

## **Warnung von Weltwissenschaftlern vor einem Klimanotstand 2021**

WILLIAM J. RIPPLE, CHRISTOPHER WOLF, THOMAS M. NEWSOME, JILLIAN W. GREGG, TIMOTHY M. LENTON, IGNACIO PALOMO, JASPER A. J. EIKELBOOM, BEVERLY E. LAW, SALEEMUL HUQ, PHILIP B. DUFFY, UND JOHAN ROCKSTRÖM

In 2019 warnten Ripple et al. (2020) vor unermesslichem Leid und riefen zusammen mit mehr als 11.000 Wissenschaftlern aus 153 Ländern den Klimanotstand aus.

Sie präsentierten Diagramme planetarischer Vitalzeichen die sehr beunruhigende Trends aufzeigen, sowie einen geringen Fortschritt der Menschheit bei der Bekämpfung des Klimawandels. Basierend auf diesen Daten und der moralischen Verpflichtung der Wissenschaftler „die Menschheit klar vor jeder katastrophalen Bedrohung zu warnen“, riefen sie zu transformativen Veränderungen auf. Seit der Veröffentlichung des Artikels haben mehr als 2.800 zusätzliche Wissenschaftler diese Erklärung des Klimanotstands unterzeichnet (siehe Ergänzungsdatei S1 für die aktuelle Unterzeichnerliste). Außerdem haben 1.990 Gerichtsbarkeiten in 34 Ländern inzwischen einen Klimanotstand offiziell erklärt oder anerkannt (Abbildung 1p).

Gleichzeitig gab es seit 2019 einen beispiellosen Anstieg klimabedingter Katastrophen, darunter verheerende Überschwemmungen in Südamerika und Südostasien, rekordbrechende Hitzewellen und Waldbrände in Australien und im Westen der Vereinigten Staaten, eine außergewöhnliche Hurrikansaison im Atlantik und verheerende Wirbelstürme in Afrika, Südasien und im Westpazifik (siehe Zusatzdatei S2 für Informationen zur Zuordnung). Es gibt auch immer mehr Beweise dafür, dass wir uns Wendepunkten, die mit kritischen Teilen des Erdsystems verbunden sind, nähern oder diese bereits überschreiten. Dazu gehören die Eisschilde der Westantarktis und Grönlands, Warmwasserkorallenriffe und der Amazonas-Regenwald (Ergänzungsdatei S2). Angesichts dieser alarmierenden Entwicklungen brauchen wir kurze, häufige und leicht zugängliche Updates zum Klimanotstand.

### **Aktuelle Trends der planetarischen Vitalzeichen**

In diesem Artikel untersuchen wir die jüngsten Veränderungen der planetaren Vitalzeichen seit der Veröffentlichung von Ripple et al. (2020). Von den 31 Statistiken, die wir verfolgen, haben 18 neue Allzeittiefs oder -hochs erreicht (Ergänzungstabelle S1). Nachfolgend sind bemerkenswerte aktuelle Muster potenzieller Klimatreiber (Abbildung 1) und Auswirkungen (Abbildung 2) aufgeführt:

#### **Lebensmittel.**

Zum ersten Mal stieg die Zahl der Wiederkäuer weltweit über 4 Milliarden, was viel mehr Masse darstellt als alle Menschen und wilden Säugetiere zusammen (Abbildung 1c). Die jüngste Pro-Kopf-Fleischproduktion (Abbildung 1d) ging jedoch zwischen 2018 und 2020 um etwa 5,7% (2,9 Kilogramm pro Person) zurück, wahrscheinlich aufgrund eines Ausbruchs der Afrikanischen Schweinepest in China, der das Schweinefleischangebot reduzierte. Künftige Rückgänge des Fleischkonsums und der Fleischproduktion werden wahrscheinlich nicht eintreten, bis es eine allgemeine Umstellung auf pflanzliche Ernährung oder eine Zunahme der Verwendung von

Fleischanaloga (Ersatzprodukten) gibt, die immer beliebter werden und bis 2026 weltweit auf einen Wert von 3,5 Milliarden US-Dollar geschätzt werden (MarketsandMarkets 2020).

### **Amazonas-Regenwald.**

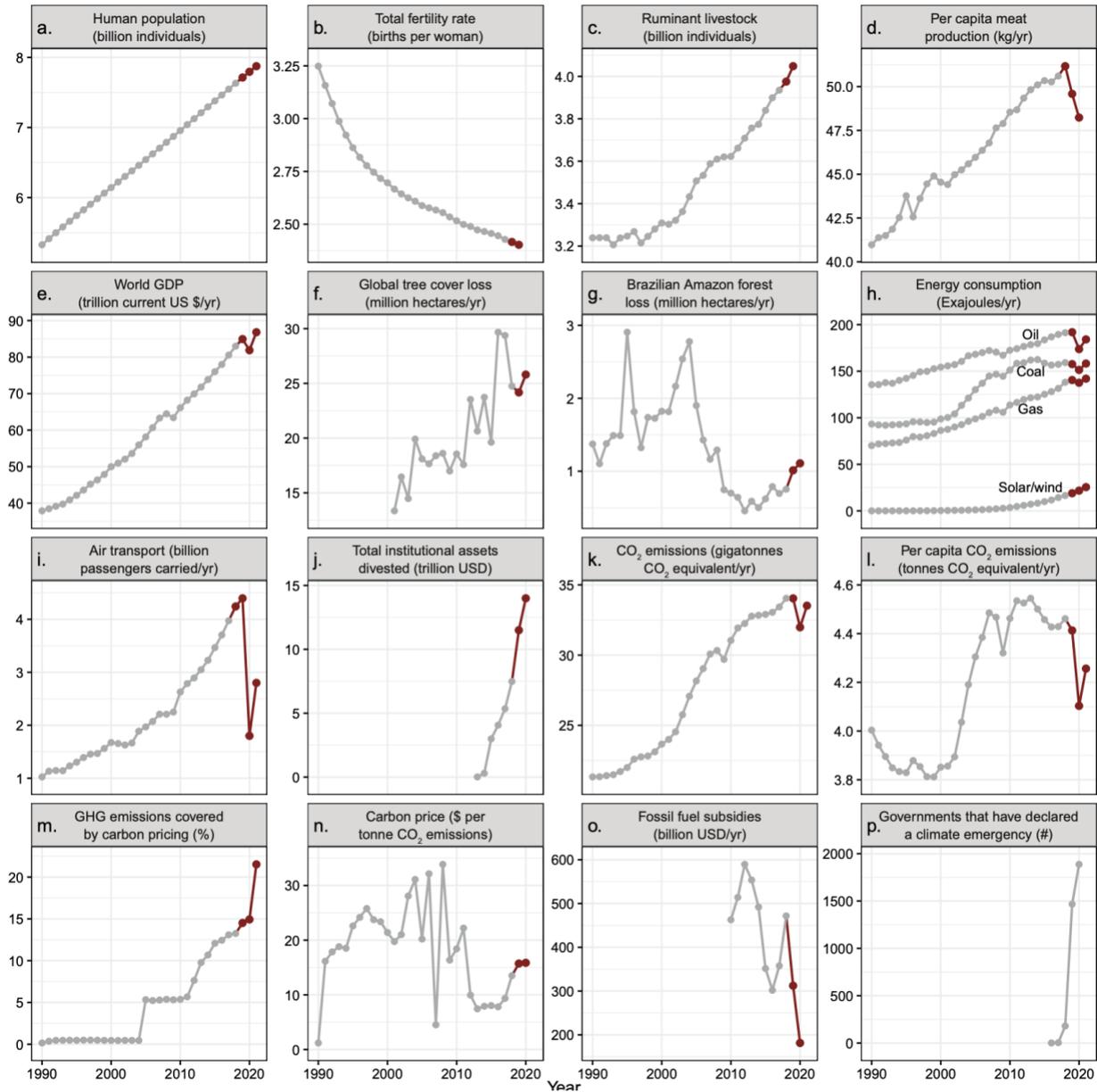
Der jährliche Verlust des brasilianischen Amazonas-Regenwaldes stieg 2019 und 2020 und erreichte mit 1,11 Millionen zerstörten Hektar ein 12-Jahres-Hoch (Abbildung 1g). Der Anstieg war wahrscheinlich auf eine nachlassende Durchsetzung der Entwaldungsvorschriften zurückzuführen, was einen starken Anstieg der illegalen Landrodung für die Rinder- und Sojawirtschaft auslöste (Junior et al. 2021). Entwaldung durch Brände, Dürre, Abholzung und Fragmentierung hat dazu geführt, dass diese Region eher als Kohlenstoffquelle denn als Kohlenstoffsenke fungiert (Qin et al. 2021).

### **Klimaökonomie.**

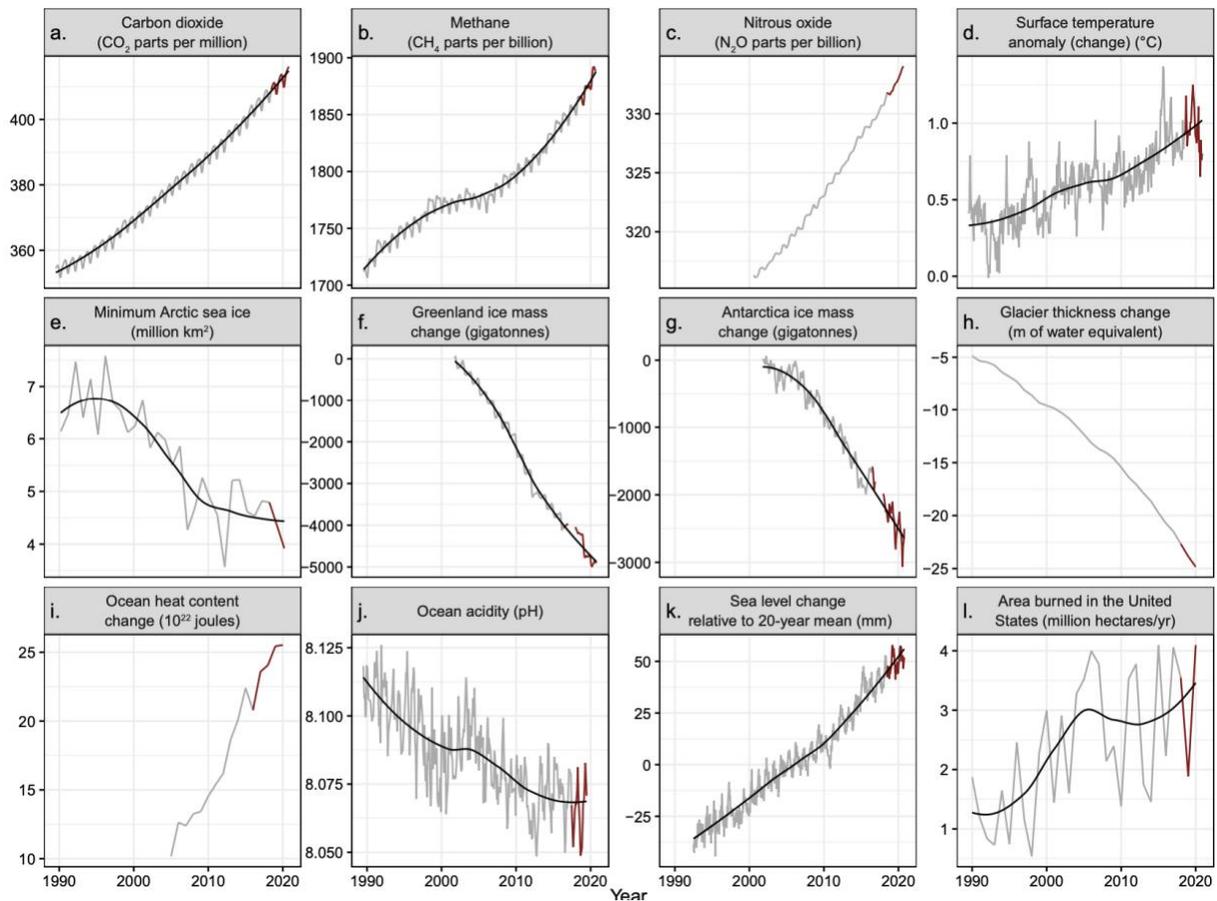
Das weltweite Bruttoinlandsprodukt ist im Jahr 2020 als Reaktion auf die COVID-19-Pandemie um 3,6% zurückgegangen, befindet sich nach Abschätzungen derzeit aber auf einem Allzeithoch (Abbildung 1e). Der Verkauf von fossilen Brennstoffen nahm stark zu. Dieser stieg zwischen 2018 und 2020 um 6,5 Billionen US-Dollar (Abbildung 1j), während gleichzeitig die Subventionen für fossile Brennstoffe auf ein Rekordtief von 181 Milliarden US-Dollar im Jahr 2020 fielen. Das entspricht einem Rückgang von 42% gegenüber 2019, wahrscheinlich aufgrund von verringerter Energienutzung und -preisen (Abbildung 1o). Der Anteil der Treibhausgasemissionen, der durch CO<sub>2</sub>-Bepreisung abgedeckt ist, wird zwischen 2018 und 2021 voraussichtlich von 14,4% auf 23,2% steigen (Abbildung 1m). Ein Großteil dieses Anstiegs ist auf ein von China vorgeschlagenes CO<sub>2</sub>-Bepreisungssystem zurückzuführen. China baut immer noch schnell viele Kohlekraftwerke und ist jetzt für mehr Emissionen verantwortlich als die gesamte entwickelte Welt (Ergänzungstabelle S2; Rhodium Group 2021). Der weltweite emissionsgewichtete Durchschnittspreis pro Tonne Kohlendioxid ist nach wie vor zu niedrig (15,49 US-Dollar im Jahr 2020) und müsste um ein Vielfaches steigen, um den Verbrauch fossiler Brennstoffe wirksam einzudämmen (Abbildung 1n).

### **Energieverbrauch.**

Der Energieverbrauch fossiler Brennstoffe ist seit 2019 wahrscheinlich aufgrund der COVID-19-Pandemie zurückgegangen, ebenso wie die Kohlendioxidemissionen, die Pro-Kopf-Emissionen von Kohlendioxid und der Luftverkehr (Abbildung 1h, 1i, 1k, 1l). Diese Rückgänge scheinen jedoch vorübergehend zu sein, da die für 2021 prognostizierten Schätzungen zeigen, dass alle diese Variablen wieder deutlich steigen. Umgekehrt ist der Verbrauch von Solar- und Windenergie zwischen 2018 und 2021 um 57% gestiegen, liegt aber immer noch etwa 19-mal unter dem Verbrauch fossiler Brennstoffe (Abbildung 1h). Die Zahl der Flugpassagiere ging im Jahr 2020 aufgrund von COVID-19 um beachtliche 59% zurück, aber mehr als ein Drittel dieses Verlustes wird voraussichtlich im Jahr 2021 wieder ausgeglichen (Abbildung 1i).



**Abbildung 1. Zeitreihen klimabedingter globaler menschlicher Aktivitäten. In den Feldern (a), (d), (e), (i) und (m) sind die jüngsten Datenpunkte eine Projektion oder vorläufige Schätzung (siehe ergänzendes Material). In Diagramm (f) berücksichtigt der Verlust von Waldflächen nicht den Waldgewinn und schließt Verluste aus jeglicher Ursache ein. Mit Ausnahme von Diagramm (p) sind die Daten, die seit der Veröffentlichung von Ripple et al. (2020) erhoben wurden, rot dargestellt. In Diagramm (h) sind Wasserkraft und Kernenergie in Abbildung S1 dargestellt. Quellen und zusätzliche Details zu jeder Variable sind im ergänzenden Material enthalten. Vollständige Zeitreihen sind in der ergänzenden Abbildung S2 dargestellt.**



**Abbildung 2. Zeitreihen klimabezogener Reaktionen.** Daten, die vor und nach der Veröffentlichung von Ripple et al. (2020) erhoben wurden, sind grau bzw. rot dargestellt. Bei Variablen mit relativ hoher Variabilität werden lokale Regressionstrendlinien schwarz dargestellt. Die Variablen wurden in verschiedenen Häufigkeiten (z.B. jährlich, monatlich, wöchentlich) gemessen. Die Beschriftungen auf der x-Achse entsprechen den Jahresmitten. Quellen und zusätzliche Details zu jeder Variablen sind im ergänzenden Material enthalten. Vollständige Zeitreihen sind in der ergänzenden Abbildung S3 dargestellt.

### Treibhausgase und Temperatur.

Die drei wichtigen Treibhausgase Kohlendioxid, Methan und Lachgas stellten alle neue Rekorde für die atmosphärischen Konzentrationen in den Jahren 2020 und 2021 auf (Abbildung 2a–2c). Im April 2021 erreichte die Kohlendioxidkonzentration 416 Teile pro Million, die höchste jemals gemessene monatliche globale Durchschnittskonzentration. Das Jahr 2020 war das zweitwärmste Jahr seit Beginn der Aufzeichnungen, und alle fünf der heißesten Jahre sind seit 2015 aufgetreten (Abbildungen 2d und S3d).

### **Schmelzendes Eis.**

In Grönland und der Antarktis wurden vor Kurzem neue Rekordtiefstände der Eismasse festgestellt (Abbildung 2f, 2g). Im Jahr 2020 wurde beim arktischen Meereis im Sommer die zweitkleinste Ausdehnung seit Beginn der Aufzeichnungen gemessen, und auch die Gletscherdicke markierte ein neues Allzeittief (Abbildung 2e, 2h). Gletscher schmelzen viel schneller als bisher angenommen. Sie verlieren jährlich 31% mehr Schnee und Eis als noch vor 15 Jahren (Hugonnet et al. 2021).

### **Der Ozean ändert sich.**

Sowohl der Wärmegehalt des Ozeans als auch der Meeresspiegel stellten neue Rekorde auf (Abbildung 2i, 2k). Der pH-Wert des Ozeans erreichte seinen zweitniedrigsten seit Jahresbeginn gemessenen Durchschnittswert, knapp hinter Messungen von 2012 (Abbildung 2j). Dies ist besorgniserregend, da die Widerstandsfähigkeit von Korallen gegenüber Ozeanversauerung wahrscheinlich durch thermischen Stress verringert wird und mehr als 500 Millionen Menschen sind von Korallenriffen für Nahrung, Tourismus oder Schutz vor tropischen Sturmfluten abhängig (Hoegh-Guldberg 2011).

### **Klimapolitik**

Die aktualisierten planetarischen Vitalzeichen, die wir präsentieren (Abbildungen 1 und 2), spiegeln weitgehend die Folgen eines unnachgiebigen Normalbetriebs wider. Selbst die Auswirkungen der beispiellosen COVID-19-Pandemie auf einige klimabedingte, menschliche Aktivitäten (Abbildung 1d, 1e, 1h, 1i, 1k, 1l) waren nur von kurzer Dauer. Eine wichtige Lehre von COVID-19 ist, dass selbst ein kolossal verringerter Transport und Konsum bei Weitem nicht ausreicht, sondern dass stattdessen transformative Systemänderungen erforderlich sind, die sich über die Politik erheben müssen. Trotz der positiven Absichten der USA „besser wieder aufzubauen“, indem Investitionen in die COVID-19-Erholung auf grüne Politiken gelenkt werden, wurden bis zum 5. März 2021 nur 17% dieser Mittel dafür bereitgestellt (OECD 2021). Angesichts der Auswirkungen, die wir bei einer Erwärmung von etwa 1,25 Grad Celsius (°C) in Verbindung mit den vielen sich verstärkenden Rückkopplungsschleifen und möglichen Wendepunkten sehen, sind massive Klimaschutzmaßnahmen dringend erforderlich. Das verbleibende Kohlenstoffbudget für 1,5 °C wurde kürzlich mit einer Wahrscheinlichkeit von 17% bewertet schon negativ zu sein, was darauf hindeutet, dass wir eine Begrenzung der Erwärmung auf dieses Niveau eventuell ohne Übertreffung der Klimaziele oder riskantes Geoengineering nicht mehr erreichen können (Matthews et al. 2021). Aufgrund der begrenzten verfügbaren Zeit müssen die Prioritäten in Richtung einer sofortigen und drastischen Reduzierung gefährlicher kurzlebiger Treibhausgase, insbesondere Methan, verschoben werden (UNEP/CCAC 2021).

Wir müssen aufhören, den Klimanotstand als eigenständiges Umweltproblem zu betrachten. Die globale Erwärmung ist, auch wenn kritisch, nicht das einzige Symptom unseres gegenwärtig belasteten Erdsystems, sondern nur eine der vielen Facetten der sich beschleunigenden Umweltkrise. Maßnahmen zur Linderung der Klimakrise oder anderer drohender planetarer Grenzüberschreitungen sollten sich nicht auf die Linderung der Symptome konzentrieren, sondern auf die Bekämpfung ihrer eigentlichen Ursache: die Übernutzung der

Erde (Rockström et al. 2009). Indem wir beispielsweise die nicht nachhaltige Ausbeutung natürlicher Lebensräume (unten beschrieben) stoppen, können wir gleichzeitig die Übertragungsrisiken von Zoonosekrankheiten reduzieren, die Biodiversität erhalten und die Kohlenstoffvorräte schützen (IPBES 2020). Solange der Druck der menschlichen Aktivität auf das Erdsystem anhält, können versuchte Lösungen diesen Druck nur umverteilen.

Um dieser grundlegenden Übernutzung entgegenzuwirken, wiederholen wir den Aufruf von Ripple et al. (2020), den Kurs in sechs Bereichen zu ändern: (1) *Energie*. Eliminierung fossiler Brennstoffe und Umstellung auf erneuerbare Energien. (2) *Kurzlebige Luftschadstoffe*. Kürzung von Ruß, Methan und Fluorkohlenwasserstoffen. (3) *Natur*. Wiederherstellung und dauerhafter Schutz der Ökosysteme der Erde, um Kohlenstoff zu speichern und die biologische Vielfalt wiederherzustellen. (4) *Lebensmittel*. Umstellung auf überwiegend pflanzliche Ernährung, Reduzierung von Lebensmittelverschwendung und Verbesserung der Anbaupraktiken. (5) *Wirtschaft*. Abwendung von unbegrenztem BIP-Wachstum und übermäßigem Konsum durch die Reichen und Wechsel zu einer ökologischen Kreislaufwirtschaft, in der die Preise die vollen Umweltkosten von Gütern und Dienstleistungen widerspiegeln. (6) *Menschliche Bevölkerung*. Stabilisierung und schrittweise Reduzierung der Bevölkerung durch freiwillige Familienplanung und Unterstützung von Bildung und Rechten für alle Mädchen und jungen Frauen, was nachweislich die Geburtenraten senkt (Wolf et al. 2021). Alle transformativen Klimaschutzmaßnahmen sollten sich auf soziale Gerechtigkeit für jeden konzentrieren, indem sie grundlegende menschliche Bedürfnisse priorisieren sowie Ungleichheit verringern. Als eine Voraussetzung für diese Aktion sollte die Bildung über den Klimawandel weltweit in die zentralen Lehrpläne der Schulen aufgenommen werden. Insgesamt würde dies zu einem höheren Bewusstsein für den Klimanotstand führen und gleichzeitig die Schüler befähigen, Maßnahmen zu ergreifen (siehe Ergänzungsdatei S2).

Angesichts der zunehmenden Dringlichkeit und der unzureichenden Bemühungen, die Klimakrise international in großem Umfang zu bekämpfen, sind Fortschritte bei den sechs oben genannten Schritten unerlässlich. Darüber hinaus fordern wir einen dreigleisigen kurzfristigen politischen Ansatz von (1) einer globalen Umsetzung eines signifikanten CO<sub>2</sub>-Preises (Energie und Wirtschaft), (2) einem globalen Ausstieg und einem eventuellen dauerhaften Verbot fossiler Brennstoffe (Energie) und (3) die Entwicklung strategischer Klimareserven zum strikten Schutz und zur Wiederherstellung der natürlichen Kohlenstoffsinken und der biologischen Vielfalt in der ganzen Welt (Natur). Der globale CO<sub>2</sub>-Mindestpreis sollte alle Formen von Treibhausgasen und so viele Sektoren wie möglich abdecken, einschließlich Forstwirtschaft und Landwirtschaft (Lebensmittel). Ein höherer CO<sub>2</sub>-Preis wird benötigt, um transformative Veränderungen in Sektoren auszulösen, bei denen eine Dekarbonisierung schwierig ist (Sharpe und Lenton 2021). Der CO<sub>2</sub>-Preis sollte an einen sozial gerechten grünen Klimafonds zur Finanzierung von Klimaschutz und Anpassungspolitiken im Globalen Süden gekoppelt werden (Cramton et al. 2017). Der Ausstieg aus fossilen Brennstoffen sollte ähnlich umfassend sein und muss letztlich die Exploration, Produktion und Infrastrukturentwicklung im Zusammenhang mit fossilen Brennstoffen verbieten (Green 2018). Effektive, strategische Klimareserven bieten Schutz und Erneuerung und dadurch enorme Vorteile für Biodiversität, Ökosystemfunktion und das menschliche Wohlbefinden. Diese erfordern spezifische Ziele, die kohlenstoffreiche Ökosysteme auf dem Land und im Wasser (z.B. Wälder, Feuchtgebiete, Seegrass, Mangroven) abdecken. Eine zeitnahe Umsetzung dieser drei Strategien wird dazu beitragen, die langfristige

Nachhaltigkeit der menschlichen Zivilisation zu gewährleisten und zukünftigen Generationen die Möglichkeit geben, sich zu entwickeln.

### **Ein letztes Wort**

Auf der Grundlage der jüngsten Trends bei den planetaren Vitalzeichen bekräftigen wir die Klimanotstandserklärung und fordern erneut einen transformativen Wandel, der jetzt mehr denn je erforderlich ist, um das Leben auf der Erde zu schützen und innerhalb möglichst vieler planetarischer Normalbereiche zu bleiben. Die Geschwindigkeit des Wandels ist von entscheidender Bedeutung, und neue Klimapolitiken sollten Teil der COVID-19-Wiederherstellungspläne sein. Wir müssen uns jetzt als globale Gemeinschaft mit einem gemeinsamen Gefühl für Dringlichkeit, Zusammenarbeit und Gerechtigkeit zusammenschließen.

### **Danksagung**

Wir danken Franz Baumann für die Durchsicht eines frühen Entwurfs und David Suzuki für wertvolle Anregungen.

### **Website des Projekts**

Das World Scientists' Warning of a Climate Emergency Paper (Ripple et al. 2020) hat mittlerweile mehr als 13.900 Unterzeichner, und wir sammeln weiterhin Unterschriften von Wissenschaftlern. Um zu unterschreiben oder mehr zu erfahren, besuchen Sie die Website der Alliance of World Scientists unter <https://scientistwarning.forestry.oregonstate.edu>.

### **Zusatzmaterial**

Eine Liste der Unterzeichner für Ripple et al. (2020) Stand 10. Juli 2021 erscheint in der Ergänzungsakte S1. Beachten Sie, dass diese Unterschriften nicht für das aktuelle Papier gelten. Die in diesem Bericht verwendeten Methoden und Einzelheiten zu den planetaren Vitalzeichenvariablen sind in der ergänzenden Datei S2 enthalten.

### **Zitierte Referenzen**