prozesse einbringen.

Das tut es inzwischen bereits seit 30 Jahren! Auch das wurde in unserem Jubiläumsjahr 2022 deutlich: während sich das PIK im Jahr 1992 noch in einer exotischen Nische bewegte, sind Klimafolgen in der Breite der Gesellschaft angekommen. Dazu trug einer der Gründungsväter des Instituts bei: Nobelpreisträger Klaus Hasselmann, dem wir bei dieser Gelegenheit danken konnten. „Das PIK“ sind die Forschenden, die neue Erkenntnisse generieren und diese auf vielfältige Weise zur Verfügung stellen. Und es sind all diejenigen, die im Hintergrund diese Arbeit ermöglichen. In unserem Bericht stellen wir eine Auswahl der Ergebnisse des vergangenen Jahres vor.

Wir wünschen Ihnen viel Lesevergnügen,

Professor Ottmar Edenhofer
Direktor

Professor Johan Rockström
Direktor

Dr. Bettina Hörstrup
Administrative Direktorin

Zeit multipler Krisen: von der Ukraine über Energie bis Klima



Foto: © Reifink1973/pixabay

Der russische Angriffskrieg gegen die Ukraine, die Energieknappheit, Lieferengpässe bei Lebensmitteln, nicht zuletzt Migration: Das Jahr 2022 hat uns mit multiplen Krisen konfrontiert. Diese Krisen sind nicht nur miteinander verbunden sondern zugleich auch eng mit der Klimakrise verknüpft. Das Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) hat in diesem schwierigen Jahr wesentliche Herausforderungen analysiert und zukunftsweisende Lösungen entwickelt. Mit dem Ziel, Entscheiderinnen und Entscheidern Wissen an die Hand zu geben, um in unstillen Zeiten so viel Sicherheit zu schaffen, wie möglich ist. Und dies gerade auch beim Reizthema Energie.

In einer Welt, die ohnehin unter Stress steht wie selten zuvor, ist der vom Menschen verursachte Klimawandel „ein Risikomultiplikator – die Begrenzung der Treibhausgasemissionen ist daher ein Sicherheitsthema“, erklärte am Rande der Münchner Sicherheitskonferenz (MSC) Anfang 2023 deren Vorsitzender, Botschafter Christoph Heusgen. Das PIK sei „mit seiner exzellenten Forschung und Politikberatung ein großartiger Partner“. Anlass war die Unterzeichnung einer Vereinbarung für die künftige Zusammenarbeit der MSC mit dem PIK.

Das ist umso bemerkenswerter, als die Konferenz selbstverständlich stark auf die Konfrontation mit Russland und China fokussiert war. Aber, wie die beiden PIK-Direktoren Ottmar Edenhofer und Johan Rockström erklärten: „Die Sicherheits-Fachwelt hat erkannt, dass der Klimawandel kein Umweltproblem ist, sondern ein Problem für die Menschen, für die gesellschaftliche Stabilität, und letztlich für den Frieden.“ Rockström war als Redner nach München eingeladen und führte vor Ort zahlreiche Gespräche.



Johan Rockström spricht auf der Münchner Sicherheitskonferenz

Foto: © MSC/Hildenbrand

Getreide für Menschen statt für Tiere: Agrar-Ökonomie und Ernährungssicherheit

Deutlich wird die Verknüpfung der Krisen bei der Ernährungssicherheit. Der Krieg Russlands gegen die Ukraine, beide Länder zählen zu den Kornkammern der Welt, führte zwischenzeitlich zu einem regionalen Stopp von Getreideexporten. Darunter litten insbesondere einige nordafrikanische Länder. Zugleich sind auch sie es, die von Dürreerisiken besonders betroffen werden, welche eine Folge der Erderhitzung sind.

Agrar-Ökonomen und andere Forscherinnen des PIK veröffentlichten schon kurz nach Kriegsbeginn eine Erklärung, in der sie Möglichkeiten zur Ernährungssicherung aufzeigten, welche auch die Nachfrageseite statt nur die Angebotsseite umfassen. Konkret helfen würde, weniger Getreide an Tiere zu verfüttern, um es direkt für die Menschen zur Verfügung zu stellen. Dabei würde eine Reduzierung der Tierproduktion den Ausstoß von Treibhausgasen vermindern und damit die Zunahme von Dürren begrenzen. Mehr als 600 Expertinnen und Experten unterschrieben diese Erklärung, die in Brüssel und Berlin stark wahrgenommen wurde. Später im Jahr veröffentlichten die Forschenden noch einen detaillierten Policy-Brief zum Thema.

Migration: Nicht nur durch Konflikte, auch durch Klimafolgen

Engpässe bei der Lebensmittelversorgung und andere Risiken können zusätzliche Treiber für Flüchtlingsbewegungen durch

Konflikte oder Kriege sein. Dies war Thema einer Tagung im Auswärtigen Amt „Frieden erhalten inmitten der Klimakrise“ zu Resilienz, Prävention und Daten mit Bundesministerin Anna-Lena Baerbock, bei der auch PIK-Forschende unter anderem des FutureLabs „Sicherheit, ethnische Konflikte und Migration“ sprachen.

In dessen „Weathering Risk“ Projekt geht es um die Vorhersage von Migration, die eine wichtige Anpassungsreaktion an den Klimawandel sein kann, aber auch betroffene Regionen destabilisieren kann. Dies war auch eines der zentralen Themen der Berlin Climate and Security Conference im Oktober, die im Auswärtigen Amt mit zahlreichen Vertreterinnen und Vertretern aus internationalen Organisationen, Politik und Wissenschaft stattfand, darunter auch des PIK.

Geopolitische Realitäten: Von der Energiewende zur Energiesouveränität

Die Energiesicherheit beherrschte die öffentliche Debatte in Deutschland 2022. Russland machte Energie zur Waffe, indem es seine Lieferungen drosselte. Umgekehrt reduzierten Deutschland und andere Länder ihre Importe fossiler Brennstoffe aus Russland, weil diese eine wichtige Einkommensquelle für den Krieg sind. PIK und MCC waren unter den ersten Stimmen, die auf die gesellschaftlichen Auswirkungen einer möglichen Gas-Krise hinwiesen.

Zur geopolitischen Dimension der Energiepolitik gab Ottmar Edenhofer der öffentlichen Debatte starke Impulse. So gehörte er zu den Autorinnen und Autoren eines Ad-Hoc-Statements der Nationalakademie Leopoldina zum Design eines Gas-Embargos. Schon früh erklärte er im Handelsblatt, wie wichtig es ist, den Deckel auf CO₂-Emissionen im EU-Emissionhandel nicht anzuheben. Nur so könne Deutschland zur Gewährleistung der Energiesicherheit zeitweise verstärkt auf Braunkohlekraftwerke zurückgreifen, und dennoch Klimaziele erreichen.

Das vom PIK geleitete und vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte Ariadne-Projekt zur Energiewendeforschung mit 25 mitwirkenden Instituten veröffentlichte eine Reihe von Reporten, die in der Politik auf starke Resonanz stießen. Nach dem großen Szenarienreport über unterschiedliche Wege zur Klimaneutralität buchstabierten mehr als 30 Fachleute des Projekts in „Deutschland



Ottmar Edenhofer beim Treffen der G7 Finanzministerinnen und -minister

auf dem Weg aus der Gaskrise – Wie sich Klimaschutz und Energiesouveränität vereinen lassen“ erstmals im Modell- und Szenarienvergleich aus, welche Stellschrauben zur Verfügung stehen. Die Energiesicherheit in Verbindung mit Klimaneutralität stand auch beim großen Kopernikus-Symposium im September mit mehr als 600 Teilnehmenden in Berlin und online im Mittelpunkt.

Soziale Abfederung der Klimapolitik

Wichtige wissenschaftliche Beiträge lieferte das PIK auch zur sozialen Abfederung finanzieller Belastungen von Bürgerinnen und Bürgern, für Gerechtigkeit und Zusammenhalt. Die Forschenden veröffentlichten zur gezielten Rückverteilung von Einnahmen aus der CO₂-Bepreisung durch ein Klimageld sowohl international als auch in Deutschland stark wahrgenommene Analysen.

Dabei gingen die Forschenden direkt in den Kontakt mit den Entscheiderinnen und Entscheidern in Wirtschaft und Politik. Ottmar Edenhofer etwa sprach beim Treffen der G7 Finanzministerinnen und Finanzminister. Auch hier stand die Ukraine und die Finanzierung weiterer Unterstützung im Zentrum. Den Geldhütern der größten Wirtschaftsmächte ging es ebenso um die Verknüpfung der Krisen. Also auch ums Klima.

Wie sich Energiesicherheit und Klimaneutralität vereinen lassen und welche Wege aus der Gaskrise führen buchstabierte ein umfassender Modell- und Szenarienvergleich des Ariadne-Projekts für Deutschland aus. Von kurzfristigen Interventionen für die Energiesicherheit bis hin zu längerfristigen Weichenstellungen für den Kurs auf Klimaneutralität sind in den Sektoren Gebäude, Industrie und Energiewirtschaft massive Einsparungen beim Gasverbrauch unerlässlich. Das Papier zeigt, Energiesicherheit und Klimaschutzziele sind kein Widerspruch - im Gegenteil. Kurzfristig notwendige Politikinterventionen können und sollten auf beide Ziele einzahlen. Zentraler Dreh- und Angelpunkt sind dabei Gaseinsparungen, aber auch Maßnahmen zur sozialen Abfederung, um vor allem die von hohen Energiepreisen besonders betroffenen einkommensschwachen Haushalte zu entlasten.



Klimarisiken: Von Kippelementen bis zu den gesellschaftlichen Kosten

Jedes Zehntelgrad zählt. Das gilt nicht nur für die allmähliche Zunahme von Klimarisiken, sondern auch für die so genannten Kipp-Elemente im Erdsystem – etwa für Grönlands Eisschild oder den Amazonas-Regenwald.

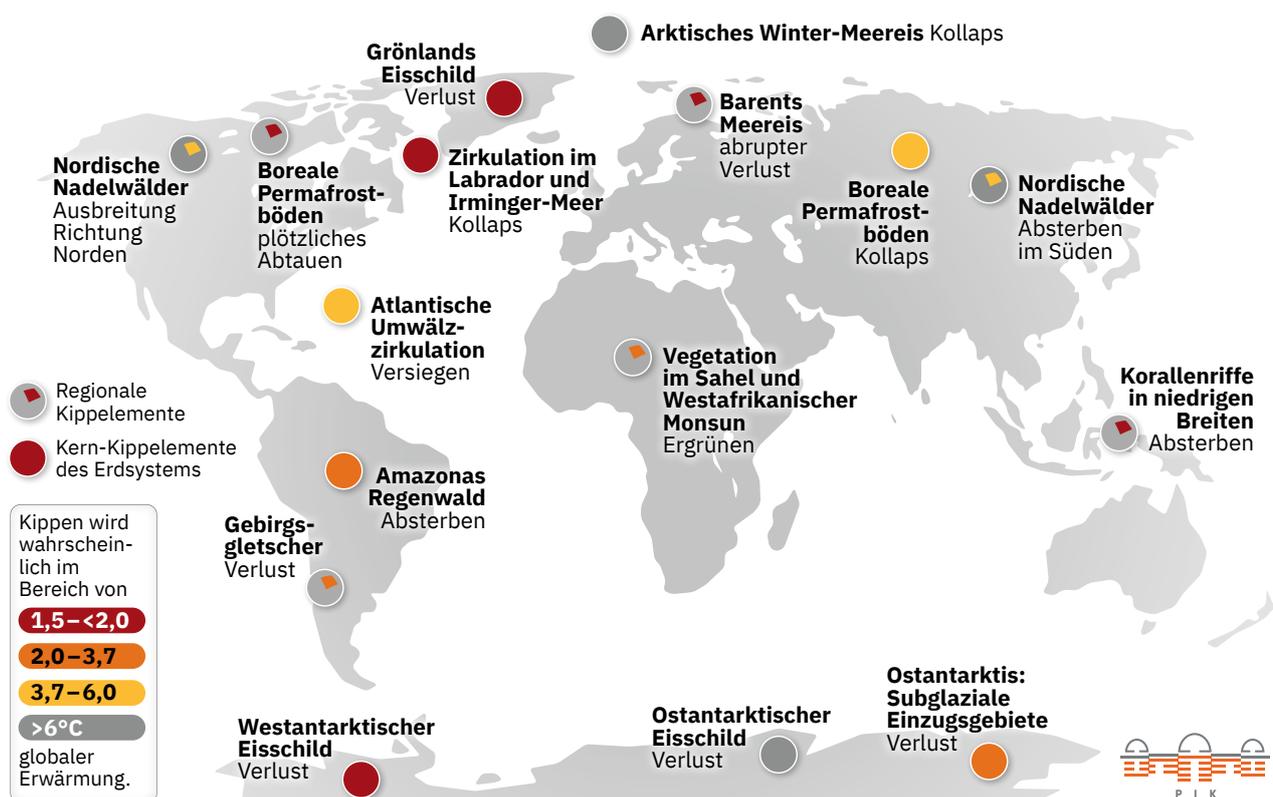
Mit der zunehmenden Erwärmung können sie an einen Punkt kommen, ab dem sie sich drastisch, relativ rasch und unumkehrbar verändern. Eben: kippen. Das PIK, das in der Forschung zu diesen Risiken international führend ist, hat 2022 neue Erkenntnisse hierzu veröffentlicht. Erkenntnisse, die mit Blick auf Verluste und Schäden und die gesellschaftlichen Kosten des Klimawandels beim Weltklimagipfel COP27 diskutiert wurden.

Beunruhigende Einblicke diskutierete in der weltweit wohl hochrangigsten Fachzeitschrift *Science* im September

ein Team von Forschenden, zu dem eine ganze Reihe von Fachleuten des PIK gehören, darunter auch Direktor Johan Rockström. Bereits wenn die globale Temperatur mehr als 1,5°C über das vorindustrielle Niveau steigt, könnten mehrere Kippunkte ausgelöst werden, so die Studie. Selbst beim derzeitigen Stand der globalen Erwärmung besteht bereits die Gefahr, dass gefährliche Kippunkte bei fünf Elementen im Erdsystem überschritten werden. Das ist Ergebnis einer umfassenden Analyse von mehr als 200 Studien, die seit 2008 veröffentlicht wurden, als die Kippunkte des Klimas

erstmals definiert wurden – schon damals mit Autoren des PIK.

Die Untersuchung erschien im Vorfeld der großen Konferenz „Tipping Points: from climate crisis to positive transformation“ an der Universität Exeter, deren Ko-Veranstalter das PIK war. Als Kippunkte werden dabei die Temperaturbereiche bezeichnet, die kritisch sind für die Kippelemente, also bestimmte wichtige Teile des Erdsystems. Viele Kippelemente im Erdsystem sind miteinander verknüpft. Diese Wechselwirkungen können die kritischen Temperaturschwellen für manche dieser





Johan Rockström im Gespräch mit einer Journalistin auf der COP 27

Elemente senken, ab denen einzelne Kippelemente sich dann langfristig zu destabilisieren beginnen. Forschende des PIK FutureLab „Erdsystem-Resilienz im Anthropozän“ um Ricarda Winkelmann publizierten dazu auch in *Nature Climate Change*.

Neue Erkenntnisse der Klimawissenschaft mit UNFCCC vorgestellt

Die Hinweise zur kritischen Situation einiger Kippelemente aber verdichten sich. Etwa für den Amazonas-Regenwald hat eine Studie mit neuartigen statistischen Analysen im Rahmen des Projekts „Tipping Points in the Earth System“ (TiPES), das durch das Horizon 2020-Programm der Europäischen Union finanziert wird, Anzeichen für einen Verlust der Widerstandsfähigkeit festgestellt. Erstmals wurden auch im aktuellen Bericht des Weltklimarats IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) der Vereinten Nationen die Kippelemente genannt, unter anderem auf Grundlage von Studien mit Forschenden des PIK. Zu den vielen offenen Fragen des Kippens hat das PIK 2022 eine Forschungskooperation mit der Universität Exeter vereinbart.

Bei der Weltklimakonferenz COP27 der Vereinten Nationen im ägyptischen Sharm El-Sheikh waren eine ganze Reihe von Forschenden des PIK aktiv. An der Seite des neuen Leiters des Klimasekretariats der Vereinten Nationen (UNFCCC), Simon Stiell, stellte Johan Rockström die „10 neuen Erkenntnisse der Klimawissenschaft“ vor. Dies ist eine Gemeinschaftsarbeit von Future Earth und der Earth League. Gezielt zu Klima und Ernährungssicherheit sprach er zusammen mit PIK-Wissenschaftler Christoph Gornott und Forschenden der Arbeitsgruppe 2 des IPCC, organisiert mit dem DLR-Projektträger Jülich, auch im Deutschen Pavillon. Es war eine von insgesamt nur zwei wissenschaftlichen Veranstaltungen dort in diesem Jahr.

COP27: Von den Klimafolgen zu den Zahlungen für Verlusten und Schäden

Das Ergebnis des Gipfels beurteilen die PIK-Direktoren allerdings kritisch. Einziges greifbares Ergebnis ist die erstmalige Einrichtung eines Fonds für Klimaschäden, ‚Loss and Damage‘ genannt, der Entwicklungsländer für die Folgen des Klimawandels entschädigen

soll. „Wenn man damit rechnen muss, dass man für zukünftige Schäden zahlen muss, hat man einen Anreiz, diese zu vermeiden,“ erklärte hierzu Edenhofer. „Das schafft auch einen Anreiz für die größten Emittenten, die USA, China und die EU, ihre Emissionen zu reduzieren. Das Geld sollte so ausgegeben werden, dass die armen Länder sofort auf einen Entwicklungspfad ohne Kohle, Öl und Gas einschwenken. Eine gute Klimapolitik ist nicht eine, bei der wir für Schäden zahlen, sondern Schäden vermeiden.“ Edenhofer betonte jedoch, dass bis zum Gipfel 2023 viele Details des Fonds unklar bleiben.

Um für die hieraus folgenden Debatten beim nächsten Klimagipfel mehr wissenschaftliche Grundlagen zu schaffen, arbeiten PIK-Forschende mit Kolleginnen und Kollegen des Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change (MCC) intensiv an Fragen der gesellschaftlichen Kosten des Kohlenstoffes – den ‚Social Costs of Carbon‘. So befasst sich eine Studie von Leonie Wenz (PIK) mit Matthias Kalkuhl (MCC) mit den teuren Folgen des Klimawandels, nämlich Auswirkungen von Extremwetterereignissen auf Produktion und Wirtschaftswachstum.

Rockström schlug eine Reform des COP-Prozesses vor, bei der das tatsächliche Erreichen der vereinbarten Klimaziele entsprechend der wissenschaftlichen Notwendigkeit stärker im Vordergrund stehen würde. Eine Allianz der größten Treibhausgasemittenten sei nötig, um Fortschritte zu erzielen.

Rain stops Gain

Das Wirtschaftswachstum geht zurück, wenn die Zahl der Regentage und der Tage mit extremen Regenfällen zunimmt. Das hat ein Team PIK-Forschender herausgefunden. Am stärksten betroffen sind reiche Länder und hier die Sektoren Industrie und Dienstleistung, so die als Titelthema der hoch renommierten wissenschaftlichen Zeitschrift *Nature* veröffentlichte Studie. Die Analyse von Daten aus den letzten 40 Jahren und von 1.500 Regionen zeigt einen klaren Zusammenhang und legt nahe, dass infolge des Klimawandels verstärkte tägliche Regenfälle der Weltwirtschaft schaden werden.



Herzlichen Glückwunsch

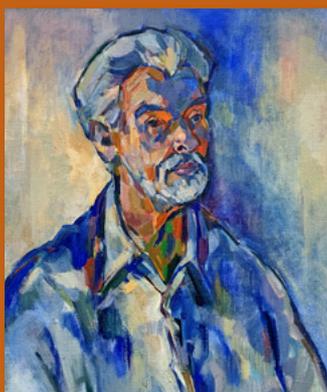
Vom Telegrafenberg in die Welt: Das PIK hat den wissenschaftlichen Fortschritt ganzer Bereiche der Klimafolgenforschung maßgeblich vorangetrieben und dieses Wissen hochrangig in gesellschaftliche und politische Prozesse eingebracht. Im Jahr 2022 feierte das Leibniz-Institut sein 30-jähriges Bestehen.



Ottmar Edenhofer begrüßt Nobelpreisträger Klaus Hasselmann und seine Frau Susanne Hasselmann. Auf der Terrasse des Kleeblattgebäudes feiern Mike Schubert, Manja Schüle, Alexander Bonde, Anna Lührmann, Ottmar Edenhofer, Oliver Günther und Bettina Hörstrup.

Im Jahr 1992 beschloss ein kleines wissenschaftliches Gremium um den heutigen Nobelpreisträger Klaus Hasselmann, ein Institut für Klimafolgenforschung zu gründen. Zu diesem Zeitpunkt war nicht absehbar, dass sich aus der anfänglich kurios anmutenden Idee ein wissenschaftliches Institut entwickeln würde, dessen hervorragender Ruf weit über die nationalen und europäischen Grenzen hinaus in alle Welt trägt. Im Juni 2022 nahmen sich der Vorstand des PIK, Ottmar Edenhofer, Johan Rockström und Bettina Hörstrup, und hochrangige Gäste aus der Politik gemeinsam Zeit, um das 30-jährige Jubiläum des Instituts mit den inzwischen gut 400 Beschäftigten des PIK zu feiern. Das PIK ist mit dem Anspruch angetreten, die Ursachen des Klimawandels zu verstehen und Lösungen bereit zu halten. Mit

dieser interdisziplinären Ausrichtung war es schon von Beginn an visionär. In den vergangenen dreißig Jahren hat das PIK kontinuierlich und strategisch genau daran gearbeitet. „30 Jahre PIK sind 30 Jahre Erfolgsgeschichte. Wir verdanken sie maßgeblich dem unermüdlichen und leidenschaftlichen Einsatz von Gründungsdirektor Hans Joachim Schellnhuber. Und ich bin seinen Nachfolgern Ottmar Edenhofer und Johan Rockström dankbar, dass sie das PIK erfolgreich zum ‘Global Player’ der interdisziplinären Klimaforschung weiterentwickelt haben. Brandenburg kann stolz darauf sein, dass das international renommierte Institut bei uns zu Hause ist“, erklärte Brandenburgs Ministerin für Wissenschaft, Forschung und Kultur, Manja Schüle, eine langjährige Weggefährtin des PIK.



Nobel-Preis für Gründungsvater des PIK

Klaus Hasselmann erhielt im Jahr 2021 den Nobelpreis in Physik für seine Pionierarbeit, mit der er die Klimaforschung mitbegründete. Seine Forschung belegte, warum Klimamodelle trotz kurzfristiger Wetterschwankungen zuverlässige Vorhersagen liefern können. Der Nobelpreis ist eine Anerkennung dafür, wie fundamental die Erdsystemmodellierung das Verständnis der enormen Risiken des anthropogenen Klimawandels vorangebracht hat. Dies ist nicht nur von höchster wissenschaftlicher Relevanz, sondern auch die Grundlage für die Arbeit an einer sicheren Klimazukunft für alle Menschen auf der Erde. So war es nur folgerichtig, dass der Vorstand des PIK ihm beim Festakt den Großen Saal des Instituts widmete – seither die Hasselmann Hall.



Podiumsdiskussion über Wissenschaft, Klimapolitik und geopolitische Risiken mit Anna Lührmann, Thomas Hertel, Kira Vinke und PIK-Direktor Ottmar Edenhofer anlässlich des 30-jährigen Bestehens des PIK.



Fotos: © Benjamin Kriemann

PIK-Direktorin Bettina Hörstrup begrüßt die Gäste aus Gesellschaft und Politik.

Staatssekretärin Judith Pirscher vom Bundesministerium für Bildung und Forschung unterstrich: „Die Bewältigung des Klimawandels ist eine Menschheitsaufgabe. Sie wird nur mit Innovationen und exzellenter wissenschaftlicher Beratung gelingen. Seit 30 Jahren leistet das Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung mit seiner Forschung einen wichtigen Beitrag dazu. Dafür möchte ich allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Instituts ganz herzlich danken.“

Das PIK bringt sein Wissen ein in gesellschaftliche und politische Prozesse für eine sichere Klimazukunft in Deutschland und der Welt. „Gratulation – seit 30 Jahren leistet das Potsdam-Institut Pionierarbeit“, sagte die Präsidentin der Europäischen Kommission, Ursula von der Leyen, in einer Videobotschaft. „Ich kann aus persönlicher Erfahrung sagen, dass Ihre Arbeit den Europäischen Green Deal entscheidend mitgeprägt hat, und dies weiter tut.“ Die Direktoren des PIK arbeiten seit Langem eng mit der Europäischen Kommission zusammen und unterstützen den Green Deal. Die zu diesem

Zeitpunkt gerade ernannte Präsidentin der Leibniz-Gemeinschaft Martina Brockmeier hob die Bedeutung der interdisziplinären Forschung des PIK hervor. Potsdams Oberbürgermeister Mike Schubert unterstrich die Bedeutung der internationalen Strahlkraft des Instituts für den Wissenschaftsstandort Potsdam. In einer Podiumsdiskussion sprach die Staatsministerin im Auswärtigen Amt Anna Lührmann zu „Wissenschaft, Klimapolitik und geopolitischen Risiken“. Der Höhepunkt der Jubiläumsfeier war die Widmung des Konferenzsaals zu Ehren Klaus Hasselmanns (siehe Box). Der Vorstand wandte sich am Ende an alle Wegbegleiterinnen und Wegbegleiter in Politik und Wissenschaft und bedankte sich für ihre anhaltende Unterstützung. Ebenso wurde die Belegschaft des PIK, von Forschenden zu Verwaltungsangestellten, von Promovierenden zu Professorinnen und Professoren, besonders gelobt. Denn „das PIK“ sind die Menschen und ohne sie wäre unsere Arbeit nicht möglich. Im Anschluss an den offiziellen Festakt fand entsprechend auch ein Sommerfest für die Beschäftigten statt.



„Das PIK sind die Menschen“ – Sommerfest für die Beschäftigten im Anschluss an die Zeremonie.

Aus der Forschung

Sozial gerecht und zugleich wirksam

Schon lange ist klar, dass das Verschmutzen der Atmosphäre nicht aufhört, wenn es niemanden etwas kostet. Eine neue Studie von PIK-Forschenden zeigte nun, dass ein Preis auf CO₂ sowohl stark wirksam als auch sozial gerecht sein kann – wenn er richtig gemacht ist. Die Studie erweitert den ökonomischen Blick, indem sie die Bevölkerung nicht, wie sonst üblich, rein nach Einkommen in Gruppen unterteilt, sondern danach, wie sehr Energiepreisveränderungen sie treffen. Die gibt es in jeder Einkommensgruppe: Menschen müssen mit dem Auto zur Arbeit fahren, weil sie auf dem Land wohnen, haben eine alte Ölheizung oder wohnen zur Miete, sodass sie keinen Einfluss auf Dämmung haben, und so weiter. Diese Gruppen muss der Staat identifizieren und über eine gezielte Rückgabe aus den Einnahmen der CO₂-Bepreisung entlasten. Das ist gesamtgesellschaftlich gesehen die gerechteste Lösung.

• Studie: Hänsel, M. et al., 2022, *Journal of Environmental Economics and Management*.

Funktionelle Vielfalt erhöht Resilienz von Waldökosystemen

Der Klimawandel bedroht die Waldökosysteme weltweit, und ein besseres Verständnis dafür, was das Überleben der Bäume und die Stabilität der Wälder steuert, ist dringend notwendig. Während es Hinweise darauf gab, dass die biologische Vielfalt die Stabilität von Ökosystemen verbessern kann, hat eine Studie des PIK nun gezeigt, dass insbesondere für junge Bäume im Unterholz eine funktionelle Vielfalt für die Anpassung europäischer Naturwälder an den Klimawandel wichtig ist (Billing, et al., 2022). Die Studie wendete maschinelles Lernen auf die von LPJmL-FIT simulierten Daten an und zeigt: Pflanzenkonkurrenz ist der beste 'Manager' für die Anpassung natürlicher Wälder an das künftige Klima.

• Studie: Billing, M. et al., 2022, *Scientific Reports*

Migration: der Winkel zählt

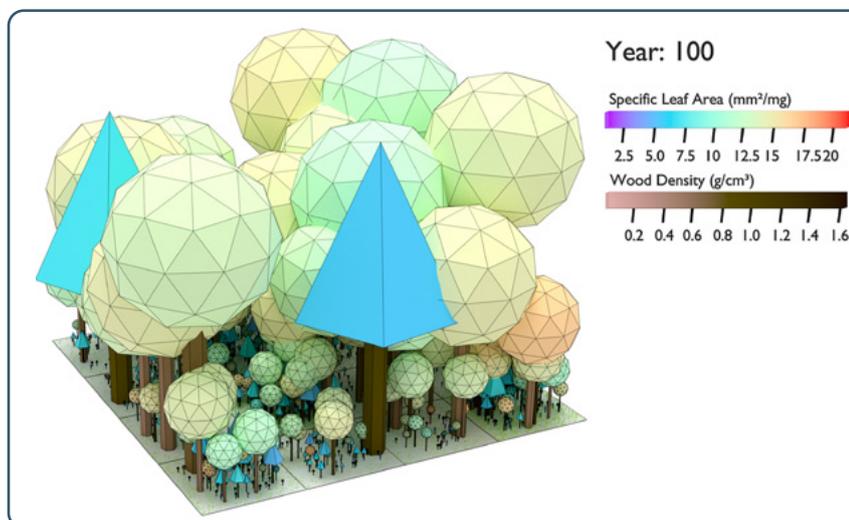
Ein Team am PIK konnte ein weit verbreitetes Modell für menschliche Mobilität, das so genannte Strahlungsmodell, erheblich verbessern. Wird es auf Migration angewandt, zum Beispiel auf klimabedingte Bewegungen, unterschätzt es insbesondere Umzüge über große Entfernungen. Das PIK entwickelte das Modell weiter, indem eine Abhängigkeit vom Winkel zwischen zwei alternativen potenziellen Zielorten eingeführt wurde. Es trägt nun der Möglichkeit Rechnung, dass Migranten und Migrantinnen Präferenzen hinsichtlich der ungefähren Richtung ihres Umzugs haben könnten. Diese Modifikation entschärft die konzeptionelle Inkonsistenz des bisherigen Modells und verbessert die Übereinstimmung des Modells mit realen Migrationsdaten.

• Studie: Kluge, L. et al., 2022, *Physical Review E*

Trifft ein tropischer Sturm auf ein Stromnetzwerk...

Wetterextreme wie z.B. tropische Stürme haben stark zugenommen und werden dies weiter tun. Sie treffen auf Infrastrukturen, die zu Zeiten gebaut wurden, in denen Extreme Seltenheit waren, nicht Regelmäßigkeit. Dies kann zum Beispiel zum Zusammenbruch von (oberirdisch) liegenden Stromnetze führen. Forschende am PIK verbanden zum ersten Mal Modelle kaskadierender Fehler mit einem hochaufgelösten Modell eines tropischen Sturms, um detaillierte Einblicke in die Dynamik der Schäden eines solchen Sturms zu erhalten. Die Ergebnisse zeigen, dass durch gezielte Verstärkung einer sehr kleinen Zahl kritischer Komponenten das Gesamtsystem deutlich resilienter werden kann und bei der Vermeidung weitläufiger Ausfälle helfen kann.

• Studie: Witthaut, D. et al., 2022, *Reviews of Modern Physics*



Simulationen des Vegetationsmodells

LPJmL-FIT erlauben die Rolle von funktionellen Pflanzeigenschaften und deren Vielfalt für die Zukunft von Wäldern zu untersuchen. Simulierte Bäume können sich u.a. in ihren Blatteigenschaften (z.B. specific leaf area) als auch ihren Stammeigenschaften (z.B. wood density) unterscheiden. Das Modell simuliert explizit Wachstum und Baumsterblichkeit in Abhängigkeit des Klimas und den Wechselwirkungen zwischen den Bäumen. Abbildung mit freundlicher Genehmigung von Maik Billing.

Innovativer globaler Datensatz zum Wohlergehen von Frauen

Hochwertige Daten über die Lebensbedingungen von Frauen sind wichtig, um die Herausforderungen, mit denen Frauen weltweit konfrontiert sind, überhaupt erst zu verstehen und einen Fortschritt bei der Gleichberechtigung beurteilen zu können. Während solche Informationen auf nationaler Ebene zunehmend verfügbar sind, fehlen vergleichbare Daten auf subnationaler Ebene. Forschende am PIK führten in einem Längsschnittdatensatz insgesamt über 130 Schlüsselindikatoren zum sozioökonomischen Status, zur Gesundheit und Entscheidungsmacht von Frauen, zusammen mit über 130 Indikatoren zu Umweltveränderungen. Er deckt 447 Regionen in 52 Entwicklungsländern ab. Darauf basierend konnte in einer ersten Anwendung der Zusammenhang zwischen Zugang zu Elektrizität, welcher oft einhergeht mit einer verbesserten Gesundheit, einem erleichterten Zugang zu Informationen und reproduktiver Selbstbestimmung festgestellt werden.

- Studien: Belmin, C. et al., 2022, *Nature Sustainability*; Belmin, C. et al, 2022, *Scientific Data*

Anpassungsfähigkeit des Amazonas-Regenwaldes vom Klimawandel überfordert

Für jeden dritten Baum, der im Amazonas-Regenwald vertrocknet, stirbt ein vierter Baum – auch wenn er nicht direkt von Dürre betroffen ist. Das ist, vereinfacht ausgedrückt, das Ergebnis einer Netzwerkanalyse, mit der Forschende die komplexen Abläufe in einer der wertvollsten und artenreichsten Kohlenstoffsenken der Erde untersucht haben. Wiederkehrende Dürreperioden können zu einem lokalen Zusammenbruch der Wälder führen, der sich aufgrund des Feuchtigkeitsaustauschs durch das gekoppelte Wald-Klima-System zieht. Am stärksten gefährdet sind die Regionen an den südlichen Rändern des Waldes, wo kontinuierliche Rodung für Weideland oder Soja der Belastbarkeit des Waldes schon seit Jahren zusetzt.

- Studie: Wunderling, N. et al., 2022, *Proceedings of the National Academy of Sciences*

Globale Ungleichheit gefährdet Erreichung der Klimaziele

Das größte Potential für die Reduktion von Emissionen aus der Land- und Forstwirtschaft liegt in Ländern mit niedrigem bis mittlerem Einkommen. Allerdings können gerade hier die wirtschaftlichen, finanziellen und institutionellen Umsetzungsbarrieren sehr hoch sein. Eine PIK-Studie zeigt, dass die Erreichung der Pariser Klimaziele gefährdet ist, wenn Klimaschutzmaßnahmen in Land- und Forstwirtschaft auf Länder mit hohem Einkommen begrenzt bleiben. Jedoch zeigt die Studie auch, dass sowohl ein globaler Preis für Emissionen aus der Land- und Forstwirtschaft als auch eine inklusive sozio-ökonomische Entwicklung jeweils die Emissionen aus diesem Bereich in Einklang mit dem 1,5°C-Ziel bringen könnten. Die Verringerung globaler Ungleichheiten würde zudem zahlreiche Zusatznutzen für die Erreichung der Nachhaltigkeitsziele bringen (wie Wassernutzung, Stickstoffverluste, Ernährung und Gesundheit).

- Studie: Humpenöder, F. et al., 2022, *Nature Communications*

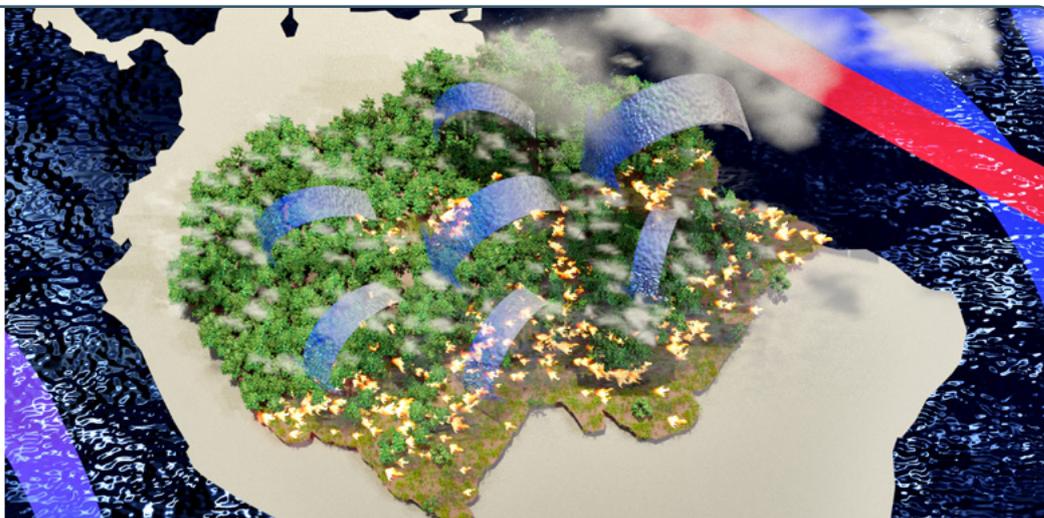
Transformation des Ernährungssystems: anders statt weniger

Zum ersten Mal hat eine Gruppe unter Leitung des Potsdam-Instituts in einer Computersimulation untersucht, welche Auswirkungen so genannte „Degrowth“-Ansätze und Effizienzsteigerungen auf die Treibhausgasemissionen des Lebensmittelsektors haben könnten. Bei ihrem Szenarienvergleich traten sie einen Schritt zurück von den hitzigen normativen Debatten über Post-Wachstum oder ‚Degrowth‘. Das Ergebnis zeigt, dass das derzeitige Ernährungssystem im Grunde nie wirklich nachhaltig ist, egal mit welcher Wachstumsrate. Jedoch kann eine Kombination aus Ernährungsumstellung, Emissionsbepreisung und internationalen Einkommenstransfers die Erzeugung und den Konsum von Lebensmitteln zum Ende dieses Jahrhunderts emissionsneutral machen und gleichzeitig eine gesündere Ernährung für eine wachsende Weltbevölkerung bieten.

- Studie: Bodirsky, B. L. et al., 2022, *Nature Food*

Skizze des Amazonas-Regenwaldes mit Feuchtigkeitsrecycling

(blaue Pfeile), die zeigt, dass der südliche Teil des Waldes am meisten gefährdet ist, in eine Savanne überzugehen. Abbildung mit freundlicher Genehmigung von Boris Sakschewski. © PNAS.



Von PIAM zu POEM – die Welt der Modelle

Das PIK setzt seinen zentralen Auftrag vorrangig mit modellbasierter Grundlagenforschung um, ermöglicht durch den hauseigenen Hochleistungsrechner. Die bewährten klimaphysikalischen und energieökonomischen Computersimulationen des PIK werden dabei ergänzt durch den Einsatz von Methoden der künstlichen Intelligenz. Damit kann das PIK eine sehr große Bandbreite von Klimafolgen beforschen – von dem Entstehen von Extremwetterereignissen über Preisschwankungen bei Nahrungsmitteln bis zur Regeneration von Wäldern.

Das Potsdam Integrated Assessment Modeling Framework (PIAM) und das Potsdam Earth Model (POEM) sind zwei prominente Beispiele für Modelle, mit denen physikalische oder sozio-ökonomische Systeme beforscht werden und ihre Entwicklung exploriert wird. Im vergangenen Jahr wurden diese maßgeblich weiter entwickelt.

POEM: CLIMBER-X ermöglicht einen schnellen Blick in die frühe Erdgeschichte

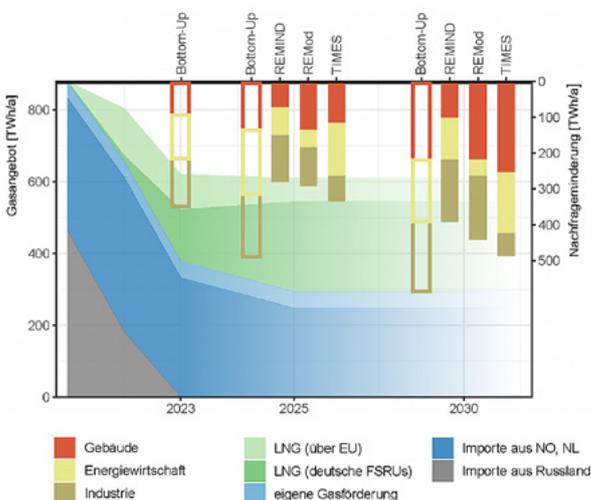
CLIMBER-X ist ein voll gekoppeltes Modell des Erdsystems. Es ermöglicht die Erforschung der Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Komponenten des Erdsystems, einschließlich Atmosphäre, Land, Vegetation, Ozean, Meer eis, Eisschilde, fester Erde und atmosphärischem CO₂, auf Zeitskalen von Jahrzehnten bis zu über 100.000 Jahren. Im Bereich der Paläoklimaforschung veröffentlichte das PIK die erste Anwendung des neuen CLIMBER-X-Modells zur Untersuchung von Milankovic-Zyklen in der früheren Erdgeschichte. Damit konnte eine physikalische Erklärung für Veränderungen in den Wasserständen von Seen vor rund 200 Millionen Jahren geliefert werden (Landwehrs, J. et al., 2022, *PNAS*).

PIAM: Klimaschäden können in Transformationsszenarien dargestellt werden

Das PIK hat erhebliche Fortschritte bei der Integration von Klimaauswirkungen in das Potsdam Integrated Assessment Modelling Framework (PIAM) gemacht. In einem Perspektivartikel (Rising et al., 2022, *Nature*) wurde beleuchtet, dass Risiken des Klimawandels in ökonomischen Analysen bisher nur unzureichend berücksichtigt werden. Das PIAM-Team ist dabei, Schritt für Schritt separate Schadenskanäle, wie etwa die Folgen tropischer Wirbelstürme, den Anstieg des Meeresspiegels oder Arbeitsproduktivität, in das Modell einzubauen, um diese Schäden explizit zu berücksichtigen. Top-down-aggregierte Auswirkungen sind bereits implementiert und werden standardmäßig verwendet, z. B. für die Analyse der Auswirkungen von Transformationsszenarien auf die globalen Gemeingüter.

Künstliche Intelligenz: Analyse der sozialen Auswirkungen des Klimawandels

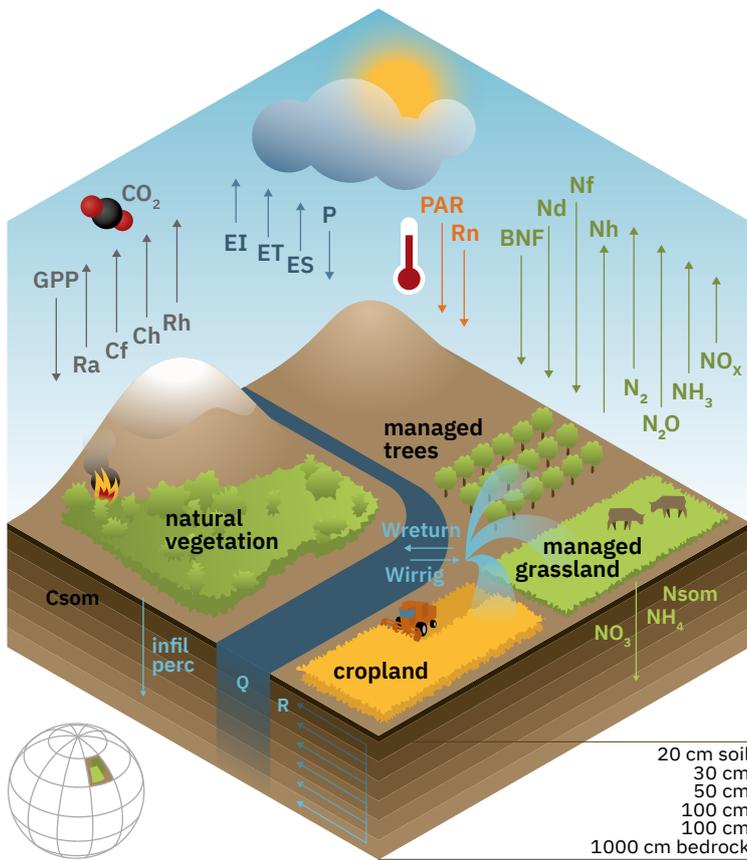
Für einen Artikel, der im hochrangigen Journal *Lancet* veröffentlicht wurde, nutzten PIK-Forschende künstliche Intelligenz, um Hassrede in mehr als 4 Milliarden Tweets aus den USA zu erkennen (Stechemesser, A., et al., 2022, *Lancet*). Sie analysieren statistisch den Einfluss von Temperatur auf das Auftreten von Hass auf Twitter. Hassrede im Internet nimmt dann zu, wenn die Tageshöchsttemperaturen über oder unter einem „Wohlfühlfenster“ von 12°C-21°C liegen. Temperaturen über 30°C schüren Online-Hass in allen Klimazonen und über sozioökonomische Unterschiede wie Einkommen, religiöse Überzeugungen oder politische Präferenzen hinweg, was auf eine universelle Grenze der menschlichen Anpassungsfähigkeit hinweist.



Eingrenzung von Unsicherheiten

Mit dem Energie-Ökonomie-Klima Modell REMIND, Teil von PIAM, wurden im Rahmen des Ariadne-Projekts verschiedene Szenarien zur Vereinbarkeit von Energiesicherheit und Klimaschutz auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045 berechnet. Mehr als 30 Fachleute des Projekts waren an dem Modellvergleich beteiligt, um Stellschrauben und Spielräume für Deutschlands Weg aus der Gaskrise auszuloten – vom Gesamtsystem über die einzelnen Sektoren Gebäude, Energiewirtschaft und Industrie. (Luderer, G., et al., 2022, Ariadne-Projekt)

Die Abbildung stellt die sektoralen Gasesparungen im Szenario Energiesouveränität im Vergleich zur Gasangebotslücke dar. Umrandete Balken zeigen Potenzialabschätzungen aus Sektormodellen („Bottom-up“), ausgefüllte Balken zeigen Ergebnisse aus Gesamtsystemmodellen.



Carbon

GPP	gross primary production
Ra	autotrophic respiration
Rh	heterotrophic respiration
Ch	harvested carbon
Cf	fire carbon fluxes
Csom	soil organic matter C

Water

EI	interception
ET	transpiration
ES	evaporation
P	precipitation
perc	percolation
infil	infiltration
R	runoff
Wreturn	return flow of irrigation
Wirrig	irrigation water
Q	discharge

Energy

PAR	photosynthetic active radiation
Rn	net radiation

Nitrogen

BNF	biological N fixation
Nf	fertilizer/manure input
Nd	atmospheric deposition
Nh	harvested nitrogen
N ₂	molecular N emission
N ₂ O	nitrous oxide emissions
NH ₃	ammonia volatilization
NO _x	nitrogen oxides emissions
Nsom	soil organic matter N

LPJmL – eine Annäherung an die Biosphäre

Um die Rolle der Biosphäre im Anthropozän zu untersuchen, ist es von entscheidender Bedeutung, sowohl natürliche als auch landwirtschaftliche Ökosysteme in einem einzigen, in sich konsistenten Modellierungsrahmen darzustellen. Das Lund-Potsdam-Jena managed Land (LPJmL)-Modell ist eine Schlüsselkomponente von POEM und wird auch als eigenständige Anwendung eingesetzt. LPJmL wurde entwickelt, um die Zusammensetzung und Verteilung der Vegetation sowie die Vorräte und die Austauschströme von Kohlenstoff und Wasser zwischen Böden und Atmosphäre für natürliche und für landwirtschaftliche Ökosysteme zu simulieren. LPJmL ist, wie fast alle Modelle des PIK, in einem Fachjournal mit Begutachtungsverfahren beschrieben und offen verfügbar.

Maschinelles Lernen: Optimierung von Klimamodellen

Die innovative Kombination von maschinellem Lernen mit klassischen prozess-basierten Klimamodellen hat ein sehr hohes Potential für die Modellierung von Klimafolgen.

Klimamodelle können nicht alle relevanten Klimaprozesse perfekt berücksichtigen und darstellen. Extreme Niederschlagsereignisse können z.B. nur ungenau abgebildet werden, unter anderem wegen der immer noch vergleichsweise groben räumlichen Auflösung von Klimamodellen. Ein Team von Forschenden aus der Abteilung Erdsystemanalyse und der Abteilung Komplexitätsforschung optimierte ein einfaches Klimamodell mithilfe von KI-Methoden (Generative Adversarial Networks – GANs) und beobachtungs-basierten Wetterdaten (Hess, P., et al., 2022, *Nature Machine Intelligence*). Mithilfe des GANs ist es möglich, die Simulationen des Klimamodells so zu verbessern, dass sie von Wetterbeobachtungen nicht mehr zu unterscheiden sind. Regenextreme können dadurch realistisch dargestellt und systematische Fehler in der Klimasimulation reduziert werden.

Erfolge und Auszeichnungen

Das PIK trägt maßgeblich zum gesellschaftlichen Fortschritt bei – durch die Exzellenz der Forschung, die weltweit wahrgenommen wird, aber auch den Einsatz für Chancengleichheit.



PIK unter den Top 1%

Bereits das fünfte Jahr in Folge sind PIK-Forschende unter den Top 1 Prozent der wissenschaftlich einflussreichsten Forschenden weltweit. Beim vielbeachteten *Highly Cited-Ranking* der Wissenschaftsplattform *Web of Science* von *Clarivate Analytics* wird jährlich die Häufigkeit gewertet, mit der Forschende in anderen Arbeiten zitiert werden – einer der wichtigsten Indikatoren für wissenschaftliche Relevanz. Aufgeführt werden zwölf Forschende des PIK, darunter die Direktoren sowie Expertinnen und Experten aus allen Forschungsabteilungen. Das PIK als transdisziplinär arbeitendes Institut ist sowohl mit den Natur- als auch den Sozialwissenschaften vertreten, von denen die meisten Forschenden der Kategorie „Fachübergreifende Wissenschaft“ zugeordnet werden. Dies ist eine bemerkenswerte Bestätigung der hohen wissenschaftlichen Anerkennung der Arbeit über Fächergrenzen hinweg.

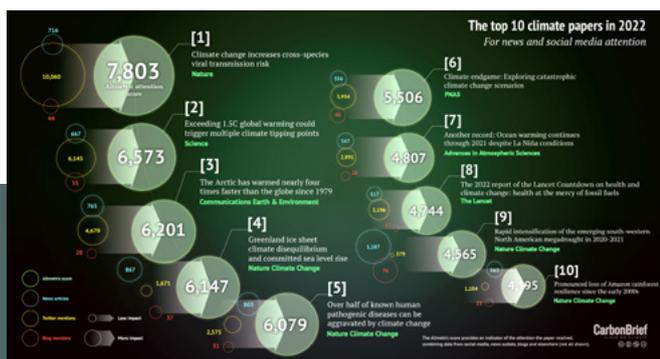
TOTAL E-QUALITY-Auszeichnung

Ebenfalls bereits zum fünften Mal wurde das PIK mit dem TOTAL E-QUALITY Prädikat ausgezeichnet, und dafür zugleich

mit einem Nachhaltigkeitspreis. In der Begründung der Jury heißt es, das PIK sei ein Vorbild für die gelungene Implementierung von Chancengleichheit und Vielfalt. So konnte das PIK in der Umsetzung der Leibniz-Gleichstellungsstandards erneut einen der vorderen Plätze unter allen 97 Instituten einnehmen. Die strukturelle und strategische Verankerung von Chancengleichheit wurde durch verschiedene neue Maßnahmen weiter vorangebracht. Als erstes außeruniversitäres Forschungsinstitut in Brandenburg hat das PIK 2021 die Charta der Vielfalt unterzeichnet. Am Institut gibt es gewählte *Diversity Representatives*, die die Umsetzung der Maßnahmen im Bereich Vielfalt fördern.



Foto: TOTAL E-QUALITY



3 von 10 der bekanntesten Klima-Studien sind von PIK-Forschenden

In einer Rangliste der in den Nachrichten und sozialen Medien am häufigsten genannten Klima-Studien sind bei 3 der 10 Top-Studien Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des PIK beteiligt. Auf Platz 2 steht eine in *Science* veröffentlichte Studie zu Kippunkten im Erdsystem, bei der unter anderem Johan Rockström und Ricarda Winkelmann mitgewirkt haben. Ein *PNAS*-Artikel zur Erforschung von Extrem-Szenarien eines katastrophalen Klimawandels ist auf Platz 6, mit dabei sind erneut Johan Rockström sowie John Schellnhuber. Nummer 10 ist eine in *Nature Climate Change* erschienene Studie zum Verlust der Widerstandsfähigkeit des Amazonas-Regenwaldes von Niklas Boers. Die Rangliste wird vom renommierten Fach-Newsletter *Carbon Brief* veröffentlicht und basiert auf dem sogenannten Altmetric-Score der Arbeiten. Dieses Kennzahlensystem ist ein guter Indikator, um die öffentliche Wahrnehmung von klimawissenschaftlichen Publikationen zu beurteilen.

Ehrungen und Berufungen

Vierzehn junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler schlossen im Jahr 2022 ihre Promotion am PIK ab.



Foto: privat

Leonie Wenz ist seit April 2022 neues Mitglied der Jungen Akademie der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften und der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina. Die Mitglieder dieser wichtigen interdisziplinären Plattform für den wissenschaftlichen Nachwuchs im deutschsprachigen Raum werden für die Dauer von fünf Jahren gewählt.

Stefan Rahmstorf wurde im Juni 2022 mit dem US-amerikanischen Stephen H. Schneider-Preis für herausragende Klimakommunikation ausgezeichnet. Er erhielt den Preis für seine exzellente Vermittlung von Klimawissenschaft an die Öffentlichkeit.

Für seine Forschungen zu den drängendsten Herausforderungen unserer Zeit wurde PIK-Direktor **Ottmar Edenhofer** im Dezember 2022 mit dem Bayerischen Verfassungsorden ausgezeichnet. Seit November 2022 ist er zudem Inhaber der renommierten Mercator-Professur an der Universität Duisburg-Essen.



Foto: Hendrik Hartung/LHP

Für seine Forschung zu Kippunkten im Erdsystem wurde **Nico Wunderling** im November 2022 mit dem Nachwuchswissenschaftspreis der Landeshauptstadt Potsdam ausgezeichnet. Zudem

erhielt er im Januar 2023 von der Studienstiftung des Deutschen Volkes eine Auszeichnung für seine wegweisende Dissertation.



Photo: PIK Potsdam

Svenja Fluhrer erhielt im Juni 2022 den Preis „Ökonomie des Klimawandels – Early Career Best Paper Award“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. Sie wurde für ihre Arbeit „Sitting in the same boat: Subjective well-being and social comparison after an extreme weather event“ ausgezeichnet, veröffentlicht in *Ecological Economics*.

Das Wirtschaftsmagazin *Capital Magazin* hat **Christoph Gornott** zu Deutschlands „Top40 unter 40“ gewählt. Das Magazin ehrt damit in mehreren Kategorien Hoffnungsträger und -trägerinnen, die Deutschland durch die Krisen dieser Zeit navigieren und mit Zuversicht die Zukunft gestalten.



Seit Januar 2023 ist **Kati Krähnert** Professorin für Klimawandel und Entwicklung an der Ruhr-Universität Bochum.



Kai Hauke Krämer wurde mit dem Michelson-Preis der Universität Potsdam für die beste mathematisch-naturwissenschaftliche Promotion 2022 ausgezeichnet.



Karim Zantout hat im Juli 2022 den Fueck Stiftungspreis für die beste Doktorarbeit des Jahres in Physik der Universität Frankfurt erhalten.



Anna Büttner wurde mit dem Physik-Studienpreis der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin ausgezeichnet.



PIK-Direktor **Johan Rockström** wurde im April 2022 in die Earth Hall of Fame im japanischen Kyoto aufgenommen.

Wissenschaftliche Politikberatung



Foto: PIK

Ottmar Edenhofer zum Vorsitzenden des Europäischen Wissenschaftlichen Beirats zum Klimawandel gewählt

Das im Jahr 2021 verabschiedete Europäische Klimagesetz sieht die Einrichtung eines Wissenschaftlichen Beirats zum Klimawandel vor, der das Erreichen der Klimaneutralität in der Europäischen Union bis 2050 unterstützen soll. Die Europäische Umweltagentur (European Environment Agency, EEA) berief Ottmar Edenhofer als einzigen Deutschen in dieses besondere, hochrangige Gremium. Die Mitglieder des Beirats wählten ihn anschließend zum Vorsitzenden.

Johan Rockström berät Klima- und Umweltbeirat der Europäischen Investitionsbank

Die Europäische Investitionsbank-Gruppe (EIB) hat einen Klima- und Umweltbeirat ins Leben gerufen. Johan Rockström ist jetzt Mitglied dieses Beirats, dessen Vorsitz Christine Lagarde, Präsidentin der Europäischen Zentralbank, innehat. Das Gremium soll die EIB mit unabhängigem Fachwissen unterstützen, ihre Ziele für Klimaschutz und ökologische Nachhaltigkeit zu erreichen.

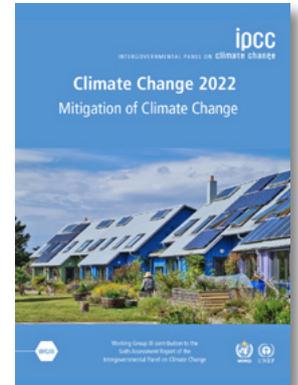


IPCC-Sachstandsberichte mit Beteiligung von PIK-Forschenden

Das als Welt-Klimarat bekannte „Intergovernmental Panel on Climate Change“, kurz IPCC, hat den 6. Sachstandsbericht seiner Arbeitsgruppe 2, zu den Folgen der globalen Erwärmung, und Arbeitsgruppe 3, zur Minderung des Klimawandels, veröffentlicht.

Die Arbeitsgruppen versammelten jeweils rund 270 Forscherinnen und Forscher aus der ganzen Welt, um den aktuellen Stand der Wissenschaft umfassend aufzuarbeiten. Die Ergebnisse diskutierten sie mit Vertretern und Vertreterinnen von mehr als 190 Staaten für die Zusammenfassung

für politische Entscheidungsträgerinnen und -träger (Summary for Policy Makers). Mehrere PIK-Forschenden brachten ihre Expertise ein, u.a. Katja Frieler und Elmar Kriegler, Ko-Leitungen der Forschungsabteilung Transformationspfade, und Alexander Popp. Sie waren zudem an Briefings beim Bundesverband der Deutschen Industrie e.V., beim Deutschen Gewerkschaftsbund sowie Mitgliedern des Deutschen Bundestags beteiligt.



Gunnar Luderer Teil der Gas- und Wärme-Kommission

Gunnar Luderer, stellvertretender Leiter der Forschungsabteilung Transformationspfade, war Teil der Unabhängigen Expert*innen-Kommission Gas und Wärme, die vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz im Auftrag des Bundeskanzlers berufen wurde. Er trug maßgeblich bei zur Erarbeitung von Vorschlägen zum Schutz der Verbraucherinnen und -verbraucher vor hohen Gaspreisen aufgrund von Engpässen in der Gasversorgung.



Foto: Simone Hübener / BBR

Hermann Lotze-Campen als Experte im Beirat Raumentwicklung

Das Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) hat den PIK-Agrar-Ökonom Hermann Lotze-Campen in seinen neuen Beirat für Raumentwicklung berufen. Ziel des Beirats ist es, das Ministerium in der laufenden Legislaturperiode bei Grundsatzfragen der räumlichen Entwicklung sowie der Stärkung von Regionen in Deutschland zu beraten.



Wissenschaftsplattform Klimaschutz übergibt Gutachten an Bundesregierung

Die Wissenschaftsplattform Klimaschutz hat ihr erstes Jahresgutachten an die Bundesregierung übergeben. Die Juristin Sabine Schlacke, Direktorin des Instituts für Energie-, Umwelt- und Seerecht an der Universität Greifswald, und PIK-Direktor und Chef-Ökonom Ottmar Edenhofer, stellten den Report in der Bundespressekonferenz vor. Entgegen genommen wurde er von Bundesforschungsministerin Bettina Stark-Watzinger und dem Staatssekretär im Bundesministerium für Wirtschaft und Klima, Patrick Graichen. „Die neue Bundesregierung muss jetzt mutige Schritte gehen, um ihr Ziel der Treibhausgasneutralität bis 2045 zu erreichen“, erklärte Ottmar Edenhofer. Dazu braucht es erstens einen glaubwürdigen CO₂-Preis in Deutschland und in Europa, zweitens benötigt Deutschland Importe von sauberer Energie, vor allem Wasserstoff, und hierfür einen Plan und Infrastruktur und drittens muss das lang verpönte Thema der CO₂-Entnahme aus der Luft und der unterirdischen Verpressung angepackt werden, um trotz Restemissionen etwa aus der Landwirtschaft bis 2050 den Ausstoß von Treibhausgasen unter dem Strich auf Null zu bringen – bei uns und weltweit.

SRU-Gutachten zur Windenergie und zum CO₂-Budget mit Wolfgang Lucht

Der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU), dem auch Wolfgang Lucht vom PIK angehört, hat ein Gutachten zur Windenergie veröffentlicht und dieses der Umweltministerin Steffi Lemke übergeben. Der SRU schlägt umfassende rechtliche und politische Maßnahmen vor, um das Potenzial der Windenergie noch stärker nutzen zu können. Darüber hinaus veröffentlichte der SRU seine Stellungnahme *Wie viel CO₂ darf Deutschland maximal noch ausstoßen? Fragen und Antworten zum CO₂-Budget*.



Barbora Šedová im Beirat „Zivile Krisenprävention und Friedensförderung“

Barbora Šedová ist seit Januar 2023 Mitglied des Beirats der Bundesregierung „Zivile Krisenprävention und Friedensförderung“. Der Beirat bündelt zivilgesellschaftliche und wissenschaftliche Expertise zur Krisenprävention und Friedensförderung. Er begleitet die Umsetzung der von der Bundesregierung beschlossenen Leitlinien „Krisen verhindern, Konflikte bewältigen, Frieden fördern“ und berät die Arbeit der Bundesregierung. Der Beirat entwickelt eigene Konzepte und stellt die Verbindung zur Fachöffentlichkeit her.



Ariadne Publikationen

Wärme und Energiesparen waren vor dem Hintergrund der Energiekrise prägende Themen. Auch hierzu lieferte das Ariadne-Projekt unter Führung des PIK neue Erkenntnisse, etwa dazu wie sich Menschen zum Energiesparen motivieren lassen oder Einblicke in die Wohn- und Heizrealität von Haushalten quer durch das Land. Insgesamt erschienen im Rahmen des Projekts 2022 mehr als 25 Analysen und Reports zu politikrelevanten Themen rund um die Energiewende, begleitet von zahlreichen Veranstaltungen und Webinaren.

Wirken in die Gesellschaft



Greta Thunbergs 'Klima Buch' mit PIK Expertise

Ein großes Nachschlagewerk zum Klimawandel und was passiert, wenn wir nicht handeln: Das Klima Buch der bekannten Aktivistin Greta Thunberg gibt einen umfassenden Überblick zur Klimakrise und soll helfen, Zusammenhänge rund um das Thema besser zu verstehen. Das Buch vereint Kapitel vieler Forscher, darunter vier PIK-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler: Ricarda Winkelmann widmet sich dem Thema Eisschilde und Gletscher, Stefan

Johan Rockström auf der NYC Climate Week

PIK-Direktor Johan Rockström brachte die PIK-Expertise bei der New York Climate Week, einer gemeinsamen Veranstaltung der Generalversammlung der Vereinten Nationen und der Stadt New York, ein. Er nahm an einem politischen Dialog teil, der sich auf das Buch „Earth for All: A Survival Guide for Humanity“ bezog, bei dem Rockström Mitautor ist. Zusammen mit M. Sanjayan von Conservation International rief er die Exponential Roadmap for Nature Climate Solutions ins Leben. Darüber hinaus war er während der Climate Week Ko-Vorsitzender der Global Futures Conference, auf der das Rahmenwerk „10 Must-Haves“ vorgestellt und mit Forschenden, Mitgliedern des öffentlichen und privaten Sektors sowie Jugendlichen und Aktivistinnen und Aktivistinnen und Aktivisten aus aller Welt ausgearbeitet wurde.

Ottmar Edenhofer bei der re:publica

Im Juni 2022 diskutierte PIK-Direktor Ottmar Edenhofer mit der Publizistin Carolin Emcke über die „Gesellschaft in der Dauerkrise“ und mögliche Lösungswege. Das Gespräch drehte sich um den voranschreitenden Klimawandel, den russischen Angriffskrieg auf die Ukraine und dessen geopolitische und soziale Folgen. Die re:publica ist die größte europäische Konferenz zum Thema Digitales und Gesellschaft. Bei der 2022er Edition war außerdem Bundeskanzler Olaf Scholz vor Ort sowie aus dem Kabinett Nancy Faeser, Volker Wissing und Lisa Paus, aber auch Wissenschaftlerinnen wie Antje Boetius und Friederike Otto.



Rahmstorf schreibt über die Erwärmung der Meere und den Anstieg des Meeresspiegels. PIK-Direktor Johan Rockström trägt zum Thema Kippunkte und Rückkopplungsschleifen bei und Alexander Popp schreibt über Land als eine der wichtigsten Grundlagen des Lebens.

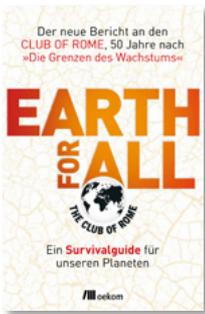


Foto: Mareike Schodder / PIK



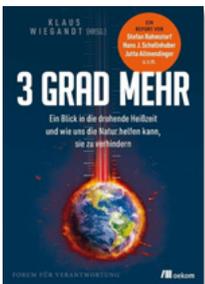
Wissenschaft für die Augen

Instagram ist einer der am stärksten wachsenden Social Media-Kanäle, im Zentrum stehen Bilder. Seit August 2022 ist das PIK hier aktiv unter dem Namen „pik_klima“ und bietet den weltweit rund eine Milliarde Interessierten einen visuellen Zugang zur Wissenschaft. In maximal 90 Sekunden kurzen Videos erklären dort PIK-Forschende ihre Forschungsergebnisse, so zum Beispiel Annika Stechemesser zum Thema Extremtemperaturen und Hassrede, Nico Wunderling zu Kippkaskaden oder Johan Rockström zu den Ergebnissen der COP27. Es gibt Erklärposts, Infokacheln und kurze Zitate zu zu aktuellen Themen und Forschungsprojekten.



**Earth for All:
Der neue
Bericht des
Club of Rome**

Das Buch 'Earth for All: A Survival Guide for Humanity' thematisiert globale Themen wie Klimawandel, Armut, Hunger und wurde u.a. von PIK-Direktor Johan Rockström mitverfasst. Der Bericht führt anhand zweier Modelle durch aktuelle globale Entwicklungen und zeigt auf, welche substanziellen Änderungen in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft jetzt stattfinden müssen. Nur durch einen Neustart des Wirtschaftssystems kann in Zukunft die Versorgung der Weltbevölkerung mit Lebensmitteln und Energie klimaverträglich möglich werden. In Deutschland wurde der Bericht von Rockström und anderen Fachleuten in der Bundespressekonferenz vorgestellt.



**“3 Grad mehr”
Buch mit PIK
Expertise**

Das von Klaus Wiegandt herausgegebene Sachbuch zeichnet ein eindrückliches Bild vom Klimawandel und macht trotzdem Hoffnung. Es zeigt, welches Potenzial in Auffors-

tungen, Moorvernässungen und anderen Lösungsansätzen liegt. Zu den Autoren und Autorinnen zählen gleich mehrere PIK-Forschende: Stefan Rahmstorf beschreibt, wie eine um drei Grad wärmere Welt konkret aussehen würde; Leonie Wenz beschäftigt sich mit den Folgen der Klimakrise für die Wirtschaft. PIK-Direktor Emeritus Hans Joachim Schellnhuber widmet sich der nachhaltigen Holznutzung im Bausektor als eine der Optionen, wie wir eine drei Grad wärmere Welt noch verhindern können.



**Girls' Day 2022: digitaler
Einblick hinter PIK Kulissen**

22 Schülerinnen, 2 Forscherinnen, 1 „Girls' Day“: Schülerinnen im Alter von zwölf bis 16 Jahren konnten im April 2022 am bundesweiten „Mädchen-Zukunftstag“ einen Blick hinter die Kulissen des PIK werfen und sich über den Arbeitsalltag von Wissenschaftlerinnen informieren. PIK-Forscherin Maria Zeitz gab Einblick in ihre Forschung über Grönlandeis; Cons-

tanze Werner führte in das Arbeiten mit Computersimulationen ein, den so genannten Modellen. Die über den Tag erworbenen Kenntnisse kamen den Schülerinnen beim abschließenden Klimawandel-Planspiel zugute. Der Girls' Day ist als Initiative der Bundesregierung und zahlreicher Verbände das weltweit größte Berufsorientierungsprojekt für Schülerinnen und fand 2022 bereits zum 11. Mal am PIK statt.

**Lange Nacht der Wissenschaften:
Klimaforschung zum Anfassen**

Wie geben Tropfsteine Einblick in Klimavergangenheit, wie entstehen Meeresströmungen, und was sind eigentlich Kippunkte? Antworten auf diese Fragen und noch viel mehr gab es bei der 2022er Edition der berlinweiten „Langen Nacht der Wissenschaften“ am 4. Juli mit dem Potsdamer Telegrafenberg als Außenposten. Von der Dämmerung bis Mitternacht konnten interessierte Menschen vielfältige Einblicke gewinnen in die Forschung des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung – von Vorträgen über Experimente und direkten Gesprächen mit Forschenden.



**Ukrainische Künstlerin
'Artist in Residence' am PIK**

Mariia Mytrofanova, bildende Künstlerin und Performerin aus Odessa, war von September bis Ende November 2022 „Artist in Residence“ am PIK. Während ihres Aufenthalts setzte sich Mytrofanova mit den Auswirkungen des Krieges in der Ukraine auf den Planeten und das Wohlergehen der Welt auseinander – und arbeitete daran, wissenschaftliche Erkenntnisse in ihrer Kunst umzusetzen. Die Gastkünstleraufenthalte sind seit 2015 Teil einer Kooperation des PIK mit dem Berliner Künstlerprogramm des DAAD und der Stadt Potsdam.



Foto: Ira Bobrovskaya

Berlin und Brandenburg



Forscherinnen in Berliner Klimaschutzrat berufen

Die beiden PIK-Forscherinnen Cornelia Auer und Julia Epp sind in den Klimaschutzrat des Landes Berlin berufen worden. Das 18-köpfige Gremium mit Expertinnen und Experten aus Wissenschaft, Wirtschaft, Verbänden und Vertretern der Zivilgesellschaft berät den Berliner Senat und das Abgeordnetenhaus zu Fragen der Klimaschutz- und Energiepolitik. Der Klimaschutzrat soll auf die Einhaltung der Berliner Klimaziele achten, an Strategien und Maßnahmen im Bereich des Klimaschutzes und der Klimaanpassung mitwirken sowie eigene Vorschläge entwickeln.

10,3 Millionen vom Land für neuen Supercomputer

Der neue Hochleistungsrechner auf dem Potsdamer Telegrafenberg ist notwendig, um das wachsende Interesse der

Wissenschaft an der Verknüpfung von Klimadaten unterschiedlichster Themenfelder und Forschungsrichtungen zu ermöglichen. Die Fördermittel für das PIK kommen aus dem Zukunftsinvestitionsfonds des Landes Brandenburg. Forschungsministerin Dr. Manja Schüle erklärte: „Der Klimawandel betrifft nicht nur weit entfernte Gebiete wie die Arktis oder die pazifischen Inseln – er betrifft auch uns in Brandenburg bereits jetzt spürbar und unmittelbar. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler vom PIK nutzen unterschiedlichste Klimadaten um extreme Wetterereignisse vorherzusagen. Doch dafür braucht es modernste Rechner. Unsere Antwort: Wir helfen bei der Beschaffung leistungsfähiger, energetisch effizienter und zuverlässiger Hochleistungsrechner! Die Förderung ist eine der größten Investitionen aus unserem Zukunftsinvestitionsfonds – und geht völlig zu Recht an das PIK: Das Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung ist eine der profiliertesten Denkfabriken unseres Landes.“ PIK-Direktor Ottmar Edenhofer ergänzte: „Das Land Brandenburg leistet hier einen wirklich wichtigen Beitrag, um die Forschung voran zu bringen. Nur so können wir die Klimarisiken immer besser konkretisieren – und damit die Grundlage schaffen auch für Klimalösungen. Wir sind dem Land außerordentlich dankbar, dass es hier klare Prioritäten setzt.“

Gunnar Luderer im Klimarat Potsdam

PIK-Forscher Gunnar Luderer ist von der Stadtverordnetenversammlung in den Klimarat der Stadt Potsdam berufen worden. Der Potsdamer Klimarat ist ein ehrenamtliches Fachgremium der Landeshauptstadt Potsdam. Er begleitet Politik, Verwaltung, kommunale Unternehmen und Stadtgesellschaft konstruktiv und kritisch beim Aufbau einer klimaneutralen und klimaresilienten Stadt.

Bauhaus Erde im Rechenzentrum Potsdam

„Bauhaus Erde“ hat im Rechenzentrum Potsdam ein Zuhause gefunden. Hier arbeiten einige der Angestellten an dem von Klimafolgenforscher und PIK-Direktor Emeritus Hans Joachim Schellnhuber gegründeten neuen Institut: „Unser Ziel ist eine Zukunft, in der unsere Gebäude, Städte und Landschaften proaktiv zur Klimasanierung beitragen und einen positiven Einfluss auf den Planeten und seine Bewohner haben.“

BAUHAUS ● ERDE



Leibniz-Gemeinschaft

Das Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung bringt seine Expertise ein in die Leibniz-Gemeinschaft – einem Verbund von fast 100 eigenständigen Forschungseinrichtungen, die sich gesellschaftlich, ökonomisch und ökologisch relevanten Fragen widmen.



Erfolg im Leibniz-Professorinnenprogramm

Katja Frieler überzeugte mit ihrem Antrag "Intersectoral Impact Attribution to Climate Change" innerhalb des Leibniz-Wettbewerbs. Ziel der Förderlinie Leibniz-Professorinnenprogramm ist es, international als hervorragend ausgewiesene Wissenschaftlerinnen an Leibniz-Institute zu binden und in der Anbahnung einer Berufung zu unterstützen. In ihrem Forschungsvorhaben widmet sich Katja Frieler der dringenden Frage der Attribution von Klimaschäden – also der Trennung von Klimawirkungen von Einflüssen anderer sozioökonomischen Veränderungen. So kann z.B. quantifiziert werden, welchen Anteil der Klimawandel an beobachteten Veränderungen im Auftreten von Dürren, Waldbränden und

Überflutungen hat und wie er die damit verbundene Vertreibung und ökonomische Schäden beeinflusst. Das Vorhaben nutzt Satellitendaten und neueste Simulationen von Klimafolgenmodellen, um bisherige Schäden des Klimawandels zu beziffern.

Gebündelte Expertise: Leibniz-Forschungsnetzwerk Integrierte Erdsystemforschung (IESF)

Das Leibniz-Forschungsnetzwerk Integrierte Erdsystemforschung (IESF) bündelt die breit gefächerte Expertise der Leibniz-Gemeinschaft zu Themen des Anthropozäns, dem Erdzeitalter benannt nach dem zunehmenden Einfluss der Menschheit auf das über Jahrmillionen entstandene Erdsystem. Das von PIK-Forscher Dieter Gerten ko-geführte Forschungsnetzwerk widmete sich in seiner Auftaktkonferenz den wissenschaftlichen Fortschritten auf dem Weg zu einem umfassenden Verständnis der zunehmenden Auswirkungen des Menschen auf das Erdsystem, ihrer gesellschaftlichen Folgen und der damit verbundenen Herausforderungen für die Politik. Sie brachte Forschende aus den

Natur-, Ingenieur-, Sozial- und Geisteswissenschaften zu einem gezielten Dialog und zur Intensivierung der Forschungskooperation zusammen



Leibniz im Bundestag

Dieses Format bringt Abgeordnete des Deutschen Bundestags zu Einzelgesprächen mit Forschenden der Leibniz-Gemeinschaft zu einer Vielzahl von Themen zusammen. Das PIK hat dieses Jahr zwölf solcher Gespräche verzeichnet, darunter mit hochrangigen Parlamentariern wie Ralph Brinkhaus und Roderich Kiesewetter (CDU). Unter den vom PIK angebotenen Themen wurden der Wald und die Auswirkungen des Kriegs gegen die Ukraine auf die Klimapolitik am häufigsten gebucht.

Leibniz-Forschungsnetzwerk Biodiversität: Wegweiser für die Politik

Das Leibniz-Forschungsnetzwerk Biodiversitätsforschung, geleitet von PIK-Forscherin Kirsten Thonicke, stellte im Vorfeld der 15. Weltnaturkonferenz in Montréal sowohl mit den 10 Must Knows als auch den 10 Must Dos der Biodiversitätsforschung fundiert und allgemein verständlich Fakten zur biologischen Vielfalt dar. Die vorgeschlagenen Lösungswege eröffnen Handlungsmöglichkeiten, die im Einklang mit den Zielen der UN-Dekade zur Wiederherstellung von Ökosystemen stehen und in die bis 2030 von allen Nationalstaaten umzusetzenden 17 Nachhaltigkeitsziele (SDGs) einzahlen, um die Biodiversitäts-, Klima- und Gerechtigkeitskrisen zu bewältigen.



Medienresonanz

2022 war die Forschung des PIK wieder stark in den Medien. Zuvor hatte Corona das Klima als Thema in den Medien teils verdrängt. 2022 gelang dem PIK ein Zuwachs in der Medienresonanz von mehr als 30 Prozent gegenüber dem Vorjahr. Rund 3.000 Artikel mit Bezug auf das PIK erschienen in den deutschen Printmedien, mit einer kumulierten Gesamtauflage von rund 230 Millionen Exemplaren. Mehr als 300 mal kamen das Institut oder seine Forschenden in Fernsehbeiträgen vor, rund 1.700 mal im Radio, einschließlich der Wiederholungen. Online erschienen weltweit mehr als 20.000 Artikel zur Arbeit des Instituts. Insgesamt wurden mehr als 100 Forschende des PIK in den Medien erwähnt.

Volksstimme

Klimawandel: Die Welt am Kipp-Punkt

Forscherin Ricarda Winkelmann über die Folgen der Erwärmung für Gletscher, Permafrost und Meeresströmungen Von Alexander

Das Klimasystem der Erde ist wie die Kalkulation auf einem Schereffekt. Schiebt man sie über die Karte, passiert lange nichts – irgendwann aber entsetzt sie plötzlich. Ähnlich verhält es sich mit dem Klimasystem. Im Volksstimm-Interview spricht Klima-Forscherin Ricarda Winkelmann darüber, wie nah wir diesem Punkt möglicherweise bereits sind.



Volksstimme: Frau Winkelmann, warum ist das Klimasystem so komplex? Im Wissenschaftsmagazin 'Science' veröffentlichte eine Analyse internationaler Forscher, dass die Klimarisikofaktoren für die nächsten Jahrzehnte nicht nur die Temperaturerhöhung, sondern auch die Häufigkeit von Extremwetterereignissen wie Dürren und Überschwemmungen zu berücksichtigen sind. Wie muss man sich demgegenüber verhalten?

Winkelmann: Wir sind in einer Phase, in der wir uns entscheiden müssen, ob wir die Klimarisikofaktoren, die wir kennen, bei der Planung berücksichtigen wollen. Das ist eine schwierige Aufgabe, weil wir nicht wissen, wie sich das Klimasystem in Zukunft entwickeln wird. Wir müssen uns also für Maßnahmen entscheiden, die die Risiken mindern können.

Einmal auf einer Schale im Ozean: Die Einschleife der Gletscher hat die Erde über die Jahrhunderte hinweg von einem frigidum 123 Billionen Tonnen. Schon bald könnte der Punkt überschritten sein, ab dem die Eislagen unumkehrlich abtauen.

Dr. Peter Hoffmann
Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung

heute



Tankrabbat

Wie wir uns zu Tode subventionieren

Ein Gastbeitrag von Stefan Rahmstorf

Die Verbrennung fossiler Brennstoffe richtet massive Schäden an. Dennoch wird sie gefördert – etwa durch den Tankrabbat. Dabei gäbe es sinnvolle Alternativen, von denen auch Geringverdiener profitieren.

Interview

Kohleenergie vs. Klimaschutz

Wie der Krieg die Klimaziele beeinflusst

06.07.2022 15:20 Uhr

Die EU will bis 2050 klimaneutral werden. Der russische Angriffskrieg stellt nun ein neues Problem – aber längst nicht alles, sagt der Klimaökonom Michael Pahle im Interview.

Der Krieg wirft die Bemühungen um Klimaschutz und Energiewende zurück – "Zumindest temporär", sagt Klima-Experte Pahle.

Quelle: zdf

Extreme heat is fuelling hate speech in America, according to analysis of four billion tweets

Online hate speech can be an indicator of real-world violence, researchers say

Heat-related outages were reported in the San Francisco Bay area and in Silicon Valley with no word on when power would be restored.



Forscherin Ricarda Winkelmann: „Wir haben es nur noch für sehr kurze Zeit in der Hand.“ Foto: PIK/Meikow

Handelsblatt

INTERVIEW

Was der renommierte Klimaökonom Ottmar Edenhofer zum Ölembargo sagt

Edenhofer fordert bei einem Ölembargo mehr Flexibilität. Ein europäisches Emissionshandelssystem für Verkehr und Gebäude hält der Klimaökonom zudem für unverzichtbar.



Frankfurter Allgemeine

ZEITUNG FÜR DEUTSCHLAND

Keine Zeit für Kriege



Die Menschheit droht, die Erderwärmung nicht mehr aufhalten zu können. Beim Thema Klima sind sich die Teilnehmer in München einig: Das Letzte, was die Welt braucht, ist ein neuer Ost-West-Konflikt.

Startseite » Wissen » Klima & Umwelt » UN-Klimakonferenz: "Es kann nicht das einzige Forum sein"

"Es kann nicht das einzige Forum sein"

Stand: 23.11.2022 14:20 Uhr

Das Ergebnis der UN-Klimakonferenz ist aus Sicht der Wissenschaft ein Minimalkonsens. Klimaforscher Rahmstorf fordert deshalb im Interview mit tagesschau.de mehr politischen Willen für das Einhalten des 1,5-Grad-Ziels.



Wärme-Rekord am Südpol

Klima Forscher sind verblüfft: An Arktis und Antarktis herrschen derzeit ungewöhnlich hohe Temperaturen. Was sagt das über die globale Erwärmung? Von Annabelle Köchling

DER TAGESSPIEGEL



TIME



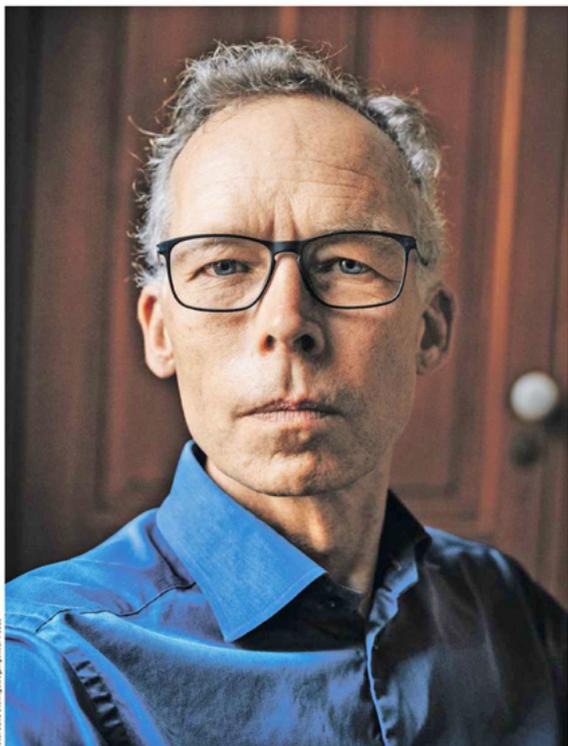
In Zeiten der Klimawandels löste eine katastrophale Waldbrand in Kalifornien nahe der Yosemite-Nationalparks, in der vergangenen Woche.

DIE ZEIT

WARUM NICHT JETZT,

Herr Rockström?

Der Chef des Potsdam-Instituts warnt seit Jahrzehnten vor dem Kollaps der Ökosysteme, sogar auf Netflix. Ein Gespräch über die Frage, warum die Forschung so viele Menschen nicht erreicht



Der Schwede Johan Rockström, 56, leitet seit vier Jahren als einer von zwei Direktoren das Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung

Die nächste Generation zahlt den Preis

DER TAGESSPIEGEL



Klimafolgen im neuen IPCC-Bericht Berichte aus Gegenwelten ohne Klimawandel



The Economist explains

How does Bangladesh cope with extreme floods?



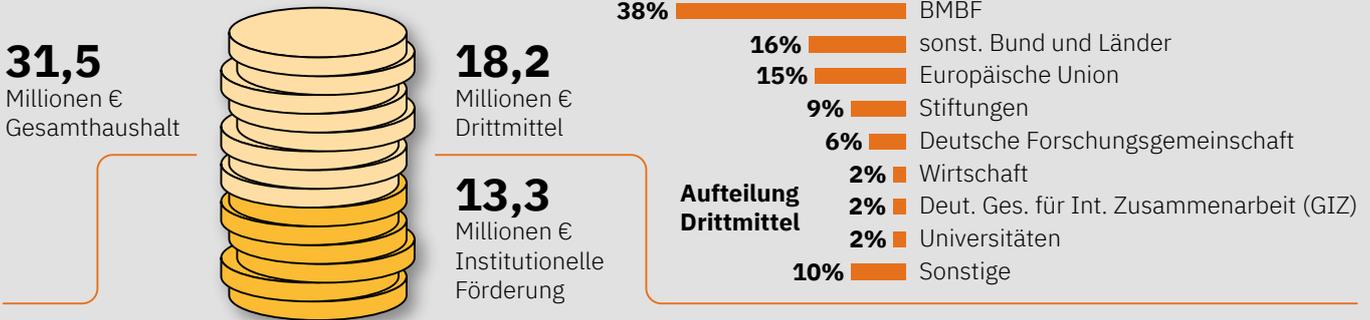
Its disaster-response system has had years of practice



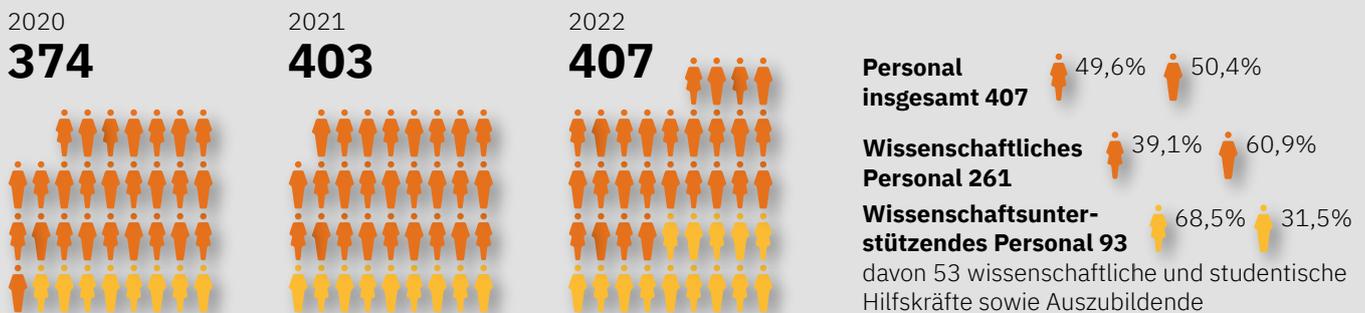
Das PIK in Zahlen

Stand 31.12.2022

Finanzierung



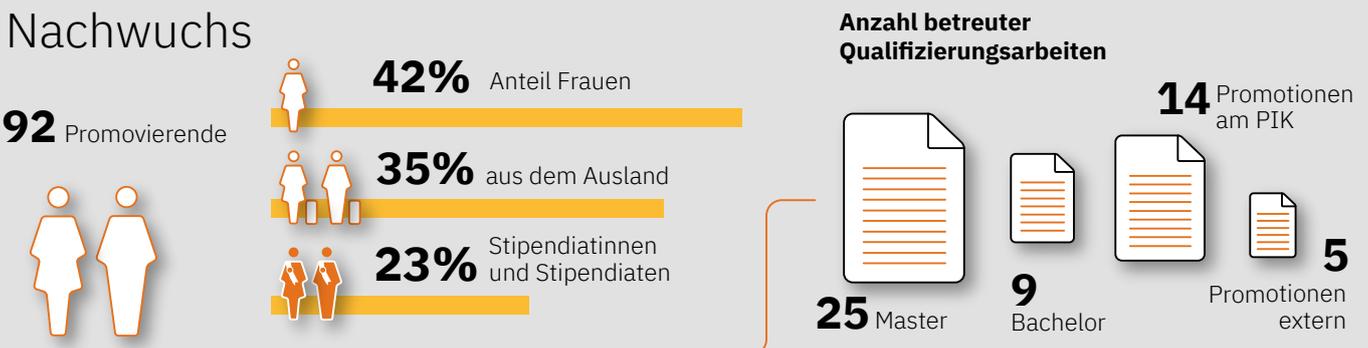
Beschäftigungszahlen



Vorträge, Lehre und Veranstaltungen



Wissenschaftlicher Nachwuchs

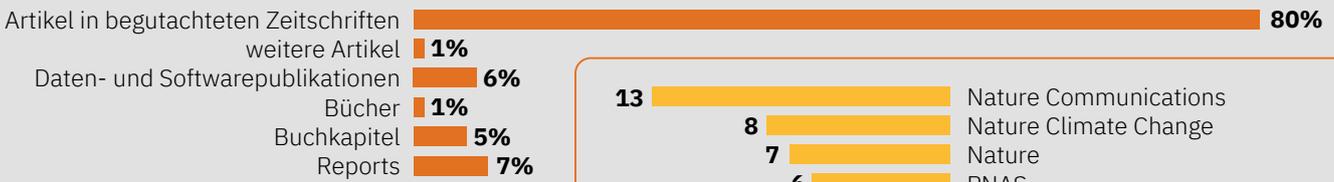


PIK in the Media



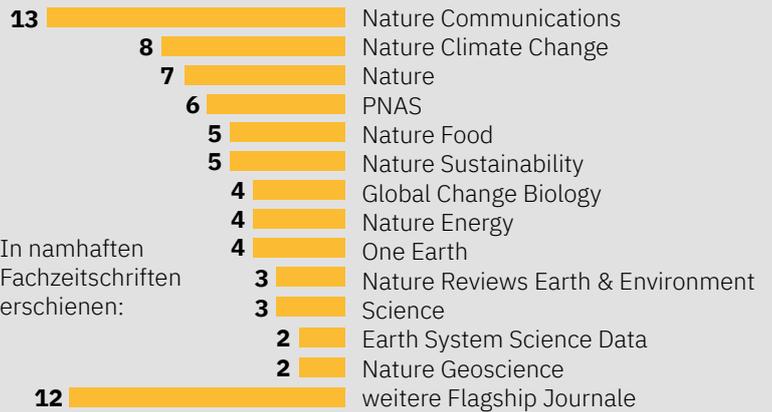
Publikationen

432 Publikationen

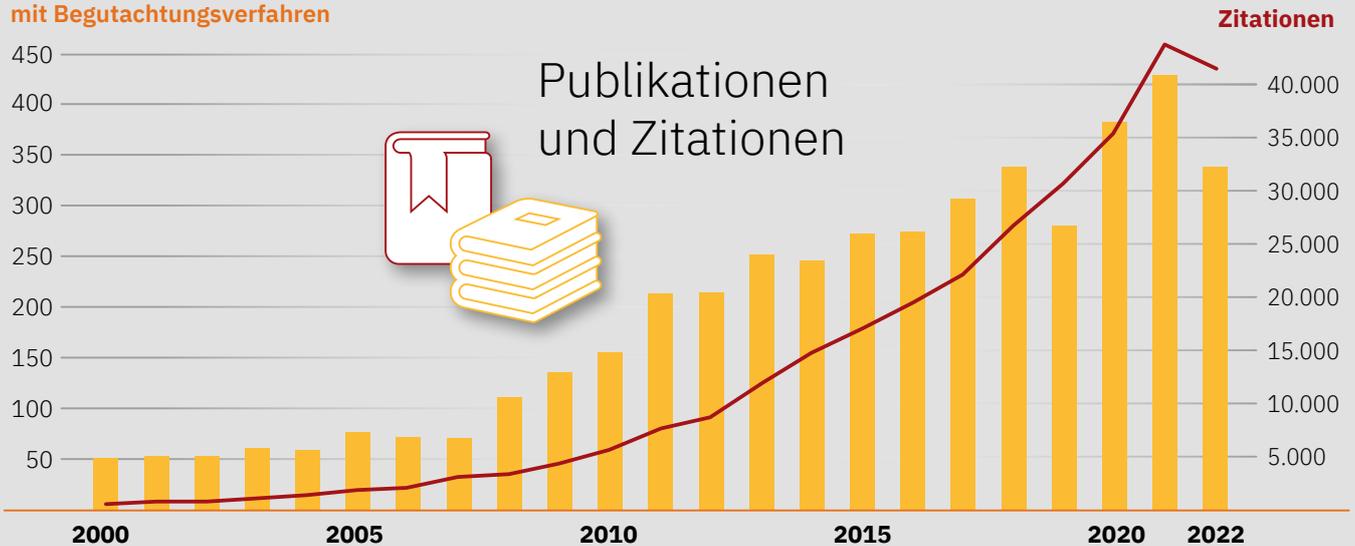


344 Artikel in begutachteten Zeitschriften, davon **40%** mit PIK-Erstautorenschaft.

78 In namhaften Fachzeitschriften erschienen:



Publikationen in Zeitschriften mit Begutachtungsverfahren



Forschungsabteilung 1

Erdsystemanalyse

Was können wir aus der klimatischen Vergangenheit der Erde und neuen Messdaten über die heutige und zukünftige Dynamik des Erdsystems lernen?

Die thematischen Schwerpunkte und Arbeitsziele der Abteilung sind:

- **Kipppunkte:** Grundlagenforschung über nichtlineare Erdsystemprozesse und potentielle kritische Schwellen.
- **Planetare Grenzen:** Politikrelevante Forschung zu Definitionen, Quantifizierungen und Operationalisierungen von planetaren Grenzen und deren Wechselwirkungen.
- **Entwicklungspfade der Erde:** Forschung über die Dynamik und Funktionsweise des Erdsystems unter natürlichem und menschlichem Antrieb sowie die daraus resultierenden lang- und kurzfristigen Entwicklungspfade.
- **Extremereignisse:** Forschung über die dynamischen Mechanismen und sich verändernde Statistik extremer Wetterereignisse auf einer sich erwärmenden Erde.

Leitung: **Stefan Rahmstorf & Wolfgang Lucht** Stellvertretung: **Kirsten Thonicke & Georg Feulner**
 Koordination: **Christine von Bloh** Sekretariat: **Brigitta Krukenberg**

RD1

Wechselwirkungen im Erdsystem			Lebensraum der Menschheit und Integrität der Biosphäre		
Langfristige Dynamik des Erdsystems Andrey Ganopolski	Eisdynamik Ricarda Winkelmann	Zustände des sich wandelnden Erdsystems Georg Feulner	Ökosysteme im Wandel Kirsten Thonicke	Sicherer Handlungsraum Landbiosphäre Dieter Gerten	Analyse des Gesamtsystems Erde-Mensch Jonathan Donges
Entwicklung von Erdsystemmodellen Stefan Petri & Sibyll Schaphoff					

Die Forschung in Forschungsabteilung 1 (RD1) wird in sieben Arbeitsgruppen durchgeführt, die jeweils von erfahrenen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern geleitet werden. Diese unterteilen sich in zwei Themenbereiche: “Wechselwirkungen im Erdsystem”, koordiniert von S. Rahmstorf, mit dem Ziel, unser Verständnis des Erdsystems im Lichte der planetaren Grenzen zu verbessern und “Lebensraum der Menschheit und Integrität der Biosphäre”, koordiniert von W. Lucht, mit dem Ziel, die zentrale Rolle der Ökosphäre für die biogeochemischen Kreisläufe der Erde und ihre Nutzung durch den Menschen zu untersuchen. Das eng mit RD1 verbundene FutureLab (FL) „Erdsystemresilienz im Anthropozän“ führt diese Forschung weiter, um die Eigenschaften eines stabilisierten Erdsystems im Anthropozän und Entwicklungspfade dorthin zu skizzieren.

Die Arbeitsgruppen werden in einigen ihrer Arbeiten abteilungsübergreifend koordiniert; so liefern sie z.B. gemeinsam die Grundlagen für die Entwicklung des Potsdamer Erdmodells POEM. Die Arbeitsgruppen spiegeln die aktuellen Schwerpunkte der RD1 Forschungsagenda wider: zwei Gruppen arbeiten zu lang- und kurzfristigen Trajektorien im Erdsystem (einschließlich paläoklimatischer sowie ozeanischer Forschung), zwei zu besonders wichtigen Subsystemen (Eis- und Landökosysteme), eine zu planetaren Grenzen und sicherem Handlungsraum für die Menschheit und eine zur Modellierung der Koevolution zwischen Mensch und Umwelt im Anthropozän. Das FL ist eng mit RD1 verbunden, da seine beiden leitenden Forschenden seit langem erfolgreich und innovativ in RD1 forschen und das FL stark auf den wissenschaftlichen Ergebnissen von RD1 aufbaut.

Ausgewählte Ergebnisse

Arbeitsgruppe

Langfristige Dynamik des Erdsystems

Im Jahr 2022 wurden die Validierung und Kalibrierung des neuen Erdsystemmodells mittlerer Komplexität, CLIMBER-X, weitgehend abgeschlossen und erste wissenschaftliche Anwendungen realisiert. Das CLIMBER-X-Modell wurde in verschiedenen Konfigurationen getestet, und seine umfassende Beschreibung wurde veröffentlicht (Willeit, M. et al., 2022, *Geosc. Model. Develop.*). Das Modell steht nun auch anderen Forschungsgruppen innerhalb und außerhalb des PIK zur Verfügung. Insbesondere wurde CLIMBER-X verwendet, um eine detaillierte Analyse der Stabilität des grönländischen Eisschildes im Phasenraum von CO₂-Konzentration und globaler Temperatur durchzuführen. Wir nutzten die Ergebnisse der Stabilitätsanalyse, um die wichtigsten Kippunkte des grönländischen Eisschildes zu identifizieren und die Möglichkeit seines irreversiblen Abschmelzens bei verschiedenen kumulativen anthropogenen CO₂-Emissionen zu bewerten (Höning, D. et al., 2023, *Geophys. Res. Lett.*). Das Modell wurde auch für die Durchführung langfristiger (bis zu 100.000 Jahre) Zukunftssimulationen verwendet, um eine Reihe von Klimawandelszenarien im Rahmen eines großen nationalen Verbundprojekts zu entwickeln, das auf die Gestaltung der Endlagerung von Atommüll in Deutschland abzielt. Mit den Ergebnissen aus den Gletscherzyklussimulationen wurde ein wichtiger Beitrag zu einer internationalen Studie über die Rolle vergangener Klimaschwankungen in der menschlichen Evolution geleistet (Timmermann, A. et al., 2022, *Nature*).

Arbeitsgruppe

Eisdynamik

Die ICE-Gruppe setzte ihre Arbeit zur Dynamik und langfristigen Stabilität der Eisschilde auf Grönland und Antarktis fort und konnte wichtige Fortschritte beim Verständnis und der Modellierung der Wechselwirkungen zwischen den Eisschilden und dem Ozean, der Atmosphäre und der Lithosphäre erzielen. Ein Hauptaugenmerk lag im vergangenen Jahr auf der Untersuchung des Zusammenspiels einiger der wichtigsten Rückkopplungen zwischen den Eisschilden und anderen Klimakomponenten. Dabei zeigt sich, dass aus den interagierenden (beschleunigenden und dämpfenden) Effekten der Höhe-Schmelz-Rückkopplung und der isostatischen Anpassung des Untergrunds unterschiedliche dynamische Regime des grönländischen Eisschildes resultieren. Auf sehr langen Zeitskalen könnte dadurch der bei fortschreitender globaler Erwärmung erwartete Eisverlust teilweise abgemildert werden (Abb. 1; Zeitz, M. et al., 2022, *Earth System Dynamics*). Beim antarktischen Eisschild ist eine der Hauptursachen für den derzeitigen Eisverlust das Abschmelzen des Schelfeises und die dadurch bewirkte Beschleunigung des Inlandeises. Eine Analyse mit dem Modell PISM zeigt, dass das Schmelzen am Rande der Eisschelfe dabei meist eine stärkere Beschleunigung zur Folge hat, als das Schmelzen direkt am Zentrum der Aufsetzlinie (Feldmann, J. et al., 2022, *The Cryosphere*). Dies spielt insbesondere für die zukünftige Entwicklung des Thwaites- und des Pine-Island-Gletschers in der Amundsen-Region eine entscheidende Rolle. Hier könnte zusätzlich zur marinen Eisschild-Instabilität auch eine Eisklappen-Instabilität angestoßen werden

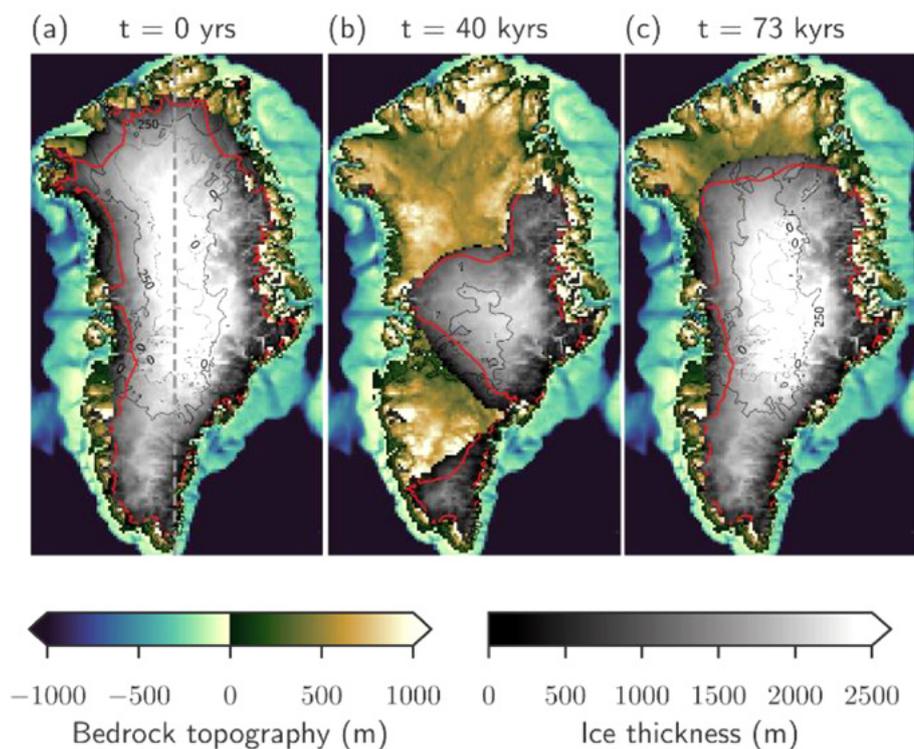


Abbildung 1: Langfristige Resilienz des grönländischen Eisschildes unter fortschreitender globaler Erwärmung. Der Eisverlust über die kommenden zehntausende von Jahren wird durch das Zusammenspiel beschleunigender und dämpfender Rückkopplungen beeinflusst (Quelle: Zeitz et al. 2022, *Earth System Dynamics*). Abbildung aus Zeitz, M., Haacker, J. M., Donges, J. F., Albrecht, T., Winkelmann, R. (2022): Dynamic regimes of the Greenland Ice Sheet emerging from interacting melt-elevation and glacial isostatic adjustment feedbacks. – *Earth System Dynamics*, 13, 3, 1077-1096. <https://doi.org/10.5194/esd-13-1077-2022>, lizenziert unter CC BY 4.0 <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

(Schlemm, T. et al., 2022, *The Cryosphere*). Um ein tieferes Verständnis dieser und anderer wichtiger Rückkopplungen zwischen Eis, Ozean, Atmosphäre und Lithosphäre zu erlangen, hat die ICE-Gruppe die Entwicklung des Moduls dEBM-simple sowie die Kopplung von PISM mit dem Ozeanmodell MOM und dem viskoelastischen Lithosphären- und Mantelmodell VILMA fortgesetzt.

Arbeitsgruppe

Zustände des sich wandelnden Erdsystems

Die Arbeitsgruppe veröffentlichte neue Erkenntnisse über die Dynamik extremer Wetterereignisse in einem sich erwärmenden Klima, über die Interaktion von Kippelementen und über frühere Wechselwirkungen zwischen Klima und Biosphäre. Zum Thema Extremereignisse veröffentlichte die Gruppe eine Studie zur Rolle von gespaltenen Jet-Stream-Zuständen bei der Erhöhung der Wahrscheinlichkeit von Extremtemperaturen im Sommer über Europa (Rousi, E. et al., 2022, *Nature Communications*).

Diese Veröffentlichung fand in nationalen und internationalen Medien große Beachtung. Forscher der Gruppe untersuchten mit Hilfe von Netzwerkanalysen auch die Wechselwirkungen zwischen Kippelementen und fanden Verbindungen zwischen dem Amazonas-Regenwald und dem westantarktischen Eisschild sowie der Schneedecke auf der tibetischen Hochebene (Liu, T. et al., 2023, *Nature Climate Change*). Im Bereich der Paläoklimaforschung veröffentlichte die Gruppe die erste Anwendung des neuen CLIMBER-X-Modells zur Untersuchung von Milankovic-Zyklen in der früheren Erdgeschichte und lieferte eine physikalische Erklärung für Veränderungen in den Wasserständen von Seen vor rund 200 Millionen Jahren

(Landwehrs, J. et al., 2022, *PNAS*). Forschende der Gruppe wirkten auch entscheidend an einer Studie mit, die zeigt, dass das Auftreten der ersten Wälder den Kohlendioxidgehalt der Atmosphäre nicht wesentlich verändert hat und damit ein langjähriges Paradigma widerlegt (Abb. 2; Dahl, T.W. et al., 2022, *Nature Communications*). Diese Forschungsarbeiten zu Veränderungen in der Erdgeschichte tragen wesentlich zu einem besseren Verständnis von Erdsystem-Prozessen und -Wechselwirkungen im Anthropozän bei.

Arbeitsgruppe

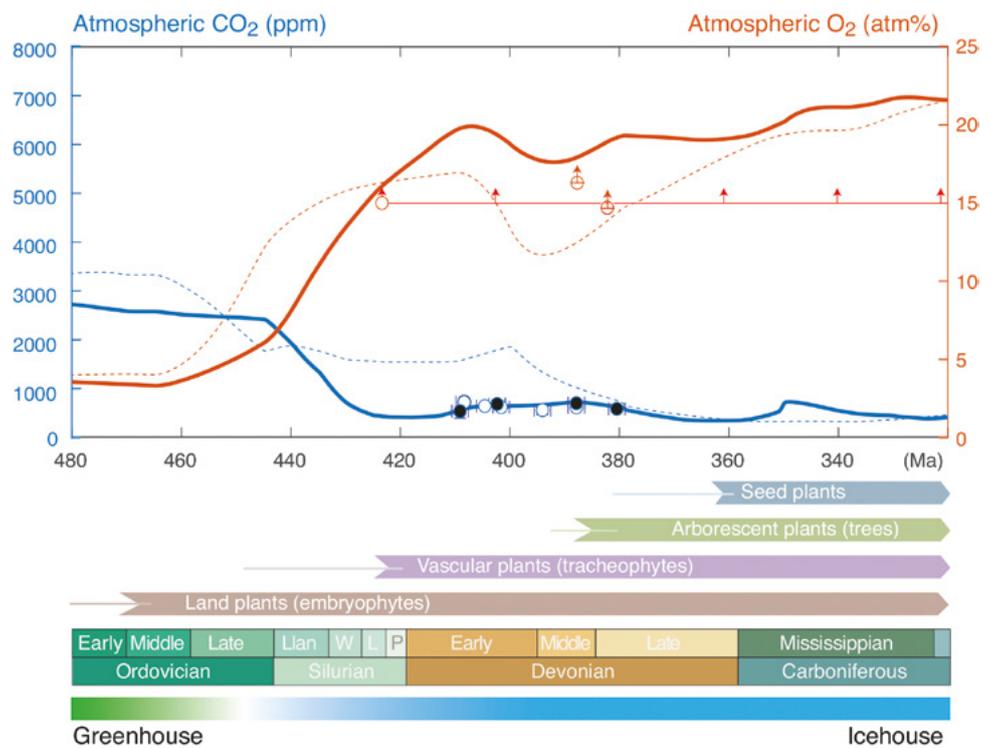
Ökosysteme im Wandel

Die Gruppe konzentrierte sich im vergangenen Jahr auf Veränderungen der Beziehungen zwischen der biologischen Vielfalt in künftigen europäischen Naturwäldern, auf pflanzenphysiologische und morphologische Prozesse und untersuchte Brandprozesse in Europa und im tropischen Südamerika. Biodiverse Ökosysteme sind widerstandsfähiger, aber es war unklar, welche Aspekte der biologischen Vielfalt für die Stabilität der Wälder unter dem künftigen Klimawandel am wichtigsten sein könnten.

Die Anwendung des LPJmL-FIT-Modells auf europäische Naturwälder ergab, dass die Vielfalt funktioneller Baumeigenschaften die Widerstandsfähigkeit der Wälder im Allgemeinen erhöht und dass vor allem ein vielfältiger Unterwuchs für die Anpassung der Wälder an künftige Klimabedingungen entscheidend ist (Billing et al., 2022, *Scientific Reports*). Hier ermöglichen Komplementaritätseffekte und fortgesetzte Umwelt- und Wettbewerbsfilterung die am besten angepassten Baumstrategien für zukünftige angepasste Wälder. Die Gruppe arbeitete auch an der Pflanzenphysiologie, d. h. der Photosynthese,

Abbildung 2: Überblick über die Evolution der Pflanzen und die Entwicklung der Zusammensetzung der Erdatmosphäre.

Verbesserte Abschätzungen des Kohlendioxid-Gehalts der Atmosphäre vor der Entstehung der ersten Wälder (offene und gefüllte Kreise) verglichen mit angepassten Simulationsrechnungen mit einem Modell für den globalen Kohlenstoffkreislauf (dicke blaue Linie). Dieselbe Modellsimulation (dicke orange Linie) zeigt auch bessere Übereinstimmung mit unabhängigen Abschätzungen für den Sauerstoffgehalt der Atmosphäre (orange Symbole) im Vergleich zu früheren Modellrechnungen (gestrichelte Linien) (Quelle: Dahl, T.W. et al., 2022, *Nature Communications*). Abbildung aus Dahl, T. W., Harding, M. A. R., Brugger, J., Feulner, G., Norrman, K., Lomax, B. H., Junium, C. K. (2022): Low atmospheric CO₂ levels before the rise of forested ecosystems. – *Nature Communications*, 13, 7616. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-35085-9>, lizenziert unter CC BY 4.0 <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



indem die besten verfügbaren mathematischen Ansätze für die Optimierung und aktualisierte empfindliche Parameter verwendet wurden (Niebsch et al., 2023, *Geosci. Model Dev.*). Rezende et al. (2022, *J. Geophys. Res.: Atmospheres*) zeigten für Südamerika, dass solche geringfügig erscheinenden Verbesserungen wichtig sind, um die Qualität des Modells im Hinblick auf Landnutzungsänderungen zu verbessern, die sich auf die Kohlenstoffbindung und die gekoppelte Kohlenstoff- und Wassernutzungseffizienz unter dem Klimawandel auswirken. Außerdem wurde die Arbeit zur Untersuchung der Feuerregime im tropischen Südamerika und Europa fortgesetzt, um das prozessbasierte Feuermodell SPITFIRE zu verbessern, das in der neuesten LPJmL-Version 5.3 implementiert ist. Mit Hilfe eines komplexen Netzwerkansatzes zur Identifizierung der Feuer und in Kombination mit hochauflösenden Landbedeckungsinformationen konnten die Feuerregime für die verschiedenen Landnutzungsarten im tropischen Südamerika verglichen werden. Dabei stellten Cano-Crespo et al. (2022, *Regional Environmental Change*) fest, dass die Feuerregime tropischer Regenwälder denen von Savannenökosystemen ähneln – ein klarer Hinweis auf den menschlichen Einfluss. In Ermangelung bodengestützter Brandstatistiken, die ein riesiges, aber abgelegenes Gebiet abdecken, schließt diese Arbeit eine wichtige Wissenslücke. Diese Ergebnisse und andere verfügbare Daten wurden genutzt, um das SPITFIRE-Modell weiterzuentwickeln oder es im POEM-Modell anzuwenden, um die Rolle des Feuers bei der Bistabilität tropischer Wälder zu verstehen. Im Rahmen des Horizon2020-Projektes FirEURisk wurden maschinelle Lerntechniken eingesetzt, um die vom Menschen verursachte Entzündungsfunktion in hochauflösenden Simulationen von Feuerregimen und Vegetation unter historischen Klima- und Landnutzungsänderungen in Europa zu verbessern.

Arbeitsgruppe

Sicherer Handlungsraum Landbiosphäre

Die Arbeitsgruppe hat die Definition und Zustandsbewertung interaktiver terrestrischer planetarischer Grenzen umfassend überarbeitet und verbessert und insbesondere gezeigt, dass die Grenze für grünes Wasser überschritten ist. Die Gruppe hat eine Reihe quantitativer Studien auf der Grundlage von LPJmL-Simulationen, der ISIMIP-Multimodelldatenbank und Biodiversitätsdatensätzen durchgeführt und wesentlich dazu beigetragen, die derzeitige Definition und den Status der planetarischen Süßwassergrenze kritisch zu reflektieren (z. B. Virkki, V. et al., 2022, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*; Mohan, C. et al., 2022, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*). Eine Erkenntnis ist, dass der ökologische Mindestwasserbedarf eine unzureichende Metrik zur Charakterisierung einer planetaren Grenze für „blaues“ Wasser und ihrer Beziehung zur aquatischen Biodiversität/ Biosphärenintegrität ist. Deshalb sollte die Bodenfeuchte der Wurzelzone in das Konzept der planetarischen Grenze einbezogen werden, um Veränderungen des „grünen“ Wassers darzustellen – mit der Schlussfolgerung, dass diese neue Grenze aufgrund weit verbreiteter Trocken- und Feuchteanomalien, die die natürliche vorindustrielle Variabilität übersteigen, überschritten ist (Wang-Erlandsson, L. et al., 2022, *Nature Rev. Earth Environ.*). Im Zuge der Konsolidierung der LPJmL-Modellversion 5.3 und ihrer Konfiguration als Simulator terrestrischer planetarer Grenzen wurde die prozessbasierte, räumlich detaillierte Darstellung der Stickstoff- und Biosphärenintegritätsgrenzen verbessert und einige Wechselwirkungen zwischen diesen analysiert (Braun, J. et al., 2022, *Global Sust.*; Chrysafi, A. et al., 2022, *Nature Sust.*). Die Arbeit

floss auch in Studien über das Potenzial regenerativer Landwirtschaft und negativer Emissionstechnologien (Werner, C. et al., 2022, *Earth's Fut.*) sowie in LPJmL-Anwendungen innerhalb des POEM-Modells ein, die zu einer bevorstehenden umfassenden Aktualisierung aller planetarischen Grenzen beitragen. Im Zusammenhang mit der Bestimmung einer aktualisierten planetarischen Grenze für die funktionale Integrität der Biosphäre wurde das Modell Climber-2 verwendet, um die Variabilität der Nettoprimärproduktion der Biosphäre während des Holozäns zu untersuchen. Die Ergebnisse wurden auf historische Simulationen mit LPJmL angewandt, und es wurde ein Modul zur quantitativen Ableitung der menschlichen Aneignung von NPP aus LPJmL-Simulationen entwickelt.

Arbeitsgruppe

Analyse des Gesamtsystems Erde-Mensch

Die WhESA-Gruppe setzte ihre Forschungsarbeiten zur Rolle sozialer Kippparameter sowie der sozio-metabolischen Schichtung und von Ungleichheiten für mögliche Zukunftspfade des Mensch-Erde-Systems fort. Ein Augenmerk lag auf dem Potenzial vernetzter sozialer Kippprozesse für eine nachhaltigere Entwicklung und die Vermeidung gefährlicher Klimafolgen (Donges, J. F./Winkelmann, R. et al., 2022, *Ecological Economics*). Komplexe Ansteckungsdynamiken in sozialen Netzwerken, die häufig sozialen Kippprozessen zugrunde liegen, wurden in Daten über die Ausbreitung urbaner Nachhaltigkeits-Innovationen in einem globalen Netzwerk aus tausenden von Städten identifiziert (Kitzmann, N.H. et al., 2022, *Europ. Phys. J. Special Topics*). Soziale Lernprozesse auf mehreren Strukturebenen könnten in Zukunft eine ebenso große Rolle bei der Umstellung der Landnutzung auf eine regenerative Landwirtschaft spielen (Martin, M.A. et al., 2022, *Global Sustainability*). Darüber hinaus wurde ein neuartiger Ansatz der sozio-metabolischen Klassentheorie als Beitrag zur Theorie des Mensch-Erde-Systems entwickelt und in detaillierten Analysen der sozio-metabolischen Schichtung und der sich daraus ergebenden Emissionsprofile auf der Grundlage von Verbrauchsdaten aus Deutschland (Schuster A. und Otto, I.M. 2022, *Capitalism Nature Socialism*) und

Wohnungsdaten aus dem Vereinigten Königreich (Schuster, A. et al., 2023, *Ecological Economics*) angewendet. Die Ergebnisse zeigen große Unterschiede und Ungleichheiten der deutschen und der britischen Gesellschaft, wo sich unter anderem die Treibhausgasemissionen in den niedrigsten und höchsten Emissionsgruppen um einen Faktor zehn unterscheiden können.

Arbeitsgruppe

Entwicklung von Erdsystemmodellen

Die Entwicklungsarbeit am Potsdamer Erdmodell (POEM) wurde in mehreren Bereichen fortgesetzt. POEM wurde für die Untersuchung von planetaren Grenzen und der Madden-Julian-Oszillation eingesetzt. Die Kernversion von POEM, bestehend aus dem AM2-Atmosphärenmodell, dem MOM5 Ozeanmodell, und dem dynamischen Vegetationsmodell LPJmL (einschließlich dynamischer Vegetation, Permafrost, einem prozessbasierten Feuermodell und einem fortgeschrittenes Landnutzungsmodell), wurde für die weitere integrierte Bewertung der interagierenden planetaren Grenzen verwendet. Das LPJmL-Modell wurde weiterentwickelt zur Darstellung von Feuchtgebieten und Methanemissionen aus der terrestrischen Biosphäre in die Atmosphäre. Zur Verbesserung der interaktiven Kopplung des Eisschildmodells PISM-PICO mit Ozeanmodellen wurde der Zufluss von basalem Schmelzwasser in den Ozean in die Modellcodes von MOM5 und MOM6 implementiert. Fortschritte wurden auch bei der Integration der aktuellen Ozeanmodellgeneration MOM6 in POEM erzielt. Dies beinhaltet eine grob aufgelöste Version von MOM6, welches sich für eine ressourceneffiziente Modellierung eignet und damit in die RD1-Strategie passt. Eine vorläufige Version des PIK-eigenen Atmosphärenmodells, Aeolus2, wurde verwendet, um die Madden-Julian-Oszillation zu untersuchen (Rostami et al, 2022, *QJRM*). Mit dem Future-Lab „Artificial Intelligence in the Anthropocene“ (RD4) wurde maschinelles Lernen angewendet, um die Ergebnisse eines ressourceneffizienten grob-aufgelösten Modells im Vergleich zu hochaufgelösten Reanalysedaten zu verbessern (Hess et al., 2022, *NatMachIntell*).

Abgeschlossene Promotionen

Drüke, Markus	Humboldt-Universität zu Berlin	Modeling biophysical feedbacks in the Earth system to investigate a fire-controlled hysteresis of tropical forests
Cano Crespo, Ana	Humboldt-Universität zu Berlin	Impact of climatic and anthropogenic drivers on spatio-temporal fire distribution in the Brazilian Amazon
Zeitz, Maria	Universität Potsdam	Modeling the future resilience of the Greenland Ice Sheet – From the flow of ice to the interplay of feedbacks

Highlights

Das Leibniz Forschungsnetzwerk Biodiversität, koordiniert von Kirsten Thonicke (Sprecherin) und Eva Rahner (Koordinatorin), hat die "10 Must-Knows from Biodiversity Science" 2022 und die "10 Must-Dos from Biodiversity Science" veröffentlicht, die die wichtigsten wissenschaftlichen Erkenntnisse für Politik und Gesellschaft zusammenfassen. Die 10 Must-Dos wurden im Vorfeld der UN Biodiversity Conference (CBD-COP15/2) in Montreal veröffentlicht, um mögliche Maßnahmen aufzuzeigen, die ohne weitere Verzögerung umgesetzt werden können. Beide Berichte sind online auf Zenodo in deutscher und englischer Sprache verfügbar und haben die Aufmerksamkeit von Medien und Politikern auf sich gezogen.

Ein in der Zeitschrift Science veröffentlichter Kommentar von Kollegen der Harvard University und Stefan Rahmstorf hat die hohe Kompetenz der frühen Klimaprognosen des Unternehmens ExxonMobil seit den 1970er Jahren analysiert und nachgewiesen. Er stieß auf großes internationales Medien-

interesse, unter anderem bei der New York Times, dem Guardian, dem BBC World Service und CNN.

Unter der Federführung von Wolfgang Lucht hat der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) der Bundesregierung eine umfassende Aktualisierung der deutschen CO₂-Bilanz vorgenommen, die im Juni 2022 in deutscher und englischer Sprache veröffentlicht wurde (SRU 2022). Das Gutachten des Beirats beantwortete auch 20 Fragen, die in der jüngsten öffentlichen Diskussion um das CO₂-Budget immer wieder auftauchten, nachdem sich das Bundesverfassungsgericht im Jahr 2021 ausführlich auf die bisherigen Erkenntnisse des Beirats gestützt hatte. Es wurden mehrere Informationsveranstaltungen für einzelne Bundesländer, darunter Baden-Württemberg, Hamburg und Brandenburg, sowie eine gemeinsame Sitzung von Vertretern der Länder und des Bundes angefordert. Der Bericht ist inzwischen zu einem Standardwerk geworden.

Ausgewählte Veröffentlichungen

Billing, M., Thonicke, K., Sakschewski, B., von Bloh, W., Walz, A. (2022): Future tree survival in European forests depends on understorey diversity. – *Scientific Reports*, 12, 20750.

Die Studie unterstreicht die Bedeutung des biodiversen Unterholzes für die Anpassung europäischer Naturwälder an den Klimawandel. Die Bedeutung funktionaler und struktureller Pflanzeigenschaften bleibt unter den Bedingungen des Klimawandels für die Baumkronen erhalten, während die funktionelle Vielfalt für junge Bäume im Unterholz wichtiger ist. Alles in allem: Pflanzenkonkurrenz ist der beste „Manager“ für die Anpassung natürlicher Wälder an das künftige Klima.

Cano-Crespo, A., Traxl, D., Prat-Ortega, D., Rolinski, S., Thonicke, K. (2022): Characterization of land cover-specific fire regimes in the Brazilian Amazon. – *Regional Environmental Change*, 23, 19.

In dieser Arbeit wird ein komplexer Netzwerkansatz mit hochauflösenden Landbedeckungsdaten kombiniert, um Feuerregime für jeden Landbedeckungstyp im brasilianischen Amazonasgebiet kontinuierlich über Raum und Zeit zu identifizieren. Das Feuerregime der tropischen Regenwälder ähnelt heute dem Feuerregime der Savannen, was ein Ergebnis der menschlichen Feuernutzung ist.

Hess, P., **Drüke, M., Petri, S., Strnad, F.M., Boers, N.** (2022): Physically Constrained Generative Adversarial Networks for Improving Earth System Model Precipitation Output. – *Nature Machine Intelligence*, 4, 10, 828–839.

In diesem Beitrag wird maschinelles Lernen als Nachbearbeitung eingesetzt, um die Ergebnisse eines ressourceneffizienten grob-aufgelösten Modells zu verbessern und sich der Qualität teurer hochauflösender Modelle anzunähern.

Landwehrs, J., **Feulner, G., Willeit, M., Petri, S., Sames, B., Wagreich, M., Whiteside, J.H., Olsen, P.E.** (2022): Modes of Pangean Lake-Levelling Cyclicality Driven by Astronomical Pacing

Modulated by Continental Position and pCO₂. – *PNAS*, 119, 46, e2203818119.

In dieser Arbeit werden die ersten transienten Simulationen Milankovic-Zyklen in der älteren Erdgeschichte vorgestellt und es wird gezeigt, dass Veränderungen in den periodisch schwankenden Tiefe der Seen vor rund 200 Millionen Jahren durch Veränderungen der kontinentalen Position und des Kohlendioxidgehalts erklärt werden können.

McKay, D. I. A., Staal, A., Abrams, J. F., **Winkelmann, R., Sakschewski, B., Loriani, S., Fetzer, I., Cornell, S. E., Rockström, J., Lenton, T. M.** (2022): Exceeding 1.5°C global warming could trigger multiple climate tipping points. – *Science*, 377, 6611, eabn7950.

Diese Arbeit zeigt, dass bereits bei einer globalen Erwärmung von 1,5 °C ein erhöhtes Risiko besteht, dass einzelne Kippunkte im Klimasystem überschritten werden. Diese Publikation war die zweiteinflussreichste des Jahres 2022 im Bereich Klima in Bezug auf die Nachrichten und die Aufmerksamkeit in den sozialen Medien, ermittelt von CarbonBrief.

Rostami, M., Zhao, B., Petri, S. (2022): On the genesis and dynamics of Madden-Julian oscillation-like structure formed by equatorial adjustment of localized heating. – *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 148, 3788–3813.

Die Arbeit stellt einen Fortschritt im Verständnis der tropischen atmosphärischen Wellendynamik dar, die für die bekannte Madden-Julian-Oszillation relevant ist, und demonstriert gleichzeitig die Fähigkeiten des neuen schnellen Atmosphärenmodells, das in RD1 entwickelt wird.

Rousi, E., Kornhuber, K., Beobide-Arsuaga, G., Luo, F., Coumou, D. (2022): Accelerated western European heatwave trends linked to more-persistent double jets over Eurasia. – *Nature Communications*, 13, 3851.

Die Studie zeigt, dass Europa ein Hitzewellen-Hotspot ist (wie im letzten Sommer wieder zu sehen war) und stellt einen physikalischen

Mechanismus vor, der die schnelle Zunahme der Häufigkeit von Hitzeextremen durch das Auftreten von doppelten Jetstream-Zuständen erklärt.

Werner, C., Lucht, W., Gerten, D., Kammann, C. (2022): Potential of Land-Neutral Negative Emissions Through Biochar Sequestration. – *Earth's Future*, 10, e2021EF002583.
Diese Studie quantifiziert das Potenzial der Sequestrierung von Pflanzenkohle unter Annahme von deren global flächen- und kalorienneutraler Anwendung, um die nachteiligen Auswirkungen von auf Biomasse basierenden negativen Emissionstechnologien auf die Landnutzung und die Biosphäre abzumildern. Die Ergebnisse zeigen, dass ein solcher Ansatz in gewissem Maß den zusätzlichen Landnutzungsdruck verringern kann.

Willeit, M., Ganopolski, A., Robinson, A., Edwards, N. R. (2022): The Earth system model CLIMBER-X v1.0. Part 1: climate model description and validation. – *Geosci. Model Dev.*, 15, 5905–5948.

Diese Veröffentlichung beschreibt das vollständig gekoppelte, schnelle Erdsystemmodell CLIMBER-X, das Simulationen der Entwicklung des Erdsystems als Ganzes und die Untersuchung komplexer Wechselwirkungen und Rückkopplungen zwischen verschiedenen Komponenten des Erdsystems auf Zeitskalen von Jahrzehnten bis zu Hunderttausenden von Jahren ermöglicht.

Zeitz, M., Haacker, J. M., Donges, J. F., Albrecht, T., Winkelmann, R. (2022): Dynamic regimes of the Greenland Ice Sheet emerging from interacting melt-elevation and glacial isostatic adjustment feedbacks. – *Earth System Dynamics*, 13, 1077–1096.

Diese Arbeit zeigt in numerischen Simulationen mit dem Eisschild-Modell PISM, dass wechselwirkende positive und negative Rückkopplungen über mehrere Jahrtausende zu unterschiedlichen dynamischen Regimen des grönländischen Eisschildd führen können.

Forschungsabteilung 2

Klimaresilienz

Wie kann die Klimaresilienz über Sektoren und Skalen hinweg durch das Management globaler Gemeinschaftsgüter innerhalb der planetaren Grenzen erhöht werden?

Das Ziel unserer Forschung ist ein besseres Verständnis der Resilienz sozialer und ökologischer Systeme gegenüber dem Klimawandel, in verschiedenen Sektoren und auf verschiedenen räumlichen Skalen. Übergreifende Forschungsthemen sind:

- **Auswirkungen des Klimawandels und der sozioökonomischen Konsequenzen** in Bezug auf Landnutzung, Landwirtschaft, Wälder, hydrologische Systeme, menschliche Gesundheit und Wohlergehen sowie urbane Räume.
- **Anpassungsfähigkeit von Gesellschaften und Ökosystemen**, über verschiedene Skalen hinweg und unter verschiedenen Klimaszenarien.
- **Synergien zwischen Klimawandelanpassung und -vermeidung**, zur Erhöhung der Klimaresilienz und zur Sicherstellung einer nachhaltigen gesellschaftlichen Entwicklung.

Leitung: **Sabine Gabrysch & Hermann Lotze-Campen** Stellvertretung: **Fred Hattermann & Jürgen Kropp**
 Koordination: **Peggy Gräfe** Sekretariat: **Gabriele Götz**

RD2

Ernährung und Gesundheit		Sektorübergreifende Klimawirkungen			Urbane Transformationen
Klimawandel und Gesundheit	Landnutzung und Resilienz	Anpassung in Agrarsystemen	Wald- und Ökosystemresilienz	Hydroklimatische Risiken	Urbane Transformationen
Amanda Wendt	Christoph Müller	Christopher Gornott & Lisa Murken*	Christopher Reyner	Fred Hattermann	Jürgen Kropp
Ungleichheit, menschliches Wohlergehen und Entwicklung Kati Krähnert & Linus Mattauch					

* seit 02.2023

Zusätzlich zu den Arbeitsgruppen ist das FutureLab „Ungleichheit, menschliches Wohlergehen und Entwicklung“ in der Abteilung 2 integriert. Dieses konzentriert sich auf sozialwissenschaftliche Forschung zu nachhaltiger Entwicklung, Ungleichheit und menschlichem Wohlergehen.

Ausgewählte Ergebnisse

Arbeitsgruppe

Klimawandel und Gesundheit

Änderungen von Verhaltensweisen im Bereich der häuslichen Lebensmittelhygiene können die mikrobielle Verunreinigung von Nahrung reduzieren. Die Studie „Food Hygiene to reduce Environmental Enteric Dysfunction“ (FHEED), eine Intervention zur Lebensmittelhygiene, beinhaltete interaktive Aktivitäten und emotionale Impulse in einem 21-monatigen Lehrplan, der aus Gruppensitzungen und Haushaltsbesuchen bestand. Die Intervention war gut besucht (>75%), und mehr als ein Drittel der Teilnehmenden erreichten den Titel „ideale Familie“, d. h. sie führten 5 von 7 empfohlenen Lebensmittelhygienemaßnahmen durch (Sobhan et al., 2022, *BMC Public Health*). Eine Querschnittsanalyse ergab, dass die mikrobielle Verunreinigung von Nahrungsmitteln deutlich reduziert werden konnte, wenn die Haushalte mehrere der geförderten Verhaltensweisen praktizierten (Müller-Hauser et al., 2022, *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*).

Mehrheit der schwangeren Frauen im ländlichen Bangladesch ist einer Mykotoxinbelastung ausgesetzt. Zu diesem Ergebnis kommt eine Studie im Rahmen des FAARM Projektes in Bangladesch, an der 447 schwangere Frauen teilnahmen. Von den teilnehmenden Frauen in der Stichprobe schienen nur 4 % nicht exponiert zu sein. Bei 63 % der Studienteilnehmerinnen konnten hingegen zwei oder mehr Mykotoxine nachgewiesen werden. In einigen Lebensmitteln konnten erhöhte oder verringerte Mykotoxinwerte nachgewiesen werden, wobei der Konsum lokaler Genussmittel (z.B. Betelnuss, Betelblatt, Kautabak) am deutlichsten mit höheren Werten von Mykotoxinen assoziiert war (Kyei et al., 2022, *Archives of Toxicology*).

Arbeitsgruppe

Landnutzung und Resilienz

Modellierungsstudien zeigen ein großes Anpassungspotenzial der Landwirtschaft durch Veränderung der Anbauperioden und Anbau von Zwischenfrüchten. In einer Studie mit dem LPJmL-Modell konnte gezeigt werden, dass die Ernteerträge durch eine rechtzeitige Anpassung der An-

bauzeiträume unter Klimawandel erheblich gesteigert werden können, verglichen mit einem Szenario, bei dem die Anbau-perioden nicht angepasst werden (Minoli et al., 2022, *Nature Communications*). In einer weiteren Studie mit demselben Modell wurde nachgewiesen, dass die Bewirtschaftung mit Zwischenfrüchten besser zur Erhöhung des Kohlenstoffgehalts im Boden beitragen kann als pfluglose Bodenbearbeitung und das Zurücklassen von Ernterückständen auf den Ackerflächen. Bei stickstoffarmen Bewirtschaftungssystemen kann es jedoch zu Ertragseinbußen bei der Hauptkultur führen (Porwollik et al., 2022, *Biogeosciences*).

Eine Reduzierung des Wirtschaftswachstums im Lebensmittelsektor führt nicht zu einer wesentlichen Verringerung der Treibhausgasemissionen, vielmehr ist eine Umstrukturierung der Nahrungsmittelproduktion erforderlich.

Ein Finanztransfer zwischen reicheren und ärmeren Ländern könnte diesen Effekt sogar noch verstärken. Nur eine Transformation zu nachhaltigeren Ernährungsweisen, einschließlich geringerer Lebensmittelverschwendung und eines geringeren Verbrauchs tierischer Erzeugnisse sowie eine Bepreisung der Emissionen könnte zu einer erheblichen Verringerung der Treibhausgas-Emissionen und der Stickstoffbelastung im Lebensmittelsektor führen (Bodirsky et al., 2022, *Nature Food*).

Arbeitsgruppe

Anpassung in Agrarsystemen

Der Klimawandel wirkt sich negativ auf den Anbau von Grundnahrungsmitteln in vielen afrikanischen Ländern aus – verschiedene Anpassungsstrategien können diese negativen Auswirkungen abmildern. In einer ersten Studie beurteilen Arumugam et al. (2023, *European Journal of Agronomy*) die Auswirkungen des Klimawandels auf Sorghum in Burkina Faso und bewerten das Potenzial verschiedener Anpassungsmaßnahmen. Die Cocoyam-Produktion in Simbabwe steht im Mittelpunkt einer zweiten Studie, die zum Ergebnis kommt, dass seltene Kulturpflanzen ein hohes Potenzial als Anpassungsstrategie haben können (Chemura et al., 2022a, *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*).

Darüber hinaus zeigt eine dritte Studie, dass extreme Wetterbedingungen eine wichtige Rolle bei der Bestimmung der Eignung für den Maisanbau im südlichen Afrika spielen (Abb. 1) (Chemura et al., 2022b, *Frontiers in Climate*). Die drei Studien

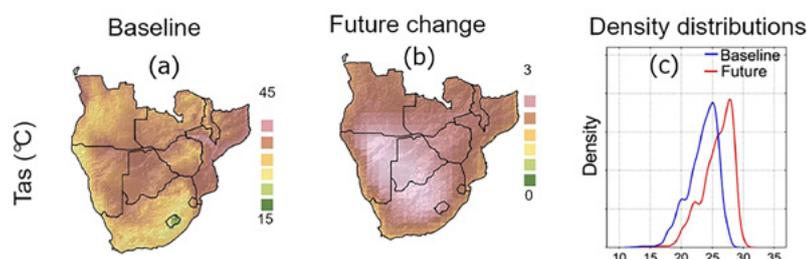
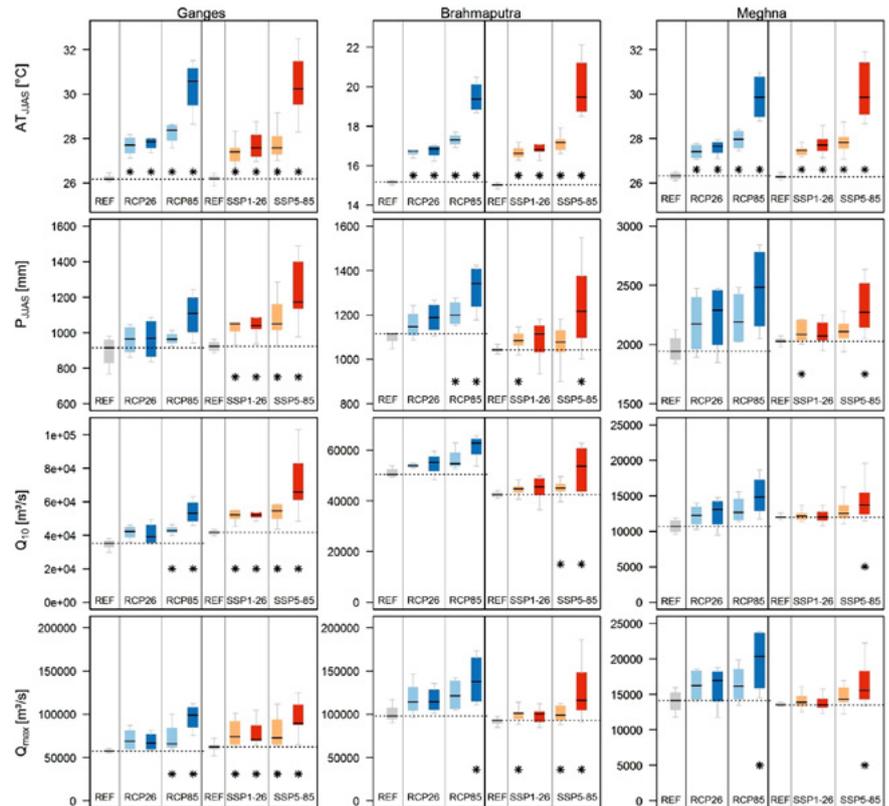


Abb. 1: Veränderung der Mitteltemperatur im südlichen Afrika. Diese wirkt sich in vielen Regionen negativ auf die Anbau-eignung für Mais aus (Chemura et al., 2022b, *Frontiers in Climate*). Abbildung aus Chemura, A., Nangombe, S. S., Gleixner, S., Chinyoka, S., Gornott, C. (2022): Changes in Climate Extremes and Their Effect on Maize (*Zea mays* L.) Suitability Over Southern Africa. – *Frontiers in Climate*, 4, 890210. <https://doi.org/10.3389/fclim.2022.890210>, lizenziert unter CC BY 4.0 <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Abb 2: Von oben nach unten gezeigt sind die Lufttemperatur (AT) und Niederschlag (P) in der Sommer-Monsun-Zeit (Juni-September); Q10 und Qmax für die Einzugsgebiete (von links nach rechts) im Referenzzeitraum (1971-2000), in naher Zukunft (2031-2060) und in ferner Zukunft (2070-2099); simuliert auf der Grundlage von CMIP5 (linke Seite jeder Tafel) und CMIP6 (rechte Seite jeder Tafel) basierten jeweiligen Modell-Ensembles. Das Sternchen (*) kennzeichnet eine signifikante Änderung gemäß dem Wilcoxon-Rangsummentest auf dem 0,05-Signifikanz Niveau (Gädeke et al., 2022, *Environmental Research Letters*). Abbildung aus Gädeke, A., Wortmann, M., Menz, C., Saiful Islam, A. K. M., Masood, M., Krysanova, V., Lange, S., Hattermann, F. F. (2022): Climate impact emergence and flood peak synchronization projections in the Ganges, Brahmaputra and Meghan basins under CMIP5 and CMIP6 scenarios. – *Environmental Research Letters*, 17, 9, 094036. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac8ca1>, lizensiert unter CC BY 4.0 <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



tragen zu einem besseren Verständnis der Klimawirkungen auf afrikanische Grundnahrungsmittel und zu praktikablen Anpassungsmöglichkeiten bei, was für die Verbesserung der Ernährungssicherheit von entscheidender Bedeutung ist.

Wissenschaftsphilosophische Aspekte, insbesondere zum Thema Werturteile in der Wissenschaft, wurden in die Forschungsaktivitäten der Arbeitsgruppe aufgenommen. In Pulkkinen et al. (2022, *Nature Climate Change*) wird argumentiert, dass sich die wissenschaftliche Gemeinschaft der Rolle sozialer und ethischer Werte stärker bewusst werden muss. Es werden Vorschläge gemacht, wie diese Werturteile auf der Grundlage philosophischer Erkenntnisse gesteuert werden können. In einer weiteren Studie werden die Werturteile, die bei der Bewertung der Gleichgewichts-Klimasensitivität eine Rolle spielen, detailliert beschrieben (Undorf et al., 2022, *Climatic Change*). Pulkkinen et al. (2022, *European Journal for Philosophy of Science*) testen eine solche Wertmanagement-Idee für den Fall der Klimamodellierung. Dies trägt zur Strategie des PIK bei, die Forschung über die Natur- und Wirtschaftswissenschaften hinaus zu integrieren, um komplexe Systeme besser zu verstehen. Da diese Arbeitsgruppe einen starken Fokus auf evidenzbasierte Politikberatung hat, ist dies für sie von besonderer Bedeutung.

Arbeitsgruppe

Wald- und Ökosystemresilienz

Die Dekarbonisierung des Bausektors bleibt eine zentrale Herausforderung für den Klimaschutz, und Holz als Baumaterial hat ein hohes Klimaschutzpotenzial. Die Arbeits-

gruppe hat mit ihrer forstwirtschaftlichen Expertise zu einer Studie über die globalen Auswirkungen der Verwendung von Holz als Baumaterial unter Verwendung des globalen Landnutzungsmodells MAgPIE beigetragen (Mishra et al., 2022, *Nature Communications*). Die Studie zeigt, dass ein erheblicher Bedarf an neuen Forstplantagen besteht, um die steigende Nachfrage an Holz zu decken, dass aber die Auswirkungen auf die landwirtschaftliche Flächennutzung geringer sind als erwartet. Es wird eher eine stärkere Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion erwartet als eine Ausdehnung der Landwirtschaft in bisher ungenutzte Flächen.

Der größte und bisher umfassendste Vergleich von Waldmodellen in Europa zeigt, dass die Vielfalt der Modelle hoch ist. Es gibt kein einzelnes Modell, das präzise mit Beobachtungsdaten übereinstimmt, ein tiefergreifendes Prozessverständnis abbildet und breit anwendbar ist.

Mahnken et al. (2022, *ISIMIP Repository*) haben im Rahmen von ISIMIP (Phase 2a) 13 Waldmodelle zusammengeführt, die 9 Waldstandorte in Europa simulieren. Die Studie ist das Ergebnis mehrjähriger Konzeptentwicklung, Modellsimulationen, Datenpflege und -analyse und zeigt deutlich, dass ein Modell-Ensemble-Ansatz erforderlich ist, um die Auswirkungen des Klimawandels in Europa umfassend zu untersuchen. Die Studie zeigt aber auch, dass sich die Waldmodelle in ihrer Reaktion auf Umweltfaktoren gegenseitig ergänzen und dass es mehrere Fälle gibt, in denen einzelne Modelle das Modellensemble übertreffen. Der vorgestellte Analyserahmen ist ein erster Schritt, um wesentliche Unterschiede zwischen Waldmodellen zu erfassen, die über die üblicherweise verwendete Vorhersagegenauigkeit hinausgehen.

Arbeitsgruppe

Hydroklimatische Risiken

Aufgrund des Klimawandels wird es zu immer stärkeren Hochwassern in der Region Südostasien kommen. Schon jetzt kann bei schweren Hochwassern die betroffene Fläche in Bangladesch mehr als 75 % der Landesfläche ausmachen, wie es z.B. 1998 der Fall war. Es werden zwar immer mehr Schutzanlagen wie Deiche und Zyklon-Schutzgebäude gebaut, doch deren Wirkung wird in Folge des Klimawandels durch immer höhere Hochwasser in Frage gestellt. In einer neuen Studie haben Gädeke et al. (2022, *Environmental Research Letters*) untersucht, wie sich verschiedene Szenarien des Klimawandels auf die Hochwasserextreme in Bangladesch auswirken. Dazu wurde das hydrologische Modell SWIM mit hoher räumlicher Auflösung für die Flüsse Ganges, Brahmaputra und Meghna aufgesetzt und durch verschiedene Klimaszenarien-Ensembles angetrieben. Die Ergebnisse sind in Abb. 2 zusammengefasst, wobei Q10 ein Indikator für hohen Abfluss ist (nur 10 % der Abflüsse sind höher) und Qmax für starke Hochwasser (der jeweilige maximale jährliche Abfluss). Es zeigt sich, dass besonders unter den wärmeren Szenarien weitere signifikante Anstiege in den jährlichen Überflutungen zu erwarten sind.

Die Integration des gesamten Nexus „Wasser – Ernährung – Energie – Gesundheit“ ist der Schlüssel zur Entwicklung von nachhaltigen Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel in Sub-Sahara-Afrika. Die Gruppe führt Projekte und Studien durch, die sich auf die Auswirkungen des Klimawandels in Afrika (Rivas-López et al., 2022, *Journal of Hydrology: Regional Studies*) und die Bewirtschaftung von natürlichen Ressourcen im verschiedenen Fluss-Einzugsgebieten unter Klimawandel-Bedingungen konzentrieren. Dabei werden Konflikte zwischen flussaufwärts und flussabwärts gelegenen Nutzenden berücksichtigt, um zum Beispiel kostengünstige Anpassungsoptionen zur Förderung eines nachhaltigen Wachstums innerhalb des Nexus zu untersuchen (Salak 2022, *Scientific Reports*). Der Kapazitätsaufbau von lokalen Experten und Promovierenden ist ein weiterer Schwerpunkt der Arbeiten (Yangouliba et al., 2022, *Journal of Water and Climate Change*).

Arbeitsgruppe

Urbane Transformationen

Berlin könnte einen Großteil seines Gemüses lokal produzieren. Städte sind für einen Großteil der globalen Treibhausgas-Emissionen verantwortlich und deshalb müssen hier neue Lösungen zur Emissionsminderung gefunden werden. Lokale und zirkuläre Produktion sowie die Verminderung von Transportbedarf sind dafür Beispiele. Das Potenzial für den Gemüseanbau in Berlin wurde für eine Vielzahl von potentiellen Flächen systematisch abgeschätzt. In die Kalkulation wurden u.a. unbebaute Wohngrundstücke, Kleingärten, Flachdächer, Parkplätze und stillgelegte Friedhöfe unter

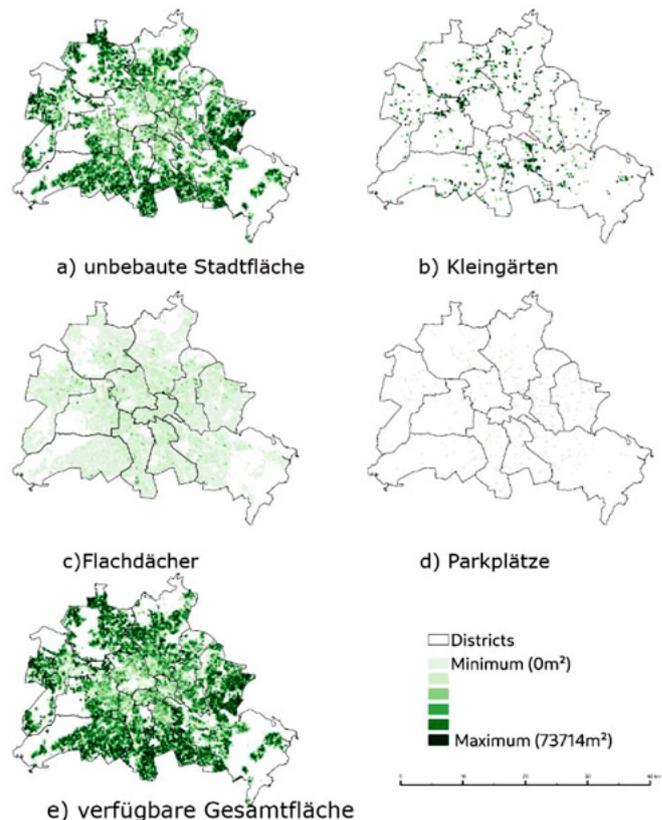


Abb. 3: Geographische Verteilung der potentiellen Flächen für Gemüseanbau in Berlin (De Simone et al., 2023, *Sustainable Cities and Societies*). Nachdruck der Abbildung mit Genehmigung von Elsevier: De Simone, M., Pradhan, P., Kropp, J. P., Rybski, D. (2023): A large share of Berlin's vegetable consumption can be produced within the city. – *Sustainable Cities and Society*, 91, 104362, ISSN 2210-6707. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104362>.

unterschiedlichen Szenario-Annahmen einbezogen (Abb. 3). Als Ergebnis könnten bis zu 80 % des Berliner Bedarfs an Frischgemüse innerhalb der Stadtgrenzen produziert werden (De Simone et al., 2023, *Sustainable Cities and Societies*). Hierfür wäre eine Nutzung von lediglich etwa 5 Prozent der Gesamtfläche sowie eine Maximierung der Ernteerträge unter Einhaltung von Nachhaltigkeitsstandards erforderlich. Weiterhin hat eine lokale Agrarproduktion auch Einfluss auf die Emissionen entlang der Wertschöpfungsketten. Foong et al. (2022, *Nature Communications*) stellen fest, dass Emissionen im Lebensmittelsektor Handelsaspekte auf unterschiedlichen Skalen berücksichtigen müssen, denn es zeigen sich erhebliche Unterschiede zwischen produktionsbasierten und handelsbereinigten Emissionen für Agrarexporture.

Die Inanspruchnahme von Landflächen kann durch intelligentes Management beschränkt werden. Städte als komplexe Systeme zeigen global höchst unterschiedliche Wachstumsdynamiken. Meist allerdings manifestieren sich diese durch die sukzessive Schaffung neuer Siedlungen in der Nähe bestehender Siedlungen (Zersiedelung). Um die Inanspruchnahmen von Flächen und unregelmäßiges Wachstum einzugrenzen, ist ein Verständnis der grundlegenden Mechanismen erforderlich. Um den Druck auf die unbesiedelten Gebiete weltweit abzuschätzen, wurden zu diesem Zweck weltweit 100 städtische Agglomerationen untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass die Umwandlung in Siedlungen eine Funktion der

Entfernung ist, aber drei Faktoren des städtischen Wachstums umfasst: (i) eine eher unregelmäßige Ausweitung bestehender Siedlungen; (ii) eine diskontinuierliche Entwicklung „zufälliger“ neuer Siedlungen neben bestehenden Siedlungen; und (iii) sprunghaftes Wachstum neuer Gebiete weit entfernt von bestehenden Siedlungen (Glockmann et al., 2022, *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*). Während (i) den oben angedeuteten Normalfall erklärt, kann (ii) durch Gravitationseffekte erklärt werden, d.h. man profitiert

beispielsweise von bereits bestehenden Dienstleistungen in der näheren Umgebung. Der dritte Fall ist allerdings meist auf eine sprunghafte Entwicklung zurückzuführen, welche oft einen Mangel an erschließbaren Flächen als Ursache hat. Letztere Entwicklung zeigt sich u.a. in großen Planungsprojekten wie z.B. im Fall von Nusantara (Indonesien) oder „Die neue Verwaltungshauptstadt“ (Ägypten), für die als Ursache ein nicht-nachhaltiges Planungsversagen an den ursprünglichen Standorten identifiziert werden kann.

Abgeschlossene Promotionen

Herzfeld, Tobias	Humboldt-Universität zu Berlin	The economics of exchanging and adopting plant genetic resources for food and agriculture
Krummenauer, Linda	Universität Potsdam	Global heat adaptation among urban populations and its evolution under different climate futures
Laudien, Rahel	Humboldt-Universität zu Berlin	Supporting climate risk management in tropical agriculture with statistical crop modelling
Porwollik, Vera	Humboldt-Universität zu Berlin	Patterns of cropland management systems for assessments of global change
Waid, Jillian	Universität Heidelberg	Causes and consequences of dietary change in Bangladesh from 1985 to 2010

Highlights

Im März 2022 initiierten **Lisa Pörtner, Nathalie Lambrecht, Hermann Lotze-Campen** und **Sabine Gabrysch** eine Erklärung zur Notwendigkeit einer Transformation des Ernährungssystems vor dem Hintergrund des russischen Angriffskrieges in der Ukraine. Die Erklärung wurde von mehr als 600 Expertinnen und Experten aus der ganzen Welt mitunterzeichnet. Sie wurde von mehreren Nachrichtenagenturen aufgegriffen und führte zu einer Vielzahl an Einladungen zu Vorträgen, unter anderem zur Teilnahme an einem Europe Calling Webinar im Juni. Die Erklärung wurde auch an deutsche und europäische politische Entscheidungsträger verschickt und von **Lisa Pörtner** bei einem Treffen mit EU-Kommissar J. Wojciechowski vorgestellt. Auf dieser Grundlage haben **Lisa Pörtner, Benjamin Leon Bodirsky, Franziska Gaupp, Sabine Gabrysch, Linus Mattauch und Hermann Lotze-Campen** gemeinsam mit mehreren Forschenden aus verschiedenen Disziplinen und Institutionen in ganz Deutschland einen Policy Brief über die Notwendigkeit einer Umstellung des Ernährungssystems auf eine pflanzenbasierte Ernährung verfasst, der im September 2022 veröffentlicht wurde. Das Dokument beeinflusste die politische Diskussion in Deutschland und führte zu mehreren Gesprächen mit Mitgliedern des Deutschen Bundestages. Es wurde außerdem auf einem der Workshops für die Kommentierung der deutschen Ernährungsstrategie vorgestellt.

Christoph Gornott wurde in die Gruppe „Deutschlands Top 40 unter 40“ gewählt. Seit 2007 kürt das Magazin Capital die herausragenden Talente des Landes in den Kategorien Manager, Unternehmer, Politiker, Wissenschaftler und Gesellschaftsvertreter. Voraussetzung dafür sind exzellente Leistungen, beeindruckendes Engagement, eine große Bereitschaft, Verantwortung zu übernehmen und das Potenzial für große weitere Karriereschritte.

Im Rahmen des vom Auswärtigen Amt finanzierten Projekts Green Vision Central Asia (GVCA) organisierten RD2-Forschende **acht Veranstaltungen zum Kapazitätsaufbau in fünf zentralasiatischen Ländern.** Es nahmen über 100 Personen aus mehr als 35 Institutionen teil. Die unterschiedlichen Zielgruppen umfassten Studierende, junge Diplomaten, Beamte, Forschende und Journalisten. Die Diskussionen trugen dazu bei, das Verständnis von Klimawirkungen in Zentralasien zu verbessern und eine Brücke zwischen den Ländern, der Wissenschaft und der Gesellschaft zu schlagen. In diesem Zusammenhang nahm **Fred Hattermann** an einer **Podiumsdiskussion auf der Berliner Sicherheitskonferenz** im November 2022 teil.

Ausgewählte Veröffentlichungen

Bodirsky, B. L., Meng-Chuen Chen, D., Weindl, I., Soergel, B., Beier, F., Molina Bacca, E. J., Gaupp, F., Popp, A., Lotze-Campen, H. (2022): Integrating Degrowth and Efficiency Perspectives Enables an Emission-Neutral Food System by 2100. – *Nature Food*, 3, 5, 341-348. *Dieses Papier quantifiziert, wie Degrowth-Szenarien für den Lebensmittelsektor die Treibhausgas-Emissionen verändern würden, und kommt zu dem Ergebnis, dass nur eine Umstellung des Ernährungssystems auf eine pflanzenbasierte Ernährung sowie eine Bepreisung der Emissionen die Klimabilanz des Sektors erheblich verbessern könnte.*

Fernandez Palomino, C. A., Hattermann, F. F., Krysanova, V., Lobanova, A., Vega-Jácome, F., Lavadao, W., Santini, W., Aybar, C., **Bronstert, A.** (2022): A Novel High-Resolution Gridded Precipitation Dataset for Peruvian and Ecuadorian Watersheds: Development and Hydrological Evaluation. – *Journal of Hydrometeorology*, 23, 3, 309-336. *Solide Klima-Informationen sind die Grundlage für Klimafolgen- und Risikobewertungen, aber in vielen Ländern sind die Beobachtungsdaten unzureichend oder nicht verfügbar. Ein neuartiger Ansatz zur Abschätzung von Niederschlagsmustern unter Berücksichtigung des gesamten regionalen Wasserkreislaufs wurde entwickelt. Er wird bereits von staatlichen Einrichtungen in Peru, Bolivien und Ecuador im Andenhochland und im Amazonas-Tiefland angewendet.*

Glockmann, M., Li, Y., Lakes, T., **Kropp, J. P., Rybski, D.** (2022): Quantitative evidence for leapfrogging in urban growth. – *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 49(1), 352-367. *Städtisches Wachstum kann sich auf unterschiedliche Weise manifestieren, meist jedoch durch die sukzessive Schaffung neuer Siedlungen in der Nähe bestehender Siedlungen. Um den Druck auf unbesiedelte Regionen weltweit abzuschätzen, wurden 100 Standorte untersucht, die zeigen, dass die Umwandlung in Siedlungen eine Funktion der Entfernung ist, aber drei Faktoren des städtischen Wachstums umfasst. (i) Ausweitung bestehender Siedlungen, (ii) diskontinuierliche Entwicklung "zufälliger" neuer Siedlungen in der Nähe bestehender Siedlungen und (iii) sprunghaftes Wachstum neuer Gebiete weit entfernt von bestehenden Siedlungen.*

Minoli, S., Jägermeyr, J., Asseng, S., Urfels, A., Müller, C. (2022): Global crop yields can be lifted by timely adaptation of growing periods to climate change. – *Nature Communications*, 13, 7079. *Diese quantitative Modellstudie zeigt, dass die Anpassung der Anbauperioden von Nutzpflanzen die Ernteerträge unter den Bedingungen des Klimawandels erheblich steigern kann, verglichen mit einem Szenario, bei dem die Anbauperioden nicht an die veränderten klimatischen Bedingungen angepasst werden.*

Mishra, A., Humpenöder, F., Churkina, G., **Reyer, C. P. O., Beier, F., Bodirsky, B. L., Schellnhuber, H. J. S., Lotze-Campen, H., Popp, A.** (2022): Land use change and carbon emissions of a transformation to timber cities. – *Nature Communications* 13, 4889. *In diesem Papier werden die Zielkonflikte zwischen der Erzeugung von Holz für die Verwendung als Baumaterial in Forstplantagen und Sekundärwäldern bei gleichzeitiger Vermeidung der weiteren Abholzung geschützter Primärwälder und der weiteren Umwandlung natürlicher Gebiete in landwirtschaftliche Flächen quantitativ untersucht. Die Vergrößerung der Plantagenfläche zur Befriedigung der zukünftigen Nachfrage nach Holz ist beträchtlich, aber es gibt Spielraum für eine verstärkte Verwendung von Holz im Bauwesen, wenn das Holz nachhaltig produziert und die Abstimmung mit anderen Ökosystemleistungen des Waldes berücksichtigt wird.*

Murken, L., Gornott, C. (2022): The importance of different land tenure systems for farmers' response to climate change: a systematic review. *Climate Risk Management*, 35, 100419. *Dieses Papier zeigt in einer systematischen Übersichtsarbeit die Bedeutung von Landbesitz und seine Verbindung zum Klimawandel. Obwohl die Zahl der Studien, die sich mit Landbesitz befassen, in den letzten Jahrzehnten zugenommen hat, ist die Literatur, die den Klimawandel mit einbezieht, insbesondere mit empirischen Daten, kaum existent.*

Patacca, M., Lindner, M., Lucas-Borja, M. E., Cordonnier, T., Fidey, G., Gardiner, B., **Hauf, Y.,** Jasinevicius, G., Labonne, S., Linkevicius, E., **Mahnken, M.,** Milanovic, S., Nabuurs, G. J., Nagel, T. A., Nikinmaa, L., Panyatov, M., Bercak, R., Seidl, R., Sever, M. Z. O., Socha, J., Thom, D., Vuletic, D., Zudin, S., Scheelhaas, M. J. (2022): Significant increase in natural disturbance impacts on European forests since 1950. – *Global Change Biology*, 29, 5, 1359-1376. *Dieses Papier stellt eine Datenbank der Waldschäden in Europa vor, die auf nationalen und subnationalen Daten basiert. Es zeigt sich, dass die Waldschäden insgesamt zugenommen haben und dass insbesondere die Schäden durch Insekten stark angestiegen sind.*

Pulkkinen, K., **Undorf, S.,** Bender, F. A. M., Wikman-Svahn, P., Doblas-Reyes, F., Flynn, C., Hegerl, G. C., Jönsson, A., Leung, G. K., Roussos, J., Shepherd, T. G., Thompson, E. (2022): The value of values in climate science. – *Nature Climate Change* 12, 4-6.

Dieser Beitrag zeigt, dass sich die wissenschaftliche Gemeinschaft der Rolle, die auch soziale und ethische Werte spielen, stärker bewusst werden muss, und macht Vorschläge, wie diese Werturteile gesteuert werden können, zum Beispiel auf der Grundlage philosophischer Überlegungen.

Sobhan, S., Müller-Hauser, A. A., Huda, T. M. **N., Waid, J. L.,** Gautam, O. P., Gon, G., **Wendt, A. S., Gabrysch, S.** (2022): Design, delivery, and determinants of uptake: findings from a food hygiene behavior change intervention in rural Bangladesh. – *BMC Public Health* 22, 887. *Dieses Papier beschreibt die Anpassung und Umsetzung einer Lebensmittelhygiene-Intervention im ländlichen Bangladesch als Teil der randomisierten kontrollierten FAARM-Cluster-Studie. Es wird über eine hohe Beteiligung an den Sitzungen berichtet, wobei einige der geförderten Verhaltensweisen (z.B. sichere Lagerung und frische Zubereitung oder Aufwärmen von Speiseresten) häufiger praktiziert wurden als andere (z.B. Händewaschen und Reinigung von Geschirr). Insgesamt wurde beobachtet, dass mehr als ein Drittel der Haushalte mindestens 5 der 7 empfohlenen Verhaltensweisen über drei Haushaltsbesuche hinweg praktizierten, um am Ende des Interventionszeitraums den Titel "ideale Familie" zu erhalten.*

Waid, J. L., Wendt, A. S., Sinharoy, S., Kader, A., **Gabrysch, S.** (2022): Impact of a homestead food production program on women's empowerment: Pro-WEAI results from the FAARM trial in Bangladesh. – *World Development*, Volume 158, 106001.

In diesem Beitrag werden die Auswirkungen der FAARM-Studie auf die Handlungsfähigkeit von Frauen untersucht. Sie zeigt eine signifikant positive Auswirkung auf die Frauen in der Interventionsgruppe, die auf intrinsische und kollektive Handlungsfähigkeit zurückzuführen ist. Dazu gehören eine stärkere Nicht-Akzeptanz von Gewalt in der Partnerschaft, ein größerer Besitz von Vermögenswerten, eine bessere Kontrolle über das Einkommen, ein höheres Maß an Gruppenmitgliedschaft und einflussreicher Gruppenzugehörigkeit sowie eine größere Selbstwirksamkeit.

Transformationspfade

Wie sehen Transformationspfade aus, die eine nachhaltige Nutzung von Atmosphäre und Biosphäre als globale Gemeingüter gewährleisten, und was gewinnen wir im Vergleich zu alternativen Pfaden, die die planetaren Grenzen überschreiten?

Die thematischen Schwerpunkte und Ziele sind:

- **Entwicklung integrierter Klimaschutz-Klimafolgen-Pfade:** Bewertung von Klimaschutzstrategien und verbleibenden Folgen des Klimawandels im Hinblick auf sozioökonomische Entwicklung, Verteilungseffekte und planetare Integrität.
- **Gesellschaftliche Auswirkungen des Klimawandels:** Abschätzung von gesellschaftlichen Folgen des Klimawandels, insbesondere in Bezug auf wirtschaftliche Schäden, Migration, Vertreibung und Konflikt und unter Berücksichtigung der Wirkung von Wetterextremen.
- **Nachhaltige Transformationspfade:** Analyse von Klimaschutz- und Nachhaltigkeitspfaden, die den Klimawandel auf unter 1.5-2°C begrenzen und gleichzeitig die Integrität der Biosphäre gewährleisten und den ökologischen Fußabdruck der Transformation zu emissionsneutralen Energiesystemen geringhalten.
- **Politische Strategien für Klimaschutzpfade:** Bewertung von regulatorischen und marktwirtschaftlichen Instrumenten der Klimapolitik in Bezug auf die Umsetzung von Klimaschutzpfaden und Verteilungsimplicationen.

Leitung: **Elmar Kriegler & Katja Frieler** Stellvertretung: **Gunnar Luderer & Matthias Mengel**

Koordination: **Cordelia Arndet-Sullivan** Sekretariat: **Maria Aberspach, Isabel Guttman**

RD3

Pfad-spezifische Klimarisiken		Klimaschutz und nachhaltige Entwicklungspfade				
Klimawandel und Bevölkerungsdynamik	Datenbasierte Modellierung sektorübergreifender Klimafolgen	Ökonomische Modellierung des Klimawandels		Landnutzungsmanagement	Energiesysteme	Klima- und Energiepolitik
Jacob Schewe	Matthias Mengel	Ereignisbasierte Modellierung ökonomischer Folgen des Klimawandels	Makroökonomische Modellierung von Klimaschutzpfaden und Klimafolgen	Alexander Popp & Jan Philipp Dietrich	Gunnar Luderer	Michael Pahle
		Christian Otto	Marian Leimbach			
Forschungssoftwareentwicklung zur Analyse von Transformationspfaden						
Lavinia Baumstark						

Zusätzlich zu den Arbeitsgruppen sind die FutureLabs „Public Economics and Climate Finance“ und „Sicherheit, ethnische Konflikte und Migration“ in der Abteilung integriert.

Ausgewählte Ergebnisse

Arbeitsgruppe

Klimawandel und Bevölkerungsdynamik

Indirekter Klimawandel-Effekt auf historische Migration erstmals simuliert. Langsameres Wirtschaftswachstum infolge von Klimawandelschäden hat in ärmeren Ländern die Auswanderung in den vergangenen Jahrzehnten eher verringert, verglichen mit einem Szenario ohne Klimawandel: mehr Menschen sind aufgrund des Klimawandels "zu arm, um auszuwandern". Dies konnte mit unserem globalen Migrationsmodell erstmals quantitativ erfasst werden (Rikani, A. et al., 2023, *Environ. Res. Lett.*). Zudem wurde eine mathematische Inkonsistenz im "Strahlungsmodell", einem etablierten Ansatz zur Beschreibung von Binnenmigration, erkannt und behoben, wodurch das Modell deutlich verbessert werden konnte (Kluge, L. et al., 2022, *Phys. Rev. E*).

Untersuchung von Überflutungen als Treiber menschlicher Vertreibung. Durch Verbindung aktueller Klimamodelldaten mit beobachteten Niederschlags-, Erwärmungs- und Aerosoltrends konnte gezeigt werden, dass eine starke und schnelle Zunahme der Niederschlagsmengen in der Sahelzone deutlich wahrscheinlicher ist als bisher gedacht (Schewe & Levermann, 2022, *Geophys. Res. Lett.*). Dies könnte die Gefahr flutbedingter Vertreibung in der Region erhöhen. Um den Zusammenhang zwischen Überflutungen und Vertreibung genauer untersuchen zu können, wurde ein neuer globaler Datensatz erstellt, der erstmals die Anzahl von Binnenvertriebenen mit der Größe der entsprechenden Überflutungsfläche in Verbindung setzt (Mester, B. et al., 2023, under review in *Scientific Data*).

Arbeitsgruppe

Datenbasierte Modellierung sektorübergreifender Klimafolgen

Evaluierung von Klimafolgenmodellen. Für die Attribution von beobachteten Veränderungen in menschlichen oder natürlichen Systemen, aber auch für die Abschätzung zukünftiger Klimarisiken, ist es wichtig zu überprüfen, ob Klimafolgenmodelle Wetterinformationen richtig in entsprechende Veränderungen in den Systemen übersetzen. Die Arbeit von Heinicke et al. (2022) hat jedoch gezeigt, dass globale Modelle zu Ernteerträgen beobachtete Ernteaufälle durch Hitzewellen und Dürren eher unterschätzen (Heinicke, S. et al., 2022, *Geophys. Res. Lett.*) und damit wahrscheinlich auch die bisherigen Folgen des Klimawandels und die

zukünftigen Risiken. Beobachtete Variabilität von Kohlenstoff- und Wasserkreisläufen europäischer Langzeitbeobachtungsflächen im Wald aufgrund von Variationen in Temperatur und Strahlung sowie Wasserdefiziten werden von einem Multi-Modell Ensemble von Waldmodellen dagegen gut erfasst (Mahnken, M. et al. 2022, *Glob. Change Biol.*)

Identifikation bereits heute auftretender Folgen des Klimawandels. Ein wesentlicher Teil der dritten Simulationsrunde des Klimafolgen-Modellvergleichprojektes ISIMIP (ISIMIP3a) ist der Attribution beobachteter Veränderungen in menschlichen und natürlichen Systemen gewidmet. Zwei Paper liefern nun eine detaillierte Beschreibung aller Experimente und bereitgestellter Datensätze (über alle Sektoren: Frieler, K. et al., 2023, bei *Geosci. Model Dev.* eingereicht; für den neuen Seen-Sektor: Golub, M. et al., 2022, *Geosci. Model Dev.*). Die klimabezogenen Treiber umfassen erstmals i) historische Rekonstruktionen von Küstenwasserständen in stündlicher Auflösung und zugehörige kontrafaktische Daten, bei denen langfristige Trends entfernt wurden, so dass die beobachteten Veränderungen in Küstensystemen auf den historischen Meeresspiegelanstieg zurückgeführt werden können, ii) Zugbahnen und Windfelder, die mit historisch beobachteten tropischen Wirbelstürmen assoziiert sind und iii) hochauflösende atmosphärische Klimadaten (bis zu 1 km Auflösung), die aus Reanalysedaten durch orografisches Downscaling abgeleitet wurden (Karger, D. N. et al., 2022, *Earth Syst. Sci. Data Discuss.*, Preprint).

Arbeitsgruppe

Ereignisbasierte Modellierung ökonomischer Folgen des Klimawandels

Die Auswirkung von tropischen Wirbelstürmen auf die wirtschaftliche Entwicklung. Für die Studie von Otto, C. et al., 2023, in *Science Advances* wurde ein neues Wachstumsmodell entwickelt, das die langfristigen Folgen von tropischen Wirbelstürmen für die wirtschaftliche Entwicklung in den USA und in Haiti erfasst (siehe Abbildung 1). Modellrechnungen zeigen, dass sich die Wachstumsverluste der US-Wirtschaft schon bei einer globalen Erwärmung von 2°C mehr als verdoppeln gegenüber der historischen Periode. Bei einer Erwärmung von 2,7°C könnten sich die Verluste versechsfachen. Eine allgemeinverbindliche, steuerfinanzierte, nationale Klimarisikoversicherung, wie sie zurzeit in Deutschland diskutiert wird und in Frankreich bereits etabliert ist, kann den klimawandelbedingten Schadensanstieg in den USA wahrscheinlich kompensieren, wenn die globale Erwärmung auf unter 2°C begrenzt wird.

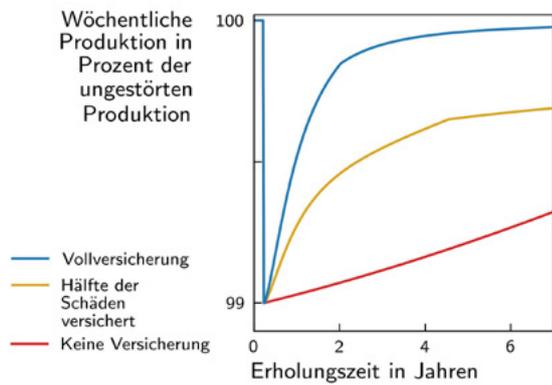


Abb. 1: Wirtschaftliche Erholungsdynamik in Abhängigkeit der Versicherungsdeckung. Erholungsdynamik der wöchentlichen Produktion der USA nach einem tropischen Wirbelsturm, der 1% des produktiven Kapitals zerstört, als Funktion der Erholungszeit in Jahren. Es werden drei verschiedene Versicherungsabdeckungen betrachtet: keine Versicherung (rot), Versicherung deckt 50% der Schäden (ocker) und Vollversicherung aller Schäden (blau). Die Produktion ist relativ zu der ungestörten Produktion angegeben. Für Details siehe Otto et al., 2023. Die Abbildung adaptiert aus: Otto, C., Kuhla, K., Geiger, T., Schewe, J., Frieler, K. (2023): Better insurance could effectively mitigate the increase in economic growth losses from U.S. hurricanes under global warming. – *Science Advances*, 9, 1, eadd6616. <https://doi.org/10.1126/sciadv.add6616>, lizenziert unter CC BY 4.0 <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Jedoch wäre ein solcher Mechanismus schon heute nicht ausreichend, um die Wachstumseinbußen in dem stark exponierten kleinen Inselentwicklungsland Haiti auf das Schadensniveau der USA zu begrenzen (Otto, C. et al., 2023, *Sci. Adv.*).

Mögliche Auswirkungen des Krieges in der Ukraine auf die globale Ernährungssicherheit. Um die möglichen Auswirkungen des Russischen Überfalls auf die Ukraine auf die Ernährungssicherheit abzuschätzen, wurde ein Modell verwendet, das Schwankungen des globalen Weizenpreises erfasst und die historische Entwicklung wiedergeben kann. So wurde die Preisänderung für das Ende des laufenden Agrarjahres im Juni 2023 unter verschiedenen handelspolitischen Maßnahmen abgeschätzt. Diese zeigen, dass sich eine Welternährungskrise vergleichbar zu der Welternährungskrise in 2007/08 – der größten Krise in den letzten 40 Jahre – entwickeln könnte, wenn Länder unkoordinierte Exportbeschränkungen erlassen würden, wie sie es während der 2007/08er Krise getan haben (Kuhla, K. et al. 2023, eingereicht bei *Glob. Food Sec.*).

Arbeitsgruppe

Makroökonomische Modellierung von Klimaschutzpfaden und Klimafolgen

Einbeziehung der Auswirkungen des Klimawandels in die Klimaschutzmodellierung und Analyse nachhaltiger Entwicklungspfade. Das integrierte PIAM-Framework wird Schritt für Schritt um weitere Klimaschäden wie die Folgen tropischer Wirbelstürme, der Einfluss des Klimawandels auf die Arbeitsproduktivität und landwirtschaftliche Schäden erweitert. Darüber hinaus wurden in einem Perspektivartikel (Rising, J. et al., 2022, *Nature*) Risiken des Klimawandels beleuchtet, die bisher in ökonomischen Analysen nur unzureichend berücksichtigt werden. Zudem wurde das REMIND

Modell als Bestandteil von PIAM für die Betrachtung von Verteilungseffekten durch Klimaschutz und Klimaschäden erweitert. PIAM kommt in mehreren Projekten prominent zum Einsatz. Es wird in einer Studie zum Schutz der globalen Gemeinschaftsgüter für das Global Commons Center an der Universität Tokyo genutzt, sowie zur Analyse von Transformations- und physischen Risiken für das internationale Netzwerk von Zentralbanken und Finanzmarktregulierern (Network for Greening the Financial System, NGFS). Weiterhin führten Forschende aus den Forschungsabteilungen 3 und 2 im Rahmen des SHAPE-Projektes einen ersten modellübergreifenden Vergleich verschiedener nachhaltiger Entwicklungspfade durch. In einem Politikberatungspapier für das Bundesumweltministerium wurden Strategien aufgezeigt, die Klimaschutz mit dem Schutz von Biodiversität und den SDGs verbinden (Soergel, B. et al., 2022, *Nat. Clim. Chang*). Das Papier wurde zur UN-Umweltkonferenz *Stockholm+50* veröffentlicht und im Rahmen der deutschen G7-Präsidentschaft verwendet.

Klimawandel, Wachstum und Strukturwandel. Basierend auf eigenen empirischen Untersuchungen (Marcolino, M., 2022, *J. Macroecon.*) wurde ein mehrsektorales Wachstumsmodell entwickelt, mit dessen Hilfe Wechselwirkungen zwischen Klimawandel, Klimapolitik und Strukturwandel untersucht werden. Erste Ergebnisse zeigen, dass Klimawandel den Strukturwandelprozess in entwickelten Ländern befördert, in Entwicklungsländern dagegen hemmt. Letzterer Befund wird in einer für Indien durchgeführten Fallstudie bestätigt. Diese Studie zeigt darüber hinaus, dass die Verteilungseffekte von CO₂-Bepreisung ganz wesentlich vom Strukturwandel abhängen.

Arbeitsgruppe

Landnutzungsmanagement

Besseres Verständnis der Auswirkungen und Potentiale land-basierter Klimaschutzmaßnahmen. Die Auswirkungen einer erhöhten Bauholznachfrage auf Landnutzung und CO₂-Emissionen wurden untersucht (Mishra, A. et al. 2022, *Nat. Commun.*). Bei Unterbringung von 90% der zuziehenden städtischen Bevölkerung in Holzbauten können global bis zum Jahr 2100 106 Gt CO₂ eingespart werden, jedoch würde dies eine Ausdehnung von Holzplantagen um bis zu 150 Mio. Hektar erfordern. In einer weiteren Studie wurde gezeigt, dass die Substitution von 20% des Rindfleischkonsums durch mikrobielles Protein die jährlichen CO₂-Emissionen aus der Landnutzung bis 2050 etwa halbieren und Methanemissionen senken würde (Humpenöder F. et al. 2022a, *Nat. Commun.*). Eine auf globale Ungleichheit gerichtete Studie wies darauf hin, dass eine auf Hocheinkommensländer beschränkte nachhaltige Entwicklung im Landsektor die globalen Emissionen aus der Landnutzung kaum senken würde (Humpenöder, F. et al. 2022b, *Nat. Commun.*).

Bewertung von Biodiversität und Analyse von Synergien zwischen Biodiversitäts- und Klimaschutz. RD3-Forscher waren Leitautoren der Nexus-Bewertung des IPBES (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and

Ecosystem Services) und trugen zur gemeinsamen IPBES-IPCC-Bewertung zu Biodiversität und Klimawandel (Pörtner et al. 2011, Smith et al. 2022, *Glob Chang Biol.*) bei. Des Weiteren wurde untersucht wie sich der negative Biodiversitätstrend stoppen oder gar umkehren lässt (Perino, A. et al. 2022, *Conservation Lett.*).

Regionale Landnutzungsszenarien im globalen Kontext.

RD3 und RD2 haben das Open Source-Landnutzungsmodell MAGPIE weiterentwickelt und damit regionale Partner befähigt, regionalspezifische Studien durchzuführen. So wurden mit dem MAGPIE-Modell der Einfluss einer Umstellung der Nahrungsmittelversorgung in Indien auf die indischen Treibhausgasemissionen (Jha, C. K. et al. 2022, *Environm. Res. Lett.*; Jha, C. K. et al., 2023, *Sustain. Sci.*) untersucht und eine Bewertung von Chinas geplanter Düngemittelpolitik (Wang, X. et al. 2023, *Sustain. Sci.*) durchgeführt. Ergebnisse flossen in einen Sonderband einer wissenschaftlichen Zeitschrift ein (Mosnier, A. et al. 2023, *Sustain. Sci.*).

Arbeitsgruppe

Energiesysteme

Die Analyse der Rolle erneuerbarer Energien für die globale Dekarbonisierung wurde erheblich vorangebracht.

Durch Anwendung des Energie-Ökonomie-Klimamodells REMIND wurde gezeigt, dass der technologische Wandel in Kombination mit der CO₂-Bepreisung zu einer breit angelegten Elektrifizierung der Endverbraucher in Gebäuden, im Verkehr und in der Industrie auf der Grundlage billiger Solar- und Windenergie führt (Luderer, G. et al., 2022a, *Nat. Energy*). Das entsprechende Szenario mit hohem Anteil erneuerbarer Energien und hoher Elektrifizierung wurde im sechsten Sachstandsbericht (AR6) des IPCC als illustrativer Minderungspfad (IMP) zur Begrenzung der globalen Erwärmung auf 1,5 °C vorgestellt. In einer weiteren Studie zum Ausbau der Produktion von grünem, auf erneuerbaren Energien basierendem Wasserstoff wurde gezeigt, dass eine beispiellose Hochskalierung der Elektrolyseurkapazität erforderlich ist, um die politischen Ziele der EU zu erreichen (Odenweller, A. et al., 2022, *Nat. Energy*).

Die EU-Kommission und die deutsche Regierung wurden über Transformationspfade zur Klimaneutralität informiert.

RD3 führte modellbasierte Analysen alternativer europäischer Dekarbonisierungsstrategien im Einklang mit dem europäischen Grünen Deal durch (Rodrigues, R. et al., 2022, *Energy*). RD3-Szenarien bilden eine wichtige Grundlage für die Analyse von EU-Klimazielen für 2040, an denen das European Scientific Advisory Board on Climate Change (ESABCC) arbeitet. Die Forschung im Rahmen des Ariadne-Projekts informierte die deutsche Politik über Optionen, die zur Bewältigung der Energiekrise beitragen und gleichzeitig die Energiewende in Richtung Klimaneutralität befördern (Luderer, G. et al., 2022b; Ueckerdt, F. et al., 2022; www.ariadneprojekt.de). Darüber hinaus wurde der CDR-Bedarf in Deutschland zur Kompensation von schwer vermeidbaren Restemissionen erhoben und mit dem nationalen CDR-Angebot unter Berücksichtigung einer Vielzahl unterschiedlicher Optionen verglichen. Es wurde gezeigt, dass über eine erfolgreiche Energiewende hinaus der Einsatz aller verfügbaren Optionen nötig ist, um die Klimaneutralität Deutschlands zu ermöglichen (Merfort, A. et al., 2023, Ariadne-Projekt).

Die modellbasierte Analyse der internationalen Klimapolitik wurde weiter vorangetrieben.

Studien mit dem REMIND-MAGPIE Modell stellten den größten Satz von Szenarien für die AR6-Szenariendatenbank (<https://data.ene.iiasa.ac.at/ar6/>) bereit. Derzeit wird eine Modell-Vergleichsstudie mit einem neuartigen Szenariendesign durchgeführt, in die Machbarkeits-erwägungen zur Umsetzung von Transformationsprozessen einfließen. Dabei spielen auch Fragen einer fairen Lastenteilung zwischen Entwicklungs- und Industrieländern bei der Finanzierung der Transformation eine Rolle (Pachauri, S. et al. 2022, *Science*). Die Abteilung hat das Konzept der Dynamic Policy Evaluation (DPE) etabliert, welches die Rückkopplung zwischen der politischen Entscheidungsfindung und dem energiewirtschaftlichen System endogenisiert, um globale Transformationspfade im Lichte der politischen Ökonomie bewerten zu können. Der Ansatz wurde auf die Bewertung der Machbarkeit eines globalen Kohleausstiegs angewendet (Bi, S. et al., 2023, *Nat. Clim. Change*).

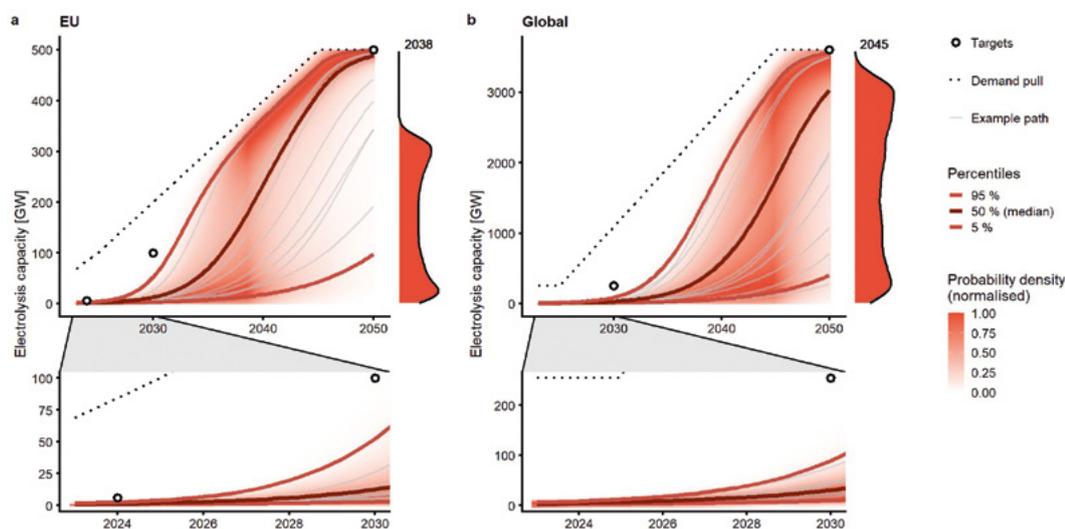


Abb. 2: Vergleich technisch machbarer Hochskalierung der grünen Wasserstoffproduktion (rot eingefärbte Bereiche) für die EU (a) und weltweit (b) mit den gesetzten Ausbauzielen und der projizierten Nachfrage. Der vergrößerte Ausschnitt zeigt die Dynamik bis 2030 (aus Odenweller et al., 2022). Nachdruck der Abbildung mit Genehmigung von Nature: Odenweller, A., Ueckerdt, F., Nemet, G. F., Jentsch, M., Luderer, G. (2022): Probabilistic feasibility space of scaling up green hydrogen supply. – *Nature Energy*, 7, 9, 854-865. <https://doi.org/10.1038/s41560-022-01097-4>

Arbeitsgruppe

Klima- und Energiepolitik

Kombinierte technisch-ökonomische und empirische Ansätze zur Analyse von Maßnahmen zur Dekarbonisierung des Gebäudesektors bilden einen neuen Forschungsschwerpunkt.

Eine Analyse der Energieeffizienzmaßnahmen für den Gebäudesektor in Deutschland hat ergeben, dass die Maßnahmen meist ohne angemessene Bewertung ihrer Kosteneffizienz entworfen werden (Singhal, P. et al., 2022, *Energy Policy*). Um diese Lücke zu schließen, hat RD3 in Zusammenarbeit mit dem RWI ein Haushaltspanel aufgebaut, um Daten zu den Kosten beim Gebäude- und Heizverhalten zu erheben (Ariadne Wärme- und Wohnen-Panel). Die auf diesem Panel basierende empirische Forschung wird durch eine technisch-ökonomische Analyse ergänzt, die die Kompromisse und Synergien zwischen Energieeffizienz und Dekarbonisierung der Energieversorgung untersucht. Ein Hauptergebnis dieser Forschung ist, dass ein Umdenken in der Energieeffizienzpolitik in Richtung einer kohlenstoffarmen Wärmeversorgung unerlässlich ist (Levesque, A. et al., eingereicht bei *Joule*).

Die Reform des EU-Emissionshandelssystems zur Erreichung der neuen EU-Klimaziele stützt sich auf neue Forschungsergebnisse. Durch RD3-Forschung wurden die Rolle und die Funktionsweise der Marktstabilitätsreserve (MSR) analysiert, die das Angebot an Zertifikaten als Reaktion auf einen Nachfrageschock anpasst. Ein wichtiges Ergebnis war, dass die MSR den Markt auch destabilisieren kann (Perino, G. et al., 2022, *Rev. Env. Econ. Policy*). Darüber hinaus wurde das Risiko einer politischen Gegenreaktion analysiert, die zu einer Aufweichung der ETS-Obergrenze führen könnte. Um dies zu

verhindern, wurden politische Empfehlungen entwickelt, um das ETS politisch robuster zu machen (Pahle, M. et al., 2022, *Nat. Energy*). Die Forschung wurde von einer Reihe erfolgreicher Informationsveranstaltungen begleitet, die insbesondere dazu dienten, die Positionierung des EU-Parlaments bei der Reform mit Informationen zu unterstützen.

Arbeitsgruppe

Forschungssoftwareentwicklung zur Analyse von Transformationspfaden

Stabilität und Reproduzierbarkeit von Modellsimulationen wurden verbessert. Informationen über REMIND- und MAG-PIE-Modellkonfigurationen werden automatisch pro Simulation gesammelt, um eine vollständige Reproduzierbarkeit zu gewährleisten. Für REMIND wurden eine Reihe von Systemtests erstellt und den Modellentwicklern zur Verfügung gestellt, um ihre Änderungen zu testen und die grundlegende Funktionalität des Codes sicherzustellen. Die regelmäßige Modellvalidierung wurde fortgesetzt und im Juli 2022 die Release REMIND 3.0.0 veröffentlicht.

Das LIMES-Modell des EU-Stromsektors wird in ein Open Source-System überführt. Der Quellcode von LIMES wurde refaktoriert und in eine modulare Struktur überführt. Darüber hinaus wurde das Modell in eine Sammlung von Werkzeugen für die Eingangsdatenverwaltung, die Ausführung von Modellläufen und die Nachbearbeitung von Ergebnissen eingebettet. Der Code wurde so konfiguriert, dass automatisch eine vollständige Modelldokumentation aus der In-Code-Dokumentation generiert wird.

Highlights

Forschungsabteilung 3 organisierte und beteiligte sich an mehreren hochkarätigen Veranstaltungen im Zusammenhang mit dem Fit-for-55-Paket der EU-Kommission. Dazu gehörte die Präsentation der eigenen Arbeit gemeinsam mit Bruegel (online, März) sowie der im Rahmen des Ariadne-Projekts durchgeführten Arbeit (Dezember 2022, vor Ort). Darüber hinaus wurde eine Reihe von bilateralen Austauschformaten und Webinaren mit Interessenvertretern aus anderen EU-Mitgliedstaaten organisiert. Die Ergebnisse dienten der weiteren Ausarbeitung des Fit-for-55-Pakets und wurden von den Teilnehmenden und insbesondere der EU-Kommission sehr positiv aufgenommen.

Ein vom PIK geleitetes Konsortium hat zusammen mit dem Network for Greening the Financial System (NGFS) einen neuartigen Szenario-Datensatz veröffentlicht. Die gemeinsam erstellten Szenarien und dazugehörigen Hintergrundmaterialien (<https://www.ngfs.net/ngfs-scenarios-portal/>) sind maßgeschneidert, um verschiedenen Akteuren aus dem Finanzsektor dabei zu helfen, klimabezogene Risiken in einem

umfassenden und konsistenten Rahmen zu bewerten. Die Szenarien wurden bereits von einer Vielzahl von Akteuren des Finanzsektors genutzt und bilden die Grundlage für die Klimastresstests verschiedener Zentralbanken.

Die RD3-Forschung im Rahmen des Ariadne-Projekts informierte politische Entscheidungsträger über die deutsche Wasserstoffstrategie, die Notwendigkeit der Kohlendioxidentnahme zur Erreichung des deutschen Netto-Null-Ziels und Optionen zur Überwindung der durch den russischen Überfall auf die Ukraine ausgelösten Energiekrise bei gleichzeitiger Stärkung der Energiewende in Richtung Klimaneutralität. Die Studien fanden große Beachtung bei Entscheidungsträgerinnen und -trägern und Interessenvertreterinnen und -vertretern. Gunnar Luderer, stellvertretender Leiter des RD3, war Mitglied der von der Bundesregierung beauftragten Expertenkommission zur Erarbeitung von Vorschlägen zum Schutz der Verbraucher vor hohen Gaspreisen aufgrund von Engpässen in der Gasversorgung.

Abgeschlossene Promotionen

Giannousakis, Anastasis	Technische Universität Berlin	Optimal climate policy under socio-economic uncertainty
Malik, Aman	Technische Universität Berlin	Barriers to power sector decarbonisation in India
Tietjen, Oliver	Technische Universität Berlin	On the way to climate neutrality? Intertemporal market and regulatory failures in the European Union's Emission Trading System and beyond

Ausgewählte Veröffentlichungen

Heinicke, S., Frieler, K., Jägermeyr, J., & Mengel, M. (2022). Global gridded crop models underestimate yield responses to droughts and heatwaves. – *Environmental Research Letters*, 17(4), 044026.
Dieser globale Vergleich von simulierten und beobachteten Ertragseinbrüchen unter Dürren und Hitzewellen auf nationaler Ebene zeigt, dass die an ISIMIP beteiligten Ertragsmodelle die negative Wirkung dieser Wetterextreme unterschätzen. Damit könnten auch die Folgen des Klimawandels unterschätzt werden.

Humpenöder, F., Bodirsky, B. L., Weindl, I., Lotze-Campen, H., Linder, T., Popp, A. (2022): Projected environmental benefits of replacing beef with microbial protein. – *Nature*, 605, 7908, 90-96.
In diesem Artikel wird eine Analyse von mikrobiellem Protein als Ersatz für Rindfleisch in globalen Landnutzungsszenarien vorgestellt. Die Modellprojektionen zeigen, dass eine Substitution von 20 % des weltweiten Rindfleischverbrauchs durch mikrobielles Protein die jährliche Entwaldung und die damit verbundenen CO₂-Emissionen bis 2050 etwa halbieren und gleichzeitig die Methanemissionen senken würde.

Kluge, L., Levermann, A., and Schewe, J. (2022). Radiation Model for migration with directional preferences. – *Phys. Rev. E* 106, 064138.
Hier wird gezeigt, dass der weitverbreitete "Strahlungs"-Ansatz zur Modellierung menschlicher Mobilität zu unplausiblen Ergebnissen führen kann, wenn er auf Migration innerhalb von Ländern angewandt wird. Ein verbessertes Modell wird vorgestellt, das dieses Problem minimiert und das beobachtete Migrationsmuster insgesamt besser erklärt.

Luderer, G., Madeddu, S., Merfort, L., Ueckerdt, F., Pehl, M., Pietzcker, R. C., Rottoli, M., Schreyer, F., Bauer, N., Baumstark, L., Bertram, C., Dirnaichner, A., Humpenöder, F., Levesque, A., Popp, A., Rodrigues, R., Streifler, J., Kriegler, E. (2022): Impact of declining renewable energy costs on electrification in low-emission scenarios. – *Nature Energy*, 7, 4, 380-381.
Diese Publikation zeigt, wie rascher Technologiefortschritt bei der Stromerzeugung aus Erneuerbaren und der Elektrifizierung von Verkehr und Wärmebereitstellung das Erreichen des Pariser Klimaziels und den beschleunigten Ausstieg aus fossilen Brennstoffen erleichtern kann, während gleichzeitig die Abhängigkeit von Bioenergie, CCS und anderen Optionen der CO₂-Entnahme (negative Emissionen) begrenzt wird.

Marcolino, M. A. (2022): Accounting for structural transformation in the U.S. – *Journal of Macroeconomics*, 71, 103394.
In diesem Beitrag wird ein multisektorales Modell mit sektorspezifischem Produktivitätswachstum und nicht-homothetischen Präferenzen vorgestellt und angewandt, um die Ursachen von Umstrukturierungen im Arbeitsmarkt der USA in angebotsseitige (42% zwischen 1980 und 2010), nachfrageseitige (47%) und durch Marktverzerrungen hervorgerufene Faktoren (10%) zu zerlegen.

Mishra, A., Humpenöder, F., Churkina, G., Reyer, C. P. O., Beier, F., Bodirsky, B. L., Schellnhuber, H. J., Lotze-Campen, H., Popp, A. (2022): Land use change and carbon emissions of a transformation to timber cities. – *Nature Communications*, 13, 4889.
In dieser Publikation wird das MAGPIE-Modell verwendet, um die Auswirkungen einer erhöhten Nachfrage nach Holzbaustoffen auf die Landnutzung und die damit verbundenen CO₂-Emissionen zu bewerten. Es wird gezeigt, dass 106 Gt zusätzliches CO₂ eingespart werden könnten, wenn 90 % der zukünftigen Stadtbevölkerung bis zum Jahr 2100 in neu errichteten mehrgeschossigen Gebäuden in Holzbauweise wohnen würde. Hierfür müssten die Waldflächen um bis zu 149 Mha erweitert werden.

Odenweller, A., Ueckerdt, F., Nemet, G.F., Jensterle, M., Luderer, G. (2022): Probabilistic feasibility space of scaling up green hydrogen supply. – *Nature Energy*, 7, 9, 854-865.
In dieser Veröffentlichung wird die Ausbaudynamik der grünen Wasserstoffproduktion analysiert. Auf der Grundlage historischer Daten bei der Verbreitung von Technologien wird gezeigt, dass ein für Energietechnologien beispielloses Ausbautempo erforderlich ist, um die Ziele der EU-H2-Politik zu erreichen. Die Versorgung mit grünem Wasserstoff bleibt daher kurzfristig knapp und langfristig unsicher.

Otto, C., Kuhla, K., Geiger, T., Schewe, J., Frieler, K. (2023): Better Insurance Could Effectively Mitigate the Increase in Economic Growth Losses from U.S. Hurricanes under Global Warming. – *Science Advances* 9, 1, eadd6616. DOI: 10.1126/sciadv.add6616
In der Studie wird gezeigt, dass eine allgemein verbindliche, steuerfinanzierte, nationale Klimarisikoversicherung den zu erwartenden Anstieg von langfristigen Wachstumschäden durch tropische Wirbelstürme in den USA wahrscheinlich kompensieren kann, wenn die globale Erwärmung auf +2°C begrenzt werden kann, jedoch sehr wahrscheinlich bei der unter derzeitigen Klimapolitiken zu erwartenden Erwärmung von +2.7°C unzureichend ist.

Pahle, M., Tietjen, O., Osorio, S., Egli, F., Steffen, B., Schmidt, T. S., Edenhofer, O. (2022): Safeguarding the energy transition against political backlash to carbon markets. – *Nature Energy*, 7, 3, 290-296.
Diese Arbeit untersucht die Auswirkungen höherer Zinssätze auf Kohlenstoffmärkte und die Finanzierung erneuerbarer Energien. Im Fall der Europäischen Union wird festgestellt, dass höhere Finanzierungskosten langfristig zu einer Verdoppelung der Kohlenstoffpreise führen. Dagegen führt dies kurzfristig zu einer Halbierung des Ausbaus der erneuerbaren Energien und zu einer beträchtlichen Gewinnsteigerung in Anlagen für fossile Brennstoffe. Beides zusammen bedeutet ein erhebliches Risiko für die Integrität des europäischen Kohlenstoffmarkts, gegen das sich die Politik absichern sollte.

van Vuuren, D. P., Zimm, C., Busch, S., **Kriegler, E.**, Leininger, J., Messner, D., Nakicenovic, N., **Rockström, J.**, Riahi, K., Sperling, F., Bosetti, V., Cornell, S., **Gaffney, O.**, Lucas, P. L., **Popp, A.**, Ruhe, C., von Schiller, A., Schmidt, J. O., **Soergel, B.** (2022): Defining a sustainable development target space for 2030 and 2050. – *One Earth*, 5, 2, 142-156.
In dieser Arbeit wird ein übersichtlicher und wissenschaftlich fundierter Satz von Indikatoren und Zielwerten für nachhaltige Entwicklung vorgeschlagen. Mit den 36 Indikatoren und Zielwerten werden die ursprünglichen 169 Ziele und 247 Indikatoren der UN-Agenda 2030 stark kondensiert, sowie das Jahr 2050 als langfristiger Bezugszeitpunkt einbezogen. Die Indikatoren und Ziele können Forschern bei der Entwicklung neuer nachhaltiger Entwicklungspfade als Orientierung dienen.

Forschungsabteilung 4

Komplexitätsforschung

Welche Prinzipien steuern die komplexen natürlichen und gesellschaftlichen Systeme und ermöglichen die Erhaltung der globalen Gemeingüter innerhalb der planetaren Grenzen?

Im Einklang mit dem Kernauftrag des PIK sind die Forschungsziele des RD4 auf vier übergreifende Forschungsthemen ausgerichtet:

- **Klimaphänomene und -extreme:** Vorhersage und Modellierung mit komplexen Netzwerken, statistischer Physik und maschinellem Lernen.
- **Abrupte Klimaübergänge:** Erkennung und Vorhersage mit fortgeschrittener Zeitreihenanalyse, numerischer Modellierung und analytischen Konzepten.
- **Sozioökonomische und infrastrukturelle Netzwerke:** Verständnis der Dynamik durch neue Modellierungs- und Stabilitätskonzepte.
- **Klimaentscheidungen:** Aufdeckung von Prinzipien und Modellierung von Wechselwirkungen durch Ökonometrie, Spieltheorie und maschinelles Lernen.

Leitung: **Anders Levermann & N.N.** Stellvertretung: **Leonie Wenz & Norbert Marwan**
 Koordination: **Anja Bruhn & Gabriele Pitz** Sekretariat: **Till Hollmann & Sophia Kostial**

RD4

Analyse von Netzwerken, Stabilität und Dynamischen Systemen		Nichtlineare Methoden, Big Data und maschinelles Lernen		
Dynamik, Stabilität und Resilienz in komplexen hybriden Infrastrukturnetzwerken	Numerische Analyse globaler ökonomischer Folgen	Weiterentwicklung von Zeitreihenanalyse-Techniken	Datenbasierte Analyse klimarelevanter Entscheidungsprozesse	Vorhersage extremer Ereignisse mittels Netzwerkanalyse und Maschinellen Lernens
Frank Hellmann	N.N.	Norbert Marwan	Leonie Wenz	Interim Anders Levermann
Computerbasierte Methoden und Visualisierung Thomas Nocke				

Zusätzlich zu den Arbeitsgruppen sind die FutureLabs „Artificial Intelligence in the Anthropocene“ und „Game Theory and Networks of Interacting Agents“ eng in die Abteilung RD4 eingebunden.

Ausgewählte Ergebnisse

Arbeitsgruppe

Dynamik, Stabilität und Resilienz in komplexen hybriden Infrastrukturnetzwerken

Dynamik und Resilienz komplexer Stromnetze. Im letzten Jahr wurden auf verschiedenen Ebenen Durchbrüche bei der Beschreibung der Dynamik komplexer Stromnetze erzielt. Ein neues universelles technologieneutrales Modell der Dynamik ermöglicht es, allgemeine Aussagen zur Stabilität des Gesamtsystems zu treffen, obwohl viele Technologiefragen im Detail noch offen sind. Darauf aufbauend wurden numerische und analytische Studien begonnen. Im vorherigen Jahr wurde gezeigt, dass Künstliche Intelligenz (KI) gewisse dynamische Schwachstellen in Netzen zuverlässig identifizieren kann. Hier wurden bedeutende Fortschritte bei der Genauigkeit gemacht und es wurde erstmals gezeigt, dass die KI auch für eine realistische Netzwerk-Topologie gute Ergebnisse liefert. Schließlich wurden Modelle kaskadierender Fehler erstmals mit einem hochaufgelösten Modell eines tropischen Sturms verbunden, um detaillierte Einblicke in die Dynamik eines solchen Sturms zu erhalten. Vorläufige Ergebnisse zeigen, dass durch gezielte Verstärkung einer sehr kleinen Zahl kritischer Komponenten das Gesamtsystem deutlich resilienter werden kann (Witthaut, D. et al., 2022, *Reviews of Modern Physics*).

Dynamik des On-Demand Ride-Pooling. On Demand Ride-Pooling beschreibt ein hoch flexibles Mobilitätskonzept. Passagiere teilen per App ihren Fahrtwunsch mit und ein zentraler Algorithmus bündelt diese Fahrtwünsche in optimale Routen, die von einer Flotte von Fahrzeugen bedient werden. Abhängig von Straßennetz, Anzahl an Nutzenden und der Flottenfahrzeuge können sehr unterschiedliche Systemzustände entstehen, die zwischen Taxi (wenige Nutzende mit vielen Fahrzeugen) und Bus-System (viele Nutzende, wenige Fahrzeuge) changieren. Diese unterschiedlichen Systemzustände haben ökonomisch und ökologisch sehr unterschiedliche Eigenschaften. Im letzten Jahr ist es erstmals gelungen, die Übergänge zwischen den unterschiedlichen Zuständen detailliert zu beschreiben. Darüber hinaus wurden Zustände gefunden und beschrieben, die weder dem Taxi- noch dem Bus-Beispiel entsprechen und genuin neue Möglichkeiten zur Bewältigung der Mobilitätswende aufzeigen (Zech, R. M. et al., 2022, *Scientific Reports*).

Arbeitsgruppe

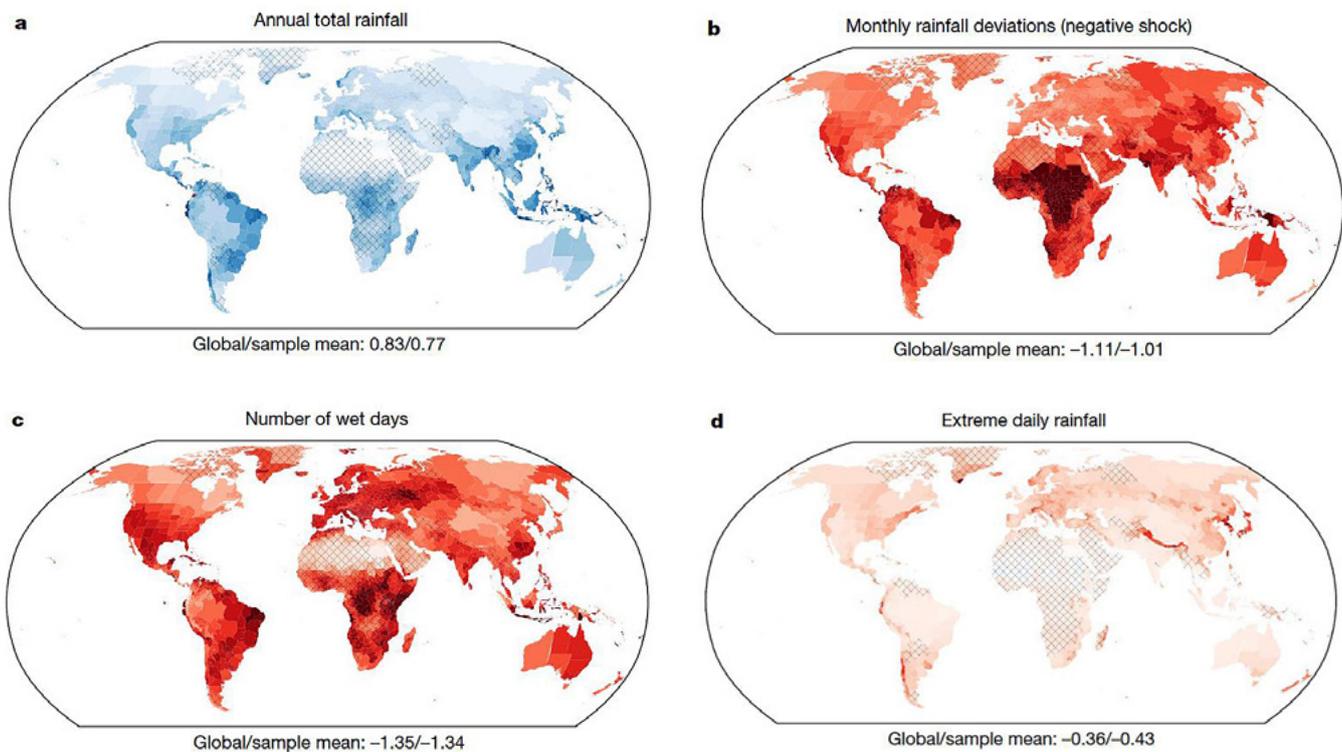
Numerische Analyse globaler ökonomischer Folgen

Wirtschaftliche Verluste durch Wirbelstürme in den USA können bei ungebremster Erwärmung auf nationaler Ebene nicht ausgeglichen werden. Tropische Wirbelstürme gehören zu den teuersten meteorologischen Ereignissen weltweit, und die Erwärmung des Planeten führt diesen Stürmen mehr Energie und Feuchtigkeit zu. Bei der Modellierung der nationalen und globalen wirtschaftlichen Auswirkungen des Hurrikans Harvey von 2017 stellen die Autoren eine qualitative Veränderung der globalen wirtschaftlichen Reaktion in einer zunehmend wärmeren Welt fest. Während die Vereinigten Staaten von Amerika in der Lage waren, regionale Produktionsausfälle verursacht vom Hurrikan Harvey in 2017, national auszugleichen, wird diese Option bei einer zukünftigen Erwärmung weniger praktikabel. In den Simulationen von über 7000 regionalen Wirtschaftssektoren mit mehr als 1,8 Millionen Lieferkettenverbindungen sind die USA bei ungebremster Erwärmung nicht in der Lage, die Verluste durch nationale Anstrengungen auszugleichen. Ab einem bestimmten Erwärmungsniveau müssen andere Länder einspringen, um die für die Produktion notwendigen Güter zu liefern, was für die US-Wirtschaftszweige einen Wettbewerbsnachteil bedeutet. Im stark lokalisierten Bergbau- und Steinbruchsektor – zu dem hier auch die Öl- und Gasförderindustrie gehört – zeigt sich dieser Nachteil bereits beim ursprünglichen Hurrikan Harvey und verstärkt sich bei Erwärmung. Schließlich stoßen auch andere Regionen an die Grenzen dessen, was sie kompensieren können. Obwohl das Beispiel eines spezifischen Hurrikans mit Auswirkungen auf eine spezifische Region gewählt wurde, ist der Mechanismus wahrscheinlich auch auf andere klimabedingte Ereignisse in anderen Regionen und anderen Sektoren anwendbar. Es ist daher wahrscheinlich, dass die regionalen Wirtschaftssektoren, die am besten an den Klimawandel angepasst sind, bei einer künftigen Erwärmung einen erheblichen Vorteil gegenüber ihren Konkurrenten haben (Middelanis, R. et al., 2022, *ERL*).

Arbeitsgruppe

Weiterentwicklung von Zeitreihenanalyse-Techniken

Dürren und soziale Konflikte in Anden- und Maya-Gesellschaften. In den nördlichen Tiefländen der Yucatán-Halbinsel entstanden während der postklassischen



Mehr Regentage und extreme Regenfälle schaden der Wirtschaft. Kotz et al. 2022 haben untersucht wie sich Änderungen im Gesamtjahresniederschlag (Panel a), im Monatsmittel (Panel b), in der Anzahl der Regentage (Panel c) und in den täglichen Niederschlagsextremen (Panel d) auf das Wirtschaftswachstum auswirken. Einzelne Regionen sind eingefärbt entsprechend der Auswirkungen, die es hat, wenn das jeweilige Maß dort um eine Standardabweichung zunimmt. Während mehr Jahresniederschlag im Allgemeinen gut ist (blaue Einfärbung), schaden trockene Monate sowie mehr Regentage und mehr tägliche Niederschlagsextreme Volkswirtschaften überall auf der Welt (rote Einfärbungen). Nachdruck der Abbildung mit Genehmigung von Nature: Kotz, M., Levermann, A., Wenz, L. (2022): The effect of rainfall changes on economic production. – Nature, 601, 7892, 223-227. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-04283-8>

Maya-Periode neue urbane Zentren, wie Mayapán. Eine interdisziplinäre Studie wertete historische Dokumente, archäologische Funde, sowie Informationen zu Umwelt- und Klimabedingungen aus uns zeigt die Rolle ausgeprägter Dürren bei der Entstehung sozialer Konflikte zwischen rivalisierenden Fraktionen der Herrschaftselite (Kennett, D. J., et al., 2022, *Nat. Communications*). Während Dürren den institutionellen Kollaps von Mayapán durch Vermehrung von Konflikten befeuerten, führten sie aber auch zur Bildung resilienter soziopolitischer Strukturen in manchen Regionen, sodass diese bis zur Ankunft der Europäer im 16. Jahrhundert als kleinere, stabile Maya-Zentren überdauerten. In einer ähnlichen Studie, die sich auf die vorkolonialen Anden-Hochländer konzentrierte, wurden ähnliche komplexe Beziehungen zwischen Klimabedingungen, Bevölkerungswachstum und gewalttätigen Konflikten untersucht. Ein alleiniger Wechsel zu ungünstigen Klimabedingungen ist nicht immer der einzige Grund für Konflikte; erst die Kombination aus Migration, schnellem Bevölkerungswachstum, Ressourcenstress und gewalttätiger Konkurrenz führten zu langanhaltenden Bürgerkriegen (McCool, W.C. et al., 2022, *PNAS*).

Wiederkehreigenschaften charakterisieren strukturell unterschiedliche komplexe Systeme. Mehrere Weiterentwicklungen der "Rekurrenzanalyse" erlauben die Charakterisierung strukturell sehr unterschiedlicher Daten. Für die Untersuchung von charakteristischen Zeitskalen in stark diskretisierten Signalen (Ereignisdaten, „event data“) wurde die Methode zu „Interspike-Spektren“ erweitert. Anwen-

dungen reichen von Frequenzanalysen im Stromnetz, über Neuronenaktivität, bis zu Paläoklimadaten und Extremniederschlagsereignissen (Kraemer, K. H. et al., 2022, *Entropy*). Weitere neuartige Konzepte, wie die Kombination von Kernel-basierter Komponentenerlegung und Rekurrenzanalyse erlauben die Analyse komplexer Abhängigkeiten in hochdimensionalen sowie räumlichen Daten. So lassen sich damit z. B. räumlich wiederkehrende Muster der atmosphärischen Zirkulation nutzen, um Zusammenhang und Vorhersagbarkeit von Blockierungsmustern der Atmosphäre und Extremwetterereignissen zu untersuchen, die sich räumlich versetzt aber zeitlich synchron etwa als Dürre in Europa und Kälteeinbruch in Nordamerika ausprägen können (Mukhin, D. et al., 2022, *Chaos*).

Arbeitsgruppe

Datenbasierte Analyse klimarelevanter Entscheidungsprozesse

Mehr Regentage und extreme Regenfälle schaden der Wirtschaft. Damit wir informierte Entscheidungen über Klimaschutz und Anpassungsmaßnahmen treffen können, brauchen wir ein umfassendes Verständnis davon, welche gesamtwirtschaftlichen Kosten durch Klimaschäden entstehen. Bisherige Abschätzungen dazu haben sich allerdings hauptsächlich auf die Temperatur konzentriert und – wenn überhaupt – Veränderungen der Niederschlagsmenge nur

über längere Zeiträume wie Jahre oder Monate betrachtet, was ein unvollständiges Bild liefert. In einer umfassenden globalen Analyse wurde daher nun ökonomisch ausgewertet, wie sich in den vergangenen 40 Jahren Niederschlagsänderungen auf verschiedenen Zeitskalen auf das Wirtschaftswachstum in mehr als 1500 Regionen weltweit ausgewirkt haben. Die Ergebnisse wurden in der renommierten Zeitschrift *Nature* als Titelgeschichte veröffentlicht (Kotz, M. et al., 2022, *Nature*). Während mehr Jahresniederschlag im Allgemeinen gut für eine Volkswirtschaft ist, insbesondere wenn diese stark von der Landwirtschaft abhängt, ist die entscheidende Frage, wie sich der Regen über die Tage des Jahres verteilt ist. Mehr Regentage und verstärkte tägliche Niederschlagsextreme erweisen sich als schlecht, besonders für reiche Industrieländer wie die USA, Japan oder Deutschland.

Extreme Temperaturen befeuern Hassreden im Internet. Hass in den sozialen Medien ist ein weitverbreitetes Problem, das nachweislich psychische Erkrankungen verschlimmern kann. In einer quantitativen empirischen Studie, die als Titelgeschichte in *The Lancet Planetary Health* veröffentlicht wurde, wurde untersucht, ob und zu welchem Grad die Außentemperatur das Auftreten von Hassrede auf Twitter beeinflusst. Zu diesem Zweck wurde ein Datensatz mit mehr als vier Milliarden Tweets aus den Jahren 2014-2020 und mehr als 770 US-Städten analysiert. Mit einem Machine Learning-Algorithmus wurden die Tweets zunächst auf Hassrede hin untersucht. Anschließend wurde mittels ökonomischer Techniken der Einfluss der Tagesmaximaltemperatur isoliert. Die Ergebnisse zeigen, dass es innerhalb eines "Wohlfühlfensters" von 12-21°C am wenigsten Hass gab. Heißere und kältere Temperaturen waren mit einer Zunahme von Hass-Tweets verbunden. Das genaue Wohlfühl-Temperaturfenster variiert für die einzelnen US-Klimazonen. Temperaturen über 30°C sind jedoch über alle Klimazonen hinweg sowie unabhängig von sozioökonomischen Faktoren, religiösen Überzeugungen oder politischen Präferenzen mit einer starken Zunahme von Online-Hass verbunden. Dies weist auf Grenzen der Temperaturanpassungsfähigkeit hin.

Arbeitsgruppe

Vorhersage extremer Ereignisse mittels Netzwerkanalyse und Maschinellem Lernen

Substanzielle Verbesserung langfristiger Vorhersagen besonderer Klimaereignisse. Der Ansatz der Klimanetzwerke wurde in einer Studie von Fan et al. (Fan, J., et al., 2022, *J. of Climate*) methodisch bedeutsam weiterentwickelt, indem vor allem gerichtete und gewichtete Verbindungen zwischen verschiedenen Regionen einbezogen wurden. Die Gruppe hat nachgewiesen, dass die so konstruierten Netzwerke als effiziente langfristige Prädiktoren für die Vorhersage des Indischen Sommermonsun-Regenfalls (ISMR) benutzt werden können. Die entwickelte Vorhersagemethode liefert eine hohe Vorhersagequalität mit einem Vorhersagehorizont von 5 Monaten. Ein besonders wichtiges Ergebnis dieser Studie ist, dass die Gruppe nun erstmals in der Lage ist, auch die Intensität des ISMR langfristig vorherzusagen. In einer weiteren Studie von Lu et al. (Lu, Z. et al., 2022, *PNAS*) wurde die auf dem Klimanetzwerk basierende Analyse verwendet, um zu untersuchen, ob es Frühwarnsignale vor dem Beginn von Indian Ocean Dipole (IOD) gibt, die angesichts ihrer bedeutenden Auswirkungen auf das Klimasystem in dem sehr stark bevölkerten Gebiet große Aufmerksamkeit erregt haben. Von den 15 IOD-Ereignissen der letzten 37 Jahre (1984 bis 2020) konnten mittels einer neuartigen Methodik der Arbeitsgruppe 11 Ereignisse bereits im Dezember des Vorjahres korrekt vorhergesagt werden. Beide Resultate sind von besonderer Relevanz für Mitigationsmaßnahmen im indischen Subkontinent und Südostasien.

Machine Learning mittels Reservoir-Computing. Eines der wichtigsten Themen beim maschinellen Lernen ist die Bestimmung und der Entwurf von Systemen mit hoher Speicherkapazität. In Köster, F. et al. (2022, *IEEE Trans Neural Netw Learn Syst*) wurde entdeckt, dass eine große Klasse von Reservoir-Computern durch eine universelle Master-

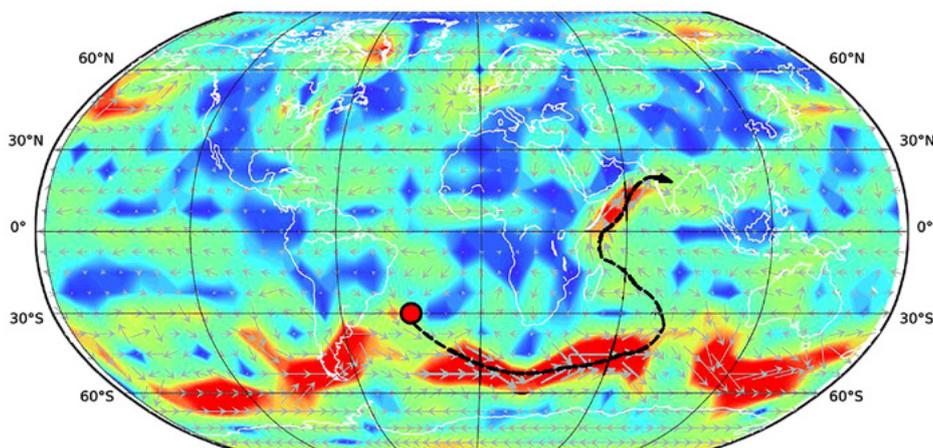
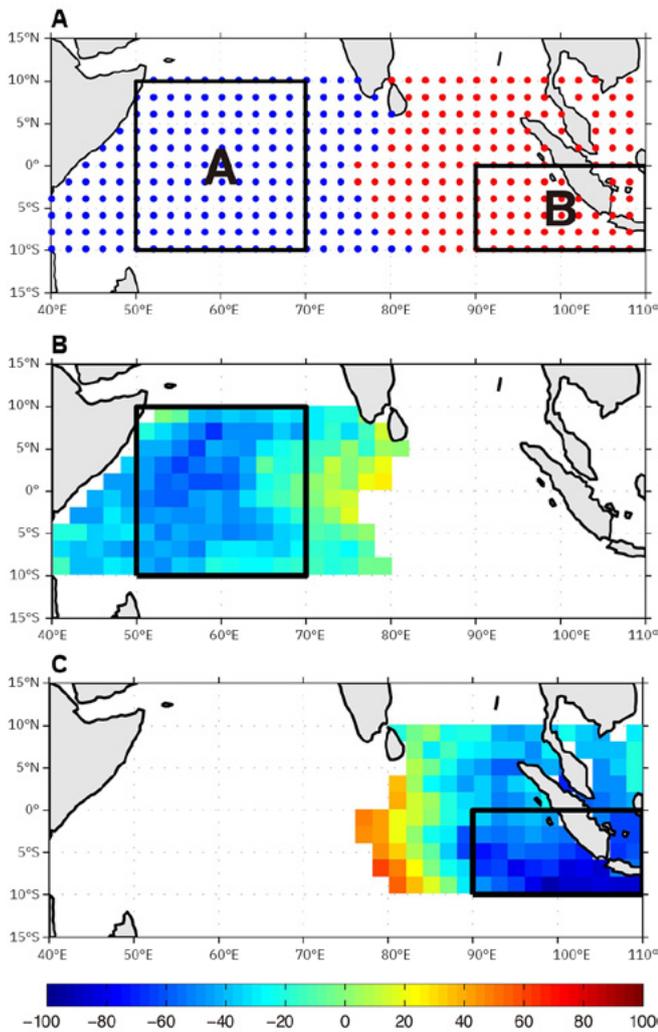


Abb. aus Fan, J. et al., 2022, *J. of Climate*: erste langfristige Vorhersage der Intensität des kommenden Indischen Sommermonsuns fünf Monate im Voraus. Hier ist ein typisches Beispiel für die beobachteten Winddaten am 12. August 2014 während der indischen Sommermonsunzeit dargestellt. Nachdruck der Abbildung mit Genehmigung von American Meteorological Society: Fan, J., Meng, J., Ludescher, J., Li, Z., Surovyatkina, E., Chen, X., Kurths, J., Schellnhuber, H. J. (2022): Network-Based Approach and Climate Change Benefits for Forecasting the Amount of Indian Monsoon Rainfall. – *Journal of Climate*, 35, 3, 1009-1020. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-21-0063.1> © American Meteorological Society. Used with permission.



Telekonnexionspfad zwischen den Schlüsselknoten im Südatlantik und dem indischen Subkontinent. Hier ist ein typisches Beispiel für die beobachteten Winddaten am 12. August 2014 während der indischen Sommermonsunzeit dargestellt. Das konstruierte Klimanetzwerk in der TIO und seine Zusammensetzung der Knotengrade. (A) Die Regionen werden gemäß der Definition des IOD auf der Grundlage des EOF2 von SSTA bestimmt. Die östlichen und westlichen Regionen werden durch blaue bzw. rote Knoten dargestellt. (B) Die räumliche Verteilung des Komposits der Knotengrade in der östlichen Region. (C) Wie B, aber für die westliche Region. Die Regionen A (schwarzer Kasten von 50°E bis 70°E und 10°S bis 10°N) und B (schwarzer Kasten von 90°E bis 110°E und 10°S bis zum Äquator) sind Teil der östlichen bzw. westlichen Region, die für die Berechnung des DMI verwendet wurden. Die Abbildung ist adaptiert aus: Lu, Z., Dong, W., Lu, B., Yuan, N., Ma, Z., Bogachev, M. I., Kurths, J. (2022): Early warning of the Indian Ocean Dipole using climate network analysis. – *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)*, 119, 11, e2109089119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2109089119>

Memory-Funktion charakterisiert werden kann. Reservoir Computing ist ein maschinelles Lernsystem, das rekurrente neuronale Netze und lediglich eine einzelne adaptive Output-Schicht verwendet, mithin besonders sparsam ist. Wenn diese Master-Memory-Funktion einmal berechnet ist, bietet sie eine lineare Speicherkapazität für jedes verzögerungs-basierte Reservoir. Dieser Ansatz kann nicht nur auf Reservoirs angewandt werden, die durch bekannte dynamische Regeln gesteuert werden, sondern auch auf Reservoirs, deren dynamisches Modell nicht bekannt ist – ein in realen Systemen häufig auftretender Fall.

Highlights

Delegationsreise: Prof. Levermann begleitete die Reise des Bundespräsidenten Frank-Walter Steinmeier mit Frau Büdenbender nach Japan und in die Republik Korea vom 31. Oktober bis 6. November 2022. In diesem Zuge nahm er als Vortragender sowie als Panelmitglied an der Veranstaltung „25 years after the Kyoto Protocol – Progress and Challenges“ zum Kyoto Protokoll an der Doshisha University Kyoto teil. *Die direkte Kommunikation der neuesten wissenschaftlichen Forschungsergebnisse an hochrangige politische Entscheidungsträger in Deutschland ist essentiell für die Bildung informierter Entscheidungen.*

Leonie Wenz wurde zum Mitglied der Deutschen Jungen Akademie der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften und der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina gewählt. *Die Mitglieder dieser wichtigen interdisziplinären Plattform für den wissenschaftlichen Nachwuchs im deutschsprachigen Raum werden für die Dauer von fünf Jahren gewählt. Die Junge Akademie umfasst 50 Mitglieder und hat es sich zur Aufgabe gemacht, den wissenschaftlichen – insbesondere interdisziplinären – Diskurs unter herausragenden Nachwuchswissenschaftler*innen anzuregen und Initiativen an der Schnittstelle von Wissenschaft und Gesellschaft zu fördern.*

Patent gesichert: EU Patent No. 3 759 393, Verfahren zur Minimierung thermoakustischer Instabilitäten einer Gasturbine, March 30, 2022 von Norbert Marwan, Jürgen Kurths et al. *Die Erfindung betrifft ein computerimplementiertes Verfahren für eine Minimierung von aeroakustischen, ae-roelastischen und/oder thermoakustischen Instabilitätszuständen eines Verbrennungsvorgangs in einer Gasturbine, wobei die Gasturbine ein Verbrennungsvolumen umfassend ein Fluid aufweist und das Verfahren mehrere Schritte umfasst.*

Jürgen Kurths wurde mit dem Lagrange-Preis der Nonlinear Science and Complexity Conference ausgezeichnet. *Dieser Preis für das Lebenswerk in den nichtlinearen physikalischen Wissenschaften fördert Forschung und Entwicklung, z. B. in den Ingenieurwissenschaften, und wird seit 2008 verliehen.*

Abgeschlossene Promotionen

Kuhla, Kilian	Universität Potsdam	Impact, distribution, and adaptation: How weather extremes threaten the economic network
Banarjee, Abhirup	Universität Potsdam	Characterizing the spatio-temporal patterns of Extreme Events – from recurrence to prediction
Plietzsch, Anton	Humboldt-Universität zu Berlin	The impact of renewable power generation and extreme weather events on the stability and resilience of AC power grids

Ausgewählte Veröffentlichungen

Bao, X., Hu, Q., Ji, P., Lin, W., **Kurths, J.**, Nagler, J. (2022): Impact of basic network motifs on the collective response to perturbations. *Nature Communications*, 13(1), 5301.
Verschiedene Phänomene wie die epidemische Ausbreitung und kaskadenartige Ausfälle in sozioökonomischen Systemen in Netzwerken werden durch Störungen verursacht. Wir analysieren hier den Einfluss von Motiven auf die Ausbreitung solcher Störungen und decken ein subtiles Zusammenspiel von Eigendynamik, Interaktionsdynamik und topologischen Eigenschaften auf.

Boers, N., Ghil, M., Stocker, T. F. (2022): Theoretical and paleoclimatic evidence for abrupt transitions in the Earth system. – *Environmental Research Letters*, 17, 9, 093006.
Diese Studie fasst die theoretischen und paläoklimatischen Belege für das Potenzial abrupten Veränderungen im Klimasystem der Erde zusammen. Auf der Grundlage der vorgelegten Belege wird eine eingehendere Bewertung des Risikos künftiger abrupten Klimaübergänge als Reaktion auf die vom Menschen verursachte globale Erwärmung gefordert.

Boulton, C. A., Lenton, T. M., **Boers, N.** (2022): Pronounced loss of Amazon rainforest resilience since the early 2000s. – *Nature Climate Change*, 12, 271-278.
In diesem Beitrag werden Veränderungen der Widerstandsfähigkeit im Amazonasgebiet untersucht, indem der Rahmen der kritischen Verlangsamung auf die fernerkundete optische Tiefe der Vegetation angewendet wird. Die Ergebnisse zeigen, dass das Amazonasgebiet seit Anfang der 2000er Jahre insgesamt erheblich an Widerstandsfähigkeit verloren hat und dass der Verlust an Widerstandsfähigkeit in trockeneren Regionen als auch in Teilen des Regenwaldes, die näher an menschlichen Nutzungsgebieten liegen, ausgeprägter war.

Fan, J., Meng, J., Ludescher, J., Li, Z., **Surovyatkina, E.**, Chen, X., **Kurths, J.**, **Schellhuber, H. J.** (2022): Network-Based Approach and Climate Change Benefits for Forecasting the Amount of Indian Monsoon Rainfall. – *Journal of Climate*, 35, 3, 1009-1020.
Mit Hilfe einer Reihe von dynamischen und physikalischen Klimanetzwerken haben wir eine neue Vorhersagemethode für den Indischen Sommermonsunregen (ISMR) entwickelt, die eine bessere Vorhersagequalität als die verfügbaren Vorhersagemodelle aufweist.

Hess, P., Drüke, M., Petri, S., Strnad, F., Boers, N. (2022): Physically constrained generative adversarial networks for improving precipitation fields from Earth system models. – *Nature Machine Intelligence*, 4, 10, 828-839.
Der Beitrag zeigt, dass Generative Adversarial Networks (GANs) verwendet werden können, um die Ergebnisse eines allgemeinen atmosphärischen Zirkulationsmodells mit geringer Auflösung so umzuwandeln, dass sie statistisch mit Beobachtungsdaten übereinstimmen. Auf diese Weise lassen sich rechnerisch effiziente Klima- und Erdsystemmodelle mit geringer Auflösung mit Deep Learning zu hybriden Modellen kombinieren, deren Ergebnisse mindestens so genau sind wie die rechenintensiven, umfassenden Klimamodelle auf dem neuesten Stand der Technik.

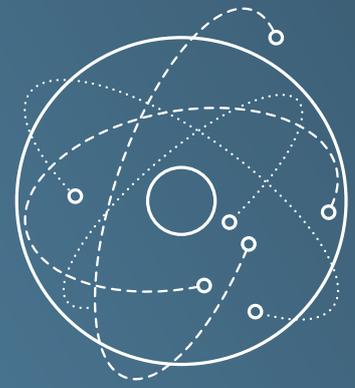
Kennett, D. J., Masson, M., Lope, C. P., Serafin, S., George, R. J., Spencer, T. C., Hoggarth, J. A., Culleton, B. J., Harper, T. K., Pruffer, K. M., Milbrath, S., Russell, B. W., González, E. U., McCool, W. C., Aquino, V. V., Paris, E. H., Curtis, J. H., **Marwan, N.**, Zhang, M., Asmerom, Y., Polyak, V. J., Carolin, S. A., James, D. H., Mason, A. J., Henderson, G. M., Brenner, M., Baldini, J. U. L., Breitenbach, S. F. M., Hodell, D. A. (2022): Drought-Induced Civil Conflict Among the Ancient Maya. – *Nature Communications*, 13, 3911.
Dürreperioden lösten Unruhen und in der Folge gesellschaftliche Instabilitäten aus, die schließlich zum Zusammenbruch der postklassischen Maya-Hauptstadt Mayapan führten.

Kotz, M., Levermann, A., Wenz, L. (2022): The effect of rainfall changes on economic production. – *Nature*, 601, 7892, 223-227.
Die Autoren zeigen, dass mehr Regentage der Wirtschaft schaden.

Lu, Z., Dong, W., Lu, B., Yuan, N., Ma, Z., Bogachev, M. I., & **Kurths, J.** (2022): Early warning of the Indian Ocean Dipole using climate network analysis. – *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 119(11), e2109089119.
Ein viel tieferes Verständnis des Dipols im Indischen Ozean (IOD) wird erreicht durch einen verallgemeinerten netzwerkbasierten Ansatz, der ermöglicht, den IOD bereits ein Jahr im Voraus vorherzusagen, was eine wesentliche Erweiterung im Vergleich zu bekannten Techniken darstellt.

Smith, T., **Traxl, D., Boers, N.** (2022): Empirical evidence for recent global shifts in vegetation resilience. – *Nature Climate Change*, 12, 477-484.
Der Beitrag liefert die erste empirische Bestätigung von Resilienzindikatoren, die auf dem Konzept der kritischen Verlangsamung basieren und die Formulierung einer umfassenden Methodik zur Messung von Resilienzveränderungen anhand von Satellitendaten ermöglichen. Die Anwendung auf mehrere Fernerkundungsprodukte ergab deutliche Verschiebungen in der Widerstandsfähigkeit der Vegetation auf globaler Ebene.

Stechemesser, A., Levermann, A., Wenz, L. (2022): Temperature impacts on hate speech online: evidence from 4 billion geolocated tweets from the USA. – *The Lancet Planetary Health*, 6, 9, e714-e725.
Die Studie zeigt, dass extreme Temperaturen Hassrede im Internet befeuern.



In acht abteilungsübergreifenden FutureLabs wird an ambitionierten Forschungsthemen von strategischer Bedeutung gearbeitet. Hier einige Beispiele ihrer im Jahr 2022 erzielten Forschungsergebnisse – mit neuen Erkenntnissen zu Kippkaskaden im Klimasystem oder Einsichten zu Migration und Konfliktrisiken bis hin zu den Faktoren, die Kooperation zwischen Ländern begünstigen.

FutureLab

Social Metabolism & Impacts

Leitung: Helga Weisz

Was sind die Verteilungsaspekte (sozial, zeitlich und räumlich) des gesellschaftlichen Stoffwechsels, wie werden sie reguliert und was sind ihre sozialen Auswirkungen?

Verbesserte Treibhausgasinventare unterstützen die Klimapolitik auf Stadtebene. Das FutureLab entwickelte eine Methode zur Erstellung multiregionaler Input-Output-Tabellen auf Stadtebene, die für die regionale Wirtschafts- und Nachhaltigkeitspolitik politisch relevant sind. Sie liefern Städten die notwendigen Daten, um die Auswirkungen von wirtschaftspolitischen Maßnahmen oder politischen Ereignissen auf verschiedene Städte in der gesamten Lieferkette zu bewerten, um zu verfolgen, wie Klimarisiken auf Städte verteilt sind, um Städte zu identifizieren, die in der Lieferkette größeren Risiken ausgesetzt sind oder diese verursachen. Verbrauchsbasierte Emissionsinventare auf Stadtebene können als Grundlage für die Schaffung von Kohlenstoffmärkten auf Stadtebene dienen. (Zheng, H. et al., 2021, *ESR*).

Wie können klimawandelbedingte Umsiedlungen und Mobilität finanziert werden? In einem Kurzbericht stellt das FL die finanziellen Ressourcen dar, die zur Unterstützung geplanter Umsiedlungen und anderer Arten von klimawandelbedingter Mobilität in der Pazifikregion benötigt werden. Der Bedarf und die Nachfrage nach finanziellen Ressourcen werden identifiziert, potentielle Finanzierungsquellen diskutiert

und Fragen der Verteilung und Zuweisung von finanziellen Ressourcen beleuchtet. Der Bericht diskutiert auch Governance-Fragen im Zusammenhang mit der Finanzarchitektur in der Region und schließt mit Empfehlungen für die politische Debatte und Praxis. (Thornton, F. 2022, *Pacific Resilience Partnership*).

FutureLab

Erdsystem-Resilienz im Anthropozän (ERALab)

Leitung: Ricarda Winkelmann and Jonathan Donges
Wie groß ist das Risiko von Domino-Effekten und Kippkaskaden im Klimasystem der Erde und in menschlichen Gesellschaften? Wie kann die Resilienz des Erdsystems und seiner interagierenden geophysikalischen, ökologischen und gesellschaftlichen Komponenten definiert, modelliert und gemessen werden? Dieses FutureLab untersucht die Wechselwirkungen von Kippelementen und ihren Einfluss auf die Resilienz des gesamten Erdsystems im Anthropozän.

Vorübergehendes Überschreiten der Klimaziele erhöht Kippisiko. Bei einer globalen Erwärmung von mehr als 1,5 °C besteht ein stark erhöhtes Risiko, dass einige Kippelemente wie der grönländische und westantarktische Eisschild instabil werden (Armstrong McKay, D. et al., 2022, *Science*). Auch ein vorübergehendes Überschreiten von 1,5-2°C kann das Risiko von Kippkaskaden erheblich erhöhen (Wunderling, N. et al., 2022, *Nature Climate Change*).

Resilienz des Erdsystems. Ein neuer konzeptioneller Ansatz erlaubt die verbesserte Modellierung und Quantifizierung der Resilienz des Erdsystems im Anthropozän (Tamberg, L. et al. 2022, *Environmental Research Letters*), inklusive seiner unterschiedlichen Kippdynamiken in biophysikalischen und sozialen Systemen (Winkelmann, R. et al. 2022, *Ecological Economics*).

FutureLab

Public Economics und Climate Finance

Leitung: Kai Lessmann und Matthias Kalkuhl (MCC)
Welche Hemmnisse müssen bei der Umsetzung von Klimapolitik beachtet werden? Aktuelle Arbeiten zeigen, wie Klimapolitik ihre Verteilungswirkung auf das Einkommen von Haushalten sowie ihren Einfluss auf die Bedingungen der Kreditfinanzierung von Investitionen berücksichtigen kann.

Einnahmen aus Kohlenstoffsteuern sollten insbesondere an einkommenschwache, energieintensive Haushalte zurückfließen. CO₂-Preise belasten besonders die sozial schwachen Haushalte, beispielsweise durch hohe Kosten für Heizen und lange Pendelwege. Die modellbasierte Studie des FL zeigt, wie Haushalte unter Berücksichtigung von Unterschieden in Einkommen und Energieineffizienz optimal entlastet werden können und wendet die Erkenntnisse auf den Fall Deutschlands an (Hänsel, M. C. et al., 2022, *Journal of Environmental Economics and Management*).

Kredit- und Ausfallrisiken bremsen Klimapolitik aus. Kreditinstitute finanzieren die Transformation der Wirtschaft; die dafür verlangten Zinsen steigen aber mit der Höhe von Schuldenlast und Kreditrisiko. Die Studie zeigt, wie CO₂-Preise nach oben korrigiert werden müssen, um Politikziele, wie beispielsweise die Klimaneutralität der EU, nicht zu verpassen (Schuldt, H., Lessmann, K. et al., 2022, *Macroeconomic Dynamics*).

FutureLab

Ungleichheit, menschliches Wohlergehen und Entwicklung

Leitung: Kati Krähnert & Linus Mattauch
Welche Auswirkungen hat Klimapolitik auf menschliche Gesundheit? Wie sind die Verteilungseffekte von Energiestandards im Vergleich zu CO₂-Preisen?

Das FutureLab untersucht Ungleichheit, menschliches Wohlergehen und Entwicklung im Kontext des Klimawandels und wendet dabei Ansätze von Umfragenforschung und Finanzwissenschaft an.

Energiestandards können gerechter als CO₂-Steuern sein, wenn deren Einnahmen nicht sehr progressiv rückverteilt werden. Es ist in der Wirtschaftswissenschaft bekannt, dass CO₂-Steuern billiger sind, um Klimaziele zu erreichen, als Energiestandards. Wenn aber Produkte schwerlich umweltfreundlich herzustellen sind, können Energiestandards tatsächlich weniger regressiv sein als CO₂-Steuern. (Zhao, J., Mattauch, L. 2022, *Journal of Environmental Economics and Management*).

Wie hoch sollten Fleischsteuern sein, wenn man berücksichtigt, dass Fleischkonsum sowohl klima- als auch gesundheitsschädlich sind? Dreizehn Prozent der weltweiten Treibhausgasemissionen sind auf die Viehzucht zurückzuführen. Auch gibt es einen Zusammenhang zwischen bestimmten Erkrankungen und hohem Fleischkonsum. Der Fleischpreis bildet beides nicht ab. Um ihn angemessen zu gestalten, muss man das Ausmaß der mit dem Fleischkonsum verbundenen externen Umwelt- und Gesundheitsauswirkungen ökonomisch richtig bewerten. (Funke, F. et al., 2022, *Review of Environmental Economics and Policy*).

FutureLab

Security, Ethnic Conflicts and Migration

Leitung: Barbora Šedová und Jacob Schewe
Welche Auswirkungen hat der Klimawandel auf Migration und Vertreibung? Wann und über welche Pfade beeinflusst er das Risiko für gewaltsame Konflikte?

Dieses FutureLab untersucht den Einfluss des Klimawandels auf menschliche Sicherheit, Konflikte und Migration und nutzt dafür u.a. biophysikalische Klimafolgen-Modellierung, ökonometrische Methoden und nichtlineare Regressionsansätze aus dem Bereich des maschinellen Lernens.

Klimawandel führt bereits heute zu Binnenvertreibung. Durch den tropischen Wirbelsturm Idai und seine Flutwelle wurden 2019 in Mosambik etwa 480.000 Menschen vertrieben – fast 20.000 davon wären nicht betroffen gewesen, wenn nicht bereits durch den Klimawandel solche Stürme stärker geworden und der Meeresspiegel angestiegen wäre. Zu diesem Ergebnis kommt die weltweit erste Attributionsstudie eines solchen Ereignisses (Mester, B. et al., 2023, *EGUsphere* [preprint]).

In Mali verstärken sich Unsicherheit und Klimawandelfolgen gegenseitig. Die erste umfassende Länderstudie des „Weathering Risk“-Projekts ermittelt hierfür vier spezifische Wirkungspfade, die mit bestehenden Ungleichheiten, Wettbewerb um natürliche Ressourcen, Korruption sowie blockierter Anpassung zusammenhängen. Darauf aufbauend gibt der Bericht konkrete Handlungsempfehlungen für verschiedene inländische und internationale Akteure in Mali, um Klimasicherheitsrisiken zu reduzieren (Nagarajan, C. et al., 2022, *adelphi*).

FutureLab

Spieltheorie & Netzwerke interagierender Agenten (GaNe)

Leitung: Jobst Heitzig, Ulrike Kornek (MCC)

Was sind wirksame und faire Mechanismen und Anreize für die Zusammenarbeit bei Klimaschutz, Anpassung an den Klimawandel und anderen klimabezogenen Fragen durch Akteure, die auf verschiedenen Ebenen interagieren?

Verantwortung kann quantifiziert werden. Wenn ein komplexer Prozess, in dem mehrere Akteure mit unterschiedlichen Handlungsoptionen beteiligt waren und die Kausalzusammenhänge zum Teil unsicher sind, eine unerwünschte Situation ergeben hat, wie zum Beispiel den Klimawandel, ist es nicht einfach, die jeweilige Verantwortung der Beteiligten zu bemessen. Das FutureLab hat eine formale, spieltheoretische Methode entwickelt, die in solchen Situationen die Verantwortung einzelner Beteiligter auf der Basis von Wahrscheinlichkeiten quantifiziert (Hiller, S. et al., 2022, *Lecture Notes in Computer Science*).

Soziale Normen durch Kippprozesse. Zusammen mit ERAlab hat das FL GaNe das Verständnis potenzieller sozialer Kippprozesse vorangetrieben, durch die klimafreundliche Einstellungen und Verhaltensweisen zu sozialen Normen werden könnten (Winkelmann, R. et al., 2022, *Ecological Economics*).

FutureLab

Künstliche Intelligenz im Anthropozän

Leitung: Niklas Boers

Wie können Methoden des Maschinelle Lernens mit Prozess-basierten physikalischen Modellen kombiniert werden, um abrupte Übergänge, Extremereignisse und deren Auswirkungen im Erdsystem besser zu modellieren und vorherzusagen?

Bias Correction von Regenfall-Simulationen aus Erdsystemmodellen. In einer im Journal *Nature Machine Intelligence* veröffentlichten Studie (Hess, P., Boers, N. et al., 2022, *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*) konnte das FL zeigen, dass man Generative Adversarial Networks verwenden kann, um den Output von prozess-basierten Erdsystemmodellen so zu transformieren, dass ihre resultierenden statistischen Eigenschaften von Beobachtungsdaten nicht zu unterscheiden sind. Insbesondere wird die Darstellung von Extremereignissen und räumlichen Niederschlagsmustern

signifikant verbessert. Dies ist für die Anwendbarkeit der Modellprojektionen für die Modellierung der Folgen des Klimawandels entscheidend.

Globale und regionale Analyse der Resilienz von Vegetationssystemen. In zwei Studien in *Nature Climate Change* konnte zunächst gezeigt werden, dass die Veränderungen der Resilienz von Vegetationsökosystemen anhand von Satellitendaten über die optische Vegetationsdichte gemessen werden können (Smith, T. et al. 2022, *Nature Climate Change*); eine Anwendung der entwickelten Methode auf den Amazonas-Regenwald (Boulton, C. A. et al., 2022, *Nature Climate Change*) deckte auf, dass weite Teile des Amazonas-Regenwaldes seit den frühen 2000ern an Resilienz verloren haben. Dieses Paper ist #10 der „climate papers most featured in the media 2022“, nachdem (Boers, N. 2021, *Nature Climate Change*) bereits #2 dieser Liste für 2021 war.

FutureLab

CERES: Politische Ökonomie der globalen Gemeinschaftsgüter

Leitung: Ottmar Edenhofer

Wie können Staaten zu einer fairen und nachhaltigen Bewirtschaftung globaler Gemeinschaftsgüter beitragen?

Das FutureLab CERES wurde – gefördert von der Werner Siemens-Stiftung – im Januar 2022 für einen Zeitraum von 10 Jahren eingerichtet. CERES untersucht in enger Kooperation mit dem Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change (MCC) folgende Forschungsfragen: Was sind die politökonomischen Realitäten und Hindernisse für eine Transformation und wie können sie umgangen werden? Welche wirksamen klimapolitischen Maßnahmebündel gibt es? Wie wirken staatliche Kapazität und inklusiver Wohlstand zusammen? Welche politischen Instrumente bestehen auf internationaler Ebene, um ambitionierte Klimapolitik zu fördern und welche Anreize für kooperatives Handeln können geschaffen werden?

Der überwiegende Teil des CERES-Forschungsteams hat bis Herbst 2022 seine Arbeit aufgenommen. Weitere Einstellungen folgen 2023.

Welche Maßnahmebündel in Hinblick auf den Kohleausstieg und den Ausbau der erneuerbaren Energien wirken und welche nicht? Hierzu wurde eine prototypische Datenbank mit klimapolitischen Maßnahmen für Industrienationen (UNFCCC Annex I Länder) erstellt. Erste Auswertungen zeigen, welche Maßnahmekombinationen bei der Dekarbonisierung von Energiesystemen wirksam sind und welche nicht.

Organigramm

Stand: 31.12.2022



Kuratorium und Wissenschaftlicher Beirat

Kuratorium

Stand: 31.12.2022

Vorsitzender:

Staatssekretär Tobias Dünow Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Brandenburg

Stellvertretender Vorsitzender:

Dr. Karsten Hess Bundesministerium für Bildung und Forschung

Professor Dr. Sven Chojnacki Freie Universität Berlin

Professor Oliver Günther Universität Potsdam

Professorin Dr. Julia von Blumenthal Humboldt-Universität zu Berlin

Professorin Dr. Katja Matthes GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel

Professor Dr. Peter Lemke Vorsitzender der Mitgliederversammlung des PIK

Klaus Milke Stiftung Zukunftsfähigkeit

Hildegard Müller Verband der Automobilindustrie e.V., Berlin

Wissenschaftlicher Beirat

Stand: 31.12.2022

Vorsitzender:

Professor Dr. Gerald H. Haug Max-Planck-Institut für Chemie, Mainz, und
Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina

Stellvertretende Vorsitzende:

Professorin Dr. Antje Boetius Alfred-Wegener-Institut – Helmholtz-Zentrum
für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven

Professorin Ginestra Bianconi Queen Mary University of London, UK

Professor Marc Fleurbaey Paris School of Economics, Paris, France

Professor Dr. Vincent Heuveline Universität Heidelberg u. Heidelberg Institute for Theoretical Studies, Heidelberg

Professor Ravi Kanbur Cornell University, Ithaca, USA

Professor Tim Lenton University of Exeter, Exeter, UK

Professorin Dr. Nebojsa Nakicenovic International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria

Professor Dennis Snower Global Solutions Initiative, Berlin

Professorin Jessika Trancik Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, USA

Professorin Dr. Xiaoxiang Zhu Technische Universität München

Angenommene Rufe und Stipendien

Name	Angenommener Ruf
Edenhofer, Ottmar	Mercator-Professur der Universität Duisburg-Essen
Krähnert, Kati	Ruf zur Professur ‚Klimawandel und Entwicklung‘ an der Ruhr-Universität Bochum und RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung
Kropp, Jürgen	Guest Professorship at Hamburg Media School/Studies on value-oriented advertising movie production

Name	Universitäten / Fellowships / Stipendien
Funke, Franziska	Promotionsstipendium der Studienstiftung des deutschen Volkes
Konc, Théo	Add-on Fellowship for Interdisciplinary Economics and Interdisciplinary Business Administration of the Joachim Herz Stiftung
Stechemesser, Annika	Voices for Science Fellowship of the American Geosciences Union
Schellhuber, Hans Joachim	Honorary Doctorate of the University of Exeter

Auszeichnungen und Ernennungen

Name	Auszeichnung / Ehrung
Belmin, Camille	· IIASA Peccei award for early-career scientists: Honourable mention
Blaschke, Lana & Ben-Yami, Maya	· Outstanding Student and PhD Candidate Presentation, European Geoscience Union NP division
Büttner, Anna	· Physik-Studienpreis 2022 der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin
Donges, Jonathan	· Highly Cited Researcher 2022, Web of Science / Clarivate
Edenhofer, Ottmar	· Bayerischer Verfassungsorden 2022 · Highly Cited Researcher 2022, Web of Science / Clarivate
Fluhrer, Svenja	· Economics of Climate Change – Early Career Best Paper Award
Frieler, Katja	· Highly Cited Researcher 2022, Web of Science / Clarivate · Research grant within the Leibniz Programme for Women Professors, Leibniz Best Minds
Gerten, Dieter	· Highly Cited Researcher 2022, Web of Science / Clarivate · #930 (#63 Germany) of Top 1000 Scientists in the area of Ecology and Evolution, Research.com

Auszeichnungen und Ernennungen

Humpenöder, Florian	· 2022 Rising Star of Science Award, Research.com
Konc, Théo	· EAERE Award for Best Doctoral Dissertations in Environmental and Resource Economics: Honourable mention
Kraemer, Kai Hauke	· Michelson-Preis der Mathematische-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Potsdam für die beste Promotion 2022
Kriegler, Elmar	· Highly Cited Researcher 2022, Web of Science / Clarivate
Kurths, Jürgen	· Lagrange Award of Nonlinear Science and Complexity Conferences · Guillemain-Cauer Best Paper Award, IEEE Circuits and System Society · Highly Cited Researcher 2022, Web of Science / Clarivate
Luderer, Gunnar	· Highly Cited Researcher 2022, Web of Science / Clarivate
Mattauch, Linus	· Deutscher Wirtschaftspreis 2022 der Joachim Herz Stiftung: Third prize in the Junior Category
Minoli, Sara	· Best Dissertation Award of the Society of Friends and Promoters of PIK
Müller, Christoph	· Highly Cited Researcher 2022, Web of Science / Clarivate
Popp, Alexander	· Highly Cited Researcher 2022, Web of Science / Clarivate
Rahmstorf, Stefan	· Stephen H. Schneider Award for Outstanding Climate Science Communication · Highly Cited Researcher 2022, Web of Science / Clarivate
Rockström, Johan	· Zeremonielle Aufnahme in die Earth Hall of Fame, Kyoto · Highly Cited Researcher 2022, Web of Science / Clarivate
Schellnhuber, Hans Joachim	· Highly Cited Researcher 2022, Web of Science / Clarivate
Schmaus, Alexander	· Best Poster Award at Future WiNS: New Energies for a Sustainable World Conference
Sedova, Barbora	· Prize for outstanding dissertation of the University of Potsdam in 2021
Undorf, Sabine	· Selection for the Leibniz Mentoring programme of the Leibniz Association
Warszawski, Lila	· Environmental Research Letters Best Article Awards 2021
Wenz, Leonie	· Mitgliedschaft in der Jungen Akademie der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften und der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina
Wunderling, Nico	· Potsdamer Nachwuchswissenschaftspreis 2022 der Stadt Potsdam
Zantout, Karim	· Walter-Greiner-Preis für die beste Doktorarbeit des Jahres, Universität Frankfurt

Name	Ernennung / Wahl in Gremien 2022
Auer, Cornelia	· Appointed member of the Climate council of the Berlin Senate · Advisor to the foreign office in the Preview project
Edenhofer, Ottmar	· Chairperson of the European Scientific Advisory Board on Climate Change of the European Environment Agency · Member of Advisory Board, Stiftung KlimaWirtschaft · Member of the University Council, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg · Member of the DemoUpCARMA Advisory Board, ETH Zürich
Epp, Julia	· Appointed member of the Berlin Climate Protection Council
Frieler, Katja	· Member of the Science Advisory Board of Terra FIRMA (NERC, UK)

Auszeichnungen und Ernennungen

Gabrysch, Sabine	<ul style="list-style-type: none">· Member of Planetary Health Annual Meeting Program Committee· Member of the Advisory Board, Munich Science Communication Lab, „Planetary Health“
Gerten, Dieter	<ul style="list-style-type: none">· Member of Scientific Advisory Board of Report „The Essential Drop to Reach Net-Zero: Unpacking Freshwater’s Role in Climate Change Mitigation“
Hellmann, Frank	<ul style="list-style-type: none">· Wissenschaftlicher Beirat – Stabilitätsbezogene Weiterentwicklung von Energiesystemoptimierungsmodellen (BMWK)
Hoffmann, Peter	<ul style="list-style-type: none">· Mitglied im Organisationsteam für die Deutsche Klimatagung 2024 der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft in Potsdam
Kriegler, Elmar	<ul style="list-style-type: none">· Lead author of the Summary for Policymakers IPCC AR6 WG III
Kropp, Jürgen	<ul style="list-style-type: none">· Member of Advisory Board of „Plan A Earth GmbH“: Carbon Accounting for local entities, i.e. business, cities, regions!
Luderer, Gunnar	<ul style="list-style-type: none">· Board Member of Klimarat Potsdam· Deputy member of „Expert:innen-Kommission Gas und Wärme“ established by the German Government to address energy crises
Marwan, Norbert	<ul style="list-style-type: none">· Committee member, NNF Challenge Programme 2023 – Prediction of Climate Change and Effect of Mitigating Solutions (Novo Nordisk Foundation, Denmark)
Pichler, Peter Paul	<ul style="list-style-type: none">· Executive Committee Member on the Lancet Planetary Health Commission on Sustainable Healthcare
Pradhan, Prajal	<ul style="list-style-type: none">· Elected board member of the International Sustainable Development Research Society· Editorships for the journals Humanities & Social Sciences Communication, Regional Environmental Change, Sustainability Science, Sustainable Horizons
Reyer, Christopher	<ul style="list-style-type: none">· Member of the Scientific Advisory Board of the CLIMAE Metaprogramme of INRAe· Programmbeirat der Fakultät Forstwissenschaften der TU Dresden
Rockström, Johan	<ul style="list-style-type: none">· Member of the Climate Crisis Advisory Group· Co-Chair and Commissioner of the Climate Governance Commission· Member of the Global Commission on Science Missions for Sustainability (International Science Council)· Jury Chairman of the Frontiers Planet Prize· Jury Member of the Gulbenkian Prize For Humanity· Member of the High-Level Advisory Group for the OECD project „Losses and Damages from Climate Change“· Member of the Advisory board of the MIT Environmental Solutions Initiative· Member of the Netflix Sustainability Board· Member of Advisory Board of the Stockholm School of Economics· Member of Advisory Panel of the Stockholm+50 Scientific Report· Member of Science Advisory Board of Deutschlands Zukunftsweisen· Member of Advisory Board of Tetra Pak Sustainability Advisory Panel· Scientific Advisor for Virgine Unite (Planetary Guardianship)
Sedova, Barbora	<ul style="list-style-type: none">· Berufung in den Beirat der Bundesregierung Zivile Krisenprävention und Friedensförderung

Drittmittelprojekte

Projekte gestartet in 2022

Akronym	Projekttitel	RD	Ref.Nr	Mittelgeber	von	bis
OCEAN ICE	Ocean Cryosphere Exchanges in ANtarctica: Impacts on Climate and the Earth system	1	96152	Europäische Union	11/1/2022	10/31/2026
WorldTrans	WorldTrans – Transparent Assessments for Real People	1	96158	Europäische Union	12/1/2022	11/30/2026
BG-Water	Global Review of the Economics of Water	1	94134	Netherlands Enterprise Agency	8/16/2022	9/30/2024
WBGU-Expertise	Spezifische Expertise zum Themenbereich Umwelt und Gesundheit / Planetary Health / Public Health / Global Health	2	95227	Alfred Wegner Stiftung	12/21/2022	10/31/2024
LoKoNet	Netzwerk Lokale Konflikte und Emotionen in Urbanen Räumen: Transdisziplinäre Konfliktforschung in Wissenschaft-Praxis_kooperationen. TV: Zusammenspiel von Raum, Emotionen und Konfliktprozessen in lokalen Klimakonflikten	2	91206	Bundesministerium für Bildung und Forschung / Deutsches Luft- und Raumfahrtzentrum	4/1/2022	3/31/2026
SWAPNO	SWAPNO – Sauberes Wasser durch Aufbereitungssysteme	2	91207	Bundesministerium für Bildung und Forschung / Deutsches Luft- und Raumfahrtzentrum	5/1/2022	4/30/2024
ABCDR	Verbundprojekt CDR: Biophysikalische Potentiale von und skalenübergreifende Entscheidungsfindung zur Agroforstwirtschaft für CDR (ABCDR) – Teilvorhaben 1: Biophysikalische und sozio-ökonomische Modellierung	2	91208	Bundesministerium für Bildung und Forschung / Deutsches Luft- und Raumfahrtzentrum	8/1/2022	7/31/2025
DeClaRe	Verbundprojekt Landmanagement Subsahara-Afrika: Entwicklung eines Entscheidungshilfesystems für ein nachhaltiges Landmanagement im Kontext von Klimawandel und Landrechten in Westafrika (DeClaRe) – Teilprojekt 2: Bewertung von Klimarisiken und Landrechten	2	91213	Bundesministerium für Bildung und Forschung / Deutsches Luft- und Raumfahrtzentrum	11/1/2022	10/31/2026
CWEH	Verbundprojekt; Klimawandel, Potenzial für erneuerbare Energien und Gesundheit der Bevölkerung in Usbekistan; Teilvorhaben: Klimawandel und erneuerbare Energien	2	91216	Bundesministerium für Bildung und Forschung / Deutsches Luft- und Raumfahrtzentrum	12/1/2022	11/30/2024
SCARF	Skalierung von Agroforstwirtschaft für ganzheitliche Stärkung der Klimaresilienz im ländlichen Tansania	2	91215	Bundesministerium für Bildung und Forschung / Deutsches Luft- und Raumfahrtzentrum	12/1/2022	11/30/2025
AfriValue	AfriValue – Handlungsempfehlungen zur Verhinderung von klimabedingten Auswirkungen in der Kaffee-Wertschöpfungskette in Ostafrika	2	91217	Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ)	12/1/2022	12/31/2026
ForHimSDG	Förderung der Entwicklung des Himalayas durch Stärkung von Lehre und Forschung im Bereich der Sustainable Development Goals	2	9358	Deutscher Akademischer Austausch Dienst	1/1/2022	12/31/2025
NuTree	Integration von Ernährungs- und Gesundheitsaspekten in Agroforstprojekte der Entwicklungszusammenarbeit in Subsahara-Afrika: eine Machbarkeitsanalyse	2	9230	Deutsche Bundesstiftung Umwelt	4/1/2022	3/31/2024
DFG_prenatal	How do prenatal and postnatal circumstances interact in shaping health? An interdisciplinary approach using quasi-experiments	2	9789	Deutsche Forschungsgemeinschaft	3/14/2022	3/13/2025
Re-Livestock	Facilitating Innovations for Resilient Livestock Farming Systems	2	96153	Europäische Union	9/1/2022	8/31/2027
DIRECTED	DIaster Resilience for Extreme Climate Events providing interoperable Data, models, communication and governance	2	96155	Europäische Union	10/1/2022	9/30/2026
SpreeWasserN	WaX – Verbundprojekt SpreeWasserN: Adaption an Wasser-Extremereignisse: Dürremanagement, integrierte Wasserbewirtschaftungskonzepte und verbesserte Wasserspeicherung in der Region Berlin-Brandenburg, Teilprojekt 6	2	91210	KIT – Karlsruher Institut für Technologie	8/1/2022	7/31/2025
Blue Slide	Research project on expanding the „blue slide“ to model-based scenario ranges	3	94133	ACEA European Automobile Manufacturers' Association	9/5/2022	6/30/2023
PREVIEW	PREVIEW – Klima-Konflikt Vulnerabilitätsindex	3	94135	Auswärtiges Amt	12/1/2022	11/30/2025
OVERHANG	Schuldenüberhang und grüne Investitionen – die Rolle von Banken für den klimafreundlichen Umgang mit emissionsintensiven Anlagenvermögen	3	91209	Bundesministerium für Bildung und Forschung / Deutsches Luft- und Raumfahrtzentrum	8/1/2022	7/31/2025
Climvest	Verbundprojekt KlimFi: Climate Impact Investing – Der Beitrag Nachhaltiger Geldanlagen zur Erreichung der Klimaziele (Climvest) – Teilprojekt 3: Makro-ökonomische Modellierung	3	91211	Bundesministerium für Bildung und Forschung / Deutsches Luft- und Raumfahrtzentrum	8/1/2022	7/31/2025

Akronym	Projekttitel	RD	Ref Nr.	Mittelgeber	von	bis
PyMiCCS	Verbundprojekt CDR: Pyrogener Kohlenstoff und Mineralien-Verwitterung (PyMiCCS) für beschleunigtes Pflanzenwachstum und Kohlenstoffentnahme und Speicherung – Teilprojekt 4: Bewertung des wirtschaftlichen Potentials		3 91214	Bundesministerium für Bildung und Forschung / Deutsches Luft- und Raumfahrtzentrum	10/15/2022	10/14/2025
Hydrogen Futures	Modelling of Global Hydrogen Futures (Modellierung globaler Wasserstoffszenarien)		3 9231	Bosch-Forschungsstiftung	11/1/2022	10/31/2026
CLON	Climate (im)mobility and cONflict		3 90112	Deutsche Stiftung Friedensforschung	12/1/2022	12/31/2023
WET-HORIZONS	WET HORIZONS – upgrading knowledge and solutions to fast-track wetland restoration across Europe		3 96148	Europäische Union	9/1/2022	8/31/2026
NEVERMORE	New Enabling Visions and tools for End-users and stakeholders thanks to a common Modeling fRamework towards a climatE neutral and resilient society		3 96149	Europäische Union	6/1/2022	5/31/2026
ELEVATE	Enabling and LEVeraging climate Action Towards net zero Emissions		3 96150	Europäische Union	6/1/2022	5/31/2026
RESCUE	Response of the Earth System to overshoot, Climate neUtrality and negative Emissions		3 96151	Europäische Union	9/1/2022	8/31/2026
CRA Pakistan Study	Series of climate risk analysis to fulfill the risk assessment need and eventually provide recommendations on the adaptations strategies that could be implemented to mitigate the risk by climate and socio-economic changes in Pakistan		3 95226	Frankfurt School of Finance and Management	8/15/2022	8/31/2023
VISIBLE	Intersectoral impact attribution to climate change		3 94132	Leibniz-Gemeinschaft	5 Jahre	
PECan	Verbundprojekt: PECan – Die Politische Ökonomie der nachhaltigen Transformation des Klima-Finanz-Systems-Teilprojekt B: Agentenbasierte Modellierung von Risiken		4 91212	BMBF/DLR	10/1/2022	9/30/2027
DYNNET	Dynamische Netzwerke mit Zeitverzögerungen und Adaptation: Theorie und Anwendungen		4 9794	Deutsche Forschungsgemeinschaft	1/1/2022	12/31/2024
JustInequality	Facilitating a Just Transition into a Stable Climate by reducing inequality from climate damages		4 94136	GIZ – Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit	12/1/2022	8/31/2024
WS Adaptivity	Adaptivity in nonlinear dynamical systems		4 90109	Joachim Herz Stiftung	1/1/2022	12/31/2022
Waldspektrum	Klimaplastische Wälder – Die Potenziale im natürlichen Spektrum erkennen und forstwirtschaftlich nutzen; TV1: Modellierung zur Maximierung von Resilienz, Ertrag und Ökosystemleistungen im Klimawandel		1 & 2 91205	BMEL / Fachagentur Nachhaltende Rohstoffe e.V. (FNR)	4/1/2022	3/31/2026
MAGPIE	Collaboration to improvements to MAGPIE and the MESSAGEix integrated assessment framework		2 & 3 94126	IIASA – International Institute for Applied Systems Analysis	2/1/2022	1/31/2024
GCS II	Center for Global Commons – Development of a Global Commons Stewardship Framework		3 & 2 94130	Universität Tokio	4/1/2022	3/31/2023
DK-Tourismus	Verbundprojekt: NKI: Konzeption und Pilotierung des Deutschen Klimafonds Tourismus		FL 91218	Bundesministerium Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)	10/1/2022	9/30/2025
Open Access	Open-Access-Publikationskosten 2022–2024		VB 9795	Deutsche Forschungsgemeinschaft	1/1/2022	12/31/2024
Lenkungskreis 2022-2023	Lenkungskreis der Wissenschaftsplattform Klimaschutz		VB 95223	Deutsches Luft und Raumfahrtzentrum Projektträger	3/5/2022	3/4/2023
PPJury	Jury of 100 for the Planet Prize		VB 95225	Frontiers Foundation	6/20/2022	6/19/2023
Spende	Spende für die Stärkung der Öffentlichkeitsarbeit am PIK		VB 94128	Spender: David A.M. Wallerstein	2/1/2022	12/31/2023
Ceres	FutureLab CERES – Political Economy for Inclusive Wealth and Sustainability		VB 9229	Werner Siemens Stiftung	1/1/2022	12/31/2031

RD = Research Department (Forschungsabteilung), VB = Vorstandsbereich, FL Metab= FutureLab Soziale Metabolismus

Veröffentlichungen 2022

Artikel in begutachteten Zeitschriften

- Abderbwhi, E., Mahanani, M. R., Deckert, A., Antia, K., Agbaria, N., Dambach, P., Kohler, S., Horstick, O., Winkler, V., **Wendt, A.** (2022): The Impact of School-Based Nutrition Interventions on Parents and Other Family Members: A Systematic Literature Review. – *Nutrients*, 14, 12, 2399. <https://doi.org/10.3390/nu14122399>
- Abhilash, P. C., Bastianoni, S., Chen, W., DeFries, R., Fraceto, L. F., Fuckar, N. S., Hashimoto, S., Hunter, D., Keesstra, S., Merah, O., O'Farrell, P., **Pradhan, P.**, Singh, S., Smith, P., Stringer, L. C., Turner, B. L. (2022): Introducing 'Anthropocene Science': A New International Journal for Addressing Human Impact on the Resilience of Planet Earth [Editorial]. – *Anthropocene Science*, 1, 1, 1-4. <https://doi.org/10.1007/s44177-021-00001-1>
- Abrell, J., **Kosch, M.**, Rausch, S. (2022): How effective is carbon pricing? – A machine learning approach to policy evaluation. – *Journal of Environmental Economics and Management*, 112, 102589. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2021.102589>
- Abrell, J., **Kosch, M.** (2022): Cross-country spillovers of renewable energy promotion – The case of Germany. – *Resource and Energy Economics*, 68, 101293. <https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2022.101293>
- Abrell, J., **Kosch, M.** (2022): The Impact of Carbon Prices on Renewable Energy Support. – *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 9, 3, 531-563. <https://doi.org/10.1086/717417>
- Agarwal, A., Guntu, R. K., **Banerjee, A.**, Gadhave, M. A., **Marwan, N.** (2022): A complex network approach to study the extreme precipitation patterns in a river basin. – *Chaos*, 32, 1, 013113. <https://doi.org/10.1063/5.0072520>
- Agarwal, A., Yuan, N., Cheung, K. K. W., **Shukla, R.** (2022): Emerging Hydro-Climatic Patterns, Teleconnections, and Extreme Events in Changing World at Different Timescales [Editorial]. – *Atmosphere*, 13, 1, 56. <https://doi.org/10.3390/atmos13010056>
- Alberti, T., Faranda, D., Consolini, G., De Michelis, P., **Donner, R. V.**, Carbone, V. (2022): Concurrent Effects between Geomagnetic Storms and Magnetospheric Substorms. – *Universe*, 8, 4, 226. <https://doi.org/10.3390/universe8040226>
- Alonso, I., Alpigiani, C., Altschul, B., Araújo, H., Arduini, G., Arlt, J., Badurina, L., Balaž, A., Bandrupally, S., Barish, B. C., Barone, M., Barsanti, M., Bass, S., Bassi, A., Battelier, B., Baynham, C. F. A., Beauvils, Q., Belić, A., Bergé, J., Bernabeu, J., Bertoldi, A., Bingham, R., Bize, S., Blas, D., Bongs, K., Bouyer, P., Braitenberg, C., Brand, C., Braxmaier, C., Bresson, A., Buchmueller, O., Budker, D., Bugalho, L., Burdin, S., Cacciapuoti, L., Callegari, S., Calmet, X., Calonico, D., Canuel, B., Caramete, L.-I., Carraz, O., Cassettari, D., Chakraborty, P., Chattopadhyay, S., Chauhan, U., Chen, X., Chen, Y.-A., Chiofalo, M. L., Coleman, J., Corgier, R., Cotter, J. P., Michael Cruise, A., Cui, Y., Davies, G., De Roeck, A., Demarteau, M., Derevianko, A., Di Clemente, M., Djordjevic, G. S., Donadi, S., Doré, O., Dornan, P., Doser, M., Drougakis, G., Dunningham, J., Easo, S., Eby, J., Elertas, G., Ellis, J., Evans, D., Examilioti, P., Fadeev, P., Fani, M., Fassi, F., Fattori, M., Fedderke, M. A., Felea, D., Feng, C.-H., Ferreras, J., Flack, R., Flambaum, V. V., Forsberg, R., Fromhold, M., Gaaloul, N., Garraway, B. M., Georgousi, M., Geraci, A., Gibble, K., Gibson, V., Gill, P., Giudice, G. F., Goldwin, J., Gould, O., Grachov, O., Graham, P. W., Grasso, D., Griffin, P. F., Guerlin, C., Gündoğan, M., Gupta, R. K., Haehnel, M., Hanimeli, E. T., Hawkins, L., Hees, A., Henderson, V. A., Herr, W., Herrmann, S., Hird, T., Hobson, R., Hock, V., Hogan, J. M., Holst, B., Holynski, M., Israelsson, U., Jeglič, P., Jetzer, P., Juzeliūnas, G., Kaltenbaek, R., Kamenik, J. F., Kehagias, A., Kirova, T., Kiss-Toth, M., Koke, S., Kolkowitz, S., Kornakov, G., Kovachy, T., Krutzik, M., Kumar, M., Kumar, P., Lämmerzahl, C., Landsberg, G., Le Poncin-Lafitte, C., Leibbrandt, D. R., Lévêque, T., Lewicki, M., Li, R., Lipniacka, A., Lisdat, C., Liu, M., Lopez-Gonzalez, J. L., **Loriani, S.**, Louko, J., Luciano, G. G., Lundblad, N., Maddox, S., Mahmoud, M. A., Maleknejad, A., March-Russell, J., Massonnet, D., McCabe, C., Meister, M., Mežnaršič, T., Micalizio, S., Migliaccio, F., Millington, P., Milosevic, M., Mitchell, J., Morley, G. W., Müller, J., Murphy, E., Müstecaplıoğlu, Ö. E., O'Shea, V., Oi, D. K. L., Olson, J., Pal, D., Papazoglou, D. G., Pasatembou, E., Paternostro, M., Pawlowski, K., Pelucchi, E., Pereira dos Santos, F., Peters, A., Pikovski, I., Pilaftsis, A., Pinto, A., Prevedelli, M., Puthiya-Veetil, V., Quenby, J., Rafelski, J., Rasel, E. M., Ravensbergen, C., Reguzzoni, M., Richaud, A., Riou, I., Rothacher, M., Roura, A., Ruschhaupt, A., Sabulsky, D. O., Safronova, M., Saltas, I. D., Salvi, L., Sameed, M., Saurabh, P., Schäfer, S., Schiller, S., Schilling, M., Schkolnik, V., Schlippert, D., Schmidt, P. O., Schnatz, H., Schneider, J., Schneider, U., Schreck, F., Schubert, C., Shayeghi, A., Sherrill, N., Shipsey, I., Signorini, C., Singh, R., Singh, Y., Skordis, C., Smerzi, A., Sopena, C. F., Sorrentino, F., Sphicas, P., Stadnik, Y. V., Stefanescu, P., Tarallo, M. G., Tentindo, S., Tino, G. M., Tinsley, J. N., Tornatore, V., Treutlein, P., Trombettoni, A., Tsai, Y.-D., Tuckey, P., Uchida, M. A., Valenzuela, T., Van Den Bossche, M., Vaskonen, V., Verma, G., Vetrano, F., Vogt, C., von Klitzing, W., Waller, P., Walser, R., Wille, E., Williams, J., Windpassinger, P., Wittrock, U., Wolf, P., Woltmann, M., Wörner, L., Xuereb, A., Yahia, M., Yazgan, E., Yu, N., Zahzam, N., Zambrini-Cruzeiro, E., Zhan, M., Zou, X., Zupan, J., Zupanič, E. (2022): Cold atoms in space: community workshop summary and proposed road-map. – *EPJ Quantum Technology*, 9, 30. <https://doi.org/10.1140/epjqt/s40507-022-00147-w>
- Amann, T., Hartmann, J., Hellmann, R., Pedrosa, E. T., **Malik, A.** (2022): Enhanced weathering potentials—the role of in situ CO₂ and grain size distribution. – *Frontiers in Climate*, 4, 929268. <https://doi.org/10.3389/fclim.2022.929268>
- Amberg, M., aus dem Moore, N., Bekk, A., Bergmann, T., **Edenhofer, O.**, Flachsland, C., George, J., Hayward, L., Heinemann, M., Held, A., Kalkuhl, M., Kellner, M., Koch, N., **Luderer, G.**, Meyer, H., Nikodinoska, D., **Pahle, M.**, Roofs, C., Schill, W.-P. (2022): Reformoptionen für ein nachhaltiges Steuer- und Abgabensystem. – *Perspektiven der Wirtschaftspolitik*, 23, 3, 165-199. <https://doi.org/10.1515/pwp-2021-0051>
- Anderson, C. C., Denich, M., **Warchold, A.**, **Kropp, J. P.**, **Pradhan, P.** (2022): A systems model of SDG target influence on the 2030 Agenda for Sustainable Development. – *Sustainability Science*, 17, 4, 1459-1472. <https://doi.org/10.1007/s11625-021-01040-8>
- Anvari, M.**, Proedrou, E., Schäfer, B., Beck, C., Kantz, H., Timme, M. (2022): Data-driven load profiles and the dynamics of residential electricity consumption. – *Nature Communications*, 13, 4593. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-31942-9>
- Arthur, H., Sanderson, D., Tranter, P., **Thornton, A.** (2022): A review of theoretical frameworks of food system governance, and the search for food system sustainability. – *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 46, 8, 1277-1300. <https://doi.org/10.1080/21683565.2022.2104422>

- Arthur, H., **Thornton, A.**, Tranter, P. (2022): Private actors and food safety governance in the Accra City Region: Implications for local food policy. – *Cities*, 131, 104069. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2022.104069>
- Athare, T., Pradhan, P.**, Singh, S. R. K., **Kropp, J. P.** (2022): India consists of multiple food systems with socioeconomic and environmental variations. – *PLoS ONE*, 17, 8, e0270342. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0270342>
- Bai, X., Bjorn, A., Kilikis, S., Sabag Munoz, O., Whiteman, G., Hoff, H., **Andersen, L., Rockström, J.** (2022): How to stop cities and companies causing planetary harm. – *Nature*, 609, 7927, 463-466. <https://doi.org/10.1038/d41586-022-02894-3>
- Banerjee, A.**, Mishra, A., Dana, S. K., Hens, C., Kapitaniak, T., **Kurths, J., Marwan, N.** (2022): Predicting the data structure prior to extreme events from passive observables using echo state network. – *Frontiers in Applied Mathematics and Statistics*, 8, 955044. <https://doi.org/10.3389/fams.2022.955044>
- Bao, X., Hu, Q., Ji, P., Lin, W., **Kurths, J.**, Nagler, J. (2022): Impact of basic network motifs on the collective response to perturbations. – *Nature Communications*, 13, 5301. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-32913-w>
- Barton-Henry, K., Wenz, L.** (2022): Night-time light data reveal lack of full recovery after hurricanes in Southern US. – *Environmental Research Letters*, 17, 11, 114015. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac998d>
- Bauer, C., Treyer, K., Antonini, C., Bergerson, J., Gazzani, M., Gencer, E., Gibbins, J., Mazzotti, M., McCoy, S. T., McKenna, R., **Pietzcker, R. C.**, Ravikumar, A. P., Romano, M. C., **Ueckerdt, F.**, Vente, J., van der Spek, M. (2022): On the climate impacts of blue hydrogen production. – *Sustainable Energy and Fuels*, 6, 1, 66-75. <https://doi.org/10.1039/D1SE01508G>
- Beaufils, T., Wenz, L.** (2022): A scenario-based method for projecting multi-regional input-output tables. – *Economic Systems Research*, 34, 4, 440-468. <https://doi.org/10.1080/09535314.2021.1952404>
- Belmin, C., Hoffmann, R.**, Elkasabi, M., **Pichler, P.-P.** (2022): LivWell: a sub-national Dataset on the Living Conditions of Women and their Well-being for 52 Countries. – *Scientific Data*, 9, 719. <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01824-2>
- Belmin, C., Hoffmann, R., Pichler, P.-P., Weisz, H.** (2022): Fertility transition powered by women's access to electricity and modern cooking fuels. – *Nature Sustainability*, 5, 3, 245-253. <https://doi.org/10.1038/s41893-021-00830-3>
- Beltrán, L. M., Cruz-García, G. S., Ocampo, J., **Pradhan, P.**, Quintero, M. (2022): Rural livelihood diversification is associated with lower vulnerability to climate change in the Andean-Amazon foothills. – *PLoS Climate*, 1, 11, e0000051. <https://doi.org/10.1371/journal.pclm.0000051>
- Beusch, L., Nauels, A., Gudmundsson, L., **Gütschow, J.**, Schleussner, C.-F., Seneviratne, S. I. (2022): Responsibility of major emitters for country-level warming and extreme hot years. – *Communications Earth and Environment*, 3, 7. <https://doi.org/10.1038/s43247-021-00320-6>
- Beyer, R. M.**, Hua, F., Martin, P. A., Manica, A., Rademacher, T. (2022): Relocating croplands could drastically reduce the environmental impacts of global food production. – *Communications Earth and Environment*, 3, 49. <https://doi.org/10.1038/s43247-022-00360-6>
- Beyer, R. M., Schewe, J., Lotze-Campen, H.** (2022): Gravity models do not explain, and cannot predict, international migration dynamics. – *Humanities and Social Sciences Communications*, 9, 56. <https://doi.org/10.1057/s41599-022-01067-x>
- Biella, R., **Hoffmann, R., Upadhyay, H.** (2022): Climate, Agriculture, and Migration: Exploring the Vulnerability and Outmigration Nexus in the Indian Himalayan Region. – *Mountain Research and Development*, 42, 2, R9-R21. <https://doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-21-00058.1>
- Biermann, F., Hickmann, T., Sénit, C.-A., Beisheim, M., Bernstein, S., Chasek, P., Grob, L., Kim, R. E., Kotzé, L., Nilsson, M., Ordóñez Llanos, A., Okereke, C., **Pradhan, P.**, Raven, R., Sun, Y., Vijge, M. J., van Vuuren, D., Wicke, B. (2022): Scientific evidence on the political impact of the Sustainable Development Goals. – *Nature Sustainability*, 5, 9, 795-800. <https://doi.org/10.1038/s41893-022-00909-5>
- Billing, M., Thonicke, K., Sakschewski, B., von Bloh, W.**, Walz, A. (2022): Future tree survival in European forests depends on understorey tree diversity. – *Scientific Reports*, 12, 20750. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-25319-7>
- Biswas, D., Banerjee, T., **Kurths, J.** (2022): Impulsive feedback control of birhythmicity: Theory and experiment. – *Chaos*, 32, 5, 053125. <https://doi.org/10.1063/5.0089616>
- Bo, Y., **Jägermeyr, J.**, Yin, Z., Jiang, Y., Xu, J., Liang, H., Zhou, F. (2022): Global benefits of non-continuous flooding to reduce greenhouse gases and irrigation water use without rice yield penalty. – *Global Change Biology*, 28, 11, 3636-3650. <https://doi.org/10.1111/gcb.16132>
- Bodirsky, B. L., Chen, D.-M.-C., Weindl, I., Sörgel, B., Beier, F., Molina Bacca, E. J., Gaupp, F., Popp, A., Lotze-Campen, H.** (2022): Integrating degrowth and efficiency perspectives enables an emission-neutral food system by 2100. – *Nature Food*, 3, 5, 341-348. <https://doi.org/10.1038/s43016-022-00500-3>
- Boers, N.**, Ghil, M., Stocker, T. F. (2022): Theoretical and paleoclimatic evidence for abrupt transitions in the Earth system. – *Environmental Research Letters*, 17, 9, 093006. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac8944>
- Boettner, C., Boers, N.** (2022): Critical slowing down in dynamical systems driven by nonstationary correlated noise. – *Physical Review Research*, 4, 1, 013230. <https://doi.org/10.1103/PhysRevResearch.4.013230>
- Bolch, T., Duethmann, D., **Wortmann, M.**, Liu, S., Disse, M. (2022): Declining glaciers endanger sustainable development of the oases along the Aksu-Tarim River (Central Asia). – *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 29, 3, 209-218. <https://doi.org/10.1080/13504509.2021.1943723>
- Bopp, C., Engler, A., Jara-Rojas, R., **Hunecke, C.**, Melo, O. (2022): Collective Actions and Leadership Attributes: A Cluster Analysis of Water User Associations in Chile. – *Water Economics and Policy*, 8, 1, 2250003. <https://doi.org/10.1142/S2382624X22500035>
- Boulton, C. A., Lenton, T. M., **Boers, N.** (2022): Pronounced loss of Amazon rainforest resilience since the early 2000s. – *Nature Climate Change*, 12, 271-278. <https://doi.org/10.1038/s41558-022-01287-8>
- Braun, J., Stenzel, F., Bodirsky, B. L.**, Jalava, M., **Gerten, D.** (2022): Dietary changes could compensate for potential yield reductions upon global river flow protection. – *Global Sustainability*, 5, e14. <https://doi.org/10.1017/sus.2022.12>
- Braun, T.**, Fernandez, C. N., Eroglu, D., Hartland, A., Breitenbach, S. F. M., **Marwan, N.** (2022): Sampling rate-corrected analysis of irregularly sampled time series. – *Physical Review E*, 105, 2, 024206. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.105.024206>
- Brodie, S., Addey, C. I., Cvitanovic, C., Dias, B. S., Frainer, A., García-Morales, S., Jiang, S., Kaikkonen, L., Lopez, J., **Mathesius, S.**, Ortega-Cisneros, K., Pennino, M. G., Peters, C. A., Selim, S. A., Shellock, R., Vaidianu, N. (2022): Editorial: Solving Complex Ocean Challenges Through Interdisciplinary Research: Advances from Early Career Marine Scientists. – *Frontiers in Marine Science*, 9, 913459. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.913459>

Veröffentlichungen 2022

- Bunde, A., **Ludescher, J., Schellnhuber, H. J.** (2022): How to determine the statistical significance of trends in seasonal records: application to Antarctic temperatures. – *Climate Dynamics*, 58, 5-6, 1349-1361. <https://doi.org/10.1007/s00382-021-05974-8>
- Büntgen, U., Arseneault, D., Boucher, É., Churakova (Sidorova), O. V., Gennaretti, F., Crivellaro, A., Hughes, M. K., Kirilyanov, A. V., Klippel, L., Krusic, P. J., Linderholm, H. W., Ljungqvist, F. C., **Ludescher, J.**, McCormick, M., Myglan, V. S., Nicolussi, K., Piermattei, A., Oppenheimer, C., Reining, F., Sigl, M., Vaganov, E. A., Esper, J. (2022): Recognising bias in Common Era temperature reconstructions. – *Dendrochronologia*, 74, 125982. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2022.125982>
- Büttner, A., Kurths, J., Hellmann, F.** (2022): Ambient forcing: sampling local perturbations in constrained phase spaces. – *New Journal of Physics*, 24, 053019. <https://doi.org/10.1088/1367-2630/ac6822>
- Cabral, J., Jirsa, V., Popovych, O., Torcini, A., **Yanchuk, S.** (2022): Editorial: From Structure to Function in Neuronal Networks: Effects of Adaptation, Time-Delays, and Noise. – *Frontiers in Systems Neuroscience*, 16, 871165. <https://doi.org/10.3389/fnsys.2022.871165>
- Caesar, L.,** McCarthy, G. D., Thornalley, D. J. R., Cahill, N., **Rahmstorf, S.** (2022): Reply to: Atlantic circulation change still uncertain. – *Nature Geoscience*, 15, 3, 168-170. <https://doi.org/10.1038/s41561-022-00897-3>
- Carrizales-Velazquez, C., **Donner, R. V.,** Guzmán-Vargas, L. (2022): Generalization of Higuchi's fractal dimension for multifractal analysis of time series with limited length. – *Nonlinear Dynamics*, 108, 417-431. <https://doi.org/10.1007/s11071-022-07202-2>
- Chemura, A.,** Kutlywayo, D., Hikwa, D., **Gornott, C.** (2022): Climate change and cocoyam (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) production: assessing impacts and potential adaptation strategies in Zimbabwe. – *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 27, 6, 42. <https://doi.org/10.1007/s11027-022-10014-9>
- Chemura, A.,** Nangombe, S. S., **Gleixner, S.,** Chinyoka, S., **Gornott, C.** (2022): Changes in Climate Extremes and Their Effect on Maize (*Zea mays* L.) Suitability Over Southern Africa. – *Frontiers in Climate*, 4, 890210. <https://doi.org/10.3389/fclim.2022.890210>
- Chen, B., Cao, J., Gorbachev, S., Liu, Y., **Kurths, J.** (2022): Pinning Asymptotic Stabilization of Probabilistic Boolean Networks: A Digraph Approach. – *IEEE Transactions on Control of Network Systems*, 9, 3, 1251-1260. <https://doi.org/10.1109/TCNS.2022.3141023>
- Chen, H., Shen, J., Xuan, J., Zhu, A., Ji, J. S., Liu, X., Cao, Y., Zong, G., Zeng, Y., **Wang, X.,** Yuan, C. (2022): Plant-based dietary patterns in relation to mortality among older adults in China. – *Nature Aging*, 2, 224-230. <https://doi.org/10.1038/s43587-022-00180-5>
- Chrysafi, A., Virkki, V., Jalava, M., Sandström, V., Piipponen, J., Porkka, M., Lade, S., La Mere, K., Wang-Erlandsson, L., Scherer, L., **Andersen, L.,** Bennett, E., Brauman, K., Cooper, G., De Palma, A., Döll, P., Downing, A., DuBois, T., Fetzer, I., Fulton, E., **Gerten, D.,** Jaafar, H., **Jägermeyr, J.,** Jaramillo, F., Jung, M., Kahiluoto, H., Lassaletta, L., Mackay, A., Mason-D'Croz, D., Mekonnen, M., Nash, K., Pastor, A., Ramankutty, N., Ridoutt, B., Siebert, S., Simmons, B., Staal, A., Sun, Z., **Tobian, A.,** Usubiaga-Liano, A., van der Ent, R., van Soesbergen, A., Verburg, P., Wada, Y., Zipper, S., Kummu, M. (2022): Quantifying Earth system interactions for sustainable food production via expert elicitation. – *Nature Sustainability*, 5, 830-842. <https://doi.org/10.1038/s41893-022-00940-6>
- Cinner, J. E., Caldwell, I. R., Thiault, L., Ben, J., Blanchard, J. L., Coll, M., Diedrich, A., Eddy, T. D., Everett, J. D., Folberth, C., Gascuel, D., Guiet, J., Gurney, G. G., Heneghan, R. F., **Jägermeyr, J.,** Jiddawi, N., Lahari, R., Kuange, J., Liu, W., Maury, O., **Müller, C.,** Novaglio, C., Palacios-Abrantes, J., Petrik, C. M., Rabearisoa, A., Tittensor, D. P., Wamukota, A., Pollnac, R. (2022): Potential impacts of climate change on agriculture and fisheries production in 72 tropical coastal communities. – *Nature Communications*, 13, 3530. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-30991-4>
- Clawson, G., Kuempel, C. D., Frazier, M., Blasco, G., Cottrell, R. S., Froehlich, H. E., Metian, M., Nash, K. L., **Többen, J.,** Verstaen, J., Williams, D. R., Halpern, B. S. (2022): Mapping the spatial distribution of global mariculture production. – *Aquaculture*, 553, 738066. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738066>
- Conradt, T.** (2022): Choosing multiple linear regressions for weather-based crop yield prediction with ABSOLUT v1.2 applied to the districts of Germany. – *International Journal of Biometeorology*, 66, 11, 2287-2300. <https://doi.org/10.1007/s00484-022-02356-5>
- Creutzig, F., Niamir, L., Bai, X., Callaghan, M., Cullen, J., Diaz-José, J., Figueroa, M., Grubler, A., Lamb, W. F., Leip, A., Masanet, E., Mata, É., **Mat-tauch, L.,** Minx, J. C., Mirasgedis, S., Mulugetta, Y., Nugroho, S. B., Pathak, M., Perkins, P., Roy, J., de la Rue du Can, S., Saheb, Y., Some, S., Steg, L., Steinberger, J., Ürge-Vorsatz, D. (2022): Demand-side solutions to climate change mitigation consistent with high levels of well-being. – *Nature Climate Change*, 12, 1, 36-46. <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01219-y>
- Dahl, T. W., Harding, M. A. R., **Brugger, J., Feulner, G.,** Norrman, K., Lomax, B. H., Junium, C. K. (2022): Low atmospheric CO₂ levels before the rise of forested ecosystems. – *Nature Communications*, 13, 7616. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-35085-9>
- Dimitrova, A.,** Marois, G., Kiesewetter, G., Rafaj, P., Pachauri, S., KC, S., Olmos, S., Rasella, D., Tonne, C. (2022): Projecting the impact of air pollution on child stunting in India—synergies and trade-offs between climate change mitigation, ambient air quality control, and clean cooking access. – *Environmental Research Letters*, 17, 10, 104004. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac8e89>
- Dirnaichner, A., Rottoli, M.,** Sacchi, R., **Rauner, S.,** Cox, B., Mutel, C. L., Bauer, C., **Luderer, G.** (2022): Life-cycle impacts from different decarbonization pathways for the European car fleet. – *Environmental Research Letters*, 17, 4, 044009. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac4fdb>
- Doelman, J. C., **Beier, F.,** Stehfest, E., **Bodirsky, B. L.,** Beusen, A. H. W., **Humpenöder, F., Mishra, A., Popp, A.,** van Vuuren, D. P., de Vos, L., **Weindl, I.,** van Zeist, W.-J., Kram, T. (2022): Quantifying synergies and trade-offs in the global water-land-food-climate nexus using a multi-model scenario approach. – *Environmental Research Letters*, 17, 4, 045004. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac5766>
- Dressler, G., Groeneveld, J., Hetzer, J., Janischewski, A., Nolzen, H., Rödig, E., Schwarz, N., Taubert, F., Thober, J., Will, M., Williams, T., **Wirth, S. B.,** Müller, B. (2022): Upscaling in socio-environmental systems modelling: Current challenges, promising strategies and insights from ecology. – *Socio-Environmental Systems Modelling*, 4, 18112. <https://doi.org/10.18174/sesmo.18112>
- Dreybrodt, W., **Fohlmeister, J.** (2022): The impact of outgassing of CO₂ and prior calcium precipitation to the isotope composition of calcite precipitated on stalagmites. Implications for reconstructing climate information from proxies. – *Chemical Geology*, 589, 120676. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2021.120676>
- Dupuis, S., Hennink, M., **Wendt, A., Waid, J. L.,** Kalam, A., **Gabrysch, S.,** Sinharoy, S. S. (2022): Women's empowerment through homestead food production in rural Bangladesh. – *BMC Public Health*, 22, 134. <https://doi.org/10.1186/s12889-022-12524-2>

- Durand, G., van den Broeke, M. R., Le Cozannet, G., Edwards, T. L., Holland, P. R., Jourdain, N. C., Marzeion, B., Mottram, R., Nicholls, R. J., Pattyn, F., Paul, F., Slangen, A. B. A., **Winkelmann, R.**, Burgard, C., van Calcar, C. J., Barré, J.-B., Bataille, A., Chapuis, A. (2022): Sea-Level Rise: From Global Perspectives to Local Services. – *Frontiers in Marine Science*, 8, 709595. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.709595>
- Edenhofer, O.**, Klein, C., **Lessmann, K.**, Wilkens, M. (2022): Financing the transformation: a proposal for a credit scheme to finance the Paris Agreement. – *Climate Policy*, 22, 6, 788-797. <https://doi.org/10.1080/14693062.2022.2075820>
- Fan, J., Meng, J., Ludescher, J.**, Li, Z., **Surovyatkina, E.**, Chen, X., **Kurths, J., Schellnhuber, H. J.** (2022): Network-Based Approach and Climate Change Benefits for Forecasting the Amount of Indian Monsoon Rainfall. – *Journal of Climate*, 35, 3, 1009-1020. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-21-0063.1>
- Farbotko, C., **Thornton, F.**, Mayrhofer, M., Hermann, E. (2022): Climate mobilities, rights and justice: Complexities and particularities. – *Frontiers in Climate*, 4, 1026486. <https://doi.org/10.3389/fclim.2022.1026486>
- Feldmann, J., Reese, R., Winkelmann, R., Levermann, A.** (2022): Shear-margin melting causes stronger transient ice discharge than ice-stream melting according to idealized simulations. – *The Cryosphere*, 15, 5, 1927-1940. <https://doi.org/10.5194/tc-16-1927-2022>
- Feng, M., Li, Y., Chen, F., **Kurths, J.** (2022): Heritable Deleting Strategies for Birth and Death Evolving Networks From a Queueing System Perspective. – *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 52, 10, 6662-6673. <https://doi.org/10.1109/TSMC.2022.3149596>
- Fernandez Palomino, C. A., Hattermann, F. F., Krysanova, V., Lobanova, A.**, Vega-Jácome, F., Lavadao, W., Santini, W., Aybar, C., Bronstert, A. (2022): A Novel High-Resolution Gridded Precipitation Dataset for Peruvian and Ecuadorian Watersheds: Development and Hydrological Evaluation. – *Journal of Hydrometeorology*, 23, 3, 309-336. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-20-0285.1>
- Fluhrer, S., Kraehnert, K.** (2022): Sitting in the same boat: Subjective well-being and social comparison after an extreme weather event. – *Ecological Economics*, 195, 107388. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2022.107388>
- Foong, A., Pradhan, P., Frör, O., Kropp, J. P.** (2022): Adjusting agricultural emissions for trade matters for climate change mitigation. – *Nature Communications*, 13, 3024. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-30607-x>
- Foster, W. J., Ayzel, G., Münchmeyer, J., Rettelbach, T., **Kitzmann, N.**, Isson, T. T., Mutti, M., Aberhan, M. (2022): Machine learning identifies ecological selectivity patterns across the end-Permian mass extinction. – *Paleobiology*, 48, 3, 357-371. <https://doi.org/10.1017/pab.2022.1>
- Franke, J. A., **Müller, C., Minoli, S.**, Elliott, J., Folberth, C., Gardner, C., Hank, T., Izaurralde, R. C., **Jägermeyr, J.**, Jones, C. D., Liu, W., Olin, S., Pugh, T. A., Ruane, A. C., Stephens, H., Zabel, F., Moyer, E. J. (2022): Agricultural breadbaskets shift poleward given adaptive farmer behavior under climate change. – *Global Change Biology*, 28, 1, 167-181. <https://doi.org/10.1111/gcb.15868>
- Franovic, I., Eydam, S., **Yanchuk, S.**, Berner, R. (2022): Collective Activity Bursting in a Population of Excitable Units Adaptively Coupled to a Pool of Resources. – *Frontiers in Network Physiology*, 2, 841829. <https://doi.org/10.3389/fnetp.2022.841829>
- Franz, S., Rottoli, M., Bertram, C.** (2022): Wide range of possible aviation demand futures after the COVID-19 pandemic. – *Environmental Research Letters*, 17, 6, 064009. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac65a4>
- Frondel, M., Gerster, A., Kaestner, K., **Pahle, M., Schwarz, A., Singhal, P., Sommer, S.** (2022): Das Wärme- und Wohnen-Panel zur Analyse des Wärmesektors: Ergebnisse der ersten Erhebung aus dem Jahr 2021. – *Zeitschrift für Energiewirtschaft*, 46, 175-193. <https://doi.org/10.1007/s12398-022-00328-1>
- Frondel, M., Helmers, V., **Mattauch, L., Pahle, M.**, Sommer, S., Schmidt, C. M., **Edenhofer, O.** (2022): Akzeptanz der CO₂-Bepreisung in Deutschland: Die große Bedeutung einer Rückverteilung der Einnahmen. – *Perspektiven der Wirtschaftspolitik*, 23, 1, 49-64. <https://doi.org/10.1515/pwp-2021-0050>
- Funke, F., Mattauch, L.**, van den Bijgaart, I., Godfray, H. C. J., Hepburn, C., Klenert, D., Springmann, M., Treich, N. (2022): Toward Optimal Meat Pricing: Is It Time to Tax Meat Consumption? – *Review of Environmental Economics and Policy*, 16, 2, 219-240. <https://doi.org/10.1086/721078>
- Gädeke, A.**, Arp, C. D., Liljedahl, A. K., Daanen, R. P., Cai, L., Alexeev, V. A., Jones, B. M., Wipfli, M., Schulla, J. (2022): Modeled Streamflow Response to Scenarios of Tundra Lake Water Withdrawal and Seasonal Climate Extremes, Arctic Coastal Plain, Alaska. – *Water Resources Research*, 58, 8, e2022WR032119. <https://doi.org/10.1029/2022WR032119>
- Gädeke, A., Wortmann, M., Menz, C.**, Saiful Islam, A. K. M., Masood, M., **Krysanova, V., Lange, S., Hattermann, F. F.** (2022): Climate impact emergence and flood peak synchronization projections in the Ganges, Brahmaputra and Meghan basins under CMIP5 and CMIP6 scenarios. – *Environmental Research Letters*, 17, 9, 094036. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac8ca1>
- George, N. B.**, Raghunathan, M., Unni, V. R., Sujith, R. I., **Kurths, J., Surovyatkina, E.** (2022): Preventing a global transition to thermoacoustic instability by targeting local dynamics. – *Scientific Reports*, 12, 9305. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-12951-6>
- Gerten, D.** (2022): Suche nach einer planetaren Grenze für die Wassernutzung. – *Geographische Rundschau*, 2022, 6, 28-32.
- Gillmann, C., Way, M. J., Avicé, G., Breuer, D., Golabek, G. J., **Höning, D.**, Krissansen-Totton, J., Lammer, H., O'Rourke, J. G., Persson, M., Plesa, A.-C., Salvador, A., Scherf, M., Zolotov, M. Y. (2022): The Long-Term Evolution of the Atmosphere of Venus: Processes and Feedback Mechanisms. – *Space Science Reviews*, 218, 56. <https://doi.org/10.1007/s11214-022-00924-0>
- Glockmann, M., Li, Y., Lakes, T., Kropp, J. P., Rybski, D.** (2022): Quantitative evidence for leapfrogging in urban growth. – *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 49, 1, 352-367. <https://doi.org/10.1177/2399808321998713>
- Golub, M., Thiery, W., Marcé, R., Pierson, D., Vanderkelen, I., Mercado, D., Woolway, R. I., Grant, L., Jennings, E., **Schewe, J., Zhao, F., Frieler, K., Mengel, M.**, Bogomolov, V. Y., Bouffard, D., Couture, R.-M., Debolskiy, A. V., Droppers, B., Gal, G., Guo, M., Janssen, A. B. G., Kirillin, G., Ladwig, R., Magee, M., Moore, T., Perroud, M., Piccolroaz, S., Raaman Vinnai, L., Schmid, M., Shatwell, T., Stepanenko, V. M., Tan, Z., Yao, H., Adrian, R., Allan, M., Anneville, O., Arvola, L., Atkins, K., Boegman, L., Carey, C., Christianson, K., de Eyto, E., DeGasperis, C., Grechushnikova, M., Hejzlar, J., Joehnk, K., Jones, I. D., Laas, A., Mackay, E. B., Mammarella, I., Markensten, H., McBride, C., Özkundakci, D., Potes, M., Rinke, K., Robertson, D., Rusak, J., Salgado, R., van den Linden, L., Verburg, P., Wain, D., Ward, N. K., Wollrab, S., Zdorovenova, G. (2022): A framework for ensemble modelling of climate change impacts on lakes worldwide: the ISIMIP Lake Sector. – *Geoscientific Model Development*, 15, 11, 4597-4623. <https://doi.org/10.5194/gmd-15-4597-2022>
- Good, P., **Boers, N.**, Boulton, C. A., Lowe, J. A., Richter, I. (2022): How might a collapse in the Atlantic Meridional Overturning Circulation affect rainfall over tropical South America? – *Climate Resilience and Sustainability*, 1, 1, e26. <https://doi.org/10.1002/cli2.26>

Veröffentlichungen 2022

- Gregor, K., Knoke, T., Krause, A., **Reyer, C. P. O.**, Lindeskog, M., Papastefanou, P., Smith, B., Lansø, A., Rammig, A. (2022): Trade-Offs for Climate-Smart Forestry in Europe Under Uncertain Future Climate. – *Earth's Future*, 10, 9, e2022EF002796. <https://doi.org/10.1029/2022EF002796>
- Gudmundsson, L., Kirchner, J., **Gädeke, A.**, Noetzi, J., Biskaborn, B. K. (2022): Attributing observed permafrost warming in the northern hemisphere to anthropogenic climate change. – *Environmental Research Letters*, 17, 9, 095014. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac8ec2>
- Guivarch, C., Le Gallic, T., **Bauer, N.**, Fragkos, P., Huppmann, D., Jaxa-Rozen, M., Keppo, I., **Kriegler, E.**, Krisztin, T., Marangoni, G., Pye, S., Riahi, K., Schaeffer, R., Tavoni, M., Trutnevyte, E., van Vuuren, D., Wagner, F. (2022): Using large ensembles of climate change mitigation scenarios for robust insights. – *Nature Climate Change*, 12, 5, 428-435. <https://doi.org/10.1038/s41558-022-01349-x>
- Gupta, S.**, Mastrantonas, N., Masoller, C., **Kurths, J.** (2022): Perspectives on the importance of complex systems in understanding our climate and climate change—The Nobel Prize in Physics 2021. – *Chaos*, 32, 5, 052102. <https://doi.org/10.1063/5.0090222>
- Halpern, B. S., Frazier, M., Verstaen, J., Rayner, P.-E., Clawson, G., Blanchard, J. L., Cottrell, R. S., Froehlich, H. E., Gephart, J. A., Jacobsen, N. S., Kuempel, C. D., McIntyre, P. B., Metian, M., Moran, D., Nash, K. L., **Többen, J.**, Williams, D. R. (2022): The environmental footprint of global food production. – *Nature Sustainability*, 5, 1027-1039. <https://doi.org/10.1038/s41893-022-00965-x>
- Hänsel, M. C.**, **Franks, R. M.**, Kalkuhl, M., **Edenhofer, O.** (2022): Optimal carbon taxation and horizontal equity: A welfare-theoretic approach with application to German household data. – *Journal of Environmental Economics and Management*, 116, 102730. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2022.102730>
- Hansen, W. D., Schwartz, N. B., Williams, A. P., Albrich, K., Kueppers, L. M., Rammig, A., **Reyer, C. P. O.**, Staver, A. C., Seidl, R. (2022): Global forests are influenced by the legacies of past inter-annual temperature variability. – *Environmental Research: Ecology*, 1, 1, 011001. <https://doi.org/10.1088/2752-664X/ac6e4a>
- Haselhoff, T., **Braun, T.**, Hornberg, J., Lawrence, B. T., Ahmed, S., Gruehn, D., Moebus, S. (2022): Analysing Interlinked Frequency Dynamics of the Urban Acoustic Environment. – *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19, 22, 15014. <https://doi.org/10.3390/ijerph192215014>
- Hassanibesheli, F.**, **Kurths, J.**, **Boers, N.** (2022): Long-term ENSO prediction with echo-state networks. – *Environmental Research: Climate*, 1, 1, 011002. <https://doi.org/10.1088/2752-664X/ac6f4c>
- Hedlund, J., Carlsen, H., Croft, S., West, C., Bodin, Ö., Stokeld, E., **Jägermeyr, J.**, **Müller, C.** (2022): Impacts of climate change on global food trade networks. – *Environmental Research Letters*, 17, 12, 124040. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aca68b>
- Heinicke, S.**, **Frieler, K.**, **Jägermeyr, J.**, **Mengel, M.** (2022): Global gridded crop models underestimate yield responses to droughts and heatwaves. – *Environmental Research Letters*, 17, 4, 044026. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac592e>
- Heinz, S., **Otto, I. M.**, Tan, R., Jin, Y., Glebe, T. (2022): Cooperation Enhances Adaptation to Environmental Uncertainty: Evidence from Irrigation Behavioral Experiments in South China. – *Water*, 14, 7, 1098. <https://doi.org/10.3390/w14071098>
- Hernandez-Lang, D., Zenteno, A., Diaz-Ocampo, A., Cuevas, H., Clancy, J., Prado, P., Aldas, F., Pallero, D., Monteiro-Oliveira, R., Gomez, F., Ramirez, A., Wynter, J., Carrasco, E., Hau, G., Stalder, B., McDonald, M., Bayliss, M., Floyd, B., Garmire, G., **Katzenberger, A.**, Kim, K., Klein, M., Mahler, G., Nilo Castellon, J., Saro, A., Somboonpanyakul, T. (2022): Clash of Titans: A MUSE dynamical study of the extreme cluster merger SPT-CL J0307-6225. – *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 517, 3, 4355-4378. <https://doi.org/10.1093/mnras/stac2480>
- Hess, P.**, **Boers, N.** (2022): Deep Learning for Improving Numerical Weather Prediction of Heavy Rainfall. – *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 14, 3, e2021MS002765. <https://doi.org/10.1029/2021MS002765>
- Hess, P.**, **Drüke, M.**, **Petri, S.**, **Strnad, F.**, **Boers, N.** (2022): Physically constrained generative adversarial networks for improving precipitation fields from Earth system models. – *Nature Machine Intelligence*, 4, 10, 828-839. <https://doi.org/10.1038/s42256-022-00540-1>
- Hickmann, T., **Bertram, C.**, Biermann, F., Brutschin, E., **Kriegler, E.**, Livingston, J. E., Pianta, S., Riahi, K., van Ruijven, B., van Vuuren, D. (2022): Exploring Global Climate Policy Futures and Their Representation in Integrated Assessment Models. – *Politics and Governance*, 10, 3, 171-185. <https://doi.org/10.17645/pag.v10i3.5328>
- Hochman, G., Zhang, H., Xia, L., Robock, A., Saketh, A., van der Mensbrugge, D. Y., **Jägermeyr, J.** (2022): Economic incentives modify agricultural impacts of nuclear war. – *Environmental Research Letters*, 17, 5, 054003. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac61c7>
- Hoffmann, R.** (2022): Contextualizing Climate Change Impacts on Human Mobility in African Drylands. – *Earth's Future*, 10, 6, e2021EF002591. <https://doi.org/10.1029/2021EF002591>
- Hoffmann, R.**, Muttarak, R., Peisker, J., Stanig, P. (2022): Climate change experiences raise environmental concerns and promote Green voting. – *Nature Climate Change*, 12, 2, 148-155. <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01263-8>
- Hoffmann, R.**, Wiederkehr, C., Dimitrova, A., Hermans, K. (2022): Agricultural livelihoods, adaptation, and environmental migration in sub-Saharan drylands: a meta-analytical review. – *Environmental Research Letters*, 17, 8, 083003. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac7d65>
- Huber, V., Peña Ortiz, C., Gallego Puyol, D., **Lange, S.**, Sera, F. (2022): Evidence of rapid adaptation integrated into projections of temperature-related excess mortality. – *Environmental Research Letters*, 17, 4, 044075. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac5dee>
- Humpenöder, F.**, **Bodirsky, B. L.**, **Weindl, I.**, **Lotze-Campen, H.**, Linder, T., **Popp, A.** (2022): Projected environmental benefits of replacing beef with microbial protein. – *Nature*, 605, 7908, 90-96. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-04629-w>
- Humpenöder, F.**, **Popp, A.**, Schleussner, C.-F., Orlov, A., **Windisch, M. G.**, Menke, I., Pongratz, J., Havermann, F., Thiery, W., Luo, F., **von Jeetze, P. J.**, **Dietrich, J. P.**, **Lotze-Campen, H.**, **Weindl, I.**, Lejeune, Q. (2022): Overcoming global inequality is critical for land-based mitigation in line with the Paris Agreement. – *Nature Communications*, 13, 7453. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-35114-7>
- Jakob, M., Afionis, S., Åhman, M., Antoci, A., Arens, M., Ascensão, F., van Asselt, H., Baumert, N., Borghesi, S., Brunel, C., Caron, J., Cosbey, A., Droege, S., Evans, A., Iannucci, G., Jiborn, M., Kander, A., Kulionis, V., Levinson, A., de Melo, J., Moerenhout, T., Monti, A., Panezi, M., Quirion, P., Sager, L., Sakai, M., Sesmero, J., Sodini, M., Solleder, J.-M., Verkuil, C., Vogl, V., **Wenz, L.**, **Willner, S.** (2022): How trade policy can support the climate agenda. – *Science*, 376, 6600, 1401-1403. <https://doi.org/10.1126/science.abo4207>
- Jha, C. K., Singh, V., **Stevanović, M.**, **Dietrich, J. P.**, Mosnier, A., **Weindl, I.**, **Popp, A.**, Traub, G. S., Ghosh, R. K., **Lotze-Campen, H.** (2022): The role of food and land use systems in achieving India's sustainability targets. – *Environmental Research Letters*, 17, 7, 074022. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac788a>

- Jin, X., Shi, Y., Tang, Y., Werner, H., **Kurths, J.** (2022): Event-Triggered Fixed-Time Attitude Consensus With Fixed and Switching Topologies. – *IEEE Transactions on Automatic Control*, 67, 8, 4138-4145. <https://doi.org/10.1109/TAC.2021.3108514>
- Jusup, M., Holme, P., Kanazawa, K., Takayasu, M., Romić, I., Wang, Z., Geček, S., Lipić, T., Podobnik, B., Wang, L., Luo, W., Klanjšček, T., **Fan, J.**, Boccaletti, S., Perc, M. (2022): Social physics. – *Physics Reports*, 948, 1-148. <https://doi.org/10.1016/j.physrep.2021.10.005>
- Karstens, K., Bodirsky, B. L., Dietrich, J. P., Dondini, M., Heinke, J., Kuhnert, M., Müller, C., Rolinski, S., Smith, P., Weindl, I., Lotze-Campen, H., Popp, A.** (2022): Management-induced changes in soil organic carbon on global croplands. – *Biogeosciences*, 19, 21, 5125-5149. <https://doi.org/10.5194/bg-19-5125-2022>
- Kashkynbayev, A., Issakhanov, A., Otkel, M., **Kurths, J.** (2022): Finite-time and fixed-time synchronization analysis of shunting inhibitory memristive neural networks with time-varying delays. – *Chaos, Solitons and Fractals*, 156, 111866. <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2022.111866>
- Kasthuri, P., Krishnan, A., Gejji, R., Anderson, W., **Marwan, N., Kurths, J., Sujith, R. I.** (2022): Investigation into the coherence of flame intensity oscillations in a model multi-element rocket combustor using complex networks. – *Physics of Fluids*, 34, 3, 034107. <https://doi.org/10.1063/5.0080874>
- Kasymov, U., **Wang, X.**, Zikos, D., Chopan, M., Ibele, B. (2022): Institutional Barriers to Sustainable Forest Management: Evidence from an Experimental Study in Tajikistan. – *Ecological Economics*, 193, 107276. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107276>
- Katzenberger, A., Levermann, A., Schewe, J., Pongratz, J.** (2022): Intensification of Very Wet Monsoon Seasons in India Under Global Warming. – *Geophysical Research Letters*, 49, 15, e2022GL098856. <https://doi.org/10.1029/2022GL098856>
- Kemp, L., Xu, C., Depledge, J., Ebi, K. L., Gibbins, G., Kohler, T. A., **Rockström, J.**, Scheffer, M., **Schellnhuber, H. J.**, Steffen, W., Lenton, T. M. (2022): Climate Endgame: Exploring catastrophic climate change scenarios. – *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)*, 119, 34, e2108146119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2108146119>
- Kennett, D. J., Masson, M., Lope, C. P., Serafin, S., George, R. J., Spencer, T. C., Hoggarth, J. A., Culleton, B. J., Harper, T. K., Prufer, K. M., Milbrath, S., Russell, B. W., González, E. U., McCool, W. C., Aquino, V. V., Paris, E. H., Curtis, J. H., **Marwan, N.**, Zhang, M., Asmerom, Y., Polyak, V. J., Carolin, S. A., James, D. H., Mason, A. J., Henderson, G. M., Brenner, M., Baldini, J. U. L., Breitenbach, S. F. M., Hodell, D. A. (2022): Drought-Induced Civil Conflict Among the Ancient Maya. – *Nature Communications*, 13, 3911. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-31522-x>
- Keppler, J. H., **Quemin, S.**, Saguan, M. (2022): Why the sustainable provision of low-carbon electricity needs hybrid markets. – *Energy Policy*, 171, 113273. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.113273>
- Kikstra, J. S., Nicholls, Z. R. J., Smith, C. J., Lewis, J., Lamboll, R. D., Byers, E., Sandstad, M., Meinshausen, M., Gidden, M. J., Rogelj, J., **Kriegler, E.**, Peters, G. P., Fuglestvedt, J. S., Skeie, R. B., Samset, B. H., Wienpahl, L., van Vuuren, D. P., van der Wijst, K.-I., Al Khourdajie, A., Forster, P. M., Reisinger, A., Schaeffer, R., Riahi, K. (2022): The IPCC Sixth Assessment Report WGIII climate assessment of mitigation pathways: from emissions to global temperatures. – *Geoscientific Model Development*, 15, 24, 9075-9109. <https://doi.org/10.5194/gmd-15-9075-2022>
- Kitzmann, N., Romanczuk, P., Wunderling, N., Donges, J. F.** (2022): Detecting contagious spreading of urban innovations on the global city network. – *European Physical Journal – Special Topics*, 231, 9, 1609-1624. <https://doi.org/10.1140/epjs/s11734-022-00470-4>
- Kluge, L., Levermann, A., Schewe, J.** (2022): Radiation model for migration with directional preferences. – *Physical Review E*, 106, 6, 064138. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.106.064138>
- Kogler, R., Plietzsch, A., Schultz, P., Hellmann, F.** (2022): Normal Form for Grid-Forming Power Grid Actors. – *PRX Energy*, 1, 1, 013008. <https://doi.org/10.1103/PRXEnergy.1.013008>
- Konc, T., Drews, S., Savin, I., van den Bergh, J. C.** (2022): Co-dynamics of climate policy stringency and public support. – *Global Environmental Change*, 74, 102528. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2022.102528>
- Kotz, M., Levermann, A., Wenz, L.** (2022): The effect of rainfall changes on economic production. – *Nature*, 601, 7892, 223-227. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-04283-8>
- Krämer, K.-H., Gelbrecht, M., Pavithran, I., Sujith, R. I., Marwan, N.** (2022): Optimal state space reconstruction via Monte Carlo decision tree search. – *Nonlinear Dynamics*, 108, 2, 1525-1545. <https://doi.org/10.1007/s11071-022-07280-2>
- Krämer, K.-H., Hellmann, F., Anvari, M., Kurths, J., Marwan, N.** (2022): Spike Spectra for Recurrences. – *Entropy*, 24, 11, 1689. <https://doi.org/10.3390/e24111689>
- Kramer, K., Bouriaud, L., Feindt, P. H., van Wassenauer, L., **Glanemann, N.**, Hanewinkel, M., van der Heide, M., Hengeveld, G. M., Hoogstra, M., Ingram, V., **Levermann, A.**, Lindner, M., Mátyás, C., Mohren, F., Muys, B., Nabuurs, G.-J., Palahi, M., Polman, N., **Reyer, C. P. O.**, Schulze, E.-D., Seidl, R., de Vries, W., Werners, S. E., Winkel, G., Yousefpour, R. (2022): Roadmap to develop a stress test for forest ecosystem services supply. – *One Earth*, 5, 1, 25-34. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.12.009>
- Kropp, J. P.** (2022): Grüne Lunge statt grauer Moloch. – *Internationale Politik, Special*, 6, 38-43.
- Kumar, A., Gosling, S. N., Johnson, M. F., Jones, M. D., Zaherpour, J., Kumar, R., Leng, G., Schmied, H. M., Kupzig, J., Breuer, L., Hanasaki, N., Tang, Q., **Ostberg, S.**, Stacke, T., Pokhrel, Y., Wada, Y., Masaki, Y. (2022): Multi-model evaluation of catchment- and global-scale hydrological model simulations of drought characteristics across eight large river catchments. – *Advances in Water Resources*, 165, 104212. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2022.104212>
- Kusena, W., **Chemura, A.**, Dube, T., Nicolau, M., Marambanyika, T. (2022): Landuse and land-cover change assessment in the Upper Runde sub-catchment, Zimbabwe and possible impacts on reservoir sedimentation. – *Physics and Chemistry of the Earth*, 126, 103105. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2021.103105>
- Kwiecien, O., **Braun, T.**, Brunello, C. F., Faulkner, P., Hausmann, N., Helle, G., Hoggarth, J. A., Ionita, M., Jazwa, C. S., Kelmelis, S., **Marwan, N.**, Nava-Fernandez, C., Nehme, C., Opel, T., Oster, J. L., Perçoiu, A., Petrie, C., Prufer, K., Saarni, S. M., Wolf, A., Breitenbach, S. F. (2022): What we talk about when we talk about seasonality – A transdisciplinary review. – *Earth-Science Reviews*, 225, 103843. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2021.103843>
- Kyei, N., Cramer, B., Humpf, H.-U., Degen, G. H., Ali, N., Gabrysich, S.** (2022): Assessment of multiple mycotoxin exposure and its association with food consumption: a human biomonitoring study in a pregnant cohort in rural Bangladesh. – *Archives of Toxicology*, 96, 7, 2123-2138. <https://doi.org/10.1007/s00204-022-03288-0>
- Lahiri, A., Kamrul Hassan, M., Blasius, B., **Kurths, J.** (2022): Dynamic scaling and stochastic fractal in nucleation and growth processes. – *Chaos*, 32, 9, 093124. <https://doi.org/10.1063/5.0097417>
- Lai, Y., Chen, F., Feng, M., **Kurths, J.** (2022): Online Distributed ADMM Algorithm With RLS-Based Multitask Graph Filter Models. – *IEEE Transactions on Network Science and Engineering*, 9, 6, 4115-4128. <https://doi.org/10.1109/TNSE.2022.3195876>

Veröffentlichungen 2022

- Lambrecht, N.,** Bridges, D., Wilson, M. L., Adu, B., Eisenberg, J. N. S., Folsom, G., Baylin, A., Jones, A. D. (2022): Associations of bacterial enteropathogens with systemic inflammation, iron deficiency, and anemia in preschool-age children in southern Ghana. – *PloS ONE*, 17, 7, e0271099. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0271099>
- Landwehrs, J. P., Feulner, G., Willeit, M., Petri, S.,** Sames, B., Wagreich, M., Whiteside, J. H., Olsen, P. E. (2022): Modes of Pangean Lake-Level Cyclicity Driven by Astronomical Pacing Modulated by Continental Position and pCO₂. – *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)*, 119, 46, e2203818119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2203818119>
- Laudien, R., Schauburger, B., Waid, J. L., Gornott, C.** (2022): A forecast of staple crop production in Burkina Faso to enable early warnings of shortages in domestic food availability. – *Scientific Reports*, 12, 1638. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-05561-9>
- Leblanc, F., Bibas, R., Mima, S., Muratori, M., Sakamoto, S., Sano, F., **Bauer, N.**, Daiglou, V., Fujimori, S., Gidden, M. J., Kato, E., Rose, S. K., Tsutsui, J., van Vuuren, D. P., Weyant, J., Wise, M. (2022): The contribution of bioenergy to the decarbonization of transport: a multi-model assessment. – *Climatic Change*, 170, 3-4, 21. <https://doi.org/10.1007/s10584-021-03245-3>
- Leimbach, M., Bauer, N.** (2022): Capital markets and the costs of climate policies. – *Environmental Economics and Policy Studies*, 24, 3, 397-420. <https://doi.org/10.1007/s10018-021-00327-5>
- Lenton, T. M., Buxton, J. E., Armstrong McKay, D. I., Abrams, J. F., Boulton, C. A., Lees, K., Powell, T. W. R., **Boers, N.**, Cunliffe, A. M., Dakos, V. (2022): A resilience sensing system for the biosphere. – *Philosophical Transactions of the Royal Society B – Biological Sciences*, 377, 1857, 20210383. <https://doi.org/10.1098/rstb.2021.0383>
- Lesk, C., Anderson, W., Rigden, A., Coast, O., **Jägermeyr, J.**, McDermid, S., Davis, K. F., Konar, M. (2022): Compound heat and moisture extreme impacts on global crop yields under climate change. – *Nature Reviews Earth & Environment*, 3, 12, 872-889. <https://doi.org/10.1038/s43017-022-00368-8>
- Lesk, C., Csala, D., **Hasse, R.**, Sgouridis, S., **Levesque, A.**, Mach, K. J., Horen Greenford, D., Matthews, H. D., Horton, R. M. (2022): Mitigation and adaptation emissions embedded in the broader climate transition. – *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)*, 119, 47, e2123486119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2123486119>
- Li, Q., Larosz, K. C., Han, D., Ji, P., **Kurths, J.** (2022): Basins of attraction of chimera states on networks. – *Frontiers in Physiology*, 13, 959431. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.959431>
- Li, Q., Chen, H., Li, Y., Feng, M., **Kurths, J.** (2022): Network spreading among areas: A dynamical complex network modeling approach. – *Chaos*, 32, 10, 103102. <https://doi.org/10.1063/5.0102390>
- Li, W.-J., Chen, Z., Jin, K.-Z., Li, L., Yuan, L., Jiang, L.-L., Perc, M., **Kurths, J.** (2022): Eliminating poverty through social mobility promotes cooperation in social dilemmas. – *Chaos, Solitons and Fractals*, 156, 111845. <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2022.111845>
- Li, Y., Zeng, Z., Feng, M., **Kurths, J.** (2022): Protection Degree and Migration in the Stochastic SIRS Model: A Queueing System Perspective. – *IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers*, 69, 2, 771-783. <https://doi.org/10.1109/TCSI.2021.3119978>
- Lincke, D., Hinkel, J., **Mengel, M.**, Nicholls, R. J. (2022): Understanding the Drivers of Coastal Flood Exposure and Risk From 1860 to 2100. – *Earth's Future*, 10, 12, e2021EF002584. <https://doi.org/10.1029/2021EF002584>
- Liu, Q., Xu, Y., **Kurths, J.**, Liu, X. (2022): Complex nonlinear dynamics and vibration suppression of conceptual airfoil models: A state-of-the-art overview. – *Chaos*, 32, 6, 062101. <https://doi.org/10.1063/5.0093478>
- Liu, Y., Liu, S., **Kurths, J.** (2022): Computational singular perturbation method for the non-standard FitzHugh-Nagumo system. – *EPL (Europhysics Letters)*, 139, 3, 32002. <https://doi.org/10.1209/0295-5075/ac33ca>
- Liu, Z., Deng, Z., Zhu, B., Ciais, P., Davis, S. J., Tan, J., Andrew, R. M., Boucher, O., Arous, S. B., Canadell, J. G., Dou, X., Friedlingstein, P., Gentine, P., Guo, R., Hong, C., Jackson, R. B., Kammen, D. M., Ke, P., Le Quéré, C., Monica, C., Janssens-Maenhout, G., Peters, G. P., Tanaka, K., Wang, Y., Zheng, B., Zhong, H., Sun, T., **Schellnhuber, H. J.** (2022): Global patterns of daily CO₂ emissions reductions in the first year of COVID-19. – *Nature Geoscience*, 15, 615-620. <https://doi.org/10.1038/s41561-022-00965-8>
- Lu, J., **Donner, R. V.**, Yin, D., Guan, S., Zou, Y. (2022): Partial event coincidence analysis for distinguishing direct and indirect coupling in functional network construction. – *Chaos*, 32, 6, 063134. <https://doi.org/10.1063/5.0087607>
- Lu, Z., Dong, W., Lu, B., Yuan, N., Ma, Z., Bogachev, M. I., **Kurths, J.** (2022): Early warning of the Indian Ocean Dipole using climate network analysis. – *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)*, 119, 11, e2109089119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2109089119>
- Luderer, G., Madeddu, S., Merfort, L., Ueckerdt, F., Pehl, M., Pietzcker, R. C., Rottoli, M., Schreyer, F., Bauer, N., Baumstark, L., Bertram, C., Dirnacher, A., Humpenöder, F., Levesque, A., Popp, A., Rodrigues, R., Strefler, J., Kriegler, E.** (2022): Author Correction: Impact of declining renewable energy costs on electrification in low-emission scenarios. – *Nature Energy*, 7, 4, 380-381. <https://doi.org/10.1038/s41560-022-01000-1>
- Luderer, G., Madeddu, S., Merfort, L., Ueckerdt, F., Pehl, M., Pietzcker, R. C., Rottoli, M., Schreyer, F., Bauer, N., Baumstark, L., Bertram, C., Dirnacher, A., Humpenöder, F., Levesque, A., Popp, A., Rodrigues, R., Strefler, J., Kriegler, E.** (2022): Impact of declining renewable energy costs on electrification in low-emission scenarios. – *Nature Energy*, 7, 1, 32-42. <https://doi.org/10.1038/s41560-021-00937-z>
- Luna, L.,** Korup, O. (2022): Seasonal Landslide Activity Lags Annual Precipitation Pattern in the Pacific Northwest. – *Geophysical Research Letters*, 49, 18, e2022GL098506. <https://doi.org/10.1029/2022GL098506>
- Ma, J., Liu, Q., Xu, Y., **Kurths, J.** (2022): Early warning of noise-induced catastrophic high-amplitude oscillations in an airfoil model. – *Chaos*, 32, 3, 033119. <https://doi.org/10.1063/5.0084796>
- Ma, R., Li, J., **Kurths, J.**, Cheng, S., Zhan, M. (2022): Generalized Swing Equation and Transient Synchronous Stability With PLL-Based VSC. – *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 37, 2, 1428-1441. <https://doi.org/10.1109/TEC.2021.3137806>
- Macdonald, E., Merz, B., Guse, B., Wietzke, L., Ullrich, S., **Kemter, M.**, Ahrens, B., Vorogushyn, S. (2022): Event and Catchment Controls of Heavy Tail Behavior of Floods. – *Water Resources Research*, 58, 6, e2021WR031260. <https://doi.org/10.1029/2021WR031260>
- Magalhães Filho, L. N. L., Roebeling, P. C., **Costa, L.**, de Lima, L. T. (2022): Ecosystem services values at risk in the Atlantic coastal zone due to sea-level rise and socioeconomic development. – *Ecosystem Services*, 58, 101492. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2022.101492>

- Mahnken, M.**, Cailleret, M., Collalti, A., Trotta, C., Biondo, C., D'Andrea, E., Dalmonech, D., Marano, G., Mäkelä, A., Minunno, F., Peltoniemi, M., Trotsiuk, V., Nadal-Sala, D., Sabaté, S., Vallet, P., Aussenac, R., Cameron, D., Bohn, F., Grote, R., Augustynczyk, A. L. D., Yousefpour, R., Huber, N., Bugmann, H., Merganičová, K., Merganič, J., Valent, P., **Lasch-Born, P.**, Hartig, F., **Vega del Valle, I.**, **Volkholz, J.**, **Gutsch, M.**, Matteucci, G., Krejza, J., Ibrom, A., Meesenburg, H., Rötzer, T., van der Maaten-Theunissen, M., van der Maaten, E., **Reyer, C. P. O.** (2022): Accuracy, realism and general applicability of European forest models. – *Global Change Biology*, 28, 23, 6921-6943. <https://doi.org/10.1111/gcb.16384>
- Malik, A.**, **Bertram, C.** (2022): Solar energy as an early just transition opportunity for coal-bearing states in India. – *Environmental Research Letters*, 17, 3, 034011. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac5194>
- Manoj, K., Pawar, S. A., **Kurths, J.**, Sujith, R. I. (2022): Rijke tube: A nonlinear oscillator. – *Chaos*, 32, 7, 072101. <https://doi.org/10.1063/5.0091826>
- Mao, Y., Zou, Y., Alves, L. M., Macau, E. E. N., Taschetto, A. S., Santoso, A., **Kurths, J.** (2022): Phase Coherence Between Surrounding Oceans Enhances Precipitation Shortages in Northeast Brazil. – *Geophysical Research Letters*, 49, 9, e2021GL097647. <https://doi.org/10.1029/2021GL097647>
- Marcolino, M. A.** (2022): Accounting for structural transformation in the U.S. – *Journal of Macroeconomics*, 71, 103394. <https://doi.org/10.1016/j.jmacro.2021.103394>
- Martin, M. A.**, Boakye, E. A., Boyd, E., Broadgate, W., Bustamante, M., Canadell, J. G., Carr, E. R., Chu, E. K., Cleugh, H., Csevar, S., Daoudy, M., de Bremond, A., Dhimal, M., Ebi, K. L., Edwards, C., Fuss, S., Girardin, M. P., Glavovic, B., Hebden, S., Hirota, M., Hsu, H.-H., Huq, S., Ingold, K., Johannessen, O. M., Kameyama, Y., Kumarasinghe, N., Langendijk, G. S., Lissner, T., Lwasa, S., Machalaba, C., Maltais, A., Mathai, M. V., Mbow, C., McNamara, K. E., Mukherji, A., Murray, V., Mysiak, J., Okereke, C., Ospina, D., Otto, F., Prakash, A., Pulhin, J. M., Raju, E., Redman, A., Rigaud, K. K., **Rockström, J.**, Roy, J., Schipper, E. L. F., Schlosser, P., Schulz, K. A., Schumacher, K., **Schwarz, L.**, Scown, M., **Sedova, B.**, Siddiqui, T. A., Singh, C., Sioen, G. B., Stammer, D., Steinert, N. J., Suk, S., Sutton, R., Thalheimer, L., van Aalst, M., van der Geest, K., Zhao, Z. J. (2022): Ten new insights in climate science 2022. – *Global Sustainability*, 5, e20. <https://doi.org/10.1017/sus.2022.17>
- Martínez-Montero, M., Crucifix, M., Couplet, V., **Brede, N.**, **Botta, N.** (2022): SURFER v2.0: a flexible and simple model linking anthropogenic CO₂ emissions and solar radiation modification to ocean acidification and sea level rise. – *Geoscientific Model Development*, 15, 21, 8059-8084. <https://doi.org/10.5194/gmd-15-8059-2022>
- Mattauch, L.**, Hepburn, C., Spuler, F., Stern, N. (2022): The economics of climate change with endogenous preferences. – *Resource and Energy Economics*, 69, 101312. <https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2022.101312>
- Mattauch, L.**, Klenert, D., Stiglitz, J. E., **Edenhofer, O.** (2022): Overcoming wealth inequality by capital taxes that finance public investment. – *Structural Change and Economic Dynamics*, 63, 383-395. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2022.05.009>
- Matthews, H. D., Zickfeld, K., Dickau, M., MacIsaac, A. J., **Mathesius, S.**, Nzotungicimpaye, C.-M., Luers, A. (2022): Temporary nature-based carbon removal can lower peak warming in a well-below 2 °C scenario. – *Communications Earth and Environment*, 3, 65. <https://doi.org/10.1038/s43247-022-00391-z>
- McConnell, A.**, **Yanovski, B.**, **Lessmann, K.** (2022): Central bank collateral as a green monetary policy instrument. – *Climate Policy*, 22, 3, 339-355. <https://doi.org/10.1080/14693062.2021.2012112>
- McCool, W. C., Codding, B. F., Vernon, K. B., Wilson, K. M., Yaworsky, P. M., **Marwan, N.**, Kennett, D. J. (2022): Climate change-induced population pressure drives high rates of lethal violence in the Prehispanic central Andes. – *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)*, 119, 17, e2117556119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2117556119>
- McKay, D. I. A., Staal, A., Abrams, J. F., **Winkelmann, R.**, **Sakschewski, B.**, **Loriani, S.**, Fetzer, I., Cornell, S. E., **Rockström, J.**, Lenton, T. M. (2022): Exceeding 1.5°C global warming could trigger multiple climate tipping points. – *Science*, 377, 6611, eabn7950. <https://doi.org/10.1126/science.abn7950>
- Mehrabi, Z., Delzeit, R., Ignaciuk, A., Levers, C., Brauch, G., Bajaj, K., Amo-Aidoo, A., Anderson, W., Balgah, R. A., Benton, T. G., Chari, M. M., Ellis, E. E., Gahi, N. Z., **Gaupp, F.**, Garibaldi, L. A., Gerber, J. S., Godde, C. M., Grass, I., Heimann, T., Hirons, M., Hoogenboom, G., Jain, M., James, D., Makowski, D., Masamba, B., Meng, S., Monprapussorn, S., Müller, D., Nelson, A., Newlands, N. K., Noack, F., Oronje, M., Raymond, C., Reichstein, M., Rieseberg, L. H., Rodriguez-Llanes, J. M., Rosenstock, T., Rowhani, P., Sarhadi, A., Sepelt, R., Sidhu, B. S., Snapp, S., Soma, T., Sparks, A. H., Teh, L., Tigchelaar, M., Vogel, M. M., West, P. C., Wittman, H., You, L. (2022): Research priorities for global food security under extreme events. – *One Earth*, 5, 7, 756-766. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2022.06.008>
- Meiler, S., **Vogt, T.**, Bloemendaal, N., Ciullo, A., Lee, C.-Y., Camargo, S. J., Emanuel, K., Bresch, D. N. (2022): Intercomparison of regional loss estimates from global synthetic tropical cyclone models. – *Nature Communications*, 13, 6156. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-33918-1>
- Meinshausen, M., Lewis, J., McGlade, C., **Gütschow, J.**, Nicholls, Z., Burdon, R., Cozzi, L., Hackmann, B. (2022): Realization of Paris Agreement pledges may limit warming just below 2 °C. – *Nature*, 604, 304-309. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-04553-z>
- Meucci, R., **Kurths, J.** (2022): In memoriam—Tito Arecchi (11 December 1933–15 February 2021). – *Chaos*, 32, 8, 080401. <https://doi.org/10.1063/5.0105069>
- Middelanis, R.**, **Willner, S.**, **Otto, C.**, **Levermann, A.** (2022): Economic losses from hurricanes cannot be nationally offset under unabated warming. – *Environmental Research Letters*, 17, 104013. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac90d8>
- Minoli, S.**, **Jägermeyr, J.**, Asseng, S., Urfels, A., **Müller, C.** (2022): Global crop yields can be lifted by timely adaptation of growing periods to climate change. – *Nature Communications*, 13, 7079. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-34411-5>
- Mirzaei, S., Parastesh, F., Jafari, S., **Schöll, E.**, **Kurths, J.** (2022): Equivalent synchronization patterns in chaotic jerk systems. – *EPL (Europhysics Letters)*, 139, 1, 11003. <https://doi.org/10.1209/0295-5075/ac7b43>
- Mishra, A.**, **Humpenöder, F.**, **Churkina, G.**, **Reyer, C. P. O.**, **Beier, F.**, **Bodirsky, B. L.**, **Schellnhuber, H. J.**, **Lotze-Campen, H.**, **Popp, A.** (2022): Land use change and carbon emissions of a transformation to timber cities. – *Nature Communications*, 13, 4889. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-32244-w>
- Mitsui, T.**, **Boers, N.** (2022): Machine learning approach reveals strong link between obliquity amplitude increase and the Mid-Brunhes transition. – *Quaternary Science Reviews*, 277, 107344. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2021.107344>
- Mitsui, T.**, Tzedakis, P. C., Wolff, E. W. (2022): Insolation evolution and ice volume legacies determine interglacial and glacial intensity. – *Climate of the Past*, 18, 9, 1983-1996. <https://doi.org/10.5194/cp-18-1983-2022>

Veröffentlichungen 2022

- Mohan, C., Gleeson, T., Famiglietti, J., Virkki, V., Kumm, M., Porkka, M., Wang-Erlandsson, L., Huggins, X., **Gerten, D.**, Jähnig, S. (2022): Poor correlation between large-scale environmental flow violations and freshwater biodiversity: implications for water resource management and the freshwater planetary boundary. – *Hydrology and Earth System Sciences*, 26, 23, 6247-6262. <https://doi.org/10.5194/hess-26-6247-2022>
- Moran, D., **Pichler, P.-P.**, Zheng, H., Muri, H., Klenner, J., Kramel, D., **Többen, J.**, **Weisz, H.**, Wiedmann, T., Wyckmans, A., Strømman, A. H., Gurney, K. R. (2022): Estimating CO₂ emissions for 108 000 European cities. – *Earth System Science Data*, 14, 2, 845-864. <https://doi.org/10.5194/essd-14-845-2022>
- Morgan, J. V., Bralower, T. J., **Brugger, J.**, Wünnemann, K. (2022): The Chicxulub impact and its environmental consequences. – *Nature Reviews Earth & Environment*, 3, 338-354. <https://doi.org/10.1038/s43017-022-00283-y>
- Mukhin, D., Hannachi, A., **Braun, T.**, **Marwan, N.** (2022): Revealing recurrent regimes of mid-latitude atmospheric variability using novel machine learning method. – *Chaos*, 32, 11, 113105. <https://doi.org/10.1063/5.0109889>
- Müller-Hansen, F.**, Lee, Y. T., Callaghan, M., Jankin, S., Minx, J. C. (2022): The German coal debate on Twitter: Reactions to a corporate policy process. – *Energy Policy*, 169, 113178. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.113178>
- Müller-Hauser, A.**, **Sobhan, S.**, Nurul Huda, T. M., **Waid, J. L.**, **Wendt, A.**, Islam, M. A., Rahman, M., **Gabrysch, S.** (2022): Key Food Hygiene Behaviors to Reduce Microbial Contamination of Complementary Foods in Rural Bangladesh. – *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 107, 3, 709-719. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.21-0269>
- Murken, L.**, **Gornott, C.** (2022): The importance of different land tenure systems for farmers' response to climate change: A systematic review. – *Climate Risk Management*, 35, 100419. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2022.100419>
- Myrvoll-Nilsen, E.**, **Riechers, K.**, Rypdal, M. W., **Boers, N.** (2022): Comprehensive uncertainty estimation of the timing of Greenland warmings in the Greenland ice core records. – *Climate of the Past*, 18, 6, 1275-1294. <https://doi.org/10.5194/cp-18-1275-2022>
- Naseri, N., Parastesh, F., Ghassemi, F., Jafari, S., **Schöll, E.**, **Kurths, J.** (2022): Converting high-dimensional complex networks to lower-dimensional ones preserving synchronization features. – *EPL (Europhysics Letters)*, 140, 2, 21001. <https://doi.org/10.1209/0295-5075/ac98de>
- Nauck, C.**, **Lindner, M.**, Schürholt, K., Zhang, H., **Schultz, P.**, **Kurths, J.**, Isenhardt, I., **Hellmann, F.** (2022): Predicting basin stability of power grids using graph neural networks. – *New Journal of Physics*, 24, 043041. <https://doi.org/10.1088/1367-2630/ac54c9>
- Neupane, D., Kafle, S., Karki, K. R., Kim, D. H., **Pradhan, P.** (2022): Solar and wind energy potential assessment at provincial level in Nepal: Geospatial and economic analysis. – *Renewable Energy*, 181, 278-291. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.09.027>
- Nicola, L.**, Loebel, E., Zuhr, A. M. (2022): Money makes our world go round – funding landscape for polar early-career scientists in Germany. – *Polarforschung*, 90, 2, 81-84. <https://doi.org/10.5194/polp-90-81-2022>
- Nkomidio, A. M., **Ngamga, E. J.**, Nwendjo, B. R. N., **Kurths, J.**, **Marwan, N.** (2022): Recurrence-Based Synchronization Analysis of Weakly Coupled Bursting Neurons under External ELF Fields. – *Entropy*, 24, 2, 235. <https://doi.org/10.3390/e24020235>
- Nkwasa, A., Chawanda, C. J., **Jägermeyr, J.**, van Griensven, A. (2022): Improved representation of agricultural land use and crop management for large-scale hydrological impact simulation in Africa using SWAT+. – *Hydrology and Earth System Sciences*, 26, 1, 71-89. <https://doi.org/10.5194/hess-26-71-2022>
- Nkwayep, C. H., Bowong, S., Tsanou, B., Aziz Alaoui, M. A., **Kurths, J.** (2022): Mathematical modeling of COVID-19 pandemic in the context of sub-Saharan Africa: a short-term forecasting in Cameroon and Gabon. – *Mathematical Medicine and Biology*, 39, 1, 1-48. <https://doi.org/10.1093/imammb/dqab020>
- Noon, M. L., Goldstein, A., Ledezma, J. C., Roehrdanz, P. R., Cook-Patton, S. C., Spawn-Lee, S. A., Wright, T. M., Gonzalez-Roglich, M., Hole, D. G., **Rockström, J.**, Turner, W. R. (2022): Mapping the irrecoverable carbon in Earth's ecosystems. – *Nature Sustainability*, 5, 1, 37-46. <https://doi.org/10.1038/s41893-021-00803-6>
- Odenweller, A.** (2022): Climate mitigation under S-shaped energy technology diffusion: Leveraging synergies of optimisation and simulation models. – *Technological Forecasting and Social Change*, 178, 121568. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121568>
- Odenweller, A.**, **Ueckerdt, F.**, Nemet, G. F., Jensterle, M., **Luderer, G.** (2022): Probabilistic feasibility space of scaling up green hydrogen supply. – *Nature Energy*, 7, 9, 854-865. <https://doi.org/10.1038/s41560-022-01097-4>
- Österblom, H., Folke, C., Rocha, J., Bebbington, J., Blasiak, R., Jouffray, J.-B., Selig, E. R., Wabnitz, C. C. C., Bengtsson, F., Crona, B., Gupta, R., Henriksson, P. J. G., Johansson, K. A., Merrie, A., Nakayama, S., Crespo, G. O., **Rockström, J.**, Schultz, L., Sobkowiak, M., Jørgensen, P. S., Spijkers, J., Troell, M., Villarrubia-Gómez, P., Lubchenco, J. (2022): Scientific mobilization of keystone actors for biosphere stewardship. – *Scientific Reports*, 12, 3802. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-07023-8>
- Ozturk, U., Bozzolan, L., Holcombe, E. A., **Shukla, R.**, Pianosi, F., Wagener, T. (2022): How climate change and unplanned urban sprawl bring more landslides. – *Nature*, 608, 7922, 262-265. <https://doi.org/10.1038/d41586-022-02141-9>
- Pachauri, S., Pelz, S., **Bertram, C.**, Kreibiehl, S., Rao, N. D., Sokona, Y., Riahi, K. (2022): Fairness considerations in global mitigation investments: Current mitigation finance flows are inadequate and unfair. – *Science*, 378, 6624, 1057-1059. <https://doi.org/10.1126/science.adf0067>
- Pahle, M.**, **Tietjen, O.**, **Osorio, S.**, Egli, F., Steffen, B., Schmidt, T. S., **Edenhofer, O.** (2022): Safeguarding the energy transition against political backlash to carbon markets. – *Nature Energy*, 7, 3, 290-296. <https://doi.org/10.1038/s41560-022-00984-0>
- Papastefanou, P., Zang, C., Angelov, Z., Anderson de Castro, A., Jimenez, J., Campos De Rezende, L., Ruscica, R., **Sakschewski, B.**, Sörensson, A., **Thonicke, K.**, Vera, C., Viovy, N., von Randow, C., Rammig, A. (2022): Recent extreme drought events in the Amazon rainforest: Assessment of different precipitation and evapotranspiration datasets, and drought indicators. – *Biogeosciences*, 19, 16, 3843-3861. <https://doi.org/10.5194/bg-19-3843-2022>
- Parastesh, F., Rajagopal, K., Jafari, S., Perc, M., **Schöll, E.** (2022): Blinking coupling enhances network synchronization. – *Physical Review E*, 105, 5, 054304. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.105.054304>
- Pastor, A., Biemans, H., Franssen, W., **Gerten, D.**, Hoff, H., Ludwig, F., Kabat, P. (2022): Understanding the transgression of global and regional freshwater planetary boundaries. – *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 380, 2238, 20210294. <https://doi.org/10.1098/rsta.2021.0294>

- Perino, A., Pereira, H. M., Felipe-Lucia, M., Kim, H., Kühl, H. S., Marselle, M. R., Meya, J. N., Meyer, C., Navarro, L. M., van Klink, R., Albert, G., Barratt, C. D., Bruelheide, H., Cao, Y., Chamoin, A., Darbi, M., Dornelas, M., Eisenhauer, N., Essl, F., Farwig, N., Förster, J., Freyhof, J., Geschke, J., Gottschall, F., Guerra, C., Haase, P., Hickler, T., Jacob, U., Kastner, T., Korell, L., Kühn, I., Lehmann, G. U. C., Lenzner, B., Marques, A., Motivans Švara, E., Quintero, L. C., Pacheco, A., **Popp, A.**, Rouet-Leduc, J., Schnabel, F., Siebert, J., Staude, I. R., Trogisch, S., Švara, V., Svenning, J., Pe'er, G., Raab, K., Rakosy, D., Vandewalle, M., Werner, A. S., Wirth, C., Xu, H., Yu, D., Zinngrebe, Y., Bonn, A. (2022): Biodiversity post-2020: Closing the gap between global targets and national-level implementation. – *Conservation Letters*, 5, 2, e12848. <https://doi.org/10.1111/conl.12848>
- Perino, G., Willner, M., **Quemin, S.**, **Pahle, M.** (2022): The European Union Emissions Trading System Market Stability Reserve: Does It Stabilize or Destabilize the Market? – *Review of Environmental Economics and Policy*, 16, 2, 338-345. <https://doi.org/10.1086/721015>
- Pfeffer, O.**, **Molkenthin, N.**, **Hellmann, F.** (2022): Ensemble analysis of complex network properties—an MCMC approach. – *New Journal of Physics*, 24, 123027. <https://doi.org/10.1088/1367-2630/aca955>
- Pi, B., Zeng, Z., Feng, M., **Kurths, J.** (2022): Evolutionary multigame with conformists and profiteers based on dynamic complex networks. – *Chaos*, 32, 2, 023117. <https://doi.org/10.1063/5.0081954>
- Plietzsch, A.**, Auer, S., **Kurths, J.**, **Hellmann, F.** (2022): Linear response theory for renewable fluctuations in power grids with transmission losses. – *Chaos*, 32, 11, 113114. <https://doi.org/10.1063/5.0122898>
- Plietzsch, A.**, **Kogler, R.**, Auer, S., Merino, J., Gil-de-Muro, A., Liße, J., Vogel, C., **Hellmann, F.** (2022): PowerDynamics.jl – An experimentally validated open-source package for the dynamical analysis of power grids. – *SoftwareX*, 17, 100861. <https://doi.org/10.1016/j.softx.2021.100861>
- Pörtner, L. M.**, **Lambrech, N.**, Springmann, M., **Bodirsky, B. L.**, **Gaupp, F.**, Freund, F., **Lotze-Campen, H.**, **Gabrysch, S.** (2022): We need a food system transformation – In the face of the Russia-Ukraine war, now more than ever. – *One Earth*, 5, 5, 470-472. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2022.04.004>
- Porwollik, V.**, **Rolinski, S.**, **Heinke, J.**, **von Bloh, W.**, **Schaphoff, S.**, **Müller, C.** (2022): The role of cover crops for cropland soil carbon, nitrogen leaching, and agricultural yields – a global simulation study with LPJmL (V. 5.0-tillage-cc). – *Biogeosciences*, 19, 3, 957-977. <https://doi.org/10.5194/bg-19-957-2022>
- Pradhan, P.** (2022): Food transport emissions matter. – *Nature Food*, 3, 6, 406-407. <https://doi.org/10.1038/s43016-022-00524-9>
- Pradhan, P.**, **Seydewitz, T.**, **Zhou, B.**, **Lüdeke, M. K. B.**, **Kropp, J. P.** (2022): Climate Extremes are Becoming More Frequent, Co-occurring, and Persistent in Europe. – *Anthropocene Science*, 1, 2, 264-277. <https://doi.org/10.1007/s44177-022-00022-4>
- Prado, T. L., Boaretto, B. R. R., Corso, G., dos Santos Lima, G. Z., **Kurths, J.**, Lopes, S. R. (2022): A direct method to detect deterministic and stochastic properties of data. – *New Journal of Physics*, 24, 033027. <https://doi.org/10.1088/1367-2630/ac5057>
- Pulkkinen, K., **Undorf, S.**, Bender, F.-A.-M. (2022): Values in climate modelling: testing the practical applicability of the Moral Imagination ideal. – *European Journal for Philosophy of Science*, 12, 4, 68. <https://doi.org/10.1007/s13194-022-00488-4>
- Pulkkinen, K., **Undorf, S.**, Bender, F., Wikman-Svahn, P., Doblas-Reyes, F., Flynn, C., Hegerl, G. C., Jönsson, A., Leung, G.-K., Roussos, J., Shepherd, T. G., Thompson, E. (2022): The value of values in climate science [Comment]. – *Nature Climate Change*, 12, 1, 4-6. <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01238-9>
- Qiao, L., Wang, X., Smith, P., Fan, J., Lu, Y., Emmett, B., Li, R., Dorling, S., Chen, H., Liu, S., Benton, T. G., Wang, Y., Ma, Y., Jiang, R., Zhang, F., Piao, S., **Müller, C.**, Yang, H., Hao, Y., Li, W., Fan, M. (2022): Soil quality both increases crop production and improves resilience to climate change. – *Nature Climate Change*, 12, 6, 574-580. <https://doi.org/10.1038/s41558-022-01376-8>
- Qiu, Q., Huang, Y., Ma, R., **Kurths, J.**, Zhan, M. (2022): Black-Box Impedance Prediction of Grid-Tied VSCs Under Variable Operating Conditions. – *IEEE Access*, 10, 1289-1304. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3139435>
- Quemin, S.** (2022): Raising climate ambition in emissions trading systems: The case of the EU ETS and the 2021 review. – *Resource and Energy Economics*, 68, 101300. <https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2022.101300>
- Raghunathan, M., **George, N. B.**, Unni, V. R., Sujith, R. I., **Kurths, J.**, **Surovyatkina, E.** (2022): Seeds of phase transition to thermoacoustic instability. – *New Journal of Physics*, 24, 063008. <https://doi.org/10.1088/1367-2630/ac71bb>
- Rakshit, S., Parastesh, F., Nag Chowdhury, S., Jafari, S., **Kurths, J.**, Ghosh, D. (2022): Relay interlayer synchronisation: invariance and stability conditions. – *Nonlinearity*, 35, 1, 681-718. <https://doi.org/10.1088/1361-6544/ac3c2f>
- Ramirez Avila, G. M.**, Depickère, S., Deneubourg, J. L., **Kurths, J.** (2022): A simple game and its dynamical richness for modeling synchronization in firefly-like oscillators. – *European Physical Journal – Special Topics*, 231, 3, 203-212. <https://doi.org/10.1140/epjs/s11734-021-00397-2>
- Ramirez Avila, G. M.**, Depickère, S., Jánosi, I. M., Gallas, J. A. C. (2022): Distribution of spiking and bursting in Rulkov's neuron model. – *European Physical Journal – Special Topics*, 231, 319-328. <https://doi.org/10.1140/epjs/s11734-021-00413-5>
- Rezende, L., Castro, A., von Randow, C., Ruscica, R., **Sakschewski, B.**, Papastefanou, P., Viovy, N., **Thonicke, K.**, Sörensson, A., Rammig, A., Cavalcanti, I. (2022): Impacts of Land Use Change and Atmospheric CO₂ on Gross Primary Productivity (GPP), Evaporation, and Climate in Southern Amazon. – *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 127, 8, e2021JD034608. <https://doi.org/10.1029/2021JD034608>
- Riboldi, J., **Rousi, E.**, D'Andrea, F., Rivière, G., Lott, F. (2022): Circumglobal Rossby wave patterns during boreal winter highlighted by space-time spectral analysis. – *Weather and Climate Dynamics*, 3, 2, 449-469. <https://doi.org/10.5194/wcd-3-449-2022>
- Riechers, K.**, **Mitsui, T.**, **Boers, N.**, Ghil, M. (2022): Orbital insolation variations, intrinsic climate variability, and Quaternary glaciations. – *Climate of the Past*, 18, 4, 863-893. <https://doi.org/10.5194/cp-18-863-2022>
- Rikani, A.**, **Frieler, K.**, **Schewe, J.** (2022): Climate change and international migration: Exploring the macroeconomic channel. – *PloS ONE*, 17, 11, e0276764. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0276764>
- Ringsmuth, A. K., **Otto, I. M.**, van den Hurk, B., Lahn, G., **Reyer, C. P. O.**, Carter, T. R., Magnuszewski, P., Monasterolo, I., Aerts, J. C. J. H., Benzie, M., Campiglio, E., Fronzek, S., **Gaupp, F.**, Jarzabek, L., Klein, R. J. T., Knaepen, H., Mechler, R., Mysiak, J., Sillmann, J., Stuparu, D., West, C. (2022): Lessons from COVID-19 for managing transboundary climate risks and building resilience. – *Climate Risk Management*, 35, 100395. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2022.100395>
- Ripple, W. J., Wolf, C., Gregg, J. W., Levin, K., **Rockström, J.**, Newsome, T. M., Betts, M. G., Huq, S., Law, B. E., Kemp, L., Kalmus, P., Lenton, T. M. (2022): World Scientists' Warning of a Climate Emergency 2022. – *BioScience*, 72, 12, 1149-1155. <https://doi.org/10.1093/biosci/biac083>
- Rising, J., Tedesco, M., **Piontek, F.**, Stainforth, D. A. (2022): The missing risks of climate change. – *Nature*, 610, 7933, 643-651. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-05243-6>

Veröffentlichungen 2022

- Rivas López, M. d. R., Liersch, S., Menz, C., Lange, S., Hattermann, F. F.** (2022): Potential hydro-meteorological impacts over Burundi from climate change. – *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 42, 101130. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2022.101130>
- Robinson, A.,** Goldberg, D., Lipscomb, W. H. (2022): A comparison of the stability and performance of depth-integrated ice-dynamics solvers. – *The Cryosphere*, 16, 2, 689-709. <https://doi.org/10.5194/tc-16-689-2022>
- Röckert, J., Kraehnert, K.** (2022): Extreme Weather Events and Internal Migration: Evidence from Mongolia. – *Economics of Disasters and Climate Change*, 6, 1, 95-128. <https://doi.org/10.1007/s41885-021-00100-8>
- Rockström, J. (2022): Speeding up state-of-the-art assessments on global sustainability: introducing the Cambridge Sustainability Commissions [Editorial]. – *Global Sustainability*, 5, e2. <https://doi.org/10.1017/sus.2022.1>
- Rodrigues, R., Pietzcker, R. C.,** Fragkos, P., Price, J., McDowall, W., Siskos, P., Fotiou, T., **Luderer, G.,** Capros, P. (2022): Narrative-driven alternative roads to achieve mid-century CO₂ net neutrality in Europe. – *Energy*, 239, Part A, 121908. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121908>
- Rose, S. K., **Popp, A.,** Fujimori, S., Havlik, P., Weyant, J., Wise, M., van Vuuren, D., Brunelle, T., Cui, R. Y., Daioglou, V., Frank, S., Hasegawa, T., **Humpenöder, F.,** Kato, E., Sands, R. D., Sano, F., Tsutsui, J., Doelman, J., Muratori, M., Prudhomme, R., Wada, K., Yamamoto, H. (2022): Global biomass supply modeling for long-run management of the climate system. – *Climatic Change*, 172, 3. <https://doi.org/10.1007/s10584-022-03336-9>
- Rostami, M.,** Zeitlin, V. (2022): Evolution of double-eye wall hurricanes and emergence of complex tripolar end states in moist-convective rotating shallow water model. – *Physics of Fluids*, 34, 6, 066602. <https://doi.org/10.1063/5.0096554>
- Rostami, M.,** Zeitlin, V. (2022): Instabilities of low-latitude easterly jets in the presence of moist convection and topography and related cyclogenesis, in a simple atmospheric model. – *Geophysical and Astrophysical Fluid Dynamics*, 116, 1, 56-77. <https://doi.org/10.1080/03091929.2021.1959574>
- Rostami, M.,** Zhao, B., **Petri, S.** (2022): On the genesis and dynamics of Madden-Julian oscillation-like structure formed by equatorial adjustment of localized heating. – *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 148, 749, 3788-3813. <https://doi.org/10.1002/qj.4388>
- Rousi, E., Kornhuber, K.,** Beobide-Arsuaga, G., Luo, F., **Coumou, D.** (2022): Accelerated western European heatwave trends linked to more-persistent double jets over Eurasia. – *Nature Communications*, 13, 3851. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-31432-y>
- Ruscica, R. C., Sörensson, A. A., Diaz, L. B., Vera, C., Castro, A., Papastefanou, P., Rammig, A., Rezende, L. F., **Sakschewski, B., Thonicke, K.,** Viovy, N., von Randow, C. (2022): Evapotranspiration trends and variability in southeastern South America: the roles of land-cover change and precipitation variability. – *International Journal of Climatology*, 42, 4, 2019-2038. <https://doi.org/10.1002/joc.7350>
- Russo, E., **Fallah, B. H.,** Ludwig, P., Karremann, M., Raible, C. C. (2022): The long-standing dilemma of European summer temperatures at the mid-Holocene and other considerations on learning from the past for the future using a regional climate model. – *Climate of the Past*, 18, 4, 895-909. <https://doi.org/10.5194/cp-18-895-2022>
- Rybski, D.,** González, M. C. (2022): Cities as complex systems – Collection overview. – *PloS ONE*, 17, 2, e0262964. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0262964>
- Rydin Gorjão, L., Hassan, G., **Kurths, J.,** Wirthaut, D. (2022): MFDDFA: Efficient multifractal detrended fluctuation analysis in python. – *Computer Physics Communications*, 273, 108254. <https://doi.org/10.1016/j.cpc.2021.108254>
- Sacchi, R., Terlouw, T., **Siala, K., Dirnacher, A.,** Bauer, C., Cox, B., Mutel, C., Daioglou, V., **Luderer, G.** (2022): PRospective Environmental Impact asSEment (premise): A streamlined approach to producing databases for prospective life cycle assessment using integrated assessment models. – *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 160, 112311. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112311>
- Salack, S., Sanfo, S., Sidibe, M., Daku, E. K., Camara, I., Dieng, M. D. B., Hien, K., Torou, B. M., Ogunjobi, K. O., Sangare, S. A. K. S. B., Kouame, K. R., Koffi, Y. B., **Liersch, S.,** Savadogo, M., Giannini, A. (2022): Low-cost adaptation options to support green growth in agriculture, water resources, and coastal zones. – *Scientific Reports*, 12, 17898. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-22331-9>
- Satoh, Y., Yoshimura, K., Pokhrel, Y., Kim, H., Shiogama, H., Yokohata, T., Hanasaki, N., Wada, Y., Burek, P., Byers, E., Müller Schmied, H., **Gerten, D., Ostberg, S.,** Gosling, S., Boulange, J., Oki, T. (2022): The timing of unprecedented hydrological drought under climate change. – *Nature Communications*, 13, 3287. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-30729-2>
- Sawicki, J.,** Berner, R., Löser, T., **Schöll, E.** (2022): Modeling Tumor Disease and Sepsis by Networks of Adaptively Coupled Phase Oscillators. – *Frontiers in Physiology*, 1, 730385. <https://doi.org/10.3389/fnphys.2021.730385>
- Schägg, E., **Becker, S. L., Pradhan, P.** (2022): Thwarted visions of change: power and demographics in repair cafes and urban sustainability transitions. – *Urban Transformations*, 4, 1. <https://doi.org/10.1186/s42854-022-00031-x>
- Schauberger, B.,** Kato, H., Kato, T., Watanabe, D., Ciais, P. (2022): French crop yield, area and production data for ten staple crops from 1900 to 2018 on county resolution. – *Scientific Data*, 9, 38. <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01145-4>
- Schewe, J., Levermann, A.** (2022): Sahel Rainfall Projections Constrained by Past Sensitivity to Global Warming. – *Geophysical Research Letters*, 49, 18, e2022GL098286. <https://doi.org/10.1029/2022GL098286>
- Schlemm, T., Feldmann, J., Winkelmann, R., Levermann, A.** (2022): Stabilizing effect of mélange buttressing on the marine ice-cliff instability of the West Antarctic Ice Sheet. – *The Cryosphere*, 16, 5, 1979-1996. <https://doi.org/10.5194/tc-16-1979-2022>
- Schöll, E.** (2022): Partial synchronization patterns in brain networks. – *EPL (Europhysics Letters)*, 136, 1, 18001. <https://doi.org/10.1209/0295-5075/ac3b97>
- Semyachkina-Glushkovskaya, O., Blokhina, I., Navolokin, N., Evsukova, A., Karandin, G., Khorovodov, A., Terskov, A., Fedosov, I., Dubrovsky, A., Tzoy, M., Ageev, V., Agranovich, I., Telnova, V., Tsven, A., **Kurths, J.** (2022): GB20 Pharmacopuncture As a Potential Method for Brain Drug Delivery via the Perivascular Spaces. – *Journal of Acupuncture and Meridian Studies*, 15, 1, 43-49. <https://doi.org/10.51507/j.jams.2022.15.1.43>
- Semyachkina-Glushkovskaya, O., Diduk, S., Anna, E., Elina, D., Artem, K., Khorovodov, A., Shirokov, A., Fedosov, I., Dubrovsky, A., Blokhina, I., Terskov, A., Navolokin, N., Evsukova, A., Elovenko, D., Adushkina, V., **Kurths, J.** (2022): Music improves the therapeutic effects of bevacizumab in rats with glioblastoma: Modulation of drug distribution to the brain. – *Frontiers in Oncology*, 12, 1010188. <https://doi.org/10.3389/fonc.2022.1010188>
- Semyachkina-Glushkovskaya, O., Terskov, A., Khorovodov, A., Telnova, V., Blokhina, I., Saranceva, E., **Kurths, J.** (2022): Photodynamic Opening of the Blood-Brain Barrier and the Meningeal Lymphatic System: The New Niche in Immunotherapy for Brain Tumors. – *Pharmaceuticals*, 14, 12, 2612. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics14122612>

- Singhal, P., Pahle, M., Kalkuhl, M., Levesque, A., Sommer, S., Berneiser, J.** (2022): Beyond good faith: Why evidence-based policy is necessary to decarbonize buildings cost-effectively in Germany. – *Energy Policy*, 169, 113191. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.113191>
- Smith, P., Arneith, A., Barnes, D., Ichii, K., Marquest, P., **Popp, A.**, Pörtner, H.-O., Rogers, A., Scholes, R., Strassburg, B., Wu, J., Ngo, H. (2022): How do we best synergise climate mitigation actions to co-benefit biodiversity? – *Global Change Biology*, 28, 8, 2555-2577. <https://doi.org/10.1111/gcb.16056>
- Smith, T., **Traxl, D., Boers, N.** (2022): Empirical evidence for recent global shifts in vegetation resilience. – *Nature Climate Change*, 12, 477-484. <https://doi.org/10.1038/s41558-022-01352-2>
- Sobhan, S., Müller-Hauser, A., Huda, T. M. N., Waid, J. L., Gautam, O. P., Gon, G., Wendt, A., Gabrysch, S.** (2022): Design, delivery, and determinants of uptake: findings from a food hygiene behavior change intervention in rural Bangladesh. – *BMC Public Health*, 22, 887. <https://doi.org/10.1186/s12889-022-13124-w>
- Sommer, S., **Mattauch, L., Pahle, M.** (2022): Supporting carbon taxes: The role of fairness. – *Ecological Economics*, 195, 107359. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2022.107359>
- Stechemesser, A., Levermann, A., Wenz, L.** (2022): Temperature impacts on hate speech online: evidence from 4 billion geo-located tweets from the USA. – *The Lancet Planetary Health*, 6, 9, e714-e725. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(22\)00173-5](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(22)00173-5)
- Steinhausen, M., **Paprotny, D., Dottori, F., Sairam, N., Mentaschi, L., Alfieri, L., Lüdtke, S., Kreibich, H., Schröter, K.** (2022): Drivers of future fluvial flood risk change for residential buildings in Europe. – *Global Environmental Change*, 76, 102559. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2022.102559>
- Storms, I., Verdonck, S., Verbist, B., Willems, P., De Geest, P., **Gutsch, M.**, Cools, N., De Vos, B., **Mahnken, M.**, Lopez, J., Van Orshoven, J., Muys, B. (2022): Quantifying climate change effects on future forest biomass availability using yield tables improved by mechanistic scaling. – *Science of the Total Environment*, 833, 155189. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155189>
- Su, Z., Meyerhenke, H., Kurths, J.** (2022): The climatic interdependence of extreme-rain-fall events around the globe. – *Chaos*, 32, 4, 043126. <https://doi.org/10.1063/5.0077106>
- Suchithra, K. S., Gopalakrishnan, E. A., **Kurths, J., Surovyatkina, E.** (2022): Emergency rate-driven control for rotor angle instability in power systems. – *Chaos*, 32, 6, 061102. <https://doi.org/10.1063/5.0093450>
- Sun, F., Lei, C., Kurths, J., Zhu, W.** (2022): Mean-square tracking consensus of heterogeneous multi-agent systems with additive noise and time delay. – *International Journal of Control*, 95, 12, 3404-3415. <https://doi.org/10.1080/00207179.2021.1974570>
- Sun, F., Wang, F., Liu, P., Kurths, J.** (2022): Robust fixed-time connectivity preserving consensus of nonlinear multi-agent systems with disturbance. – *International Journal of Robust and Nonlinear Control*, 32, 3, 1469-1486. <https://doi.org/10.1002/rnc.5895>
- Sun, F., Wu, X., Kurths, J., Zhu, W.** (2022): Group consensus of heterogeneous multi-agent systems with packet loss and unknown speed of second-order agents in cooperative-competitive networks. – *Nonlinear Dynamics*, 110, 3447-3461. <https://doi.org/10.1007/s11071-022-07780-1>
- Sun, Q., Tang, Y., Zhang, C., Zhao, C., Qian, F., **Kurths, J.** (2022): Unsupervised Estimation of Monocular Depth and VO in Dynamic Environments via Hybrid Masks. – *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, 33, 5, 2023-2033. <https://doi.org/10.1109/TNNLS.2021.3100895>
- Sun, Y., Zhang, Y., **Meng, J., Fan, J.** (2022): Network Analysis Measuring the Impact of Volcanic Eruptions. – *Atmosphere*, 13, 11, 1910. <https://doi.org/10.3390/atmos13111910>
- Tamberg, L. A., Heitzig, J., Donges, J. F.** (2022): A modeler's guide to studying the resilience of social-technical-environmental systems. – *Environmental Research Letters*, 17, 5, 055005. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac60d9>
- Tang, Y., Yen, G. G., **Kurths, J.** (2022): Special Issue on Computational Intelligence for Perception and Decision-Making of Autonomous Systems [Guest Editorial]. – *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computational Intelligence*, 6, 6, 1287-1289. <https://doi.org/10.1109/TETCI.2022.3219539>
- Thamizharasan, S., Chandrasekar, V. K., Senthilvelan, M., Berner, R., **Schöll, E.**, Senthilkumar, D. V. (2022): Exotic states induced by coevolving connection weights and phases in complex networks. – *Physical Review E*, 105, 3, 034312. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.105.034312>
- Thornton, F.** (2022): The future is now: Climate displacement and human rights obligations—a note on recent developments in the UN Human Rights Committee. – *Frontiers in Climate*, 4, 1061474. <https://doi.org/10.3389/fclim.2022.1061474>
- Timmermann, A., Yun, K.-S., Raia, P., Ruan, J., Mondanaro, A., Zeller, E., Zollikofer, C., Ponce de León, M., Lemmon, D., **Willeit, M., Ganopolski, A.** (2022): Climate effects on archaic human habitats and species successions. – *Nature*, 604, 7906, 495-501. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-04600-9>
- Többen, J., Distelkamp, M., Stöver, B., Reuschel, S., Ahmann, L., Lutz, C.** (2022): Global Land Use Impacts of Bioeconomy: An Econometric Input-Output Approach. – *Sustainability*, 14, 4, 1976. <https://doi.org/10.3390/su14041976>
- Toetzke, M., **Stünzi, A., Egli, F.** (2022): Consistent and replicable estimation of bilateral climate finance. – *Nature Climate Change*, 12, 897-900. <https://doi.org/10.1038/s41558-022-01482-7>
- Trauth, M. H., **Marwan, N.** (2022): Introduction-Time series analysis for Earth, climate and life interactions. – *Quaternary Science Reviews*, 284, 107475. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2022.107475>
- Tubiello, F. N., Karl, K., Flammini, A., **Gütschow, J.**, Obli-Laryea, G., Conchedda, G., Pan, X., Qi, S. Y., Halldórudóttir Heiðarsdóttir, H., Wanner, N., Quadrelli, R., Rocha Souza, L., Benoit, P., Hayek, M., Sandalow, D., Mencos Contreras, E., Rosenzwei, C., Rosero Moncayo, J., Conforti, P., Torero, M. (2022): Pre- and post-production processes increasingly dominate greenhouse gas emissions from agri-food systems. – *Earth System Science Data*, 14, 4, 1795-1809. <https://doi.org/10.5194/essd-14-1795-2022>
- Tzedakis, P. C., Hodell, D. A., Nehrbaas-Ahles, C., **Mitsui, T., Wolff, E. W.** (2022): Marine Isotope Stage 11c: An unusual interglacial. – *Quaternary Science Reviews*, 284, 107493. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2022.107493>
- Undorf, S., Pulkkinen, K., Wikman-Svahn, P., Bender, F.-A.-M.** (2022): How do value-judgements enter model-based assessments of climate sensitivity? – *Climatic Change*, 174, 3-4, 19. <https://doi.org/10.1007/s10584-022-03435-7>
- van de Wal, R. S. W., Nicholls, R. J., Behar, D., McInnes, K., Stammer, D., Lowe, J. A., Church, J. A., DeConto, R., Fettweis, X., Goelzer, H., Haasnoot, M., Haigh, I. D., Hinkel, J., Horton, B., James, T. S., Jenkins, A., LeCozannet, G., **Levermann, A.**, Lipscomb, W. H., Marzeion, B., Pattyn, F., Payne, T., Pfeffer, T., Price, S. F., Serroussi, H., Sun, S., Veatch, W., White, K. (2022): A High-End Estimate of Sea Level Rise for Practitioners. – *Earth's Future*, 10, 11, e2022EF002751. <https://doi.org/10.1029/2022EF002751>

Veröffentlichungen 2022

- van Straaten, C., Whan, K., **Coumou, D.**, van den Hurk, B., Schmeits, M. (2022): Using Explainable Machine Learning Forecasts to Discover Subseasonal Drivers of High Summer Temperatures in Western and Central Europe. – *Monthly Weather Review*, 150, 5, 1115-1134. <https://doi.org/10.1175/MWR-D-21-0201.1>
- van Vuuren, D. P., Zimm, C., Busch, S., **Kriegler, E.**, Leininger, J., Messner, D., Nakicenovic, N., **Rockström, J.**, Riahi, K., Sperling, F., Bosetti, V., Cornell, S., **Gaffney, O.**, Lucas, P. L., **Popp, A.**, Ruhe, C., von Schiller, A., Schmidt, J. O., Soergel, B. (2022): Defining a sustainable development target space for 2030 and 2050. – *One Earth*, 5, 2, 142-156. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2022.01.003>
- Vinke, K.**, **Rottmann, S.**, **Gornott, C.**, Zabre, P., Schwerdtle, P. N., Sauerborn, R. (2022): Is migration an effective adaptation to climate-related agricultural distress in sub-Saharan Africa? – *Population and Environment*, 43, 3, 319-345. <https://doi.org/10.1007/s11111-021-00393-7>
- Virkki, V., Alanärä, E., Porkka, M., Ahopelto, L., Gleeson, T., Mohan, C., Wang-Erlandsson, L., Flörke, M., **Gerten, D.**, Gosling, S. N., Hanasaki, N., Müller Schmied, H., Wanders, N., Kumm, M. (2022): Globally widespread and increasing violations of environmental flow envelopes. – *Hydrology and Earth System Sciences*, 26, 12, 3315-3336. <https://doi.org/10.5194/hess-26-3315-2022>
- Vorogushyn, S., Apel, H., **Kemter, M.**, Thieken, A. (2022): Analyse der Hochwassergefährdung im Ahrtal unter Berücksichtigung historischer Hochwasser. – *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung*, 66, 5, 244-254. https://doi.org/10.5675/HyWa_2021.5_2
- Waid, J. L.**, **Wendt, A.**, Sinharoy, S. S., Kader, A., **Gabrysch, S.** (2022): Impact of a homestead food production program on women's empowerment: Pro-WEAI results from the FAARM trial in Bangladesh. – *World Development*, 158, 106001. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2022.106001>
- Wang, C., Wang, X., Jin, Z., **Müller, C.**, Pugh, T. A., Chen, A., Wang, T., Huang, L., Zhang, Y., Li, L., Piao, S. (2022): Occurrence of crop pests and diseases has largely increased in China since 1970. – *Nature Food*, 3, 1, 57-65. <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00428-0>
- Wang, D., Pei, H., Xu, W., Yao, J., **Hellmann, F.**, **Kurths, J.** (2022): Transitions in a noisy birhythmic vibro-impact oscillator with improved memory damping regime. – *Nonlinear Dynamics*, 108, 2, 1045-1070. <https://doi.org/10.1007/s11071-022-07261-5>
- Wang, J., Hong, Y., Wang, J., Xu, J., Tang, Y., Han, Q.-L., **Kurths, J.** (2022): Cooperative and Competitive Multi-Agent Systems: From Optimization to Games. – *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, 9, 5, 763-783. <https://doi.org/10.1109/JAS.2022.105506>
- Wang, W., Wang, C., Wang, Z., Yuan, M., Luo, X., **Kurths, J.**, Gao, Y. (2022): Abnormal detection technology of industrial control system based on transfer learning. – *Applied Mathematics and Computation*, 412, 126539. <https://doi.org/10.1016/j.amc.2021.126539>
- Wang, X.**, **Bodirsky, B. L.**, **Müller, C.**, Chen, K., Yuan, C. (2022): The triple benefits of slimming and greening the Chinese food system. – *Nature Food*, 3, 9, 686-693. <https://doi.org/10.1038/s43016-022-00580-1>
- Wang, Y., Fang, H., Jin, J., Ma, G., He, X., Dai, X., Yue, Z., Cheng, C., Zhang, H.-T., Pu, D., Wu, D., Yuan, Y., Gonçalves, J., **Kurths, J.**, Ding, H. (2022): Data-Driven Discovery of Stochastic Differential Equations. – *Engineering*, 17, 244-252. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2022.02.007>
- Wang, Z., Li, Y., Xu, Y., Kapitaniak, T., **Kurths, J.** (2022): Coherence-resonance chimeras in coupled HR neurons with alpha-stable Lévy noise. – *Journal of Statistical Mechanics*, 2022, 053501. <https://doi.org/10.1088/1742-5468/ac6254>
- Wang-Erlandsson, L., **Tobian, A.**, van der Ent, R. J., Fetzer, I., te Wierik, S., Porkka, M., Staal, A., Jaramillo, F., Dahmann, H., Singh, C., Greve, P., **Gerten, D.**, Keys, P. W., Gleeson, T., Cornell, S. E., Steffen, W., Bai, X., **Rockström, J.** (2022): A planetary boundary for green water. – *Nature Reviews Earth & Environment*, 3, 6, 380-392. <https://doi.org/10.1038/s43017-022-00287-8>
- Warchold, A.**, **Pradhan, P.**, **Thapa, P.**, **Putra, M. P. I. F.**, **Kropp, J. P.** (2022): Building a unified sustainable development goal database: Why does sustainable development goal data selection matter? – *Sustainable Development*, 30, 5, 1278-1293. <https://doi.org/10.1002/sd.2316>
- Weisz, H.**, Kueffer, C., Renn, O., Schmid, B., Wäger, P. (2022): Thirty years of GAIA: a constant in a fast-changing world. – *GAIA – Ecological Perspectives for Science and Society*, 31, 1, 4-5. <https://doi.org/10.14512/gaia.31.1.2>
- Werner, C.**, **Lucht, W.**, **Gerten, D.**, Kammann, C. (2022): Potential of Land-Neutral Negative Emissions Through Biochar Sequestration. – *Earth's Future*, 10, 7, e2021EF002583. <https://doi.org/10.1029/2021EF002583>
- Will, M., Backes, A., Campenni, M., Cronk, L., Dressler, G., **Gornott, C.**, Groeneveld, J., **Habtemariam, L. T.**, **Kraehnert, K.**, Kraus, M., Lenel, F., Osgood, D., Taye, M., Müller, B. (2022): Improving the design of climate insurance: combining empirical approaches and modelling. – *Climate & Development*, 14, 9, 804-813. <https://doi.org/10.1080/17565529.2021.2007837>
- Willeit, M.**, **Ganopolski, A.**, **Robinson, A.**, Edwards, N. R. (2022): The Earth system model CLIMBER-X v1.0 – Part 1: Climate model description and validation. – *Geoscientific Model Development*, 15, 14, 5905-5948. <https://doi.org/10.5194/gmd-15-5905-2022>
- Windisch, M. G.**, **Humpenöder, F.**, Lejeune, Q., Schleussner, C.-F., **Lotze-Campen, H.**, **Popp, A.** (2022): Accounting for local temperature effect substantially alters afforestation patterns. – *Environmental Research Letters*, 17, 2, 024030. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac4f0e>
- Winiwarter, W., Amon, B., **Bodirsky, B. L.**, Friege, H., Geupel, M., Lassaletta, L., Raghuram, N. (2022): Focus on reactive nitrogen and the UN sustainable development goals. – *Environmental Research Letters*, 17, 5, 050401. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac6226>
- Winkelmann, R.**, **Donges, J. F.**, Smith, E. K., Milkoreit, M., Eder, C., **Heitzig, J.**, Katsanidou, A., **Wiedermann, M.**, **Wunderling, N.**, Lenton, T. M. (2022): Social tipping processes towards climate action: A conceptual framework. – *Ecological Economics*, 192, 107242. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107242>
- Winkler, M., Dumont, G., **Schöll, E.**, Gutkin, B. (2022): Phase response approaches to neural activity models with distributed delay. – *Biological Cybernetics*, 116, 2, 191-203. <https://doi.org/10.1007/s00422-021-00910-9>
- Witthaut, D., **Hellmann, F.**, **Kurths, J.**, Kettmann, S., Meyer-Ortmanns, H., Timme, M. (2022): Collective nonlinear dynamics and self-organization in decentralized power grids. – *Reviews of Modern Physics*, 94, 1, 015005. <https://doi.org/10.1103/RevModPhys.94.015005>
- Wolf, F.**, Lehmann, S., Lorenz-Spreen, P. (2022): Successive Cohorts of Twitter Users Show Increasing Activity and Shrinking Content Horizons. – *Journal of Quantitative Description*, 2. <https://doi.org/10.51685/jqd.2022.014>
- Wolf, F.**, **Wunderling, N.** (2022): Warum jedes Zehntelgrad zählt: Der Einfluss von Kippelementen. – *Klima und Recht*, 7, 216-218.

- Wortmann, M.,** Duethmann, D., **Menz, C.,** Bolch, T., **Huang, S.,** Tong, J., **Kundzewicz, Z. W., Krysanova, V.** (2022): Projected climate change and its impacts on glaciers and water resources in the headwaters of the Tarim River, NW China/Kyrgyzstan. – *Climatic Change*, 171, 30. <https://doi.org/10.1007/s10584-022-03343-w>
- Wunderling, N.,** Staal, A., **Sakschewski, B.,** Hirota, M., Tuinenburg, O. A., **Donges, J. F.,** Barbosa, H. M. J., **Winkelmann, R.** (2022): Recurrent droughts increase risk of cascading tipping events by outpacing adaptive capacities in the Amazon rainforest. – *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)*, 119, 32, e2120777119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2120777119>
- Wunderling, N., Wolf, F.,** Tuinenburg, O., Staal, A. (2022): Network motifs shape distinct functioning of Earth's moisture recycling hubs. – *Nature Communications*, 13, 6574. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-34229-1>
- Xia, L., Robock, A., Scherrer, K., Harrison, C. S., **Bodirsky, B. L., Weindl, I., Jägermeyr, J.,** Bardeen, C. G., Toon, O. B., Heneghan, R. (2022): Global food insecurity and famine from reduced crop, marine fishery and livestock production due to climate disruption from nuclear war soot injection. – *Nature Food*, 3, 8, 586-596. <https://doi.org/10.1038/s43016-022-00573-0>
- Xu, W., He, W., Ho, D. W., **Kurths, J.** (2022): Fully distributed observer-based consensus protocol: Adaptive dynamic event-triggered schemes. – *Automatica*, 139, 110188. <https://doi.org/10.1016/j.automatica.2022.110188>
- Xu, W., **Kurths, J.,** Wen, G., Yu, X. (2022): Resilient Event-Triggered Control Strategies for Second-Order Consensus. – *IEEE Transactions on Automatic Control*, 67, 8, 4226-4233. <https://doi.org/10.1109/TAC.2021.3122382>
- Xu, W.,** Wang, Z., Hu, L., **Kurths, J.** (2022): State Estimation Under Joint False Data Injection Attacks: Dealing With Constraints and Insecurity. – *IEEE Transactions on Automatic Control*, 67, 12, 6745-6753. <https://doi.org/10.1109/TAC.2021.3131145>
- Yahmed, A. H., Braiek, H. B., Khomh, F., Bouzidi, S., **Zaator, R.** (2022): DiverGet: a Search-Based Software Testing approach for Deep Neural Network Quantization assessment. – *Empirical Software Engineering*, 27, 193. <https://doi.org/10.1007/s10664-022-10202-w>
- Yanchuk, S.,** Wolfrum, M., Pereira, T., Turaev, D. (2022): Absolute stability and absolute hyperbolicity in systems with discrete time-delays. – *Journal of Differential Equations*, 318, 323-343. <https://doi.org/10.1016/j.jde.2022.02.026>
- Yang, C., **Menz, C.,** De Abreu Jaffe, M. S., Costafreda-Aumedes, S., Moriondo, M., Leolini, L., Torres-Matallana, A., Molitor, D., Junk, J., Fraga, H., van Leeuwen, C., Santos, J. A. (2022): Projections of Climate Change Impacts on Flowering-Veraison Water Deficits for Riesling and Müller-Thurgau in Germany. – *Remote Sensing*, 14, 6, 1519. <https://doi.org/10.3390/rs14061519>
- Yang, C., **Menz, C.,** Fraga, H., Costafreda-Aumedes, S., Leolini, L., Ramos, M. C., Molitor, D., van Leeuwen, C., Santos, J. A. (2022): Assessing the grapevine crop water stress indicator over the flowering-veraison phase and the potential yield lose rate in important European wine regions. – *Agricultural Water Management*, 261, 107349. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107349>
- Yangouliba, G. I., **Koch, H., Liersch, S.,** Sintondji, L. O., Sidibé, M., Larbi, I., Limantol, A. M., Yira, Y., Dipama, J.-M., Kwawuvi, D. (2022): Impacts of hydro-climatic trends and upstream water management on hydropower generation at the Bagré dam. – *Journal of Water and Climate Change*, 13, 6, 2399-2413. <https://doi.org/10.2166/wcc.2022.452>
- Yao, Y., Vanderkelen, I., Lombardozi, D., Swenson, S., Lawrence, D., **Jägermeyr, J.,** Grant, L., Thiery, W. (2022): Implementation and Evaluation of Irrigation Techniques in the Community Land Model. – *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 14, 12, e2022MS003074. <https://doi.org/10.1029/2022MS003074>
- Yu, P., **Nian, D.,** Qiao, P., Liu, W., Zhang, Y. (2022): Memory Behaviors of Air Pollutions and Their Spatial Patterns in China. – *Frontiers in Physics*, 10, 875357. <https://doi.org/10.3389/fphy.2022.875357>
- Zakharova, A., Strelkova, G., **Schöll, E., Kurths, J.** (2022): Introduction to focus issue: In memory of Vadim S. Anishchenko: Statistical physics and nonlinear dynamics of complex systems. – *Chaos*, 32, 1, 010401. <https://doi.org/10.1063/5.0082335>
- Zander, K., Garnett, S., Sterly, H., Ayeb-Karlsson, S., **Sedova, B., Lotze-Campen, H.,** Richerzhagen, C., Baggen, H. (2022): Topic modelling exposes disciplinary divergence in research on the nexus between human mobility and the environment. – *Humanities and Social Sciences Communications*, 9, 34. <https://doi.org/10.1057/s41599-022-01038-2>
- Zech, R. M., **Molkenthin, N.,** Timme, M., Schröder, M. (2022): Collective dynamics of capacity-constrained ride-pooling fleets. – *Scientific Reports*, 12, 10880. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-14960-x>
- Zeitz, M., Haacker, J. M., Donges, J. F., Albrecht, T., Winkelmann, R.** (2022): Dynamic regimes of the Greenland Ice Sheet emerging from interacting melt-elevation and glacial isostatic adjustment feedbacks. – *Earth System Dynamics*, 13, 3, 1077-1096. <https://doi.org/10.5194/esd-13-1077-2022>
- Zhang, D., Tang, Y., Jin, X., **Kurths, J.** (2022): Quaternion-Based Attitude Synchronization With an Event-Based Communication Strategy. – *IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers*, 69, 3, 1333-1346. <https://doi.org/10.1109/TCSI.2021.3124245>
- Zhang, J., Wang, S., **Pradhan, P.,** Zhao, W., Fu, B. (2022): Mapping the complexity of the food-energy-water nexus from the lens of Sustainable Development Goals in China. – *Resources, Conservation and Recycling*, 183, 106357. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106357>
- Zhang, J., Wang, S., **Pradhan, P.,** Zhao, W., Fu, B. (2022): Untangling the interactions among the Sustainable Development Goals in China. – *Science Bulletin*, 67, 9, 977-984. <https://doi.org/10.1016/j.scib.2022.01.006>
- Zhao, A., Ermolaeva, A., Ullner, E., **Kurths, J.,** Gordleeva, S., Zaikin, A. (2022): Noise-induced artificial intelligence. – *Physical Review Research*, 4, 4, 043069. <https://doi.org/10.1103/PhysRevResearch.4.043069>
- Zhao, D., Li, Y., Xu, Y., Liu, Q., **Kurths, J.** (2022): Extreme events in a class of nonlinear Duffing-type oscillators with a parametric periodic force. – *European Physical Journal Plus*, 137, 314. <https://doi.org/10.1140/epjp/s13360-022-02530-z>
- Zhao, J., **Mattauch, L.** (2022): When standards have better distributional consequences than carbon taxes. – *Journal of Environmental Economics and Management*, 116, 102747. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2022.102747>
- Zheng, H., **Többen, J.,** Dietzenbacher, E., Moran, D., Meng, J., Wang, D., Guan, D. (2022): Entropy-based Chinese city-level MRIO table framework. – *Economic Systems Research*, 34, 4, 519-544. <https://doi.org/10.1080/09535314.2021.1932764>
- Zou, W., Chen, Y., Senthilkumar, D. V., **Kurths, J.** (2022): Oscillation quenching in diffusively coupled dynamical networks with inertial effects. – *Chaos*, 32, 4, 041102. <https://doi.org/10.1063/5.0087839>

Veröffentlichungen 2022

Artikel in nicht begutachteten Zeitschriften

Edenhofer, O., Kosch, S., Jütte, K. (2022): „Moral ist eine knappe Ressource“: Gespräch mit dem Klimaökonom Ottmar Edenhofer über Klimaclubs, CO₂-Preise und die Verantwortung der Kirchen angesichts notwendiger Veränderungen in der Klimakrise [Interview]. – *Zeitzeichen*, 23, 2, 40-43.

Edenhofer, O. (2022): Le rôle de la science dans la politique climatique des États [Interview]. – *Allemagne d'Aujourd'hui*, 239, 178-182. <https://doi.org/10.3917/all.239.0178>

Levermann, A. (2022): Mehr als Überleben [Kommentar]. – *taz FUTURZWEI*, 23, 51-52.

Winkelmann, R., Nicola, L., Notz, D. (2022): The Antarctic Ice Sheet – A Sleeping Giant? – *Frontiers for Young Minds*, 10, 702643. <https://doi.org/10.3389/frym.2022.702643>

Bücher

(Autorenschaft und Herausgeberschaft)

Dixon-Declève, S., **Gaffney, O.**, Ghosh, J., Randers, J., **Rockström, J.**, Stocknes, P. E. (2022): *Earth for All – Ein Survivalguide für unseren Planeten. Der neue Bericht an den Club of Rome, 50 Jahre nach »Die Grenzen des Wachstums«*, München : oekom, 249 p.

Dixon-Declève, S., **Gaffney, O.**, Ghosh, J., Randers, J., **Rockström, J.**, Stocknes, P. E. (2022): *Earth for all – A survival guide for humanity: a report to the Club of Rome, Gabriola Island* : New Society Publishers, 195 p.

Yanchuk, S., Jirsa, V., Cabral, J., Popovych, O., Torcini, A. (2022): *From Structure to Function in Neuronal Networks: Effects of Adaptation, Time-Delays, and Noise*, (Frontiers Research Topics), Lausanne : Frontiers Media SA, 214 p. <https://doi.org/10.3389/978-2-88976-138-8>

Buchkapitel

Becker, M. A. (2022): Resilienz als Grundpfeiler selbstbestimmten Handelns in einer sich wandelnden und wärmer werdenden Welt. Globale und lokale Perspektiven. – In: Pfaff, T., Schramkowski, B., Lutz, R. (Eds.), *Klimakrise, sozialökologischer Kollaps und Klimagerechtigkeit: Spannungsfelder für Soziale Arbeit*, Weinheim : Beltz Juventa, 278-293.

Breitenbach, S., **Marwan, N.** (2022): Die Bleißberghöhle – ein Glücksfall für die Klimaforschung. – In: *Nächster Halt: Bleißberghöhle*, Suhl : Thüringer Höhlenverein e. V., 96-106.

Dendorfer, J., **Hoffmann, R.**, Theine, H. (2022): Integrating environmental issues within party manifestos: Exploring trends across European welfare states. – In: Hvinen, B., Leiren, M. D., Schoyen, M. A. (Eds.), *Towards Sustainable Welfare States in Europe: Social Policy and Climate Change*, Cheltenham : Edward Elgar, 80-107. <https://doi.org/10.4337/9781839104633.00014>

Gornott, C., Graß, R., Nerger, R., Bandel, T., Doucet, T. (2022): Klimawandel. – In: Wachendorf, M., Bürkert, A., Graß, R. (Eds.), *Ökologische Landwirtschaft*, Stuttgart : Ulmer, 2., aktualisierte und erweiterte Auflage, 236-249.

Hiller, S., Isreal, J., **Heitzig, J.** (2022): An Axiomatic Approach to Formalized Responsibility Ascription. – In: Aydoğan, R., Criado, N., Lang, J., Sanchez-Anguix, V., Serramia, M. (Eds.), *PRIMA 2022: Principles and Practice of Multi-Agent Systems*, (Lecture Notes in Computer Science ; 13753), Cham : Springer, 435-457. https://doi.org/10.1007/978-3-031-21203-1_26

Imagiire, L. O. K. M., **Mester, B.**, Haun, S., Seidel, J. (2022): Open-Access Precipitation Networks and Machine Learning Algorithms as Tools for Flood Severity Prediction. – In: Kolathayar, S., Mondal, A., Chian, S. C. (Eds.), *Climate Change and Water Security*, (Lecture Notes in Civil Engineering ; 178), Singapore : Springer Nature, 131-142. https://doi.org/10.1007/978-981-16-5501-2_11

Pichler, P.-P. (2022): Emissionen des Gesundheitssektors – Status quo und Handlungsbedarf. – In: Graalman, J., Hirschhausen, E., Blum, K. (Eds.), *Jetzt oder nie: Nachhaltigkeit im Gesundheitswesen*, Berlin : MWV Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, 39-45.

Popp, A. (2022): Our Imprint on the Land. – In: Thunberg, G. (Ed.), *The Climate Book*, London : Allen Lane, 244-247.

Popp, A. (2022): Unser Abdruck auf dem Land. – In: Thunberg, G. (Ed.), *Das Klima-Buch*, Frankfurt am Main : S. Fischer Verlag, 268-272.

Pradhan, P., van Vuuren, D., Wigge, B., Bogers, M., Hickmann, T., Kalfagianni, A., Leininger, J., di Lucia, L., van Soest, H., **Warchold, A.**, Zimm, C. (2022): Methods for Analysing Steering Effects of Global Goals. – In: Biermann, F., Hickmann, T., Séni, C.-A. (Eds.), *The Political Impact of the Sustainable Development Goals: Transforming Governance Through Global Goals?*, Cambridge : Cambridge University Press, 172-203. <https://doi.org/10.1017/9781009082945.008>

Rahmstorf, S. (2022): Klima und Wetter bei 3 Grad mehr: Eine Erde, wie wir sie nicht kennen (wollen). – In: Wiegandt, K. (Ed.), *3 Grad mehr: ein Blick in die drohende Heißzeit und wie uns die Natur helfen kann, sie zu verhindern*, München : oekom Verlag, 13-30.

Rahmstorf, S. (2022): „Wir können es nicht zu weit treiben und dann sagen.“ – In: *Nachruf auf die Arktis*, München : btb, 36-56.

Rahmstorf, S. (2022): Die Erwärmung der Meere und der Anstieg des Meeresspiegels. – In: Thunberg, G. (Ed.), *Das Klima-Buch*, Frankfurt am Main : S. Fischer Verlag, 82-87.

Rahmstorf, S. (2022): Warming Oceans and Rising Seas. – In: Thunberg, G. (Ed.), *The Climate Book*, London : Allen Lane, 78-83.

Rockström, J. (2022): Kippunkte und Rückkopplungsschleifen. – In: Thunberg, G. (Ed.), *Das Klima-Buch*, Frankfurt am Main : S. Fischer Verlag, 33-41.

Rockström, J. (2022): Tipping Points and Feedback Loops. – In: Thunberg, G. (Ed.), *The Climate Book*, Allen Lane, 32-40.

Schellnhuber, H. J. (2022): Bauhaus für die Erde: Nachhaltige Nutzung von Holz im Bausektor. – In: Wiegandt, K. (Ed.), *3 Grad mehr: ein Blick in die drohende Heißzeit und wie uns die Natur helfen kann, sie zu verhindern*, München : oekom Verlag, 169-208.

Semyachkina-Glushkovskaya, O., Diduk, S., Anna, E., Elina, D., Artem, K., Khorovodov, A., Shirokov, A., Fedosov, I., Dubrovsky, A., Blokhina, I., Terskov, A., Karandin, G., Evsukova, A., Tsven, A., Telnova, V., Afranovich, I., Sokolovski, S., Rafailov, E., **Kurths, J.** (2022): Photomodulation of Lymphatic Delivery of Bevacizumab to the Brain: The Role of Singlet Oxygen. – In: Scholkmann, F., LaManna, J., Wolf, U. (Eds.), *Oxygen Transport to Tissue XLIII*, (Advances in Experimental Medicine and Biology ; 1395), Cham : Springer, 53-57. https://doi.org/10.1007/978-3-031-14190-4_9

Wenz, L., Kulik, F. (2022): Ökonomische Risiken: Über die Folgen der Klimakatastrophe für die Wirtschaft. – In: Wiegandt, K. (Ed.), *3 Grad mehr: ein Blick in die drohende Heißzeit und wie uns die Natur helfen kann, sie zu verhindern*, München : oekom Verlag, 93-119.

Wenz, L., Willner, S. (2022): Climate impacts and global supply chains: an overview. – In: Jakob, M. (Ed.), *Handbook on Trade Policy and Climate Change*, (Elgar Handbooks in Energy, the Environment and Climate Change), Cheltenham : Edward Elgar, 293-319.

Winkelmann, R. (2022): Ice Sheets, Shelves and Glaciers. – In: Thunberg, G. (Ed.), *The Climate Book*, London : Allen Lane, 76-77.

Winkelmann, R. (2022): Eisschilde, Schelfeis und Gletscher. – In: Thunberg, G. (Ed.), *Das Klima-Buch*, Frankfurt am Main : S. Fischer Verlag, 79-81.

Wu, W., Peng, H., Li, L., Stanley, H. E., Wang, L., **Kurths, J.** (2022): A Novel Intelligent Ant Colony System Based on Blockchain. – In: Tan, Y., Shi, Y., Niu, B. (Eds.), *Advances in Swarm Intelligence*, (Lecture Notes in Computer Science ; 13344), Cham : Springer, 230-246. https://doi.org/10.1007/978-3-031-09677-8_20

Reports

Binder, L., Sedova, B., Rüttinger, L., Tomalka, J., Gleixner, S., Hauf, Y., Lange, S., Neer, S., Lipka, N., Viehoff, A., Hornsby, M., Dieffenbacher, J. (2022): *Climate Risk Profile: Somalia*, Potsdam : Potsdam Institute for Climate Impact Research, adelphi, 19 p.

Binder, L., Sedova, B., Rüttinger, L., Tomalka, J., Gleixner, S., Hauf, Y., Lange, S., Viehoff, A., Dieffenbacher, J. (2022): *Climate Risk Profile: Jordan*, Potsdam : Potsdam Institute for Climate Impact Research, adelphi, 24 p.

Binder, L., Sedova, B., Rüttinger, L., Tomalka, J., Gleixner, S., Hauf, Y., Lange, S., Viehoff, A., Hornsby, M., Dieffenbacher, J., Pereira, L. C. (2022): *Climate Risk Profile Iraq*, Potsdam : Potsdam Institute for Climate Impact Research, adelphi, 22 p.

Boirard, A., Gayle, D., Löber, T., Parisi, L., Payerols, C., Schets, E., Spaggiari, M., Bavandi, A., **Bertram, C., Paries, M. D., Dees, S., Edmonds, J., Galle, Q., Hurst, I., Kriegl, E., Liadze, I., Mahul, O., Moles, P., Piontek, F., Richters, O., Schleppen, J., van Ruijven, B., Zimmer, A.** (2022): *NGFS Scenarios for central banks and supervisors*, 48 p.

Busch, T., **Edenhofer, O.**, Engels, A., Hanselka, H., Matthes, F. C., Pittel, K., Renn, O., Schlacke, S., Bähr, K., Berger, J., Camier, C., Hermann, H., Kiesow, T., **Knapp, J., Kraft, D., Mendelevitch, R., Meyn, A., Neukirch, M., Ohlson, T., Pfeiffer, J., Schmitt, A., Wentzien, H., Wojtkiewicz, W., Wolf, S.** (2022): *Auf dem Weg zur Klimaneutralität: Umsetzung des European Green Deal und Reform der Klimapolitik in Deutschland – Jahresgutachten 2021 der Wissenschaftsplattform Klimaschutz*, Berlin : Wissenschaftsplattform Klimaschutz, 146 p.

Fesenfeld, L., **Pörtner, L. M., Bodirsky, B. L., Springmann, M., von Philipsborn, P., Gaupp, F., Müller, D., Settele, J., Gabrysch, S., Freund, F., Mattauch, L., Creutzig, F., Lotze-Campen, H.** (2022): *Policy Brief: Für Ernährungssicherheit und eine lebenswerte Zukunft – Pflanzenbasierte Ernährungsweisen fördern, Produktion und Verbrauch tierischer Lebensmittel reduzieren*, Geneva : CERN / zenodo, 15 p. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7038961>

Harper, A., Vinke, K., **Blocher, J.** (2022): *Gender, Displacement and Climate Change*, Genève : United Nations High Commissioner for Refugees (UNHCR), 4 p.

Homer-Dixon, T., Renn, O., **Rockström, J., Donges, J. F., Janzwood, S.** (2022): *A Call for An International Research Program on the Risk of a Global Polycrisis*, (Technical Paper ; 2022-03), Colwood, British Columbia : Cascade Institute, 11 p. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4058592>

Hornberg, C., Kempfer, C., Dornack, C., Köck, W., **Lucht, W., Settele, J., Töller, A. E.** (2022): *Klimaschutz braucht Rückenwind: Für einen konsequenten Ausbau der Windenergie an Land*, Berlin : Sachverständigenrat für Umweltfragen.

Hornberg, C., Kempfer, C., Dornack, C., Köck, W., **Lucht, W., Settele, J., Töller, A. E.** (2022): *Wie viel CO₂ darf Deutschland maximal noch ausstoßen? Fragen und Antworten zum CO₂-Budget*, Berlin : Sachverständigenrat für Umweltfragen, 30 p.

Hornberg, C., Kempfer, C., Dornack, C., Köck, W., **Lucht, W., Settele, J., Töller, A. E.** (2022): *A justified ceiling to Germany's CO₂ emissions: Questions and answers on its CO₂ budget*, Berlin : Sachverständigenrat für Umweltfragen, 30 p.

Kalkuhl, M., Flachslund, C., Knopf, B., Amberg, M., Bergmann, T., Kellner, M., Stüber, S., Hayward, L., Roolfs, C., **Edenhofer, O.** (2022): *Auswirkungen der Energiepreiskrise auf Haushalte in Deutschland: sozialpolitische Herausforderungen und Handlungsoptionen*, (MCC-Arbeitspapier), 38 p.

Kalkuhl, M., **Franks, R. M., Friedemann, G., Lessmann, K., Edenhofer, O.** (2022): *Pigou's Advice and Sisyphus' Warning: Carbon Pricing with Non-Permanent Carbon-Dioxide Removal*, (CESifo Working Paper), 61 p.

Leip, D., Crawford, M., Hunecke, C., Collignon, Q., Bodirsky, B. L., Gaupp, F., Lotze-Campen, H. (2022): *The Importance of Analyzing Interdependencies to Build a Healthy, Nature-Positive, and Inclusive Food System*, (FSEC Working Paper), Potsdam : Potsdam Institute for Climate Impact Research, Food System Economics Commission, 27 p.

Luderer, G., Bartels, F., Blesl, M., Burkhardt, A., Edenhofer, O., Fahl, U., Gillich, A., Herbst, A., Hufendiek, K., Kaiser, M., Kittel, L., Koller, F., Kost, C., Pietzcker, R. C., Rehfeldt, M., Schreyer, F., Seibert, D., Sievers, L. (2022): *Deutschland auf dem Weg aus der Gaskrise: Wie sich Klimaschutz und Energiesouveränität vereinen lassen*, (Ariadne-Kurz Dossier), Potsdam : Potsdam Institute for Climate Impact Research, 40 p. <https://doi.org/10.48485/pik.2022.004>

Nagarajan, C., **Binder, L., Destrijcker, L., Michellini, S., Rüttinger, L., Sangare, B., Sedova, B., Vivekananda, J., Zaatour, R.** (2022): *Climate, peace and security assessment: Mali*, Berlin : adelphi, Potsdam Institute for Climate Impact Research, 60 p.

Pahle, M., Kosch, M., Brigitte, K., Flachslund, C., Edenhofer, O. (2022): *Eckpunkte und no-regret Maßnahmen für die Weiterentwicklung der CO₂-Bepreisung auf deutscher und europäischer Ebene*, (Ariadne-Hintergrund), Potsdam : Potsdam Institute for Climate Impact Research, 10 p.

Pörtner, H.-O., Roberts, D. C., Adams, H., Adler, C., Aldunce, P., Ali, E., Begum, R. A., Betts, R., Kerr, R. B., Biesbroek, R., Birkmann, J., Bowen, K., Castellanos, E., Cissé, G., Constable, A., Cramer, W., Dodman, D., Eriksen, S. H., Fischlin, A., Garschagen, M., Glavovic, B., Gilmore, E., Haasnoot, M., Harper, S., Hasegawa, T., Hayward, B., Hirabayashi, Y., Howden, M., Kalaba, K., Kiessling, W., Lasco, R., Lawrence, J., Lemos, M. F., Lempert, R., Ley, D., Lissner, T., Lluch-Cota, S., Loeschke, S., Lucatello, S., Luo, Y., Mackey, B., Maharaj, S., Mendez, C., Mintenbeck, K., Möller, V., Vale, M. M., Morecroft, M. D., Mukherji, A., Mycoo, M., Mustonen, T., Nalau, J., Okem, A., Ometto, J. P., Parmesan, C., Pelling, M., Pinho, P., Poloczanska, E., Racault, M.-F., Reckien, D., Pereira, J., Revi, A., Rose, S., Sanchez-Rodriguez, R., Schipper, E. L. F., Schmidt, D., Schoeman, D., Shaw, R., Singh, C., Solecki, W., Stringer, L., Thomas, A., Totin, E., Trisos, C., van Aalst, M., Viner, D., Wairiu, M., Warren, R., Yanda, P., Ibrahim, Z. Z., Adrian, R., Craig, M., Degvol, F., Ebi, K. L., **Frieler, K., Jamshed, A., McMillan, J., Mechler, R., New, M., Simpson, N. P., Stevens, N.** (2022): *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Geneva : Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 36 p.

Rahner, E., Grosse, A., Thonicke, K. (Eds.) (2022): *10 Must Dos from Biodiversity Science 2022*, Potsdam : Leibniz Research Network Biodiversity, 4 p. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7361181>

Rahner, E., Grosse, A., Thonicke, K. (Eds.) (2022): *10 Must-Dos aus der Biodiversitätsforschung 2022*, Potsdam : Leibniz-Forschungsnetzwerk Biodiversität, 4 p. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7322802>

Veröffentlichungen 2022

Richters, O., Bertram, C., Kriegler, E., Anz, J., Beck, T., Bresch, D. N., Charles, M., Clarke, L., Cui, R., Edmonds, J., Hackstock, P., **Hilaire, J.,** Holland, D., Hurst, I., Al Khourdajie, A., Kikstra, J., Kropf, C., Lejeune, Q., Lewis, J., Liadze, I., **Meinshausen, M.,** Min, J., Nicholls, Z., **Pfleiderer, P., Piontek, F.,** Rogelj, J., **Sauer, I.,** Schleussner, C.-F., Schleyppen, J. R., Schwind, N., Sferra, F., van Ruijven, B., **Weigmann, P.,** Yu, S., Zhao, A., Zimmer, A., Zwerling, M. (2022): NGFS Climate Scenarios Database: Technical Documentation V3.1, 48 p.

Sörgel, B., Kriegler, E., Bertram, C., Crawford, M., Delsa, L., **Franks, R. M., Humpenöder, F.,** Leip, D., **Lessmann, K., Popp, A.,** Taconet, N., **Weindl, I., Edenhofer, O.** (2022): Joint implementation of the Sustainable Development Goals, climate change mitigation and biosphere protection: Policy options for tackling multiple crises simultaneously, Potsdam : Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK), 33 p. <https://doi.org/10.48485/pik.2022.003>

Strefler, J., Bauer, N., Kaestner, K., **Kriegler, E., Merfort, L.,** Schoofs, A., **Stevanović, M.,** Tänzler, D., Vance, C., Wintermeyer, F., Wright, E. (2022): Wege zur Treibhausgasneutralität bis 2050. Der Einfluss von Politik, Technologie und Verhalten auf eine erfolgreiche Transformation, (DIPOL), Potsdam, Essen, Berlin : Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, RWI Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung und adelphi, 37 p.

Thonicke, K., Rahner, E., Arneth, A., Bartkowski, B., Bonn, A., Döhler, C., Finger, R., Freitag, J., Grosch, R., Grossart, H.-P., Grützmacher, K., Hartman Scholz, A., Häuser, C., Hickler, T., Hölker, F., Jähnig, S. C., Jeschke, J., Kassen, R., Kastner, T., Kramer-Schadt, S., Krug, C., Lakner, S., Loft, L., Matzdorf, B., Meakins, F., De Meester, L., Monaghan, M. T., Müller, D., Overmann, J., Quaas, M., Radchuk, V., **Reyer, C. P. O.,** Roos, C., Scholz, I., Schroer, S., Sioen, G. B., Sommer, S., Sommerwerk, N., Tockner, K., Turk, Z., Warner, B., Wätzold, F., Wende, W., Veenstra, T., van der Voort, H. (2022): 10 Must-Knows aus der Biodiversitätsforschung 2022, Potsdam : Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, 59 p. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6257476>

Thonicke, K., Rahner, E., Arneth, A., Bartkowski, B., Bonn, A., Döhler, C., Finger, R., Freitag, J., Grosch, R., Grossart, H.-P., Grützmacher, K., Hartman Scholz, A., Häuser, C., Hickler, T., Hölker, F., Jähnig, S. C., Jeschke, J., Kassen, R., Kastner, T., Kramer-Schadt, S., Krug, C., Lakner, S., Loft, L., Matzdorf, B., Meakins, F., De Meester, L., Monaghan, M. T., Müller, D., Overmann, J., Quaas, M., Radchuk, V., **Reyer, C. P. O.,** Roos, C., Scholz, I., Schroer, S., Sioen, G., Sommer, S., Sommerwerk, N., Tockner, K., Turk, Z., Warner, B., Wätzold, F., Wende, W., Veenstra, T., van der Voort, H. (2022): 10 Must Knows from Biodiversity Science 2022, Potsdam : Potsdam Institute for Climate Impact Research, 59 p. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6257527>

Thornton, F. (2022): Relocation and Human Mobility in the Context of Climate Change in the Pacific Region, (Research Brief on Financing Planned), Pacific Resilience Partnership, 18 p.

Tomalka, J., Lange, S., Gleixner, S., Gornott, C. (2022): Climate Risk Profile: Cameroon, (Climate Risk Profiles for Sub-Saharan Africa), Potsdam : A joint publication by the Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK), the German Federal Ministry for Economic Cooperation and Development (BMZ), the Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH and the KfW Development Bank, 12 p.

Tomalka, J., Lange, S., Gleixner, S., Gornott, C. (2022): Climate Risk Profile: Senegal, (Climate Risk Profiles for Sub-Saharan Africa Series), Potsdam : A joint publication by the Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK), the German Federal Ministry for Economic Cooperation and Development (BMZ), the Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH and the KfW Development Bank, 12 p.

Tomalka, J., Lange, S., Gleixner, S., Gornott, C. (2022): Climate Risk Profile: Zambia, Potsdam : A joint publication by the Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK), the German Federal Ministry for Economic Cooperation and Development (BMZ), the Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH and the KfW Development Bank, 12 p.

Tomalka, J., Lange, S., Gleixner, S., Ostberg, S., Gornott, C. (2022): Climate Risk Profile for Pakistan, Potsdam : A joint publication by the Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK), the German Federal Ministry for Economic Cooperation and Development (BMZ), the Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH and the Ministry of Planning, Development and Special Initiatives of Pakistan, 18 p.

Verkerk, P. J., Delacote, P., Hurmekoski, E., Kunttu, J., Matthews, R., Mäkipää, R., Mosley, F., Perugini, L., **Reyer, C. P. O.,** Roe, S., Trømborg, E. (2022): Forest-based climate change mitigation and adaptation in Europe, (From Science to Policy ; 14), Joensuu, Finland : European Forest Institute, 76 p. <https://doi.org/10.36333/fs14>

Blocher, J., Destrijcker, L., Fischer, B., Gleixner, S., Gornott, C., Hegre, H., Jansen, L., Jones, B., Kjærøum, A., Lindqvist-McGowan, A., **von Loeben, S. C.,** Manger, N., **Tomalka, J.,** Vesco, P., **Vinke, K., Wesch, S., Zvolisky, A.** (2022): Moving from reaction to action – Anticipating vulnerability hotspots in the Sahel: A synthesis report from the Sahel predictive analysis project in support of the United Nations integrated strategy for the Sahel, Dakar : UNISS – United Nations Integrated Strategy for the Sahel, 106 p.

Kapitel in Reports

Edenhofer, O., Kosch, M., Pahle, M., Zachmann, G. (2022): Four ways to make the European Commission's carbon pricing proposal fitter for 55. – In: Tagliapietra, S., Wolff, G., Zachmann, G. (Eds.), Greening Europe's post-COVID-19 recovery, (Blueprint series ; 32), Brussels : Bruegel, 120-133.

Riahi, K., Schaeffer, R., Arango, J., Calvin, K., Guivarch, C., Hasegawa, T., Jiang, K., **Kriegler, E.,** Matthews, R., Peters, G., Rao, A., Robertson, S., Sebbit, A. M., Steinberger, J., Tavoni, M., van Vuuren, D., Al Khourdajie, A., **Bertram, C.,** Bosetti, V., Brutschin, E., Byers, E., Carleton, T., Clarke, L., Cowie, A., Diaz, D., Drouet, L., Dubash, N., Edmonds, J., Fuglestvedt, J. S., Fujimori, S., Geden, O., Grassi, G., Grubb, M., Stromman, A. H., Jotzo, F., Kikstra, J., Klimont, Z., Köberle, A., Lamboll, R., Lecocq, F., Lewis, J., Seng Lim, Y., Marangoni, G., Masanet, E., Masui, T., McCollum, D., **Meinshausen, M.,** Mejean, A., Millward-Hopkins, J., Mitchell, C., Nabuurs, G.-J., Nicholls, Z., O'Neill, B., Patt, A., **Piontek, F.,** Reisinger, A., Rogelj, J., Rose, S., van Ruijven, B., Saheb, Y., Sandstad, M., Skea, J., Smith, C., **Sörgel, B.,** Tirana, F., van der Wijst, K.-I., Winkler, H. (2022): Mitigation pathways compatible with long-term goals. – In: Shukla, P. R., Skea, J., Slade, R., Al Kouradajie, A., van Diemen, R., McCollum, M., Pathak, M., Some, S., Vyas, P., Fradera, R., Hasija, A., Lisboa, G., Luz, S., Malley, J. (Eds.), Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva : The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 295-408.

Datenpublikationen

Albrecht, T. (2022): PISM parameter ensemble analysis of Antarctic Ice Sheet glacial cycle simulations – additional data. <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.940149>

Gütschow, J., Pflüger, M. (2022): The PRI-MAP-hist national historical emissions time series (1750-2021) v2.4. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7179775>

Humpenöder, F., Bodirsky, B. L., Weindl, I., Lotze-Campen, H., Linder, T., **Popp, A.** (2022): Data repository – Substitution of ruminant meat with microbial protein in forward-looking global land-use scenarios towards 2050. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5794460>

Lange, S., Büchner, M. (2022): Secondary ISIMIP3b bias-adjusted atmospheric climate input data. <https://doi.org/10.48364/ISI-MIP.581124.1>

Lange, S., Mengel, M., Treu, S., Büchner, M. (2022): ISIMIP3a atmospheric climate input data. <https://doi.org/10.48364/isimip.982724.1>

Luderer, G., Bauer, N., Baumstark, L., Bertram, C., Leimbach, M., Pietzcker, R. C., Strefler, J., Aboumahboub, T., Abrahão, G. M., Auer, C., Benke, F., Bi, S., Dietrich, J. P., Dirnaichner, A., Giannousakis, A., Gong, C. C., Haller, M., Hasse, R., Hilaire, J., Hoppe, J., Klein, D., Koch, J., Körner, A., Kowalczyk, K. A., Kriegler, E., Levesque, A., Lorenz, A., Ludig, S., Lüken, M., Malik, A., Manger, S., Merfort, A., Merfort, L., Moreno-Leiva, S., Mouratiadou, I., Odenweller, A., Pehl, M., Piontek, F., Popin, L., Rauner, S., Richters, O., Rodrigues, R., Roming, N., Rottoli, M., Schmidt, E., Schötz, C., Schreyer, F., Schultes, A., Sörgel, B., Ueckerdt, F., Verpoort, P., Weigmann, P. (2022): REMIND – REgional Model of INvestments and Development. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6794920>

Mahnken, M., Collalti, A., Dalmonech, D., Carlo, T., Volodymyr, T., Augustynczyk, A. L. D., Yousef-pour, R., **Gutsch, M.,** Cameron, D., Bugmann, H., Huber, N., Thrippleton, T., Bohn, F., Nadal-Sala, D., Sabaté, S., Grote, R., Mäkelä, A., Minunno, F., Peltoniemi, M., Vallet, P., Fabrika, M., Merganičová, K., **Vega del Valle, I., Volkholz, J., Reyer, C. P. O.** (2022): ISIMIP2a Simulation Data from the Regional Forests Sector (v1.0). <https://doi.org/10.48364/ISIMIP.169780>

Mishra, A. (2022): Model results of reduced wood harvest and forest protection scenarios using MAGPIE 4.3.5. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6055652>

Mishra, A., Humpenöder, F., Churkina, G., Reyer, C. P. O., Beier, F., Bodirsky, B. L., Schellhuber, H. J., Lotze-Campen, H., Popp, A. (2022): Data repository – Transition to timber cities can help reduce carbon emissions without increasing competition for land. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6549362>

Mishra, A., Humpenöder, F., Reyer, C. P. O., Beier, F., Lotze-Campen, H., Popp, A. (2022): Realizing COP26's declaration on deforestation protects forests at the expense of non-forest land. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7064847>

Pflüger, M., Gütschow, J. (2022): UNFCCC country-submitted greenhouse gas emissions data until 2022-12-13. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7432088>

Wang-Erlandsson, L., Tobian, A., van der Ent, R. J., Fetzer, I., Wierik, S. t., Porkka, M., Staal, A., Jaramillo, F., Dahlmann, H., Singh, C., Greve, P., **Gerten, D.,** Keys, P. W., Gleeson, T., Cornell, S. E., Steffen, W., Bai, X., **Rockström, J.** (2022): Data accompanying article: A planetary boundary for green water. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6339619>

Software- publikationen

Brandt, C., **Marwan, N.** (2022): Difference recurrence plots for structural inspection using guided ultrasonic waves, Geneva : CERN / Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7229221>

Kitzmann, N. (2022): Analysis code and data used in Kitzmann et al. (EPJ-ST, 2022), Geneva : CERN / Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6105486>

Luderer, G., Bauer, N., Gong, C. C., Odenweller, A., Baumstark, L., Bertram, C., Leimbach, M., Pietzcker, R. C., Strefler, J., Aboumahboub, T., Abrahão, G. M., Auer, C., Benke, F., Bi, S., Dietrich, J. P., Dirnaichner, A., Giannousakis, A., Haller, M., Hasse, R., Hilaire, J., Hoppe, J., Klein, D., Koch, J., Kowalczyk, K. A., Kriegler, E., Levesque, A., Ludig, S., Malik, A., Merfort, A., Merfort, L., Moreno Leiva, S., Mouratiadou, I., Pehl, M., Piontek, F., Popin, L., Rauner, S., Richters, O., Schötz, C., Rodrigues, R., Ueckerdt, F., Zerrahn, A., Schreyer, F., Sörgel, B., Weigmann, P., Schill, W.-P., Verpoort, P., Rottoli, M. (2022): REMIND – DIETER coupling (v1.1), Geneva : CERN / Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7053246>

Marwan, N. (2022): Data and MATLAB Code for Reproducing RPs and RQA of Westerhold et al, Science, 369, 2020, Geneva : CERN / Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6311999>

Marwan, N. (2022): Edit distance based recurrence plot for event time series, Geneva : CERN / Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7467886>

Marwan, N., Krämer, K.-H. (2022): Trends in recurrence analysis of dynamical system, Geneva : CERN / Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6623542>

Mishra, A., Humpenöder, F. (2022): MAGPIE model – Transition to timber cities can help reduce carbon emissions without increasing competition for land, Geneva : CERN / Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6551236>

Nauck, C., Lindner, M., Schürholt, K., Hellmann, F. (2022): Paper companion: Towards dynamic stability analysis of sustainable power grids using graph neural networks (Neurips Workshop Climate Change AI), Geneva : CERN / Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7357903>

Ostberg, S. (2022): Code for LandInG v.1.0 sample application at 5 arc-minute and 30 arc-minute resolution, Geneva : CERN / Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7371650>

Pflüger, M. (2022): rOpenscmRunner: Run different simple climate models from R using a unified interface, San Francisco : GitHub.

Pflüger, M., Gütschow, J. (2022): pik-primap/primap2: PRIMAP2 Version 0.9.5, Geneva : CERN / Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7434154>

Werner, C., Lucht, W., Kammann, C., Braun, J. (2022): Original source code as used in Werner et al. "Land-neutral negative emissions through biochar-based fertilization – global potentials driven by management and pyrolysis conditions" -- submitted to Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, Geneva : CERN / Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7116841>

Impressum

Herausgeber

Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e.V. (PIK) · Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft
Postfach 60 12 03 · 14412 Potsdam · Deutschland · www.pik-potsdam.de

Redaktion Ina Baum, Alison Schlums, Jonas Viering, Sina Lippmann

Gestaltung Dirk Biermann

Druck bud – brandenburgische universitätsdruckerei und verlagsgesellschaft potsdam mbh
Klimaneutral gedruckt



Sie möchten diesen Sachbericht online lesen oder auf vorherige Ausgaben zugreifen? Folgen Sie dem QR-Code: Diese Codes lassen sich mit Smartphones oder Tablet-PCs über kostenlose Apps (Barcode Scanner) abrufen. Installieren und starten Sie eine solche App. Richten Sie dann die Kamera Ihres Gerätes auf den abgebildeten QR-Code, um zur verknüpften Internetseite weitergeleitet zu werden.



Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e.V. (PIK)

Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

Besucheradresse Telegrafenberg A 31 · 14473 Potsdam

Postadresse Postfach 60 12 03 · 14473 Potsdam

E-Mail presse@pik-potsdam.de

Internet www.pik-potsdam.de

