

Politikpapier

Über Klimaneutralität hinausdenken

12

Inhalt

Effektive Klimapolitik erfordert Langfriststrategien	5
Langfriststrategien auf Klimastabilisierung ausrichten	7
Nationale Langfriststrategien am Ziel globaler Klimastabilisierung orientieren	7
Klimapolitische Langfriststrategien und Nachhaltigkeitsagenda zusammendenken	7
Internationale Auswirkungen beachten, Entwicklung und Innovation partnerschaftlich ermöglichen	8
Planungssicherheit erhöhen: Finanzierung von Langfriststrategien sicherstellen	8
Schwerpunkte setzen: stoppen, stärken, vordenken	10
CO ₂ -Emissionen aus fossilen Quellen stoppen	11
Beitrag der Biosphäre stärken	13
CO ₂ -Entfernung aus der Atmosphäre vordenken	15
Recover Forward: Covid-19-Stimuli für Klimaschutz nutzen	18

Das diesem Bericht zu Grunde liegende F&E-Vorhaben wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung und des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit unter dem Förderkennzeichen 13N0708A5 durchgeführt. Die Verantwortung für den Inhalt liegt bei den Autor*innen.

Zitierweise für diese Publikation: WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2021): Über Klimaneutralität hinausdenken. Politikpapier 12. Berlin: WBGU.

Zusammenfassung

Die Klimakrise und die durch die Covid-19-Pandemie bedingten Krisen müssen gemeinsam bewältigt werden. Viele Staaten arbeiten an Strategien zur Umsetzung des Pariser Übereinkommens. Auf der Klimakonferenz in Glasgow gilt es daher, kurz- und langfristige Ziele und Maßnahmen in Einklang zu bringen. Das Bundesverfassungsgericht hat den deutschen Gesetzgeber verpflichtet, Klimaschutz langfristig zu planen. Die Erstellung von Langfriststrategien sollte auch international verpflichtend werden, über Klimaneutralität hinaus auf Klimastabilisierung abzielen und Mehrgewinne mit anderen Nachhaltigkeitsdimensionen anstreben. Dazu sollten sie *erstens* den schnellen und vollständigen Ausstieg aus der Nutzung fossiler Energieträger vorsehen. *Zweitens* sollten Schutz und Wiederherstellung von Ökosystemen sowie ihre nachhaltige Nutzung zum Schwerpunkt werden. *Drittens* sollte die Entfernung von CO₂ aus der Atmosphäre strategisch vorbereitet werden. Als starken Impuls sollten sich Staaten auf der COP26 dazu bekennen, ihre Covid-19-Stimulusprogramme im Sinne der Langfriststrategien zu nutzen.

Im Übereinkommen von Paris haben sich die Staaten nicht nur auf das langfristige Ziel einer Klimastabilisierung geeinigt, sondern auch darauf, ihre Finanzströme mit Klimaschutz und Anpassung in Einklang zu bringen. Zu beiden Aspekten sollten auf der COP26 in Glasgow spezifische Beschlüsse gefasst werden: Staaten sollten Langfriststrategien nutzen, um kurz- und langfristige Ziele und Maßnahmen auf Klimastabilisierung auszurichten, sowie die Covid-19-Stimulusprogramme für eine Transformation der Wirtschaft in Richtung Klimaschutz einsetzen.

Klimastabilisierung als Langfristziel internationaler Klimapolitik

Klimastabilisierung ist die dauerhafte Begrenzung der globalen Erwärmung möglichst auf 1,5°C über dem vorindustriellen Niveau, um eine gefährliche anthropogene Störung des Klimasystems zu vermeiden. Dies erfordert mehr als „Klimaneutralität“, die derzeit von vielen Staaten als Ziel formuliert wird, aber unabhängig von ihrer exakten Definition nur ein Zwischenziel sein kann. *Erstens* müssen anthropogene CO₂-Emissionen sehr schnell gestoppt, Nicht-CO₂-Emissionen stark reduziert und gleichzeitig die Biosphäre gestärkt werden. *Zweitens* muss über Klimaneutralität hinaus voraussichtlich CO₂ aus der Atmosphäre entfernt werden, um hohe frühere Emissionen und verbleibende Erwärmungstrends auszugleichen. Dies sollte antizipiert werden, so dass technologische Entwicklungspfade diese Option ermöglichen.

Verbindliche Langfriststrategien zu einem Hauptthema der COP 26 machen

Langfriststrategien im Rahmen des Pariser Übereinkommens können Grundlage für eine internationale Diskussion über Transformationspfade werden. Sie sollten verpflichtend erstellt und regelmäßig überprüft werden. Die Staaten sollten sich dazu bekennen, ihre Langfriststrategien auf Klimastabilisierung auszurichten und ihre Covid-19-Stimulusprogramme in diesem Sinne zu nutzen. Für kohärente, effektive und faire Langfriststrategien sowie ihre Mess- und Vergleichbarkeit sollten Mindestanforderungen definiert werden.

Langfriststrategien stecken den Rahmen für die Weiterentwicklung kurzfristiger nationaler Beiträge (NDCs) ab. Sie sollten die Nachhaltigkeitsagenda mitdenken und Mehrgewinne erzeugen. Auch lassen sich die Klimaschutzziele leichter erreichen, wenn die Welt insgesamt auf einem nachhaltigeren Entwicklungspfad ist.

Jede Langfriststrategie sollte primär nationale Klimaschutzpotenziale ausschöpfen. Internationale Auswirkungen sollten beachtet und Entwicklungsländer, insbesondere Niedrigeinkommensländer, partnerschaftlich unterstützt werden (z.B. bei Auf- und Ausbau von Wertschöpfung, sozialer Absicherung und Umweltmonitoring). Nationale Ausgaben für nachhaltigkeitsorientierte, transformative Forschung, Entwicklung und Bildung sollten auch in Entwicklungs- und Schwellenländern deutlich angehoben werden, nicht zuletzt um eine breite Wissensbasis für einen gemeinsamen Diskurs zu schaffen. Langfriststrategien

sollten Richtschnur für verlässliche regulatorische Rahmenbedingungen und Finanzierungsmechanismen sein. Öffentliche und private Finanzierungsbeiträge sollten klar unterschieden, die anvisierte Rolle internationaler Finanzierungsmechanismen und Kooperationen transparent gemacht und öffentliche Mittel längerfristig zugesagt werden.

Schwerpunkte für Langfriststrategien setzen: stoppen, stärken, vordenken

Langfriststrategien sollten drei inhaltliche Schwerpunkte zum Klimaschutz setzen, die nicht untereinander substituierbar sind:

1. *CO₂-Emissionen aus fossilen Quellen stoppen:* Der WBGU empfiehlt, schnell und vollständig aus der Verbrennung fossiler Energieträger auszusteigen und ihre stoffliche Nutzung auf Fälle zu begrenzen, in denen keine nachhaltigen Alternativen entwickelt werden können. Die Beendigung der Extraktion, Exploration und Verarbeitung fossiler Ressourcen senkt zusätzlich CH₄-Emissionen, hat erhebliche Mehrgewinne für Gesundheit und Biodiversität und sollte multilateral verhandelt werden. Maßnahmen, die den Ausstieg unterstützen (z.B. CO₂-Preise, Subventionsabbau und Infrastrukturmaßnahmen) sollten umrissen und zukünftige Energiebedarfe abgeschätzt werden. Der Zeitpunkt, an dem kein CO₂ aus fossilen Quellen mehr freigesetzt wird sowie die Zwischenziele sollten sich an einem angemessenen Anteil am globalen Restemissionsbudget orientieren.
2. *Beitrag der Biosphäre stärken:* Schutz und Wiederherstellung sowie nachhaltige Nutzung von Ökosystemen an Land und im Ozean sollten Biodiversitätserhaltung und Klimaschutz verknüpfen. Die Senkenwirkung von Ökosystemen ist bereits gemindert und die Erhaltung der Biodiversität gefährdet; beides kann nur bei ambitionierten Emissionsreduktionen langfristig gesichert werden. Die Diversifizierung von Landwirtschaftssystemen (mit niedrigeren CH₄- und N₂O-Emissionen), die Transformation tierproduktlastiger Ernährungsstile und eine verantwortungsvolle Bioökonomie tragen zu beiden Zielen bei. Finanzielle Anreize, Steuern und Berichtspflichten für Unternehmen sollten auf die Stärkung von Ökosystemleistungen ausgerichtet und ökologische Fernwirkungen besser erforscht und adressiert werden.
3. *CO₂-Entfernung aus der Atmosphäre vordenken:* Um auch bei unzureichender CO₂-Emissionsminderung die Chancen auf Klimastabilisierung zu bewahren, sollten Optionen (z.B. BECCS, DACCS, Biokohle) zur dauerhaften CO₂-Entfernung offengehalten werden. Technologien, bei denen aufwändig aus der Atmosphäre entzogenes CO₂

zeitnah wieder freigesetzt wird (z.B. synthetische Kraftstoffe), konkurrieren mit der langfristigen CO₂-Speicherung, und sollten daher nur bei Fehlen nachhaltiger Alternativen verfolgt werden. Zudem sollte negativen Auswirkungen auf andere Nachhaltigkeitsziele vorgebeugt werden, z.B. durch einen hohen Biomasse- oder Flächenbedarf. Ein Portfolioansatz könnte skalierungsbedingte Nachhaltigkeitsprobleme einzelner Technologien zur CO₂-Entfernung mindern. Anreize zur Nutzung technischer Optionen sollten erst gesetzt werden, wenn ein Governance-Rahmen Nachhaltigkeit gewährleistet. Auf die künftige Rückholung des emittierten CO₂ mit noch wenig erforschten Technologien zu vertrauen, ist allerdings hoch riskant.

Alle drei Schwerpunkte sind notwendig, wobei der Ausstieg aus den fossilen Energieträgern und die Stärkung der Biosphäre grundlegend sind. Sie sollten jeweils mit eigenen Zielen, Zwischenzielen und Maßnahmen versehen sowie mit Indikatoren verfolgt werden, ohne fossile Emissionsminderung, Ökosystemleistungen und CO₂-Entfernung miteinander zu verrechnen. Gleichzeitig sind Wechselwirkungen zwischen den Lösungsansätzen zu beachten, um eine umfassende Transformation zu ermöglichen. Auswirkungen geplanter Technologie- und Transformationspfade auf alle Dimensionen der Agenda 2030 sollten abgeschätzt werden.

Recover Forward: Covid-19-Stimuli für Klimastabilisierung nutzen

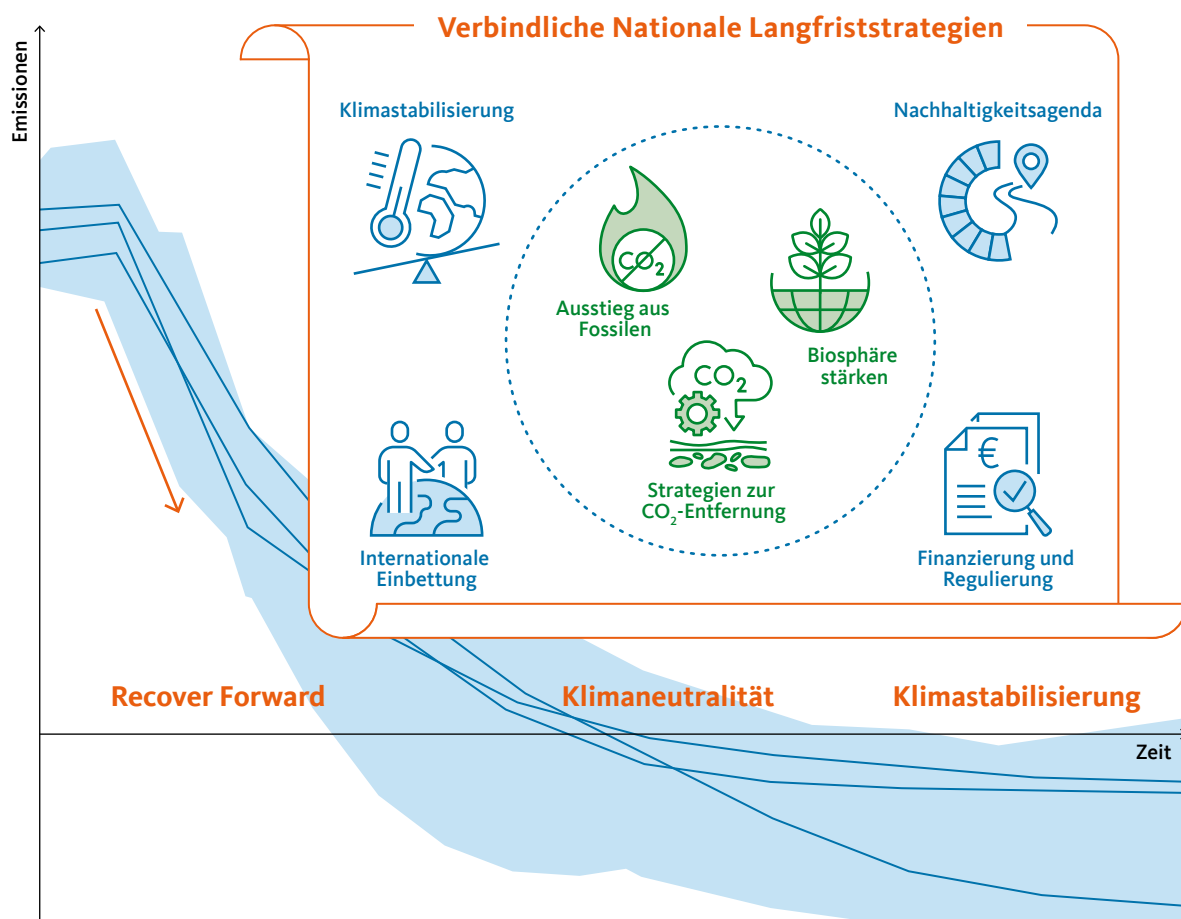
Als Reaktion auf die Covid-19-Pandemie wurden bis März 2021 weltweit 16.000 Mrd. US-\$ mobilisiert, die sowohl Chance als auch Risiko für langfristige Klimastabilisierung sind. Rund 30% der Stimulusprogramme betreffen ökologisch sensible Bereiche, berücksichtigen Nachhaltigkeitsbelange aber nicht ausreichend (z.B. wird in 15 der G20-Länder ein negativer Gesamteffekt auf die Umwelt erwartet). Darüber hinaus sind v.a. Menschen in Südasien und Subsahara-Afrika durch die Covid-19-Krise zusätzlich von extremer Armut bedroht, aber die Stimulusausgaben pro Kopf sind in Hocheinkommensländern ca. 580 mal höher als in den Niedrigeinkommensländern. Die unterschiedliche Leistungsfähigkeit nationaler Ökonomien droht sich so weiter zu verfestigen und die gemeinsame Bewältigung globaler Herausforderungen wie Klimawandel, Biodiversitätskrise oder Pandemien zu erschweren. Die Covid-19-Stimulusprogramme und klimapolitische Rahmensetzungen sollten – wie alle staatlichen Unterstützungen und Investitionen – stärker an den Langfriststrategien ausgerichtet und für einen ökologisch und sozial verträglichen, global ausgewogenen Umbau von Wirtschafts- und Gesellschaftssystemen eingesetzt werden.

Effektive Klimapolitik erfordert Langfriststrategien

Die Staatengemeinschaft steht im 21. Jahrhundert vor enormen Herausforderungen: Die Auswirkungen des Klimawandels werden zunehmend spürbar, mit Risiken und Schäden für Natur und Menschheit von bislang nicht gekanntem Ausmaß. Hinzu tritt die Covid-19-Pandemie, die eine globale Gesundheits-, Wirtschafts- und Finanzkrise ausgelöst hat.

Weltweit werden derzeit substanzielle Summen mobilisiert, um die Wirtschaft zu stabilisieren – ohne

ausreichend zu berücksichtigen, dass kein reiner Wiederaufbau, sondern ein transformativer Umbau der Wirtschaft notwendig ist. Diese Investitionen werden den Klimaschutz über Jahrzehnte mitbestimmen. Gleichzeitig arbeiten viele Staaten an der Umsetzung des Pariser Übereinkommens (Paris Agreement – PA). Jetzt kommt es darauf an, kurz- und langfristige Zielsetzungen und Maßnahmen zur Überwindung beider Krisen in Einklang zu bringen. Die 26. Vertragsstaaten-



Langfriststrategien für Klimastabilisierung

Für Staaten sollte es verbindlich werden, Langfriststrategien zu erstellen. Sie sollten diese über nationale Klimaneutralität hinaus auf globale Klimastabilisierung ausrichten. Damit verträgliche globale Emissionspfade (IPCC, 2018) sind in blau angedeutet. Dazu sollten auch Covid-19-Stimulusprogramme einen Beitrag leisten („Recover Forward“). Die Langfriststrategien sollten Mehrgewinne im Sinne der Nachhaltigkeitsagenda anstreben, international eingebettet sein sowie verlässliche regulatorische Rahmenbedingungen und Finanzierungsmechanismen vorsehen. Inhaltliche Schwerpunkte sollten den Ausstieg aus der Nutzung fossiler Rohstoffe, die Stärkung der Biosphäre sowie die strategische Vorbereitung dauerhafter CO₂-Entfernung aus der Atmosphäre umfassen. Quelle: WBGU; Grafik: Wernerwerke, Berlin

konferenz der Klimarahmenkonvention (UNFCCC COP26) in Glasgow eröffnet hierfür ein Möglichkeitsfenster.

Im PA haben sich die Staaten darauf geeinigt, den Klimawandel deutlich unter 2°C zu halten und Anstrengungen zu unternehmen, ihn auf 1,5°C zu begrenzen, um eine gefährliche anthropogene Störung des Klimasystems zu vermeiden (Art. 2 PA i.V.m. Art. 2 UNFCCC), d.h. eine Klimastabilisierung zu erreichen. Der Sonderbericht des IPCC (2018) hat gezeigt, dass es bei 1,5°C zu deutlich geringeren Schäden für Mensch und Natur käme als bei 2°C. Die bislang bis 2030 zugesagten nationalen Klimaschutzanstrengungen der Staaten (Nationally Determined Contributions, NDCs) reichen aber bei weitem nicht aus, um auch nur auf einen 2°C-Pfad zu gelangen.

Auch der pandemiebedingte temporäre Rückgang der globalen Emissionen um etwa 6% in 2020 hat nichts daran geändert: Zur Umsetzung des PA wären jährliche globale Emissionsminderungen von 7,6% erforderlich (UN, 2020). Sehr wahrscheinlich wird es außerdem notwendig sein, der Atmosphäre CO₂ zu entziehen, um das Klima langfristig bei 1,5°C Erwärmung zu stabilisieren – v.a. abhängig davon, wie schnell Emissionen langlebiger Treibhausgase (THG) in den nächsten Jahren sinken. „Klimaneutralität“ ist daher für sich genommen nur ein punktuelles Zwischenziel: im Sinne des PA und der UNFCCC muss darüber hinaus dauerhafte Klimastabilisierung angestrebt werden. Dies erfordert ambitionierte Emissionsminderungen und die Stärkung der Biosphäre heute sowie eine strategische Vorbereitung der CO₂-Entfernung aus der Atmosphäre. Das Instrument hierfür sind Langfriststrategien nach Art. 4.19 PA, die bisher nicht verpflichtend zu erstellen sind.

Die Staaten müssen jetzt Eckpunkte für nachhaltige Transformationen setzen und Pfade vordenken, die über 2030 bzw. 2050 hinaus reichen. Das Bundesverfassungsgericht hat jüngst die Pflicht des Gesetzgebers zur Entwicklung von Langfriststrategien sogar aus der Verfassung abgeleitet. Entsprechend der Verpflichtung des Art. 2.1c des PA, Finanzflüsse mit Klimaschutz und -anpassung in Einklang zu bringen, sollten die Langfriststrategien zudem bei der Verwendung der substanziellen finanziellen Ressourcen der Covid-19-Stimuluspakete richtungsweisend sein.

Auf der Agenda der COP26 stehen bisher u.a. die Vervollständigung des Rulebook zum PA, z.B. Transparenzanforderungen, die Konkretisierung internationaler Kooperationen gemäß Art 6 PA, dringend erforderliche Ambitionssteigerungen der NDCs sowie die Klimafinanzierung. Bislang haben lediglich 29 von 197 Vertragsparteien dem UNFCCC-Sekretariat Langfriststrategien gemeldet, andere Staaten erarbeiten sie derzeit (Hans et al., 2020). Der WBGU empfiehlt, Lang-

friststrategien zur Erreichung von Klimaneutralität und darüber hinaus Klimastabilisierung auf die Tagesordnung der COP26 zu setzen und ihre Erstellung verpflichtend zu machen. Langfriststrategien mit vergleichbaren Strukturen und quantifizierten Zielen und Maßnahmen verbessern Koordinations- und Kooperationsmöglichkeiten. Sie sollten neben Klimaschutz- auch Anpassungsmaßnahmen enthalten; auf letztere wird im Rahmen dieses Politikpapiers nicht vertieft eingegangen.

Der WBGU empfiehlt:

- › Langfriststrategien zu einem Hauptthema der COP26 in Glasgow machen.
- › Die Erstellung und regelmäßige Überprüfung von Langfriststrategien verpflichtend machen.
- › Langfriststrategien am Ziel der Klimastabilisierung über 2050 hinaus ausrichten.
- › Mindestanforderungen für kohärente, effektive, sozial und global faire Langfriststrategien sowie ihre Mess- und Vergleichbarkeit definieren.
- › Staaten sollten sich gemäß Art. 2.1c PA dazu bekennen, ihre Covid-19-Stimulusprogramme im Sinne der Langfriststrategien zu nutzen. Entwicklungsländer, insbesondere Niedrigeinkommensländer, sollten dabei über multilaterale Kooperationsformate unterstützt werden.

Langfriststrategien auf Klimastabilisierung ausrichten

Langfriststrategien im Rahmen des PA haben das Potenzial, die zentrale Grundlage für eine internationale Diskussion über Transformationspfade zur Erreichung von Klimaneutralität und dauerhafter Klimastabilisierung zu werden. Sie machen Ressourcen-, Finanz- und Forschungsbedarfe transparent, verankern die Notwendigkeit für Klimaschutz im Bewusstsein aller Akteure und eröffnen Ansatzpunkte für Kooperationen, etwa bei Forschung und Entwicklung oder Regulierung. Sie bieten Orientierung für kurz- und mittelfristige Entscheidungen, etwa zu ambitionierteren NDCs, zu internationaler Klimafinanzierung und zur Ausrichtung von Covid-19-Stimulusprogrammen. Der WBGU hält folgende übergreifende Anforderungen an Langfriststrategien für zentral:

Nationale Langfriststrategien am Ziel globaler Klimastabilisierung orientieren

Langfriststrategien sollten auf die in Art. 2 PA vereinbarten Ziele und damit u.a. auf Klimastabilisierung, also eine Begrenzung des globalen Temperaturanstiegs auf möglichst 1,5°C ausgerichtet sein. Aus einer solchen Begrenzung der Klimaerwärmung ergeben sich Randbedingungen für die Entwicklung der globalen Emissionen. Szenarien des IPCC, die mit den im PA genannten Temperaturschwellen verträglich sind, zeigen in zeitlicher Sequenz zunächst CO₂-Neutralität, dann Treibhausgasneutralität und schließlich ganz überwiegend eine netto-negative Treibhausgasbilanz – d.h. eine fortdauernde globale Entfernung von CO₂ aus der Atmosphäre, die über einen Ausgleich weiter bestehender Emissionen hinausgeht, um frühere hohe Emissionen und verbleibende Erwärmungstrends auszugleichen (Rogelj et al., 2018). Viele Staaten (auch Deutschland mit seinem Klimaschutzplan 2050 aus dem Jahr 2016) zielen mit ihren nationalen Langfriststrategien bisher lediglich auf „Klimaneutralität“, meist bis 2050 oder etwas später (UNFCCC, 2021). Der Begriff der Klimaneutralität wird unterschiedlich verwendet, z.B. im Sinne von CO₂-Neutralität oder Treibhausgas-



neutralität, und sollte jeweils definiert werden. Da sie global gesehen nur ein bilanzielles Zwischenergebnis eines erfolgreichen Klimaschutzpfades ist, eignet sich Klimaneutralität (unabhängig von der genauen Definition) nicht als Endergebnis nationaler Langfriststrategien. Sie sollte auch dort nur als *Zwischenziel* einer Transformation der Wirtschaftsweise betrachtet werden, die langfristige globale Klimastabilisierung erlaubt. Daher sollten in den Strategien auch die bis zur Erreichung von Klimaneutralität (und gegebenenfalls darüber hinaus) emittierten Mengen langlebiger THG sowie der angestrebte Pfad negativer Emissionen explizit gemacht werden. Langfriststrategien sollten explizit Klimastabilisierung im Einklang mit den Temperaturgrenzen des PA als Langfristziel benennen. Dies stellt klar, dass auch NDCs und andere Zwischenziele so formuliert und verfolgt werden müssen, dass sie der langfristigen globalen Klimastabilisierung dienen bzw. sie nicht blockieren (z.B. vorausschauender Infrastrukturausbau oder Vermeidung von Trade-Offs zwischen CO₂-Nutzung und negativen Emissionen, siehe unten).

Klimapolitische Langfriststrategien und Nachhaltigkeitsagenda zusammendenken

Klimastabilisierung ist ein zentraler Baustein nachhaltiger Entwicklung, die in der Agenda 2030 der UN und auf nationaler Ebene in der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie vorgegeben ist. Klimapolitische Langfriststrategien sollten als Voraussetzung und Chance für eine nachhaltige Gesellschaft begriffen und zur Umsetzung und Fortentwicklung der Agenda 2030 genutzt werden. Andererseits lassen sich Klimaschutzziele leichter erreichen, wenn die Welt sich insgesamt auf einem nachhaltigeren Entwicklungspfad befindet (Rogelj et al., 2018).



Langfriststrategien zur Klimastabilisierung sollten Zusammenhänge und Konflikte mit anderen Nachhaltigkeitsdimensionen frühzeitig identifizieren und so adressieren, dass möglichst Synergien („Mehrgewinne“) erzeugt werden. So sollten z.B. Ansätze zur Emissionsminderung und CO₂-Entfernung aus der Atmosphäre

mit Biodiversitäts- und Biosphärenschutz vereinbar sein und veränderte Ressourcen- und Landnutzung, neue Technologien, Energie- und Mobilitätssysteme im Einklang mit Armutsbekämpfung, Freiheitsrechten sowie dem Aufbau sozialer Sicherungssysteme für krisenfähigen gesellschaftlichen Zusammenhalt stehen.

Internationale Auswirkungen beachten, Entwicklung und Innovation partnerschaftlich ermöglichen

Klimastabilisierung kann nur global unter Einbeziehung aller Staaten erreicht werden. In den Langfriststrategien sollten Staaten daher explizit die Auswirkungen ihrer Ziele und Maßnahmen auf andere Länder berücksichtigen, andere Länder partnerschaftlich unterstützen und Entwicklungschancen eröffnen.



Jede Langfriststrategie sollte primär nationale Klimaschutzpotenziale ausschöpfen. Zukünftige Bedarfe und Potenziale zur Erzeugung und zu Importen von Rohstoffen und erneuerbarer Energie für eine nachhaltige Wirtschaftsweise sollten abgeschätzt und transparent dargestellt werden. Auf dieser Basis kann internationalen Knappheiten bei regulatorischen Maßnahmen sowie Technologie- und Infrastrukturentscheidungen Rechnung getragen werden. Langfriststrategien und internationale Kooperation bilden so den notwendigen Rahmen für eine nachhaltige Koordination, welche die unterschiedlichen regionalen Voraussetzungen angemessen berücksichtigt. Das Anrechnen von Vermeidungsanstrengungen in anderen Ländern auf die eigenen Klimaschutzziele – wie es gemäß Art. 6 PA möglich ist – trägt dabei aber nicht effektiv zum Klimaschutz bei, wenn dadurch frühzeitige eigene Investitionen in Vermeidung und die Entwicklung von Vermeidungstechnologien behindert werden. Auch ist zu beachten, dass neue Produktions- und Versorgungsstrukturen einer nachhaltigen Wirtschaft ohne fossile Energieträger zu erheblichen, bisher kaum abschätzbaren Verlagerungen internationaler Wertschöpfungsketten führen können.

Nicht alle Länder verfügen zudem über die technologischen, wirtschaftlichen und institutionellen Voraussetzungen, ambitionierte Langfriststrategien umzusetzen. Die meisten Entwicklungsländer brauchen Unterstützung sowohl in ihren Beiträgen zu langfristiger Klimastabilisierung und Biosphärenschutz als auch in ihrer grundlegenden Krisen- und Anpassungsfähigkeit. Hoheinkommensländer sollten daher – auch gemäß dem Prinzip der gemeinsamen, aber unterschiedlichen Verantwortlichkeiten und jeweiligen Fähig-

keiten (Art. 2.2 PA) – in ihren Langfriststrategien entsprechende internationale Beiträge ausweisen. Dabei sollten sie sich nicht auf Klimafinanzierung, einseitigen Technologietransfer und capacity building (Art. 9, 10 und 11 PA) beschränken. Stattdessen sollten darüber hinaus Angebote in den Bereichen Wirtschafts-, Wissenschafts- und Entwicklungskooperation gemacht werden, auch unter Nutzung existierender bi- und multilateraler Instrumente. Konkret sollte der Aufbau eigener Forschungs- und Entwicklungskapazitäten, z.B. zur Erschließung erneuerbarer Energiequellen oder für diversifizierte Landwirtschaftssysteme, ermöglicht werden. In Deutschland bzw. der EU kann der Ausbau ökologischer und sozialer Standards in Lieferketten-gesetzen die Anreize zur Dekarbonisierung trans-regionaler Lieferketten erhöhen. Des Weiteren sollten Hoheinkommensländer im Rahmen ihrer Langfriststrategien auch den Ausbau sozialer Absicherungssysteme, resilienterer Gesundheitssysteme, von Bildungssystemen und Umweltmonitoring sowie den Ausbau von Katastrophenschutz für den Umgang mit Klimarisiken in Entwicklungs- und insbesondere Niedrigeinkommensländern unterstützen.

Schließlich erfordern Langfriststrategien tiefgreifende technische und soziale Innovationen und eine breite Wissensbasis als Voraussetzung für einen gemeinsamen Diskurs. Transformative Forschung für Nachhaltigkeit ist allerdings in vielen nationalen Wissenschafts- und Bildungssystemen bisher kaum verankert und sollte gezielt gestärkt werden. Große Schwellenländer wie Indien und Indonesien geben nur 0,65% bzw. 0,23% ihres BIP für Forschung und Entwicklung aus (UIS, 2021). Nur einige Länder und Verbände formulieren Ausgabenziele, z.B. strebt Indien 2% bis 2022 an, die Afrikanische Union 1% und die EU 3% (EAC-PM, 2019; UNECA, 2018; EU-Kommission, 2020). Interdisziplinäre Nachhaltigkeits-, Umwelt- und Klimaforschung sollte in den Langfriststrategien explizit benannt sein. Ihre Stärkung kann die Strategieentwicklung in vielen Ländern sowie die internationale Abstimmung verbessern.

Planungssicherheit erhöhen: Finanzierung von Langfriststrategien sicherstellen

Langfriststrategien sollten auch aufzeigen, wie die notwendigen Veränderungs- und Innovationsprozesse in Gesellschaft und Wirtschaft finanziert werden können. Um den globalen Investitionsbedarf zu decken – allein im Energiesystem liegt er bis 2050 bei ca. 830 Mrd. US-\$₂₀₁₀ pro Jahr gegenüber business as usual (Rogelj et al., 2018: 154)



– müssen bestehende Kapitalströme sowie der kurzfristige starke Impuls der Covid-19-Stimuluspakete mit den klimapolitischen Langfristzielen in Einklang gebracht und weitere private sowie öffentliche Mittel mobilisiert werden. Zentral dafür ist die Planungssicherheit für Investoren und Mittelempfänger, wobei gleichzeitig eine Offenheit für technologische oder gesellschaftliche Veränderungen gewahrt werden sollte.

Zunächst erfordert dies verlässliche klimapolitische Rahmenbedingungen einschließlich finanzieller Anreize, z. B. über CO₂-Bepreisung, die die langfristigen Renditerwartungen der Investoren beeinflussen, insbesondere wenn sie weltweit abgestimmt wird, wie von der Bundeskanzlerin Deutschlands auf dem Petersberger Klimadialog 2021 vorgeschlagen. Auch über konkrete, mit einer belastbaren Finanzierung unterlegte Infrastrukturplanungen kann die öffentliche Hand glaubwürdige langfristige Signale setzen.

Darüber hinaus können private Investitionen mobilisiert oder umgelenkt werden, indem erstens die Vereinbarkeit von Anlagestrategien mit langfristigen Klimazielen verbessert wird, etwa durch transparent strukturierte Finanzierungsinstrumente wie green bonds oder sustainability-linked bonds. Zweitens können staatliche Förder- und Finanzierungsinstrumente Investitionshemmnisse mindern, die sich aus unsicheren zukünftigen klimapolitischen Rahmenbedingungen ergeben. Ein Beispiel sind Finanzierungsinstrumente, die das Risiko unsicherer CO₂-Preise ganz oder teilweise auf den Staat übertragen. Ebenso wichtig ist eine langfristig angelegte staatliche Förderung risikoreicher Forschung und Entwicklung, z. B. für disruptive Sprunginnovationen. Drittens kann höhere Transparenz über Klimarisiken geschaffen werden, z. B. durch die erweiterten Berichtspflichten für Unternehmen im Rahmen der EU-Taxonomie.

Höhere Planungssicherheit sowie die Mobilisierung privater Mittel sind auch international bei der Klimafinanzierung notwendig. Kurzfristige und unzuverlässige Finanzierungszusagen hemmen Investitionen von Entwicklungsländern in den Umbau und die Dekarbonisierung ihrer Sozial- und Wirtschaftssysteme als Teil von Langfriststrategien. Nach dem wahrscheinlichen Verfehlen des in Kopenhagen vereinbarten Beitragsziels der Hocheinkommensländer von 100 Mrd. US-\$ pro Jahr (Bhattacharya et al., 2020) muss das Vertrauen in internationale Kooperation wiederhergestellt werden. Dafür sollten Staaten ihre Beiträge und deren perspektivische Fortentwicklung in ihren Langfriststrategien darlegen und so auch Verteilungsschlüssel multilateraler Finanzmechanismen konkretisieren. Sie sollten dabei zwischen öffentlichen und anvisierten privaten Mitteln unterscheiden. Zudem sollten sie bi- und multilaterale Kanäle und Hebel wie Zuschüsse

und vergünstigte Darlehen klar benennen, über die ihre Zusagen umgesetzt und private Investitionen in Entwicklungs- und insbesondere Niedrigeinkommensländern mobilisiert werden sollen. Die Mechanismen des Art. 6 PA können bei der Mobilisierung privater Investitionen einen Beitrag leisten, wenn klare Rahmenbedingungen die ökologische Integrität der Märkte und ihre Vereinbarkeit mit den klimapolitischen Langfristzielen sicherstellen.

Der WBGU empfiehlt:

- › In Langfriststrategien explizit aufzeigen, wie angemessene nationale Beiträge zur Erreichung des globalen Ziels der Klimastabilisierung geleistet und NDCs weiterentwickelt werden können,
- › Mehrgewinne für die Sustainable Development Goals (SDGs) anstreben und damit auch über 2030 hinaus die Weiterentwicklung der Nachhaltigkeitsagenda inspirieren sowie
- › internationale Auswirkungen nationaler Maßnahmen beachten und partnerschaftliche Unterstützung von Entwicklungsländern bei ihren Beiträgen zur Klimastabilisierung und im Umgang mit Klimarisiken vorsehen.
- › Nationale Ausgaben für nachhaltigkeitsorientierte Forschung, Entwicklung und Bildung deutlich anheben, v. a. auch in Niedrigeinkommens- und Schwellenländern.
- › Regulatorische Rahmenbedingungen und Finanzierungsmechanismen in den Langfriststrategien verankern und verlässlich und langfristig ausrichten, um Planungssicherheit zu erhöhen und die Bereitstellung privaten Kapitals zu fördern. Öffentliche und private Finanzierungsbeiträge sowie Zuschüsse und vergünstigte Darlehen sollten klar unterschieden, die anvisierte Rolle internationaler Finanzierungsmechanismen und Kooperationen (z. B. unter Art. 6 und 9 PA) transparent gemacht und öffentliche Mittel auch längerfristig zugesagt werden.

Schwerpunkte setzen: stoppen, stärken, vordenken

Zentral für die Klimastabilisierung ist, die Akkumulation langlebiger Treibhausgase in der Atmosphäre zu stoppen und gegebenenfalls auch wieder rückgängig zu machen, insbesondere von CO₂. Wird Kohlenstoff aus fossilen Lagerstätten (Kohle, Erdöl, Erdgas) in Form von CO₂ oder CH₄ in die Atmosphäre freigesetzt, erhöht dies insgesamt die Menge an Kohlenstoff, die zwischen der Atmosphäre, den Ozeanen und der terrestrischen Biosphäre zirkuliert. Dieser „schnelle“ Kohlenstoffkreislauf ist überwiegend durch natürliche (biologische und chemische) Prozesse gesteuert. Maßnahmen innerhalb dieses Kreislaufs (etwa Wiederaufforstung) können den fortlaufenden Kohlenstoffeintrag aus fossilen Lagerstätten nicht kompensieren. Der zusätzliche fossile Kohlenstoff ist primärer Treiber des Klimawandels, darunter auch der Ozeanversauerung.

Bei der Ausgestaltung der Langfriststrategien der Vertragsstaaten sollten daher mit Blick auf die Klimastabilisierung drei strategische Schwerpunkte gesetzt werden: Erstens sollte die Nutzung fossiler Rohstoffe, insbesondere als Energieträger, möglichst schnell vollständig vermieden werden. Klimafreundliche Alternativen wie der Ausbau erneuerbarer Energien und die Steigerung der Energieeffizienz würden im Gegenzug gestärkt. Der zweite Schwerpunkt von Langfriststrategien sollte der Schutz und die Wiederherstellung von Ökosystemen sowie die nachhaltige Nutzung der Biosphäre sein. Diese sind nicht nur unverzichtbare „Verbündete“ für den Klimaschutz, da sie Kohlenstoff binden, sondern sind über eine Vielzahl von Ökosystemleistungen für das menschliche Leben insgesamt entscheidend. Klimaschutzmaßnahmen im Bereich der Biosphäre modifizieren jedoch im Wesentlichen den „schnellen“ Kohlenstoffkreislauf und können den durch Menschen verursachten zusätzlichen Eintrag von Kohlenstoff aus fossilen Quellen nicht rückgängig machen. Daher müssen drittens Strategien entwickelt werden, damit der Atmosphäre zukünftig auch jenseits der begrenzten Absorptionsfähigkeit natürlicher (z.T. renaturierter) und bewirtschafteter Ökosysteme CO₂ in nachhaltiger Weise entzogen werden kann.

Diese drei Schwerpunkte sind jeder für sich notwendig und nicht untereinander substituierbar. Nationale Langfriststrategien sollten Ziele, Maßnahmen

und Finanzierungsmechanismen für jeden dieser Schwerpunkte separat angeben und nicht in einem Gesamtbilanzierungsziel (z.B. Klimaneutralität) miteinander verrechnen.

Eine solche Differenzierung sollte auch bei internationalen Kooperationen berücksichtigt werden. Art. 6 PA, für den ein Regelwerk auf der COP26 beschlossen werden soll, enthält zum einen den Rahmen für freiwillige marktbasierende Kooperationen (bi- oder multilateral oder zentral durch ein UNFCCC-Gremium koordiniert, Art. 6.2-3 bzw. 6.4-7). Diese sollen insbesondere ermöglichen, Klimaschutzanstrengungen in Partnerstaaten auf nationale NDCs anzurechnen (internationally transferred mitigation outcomes, ITMOs) oder internationale Kohlenstoffmärkte zu schaffen. Zum anderen soll ein Rahmen für nicht marktbasierende Instrumente gesteckt werden (Art. 6.8, z.B. abgestimmte Anreizsysteme zur Energieeffizienzsteigerung). Ein Schwerpunkt der aktuellen Verhandlungen ist die Vermeidung von Doppelanrechnungen der ITMOs in NDCs. Für langfristig wirksame Erfolge im Klimaschutz ist es aber ebenso entscheidend, dass in den Langfriststrategien dargestellt wird, wie internationale Kooperationen nach Art. 6 PA jeweils zu den Schwerpunkten beitragen.

Innerhalb jeder Komponente ist bei der Ausgestaltung wiederum darauf zu achten, dass Lösungsansätze in einen strategischen Fahrplan (Roadmap) eingebunden und anhand der folgenden Kriterien bewertet werden:

- › *Beitrag zur Zielerreichung:* Der Beitrag der Langfriststrategien zur Klimastabilisierung hängt entscheidend von der Wirksamkeit der enthaltenen Maßnahmen ab. Nicht alle Lösungsansätze sind gleich wirksam und damit gleichwertig zu behandeln.
- › *Mehrgewinnorientierung:* Maßnahmen zum Klimaschutz sollten so ausgewählt werden, dass sie simultan auch zu anderen (Nachhaltigkeits-)Zielen beitragen und damit Mehrgewinne erzeugen, etwa für den Schutz der Biodiversität und das menschliche Wohlbefinden sowie weitere Bereiche der Agenda 2030.
- › *Operationalisierbarkeit und systemische Einbettung:* Langfristige Ziele sollten mit Meilensteinen und konkret umsetzbaren Maßnahmen unterfüttert werden. Gleichzeitig ist auf die systemische Einbettung der

Lösungsansätze zu achten, um vorausschauend Transformationen zu ermöglichen und unerwünschte Pfadabhängigkeiten zu vermeiden.

Die Umsetzung der Langfriststrategien sollte einen transformativen Prozess anstoßen, der positive Wirkungen und Mehrgewinne auch jenseits des Klimaschutzes hat.

Der WBGU empfiehlt:

- › Langfriststrategien zur Klimastabilisierung sollten drei Schwerpunkte enthalten:
 1. *Stoppen*: schnell und vollständig aus der Verbrennung fossiler Energieträger aussteigen und ihre stoffliche Nutzung auf Fälle begrenzen, in denen keine nachhaltigen Alternativen entwickelt werden können.
 2. *Stärken*: Biodiversitätserhaltung und Klimaschutz durch Schutz, Wiederherstellung und nachhaltige Nutzung von Ökosystemen verknüpfen.
 3. *Vordenken*: Strategien zur nachhaltigen Entfernung von CO₂ aus der Atmosphäre entwickeln.
- › Alle drei Schwerpunkte sind notwendig, wobei der Ausstieg aus den fossilen Energieträgern und die Stärkung der Biosphäre grundlegend sind. Die drei Schwerpunkte sind nicht untereinander substituierbar. Sie sollten jeweils mit Zielen, Zwischenzielen und Maßnahmen versehen sowie mit Indikatoren verfolgt werden.
- › Die Differenzierung zwischen den Schwerpunkten sollte sich auch in Marktmechanismen und sonstigen internationalen Kooperationen unter Art. 6 PA widerspiegeln. Eine Verrechenbarkeit zwischen Beiträgen aus unterschiedlichen Schwerpunkten sollte in internationalen Marktmechanismen dringend vermieden werden.
- › Maßnahmen zu den einzelnen Schwerpunkten sollten anhand ihrer Wirksamkeit für die Erreichung der Klimaschutzziele sowie ihrer Mehrgewinnorientiertheit im Hinblick auf andere Nachhaltigkeitsziele bewertet und ausgewählt werden.

CO₂-Emissionen aus fossilen Quellen stoppen

Um den Klimawandel aufzuhalten, darf insgesamt nur noch eine begrenzte Menge anthropogener CO₂-Emissionen in die Atmosphäre gelangen (IPCC, 2018: 14f). Die möglichst rasche Abkehr von CO₂-Emissionen aus der Nutzung fossiler Energieträger steht dabei im Zentrum. Die Staaten sollten sie mit Zwischenzielen versehen, die in den NDCs aufgegriffen werden. Der Zeitpunkt, an dem kein CO₂ aus fossilen Quellen mehr freigesetzt wird sowie



die Zwischenziele sollten sich an einem angemessenen Anteil am verbleibenden globalen Emissionsbudget orientieren.

Ausstieg aus der Verbrennung fossiler Energieträger gestalten

Der WBGU empfiehlt, innerhalb der Langfriststrategien einen vollständigen Ausstieg aus der energetischen Nutzung fossiler Energieträger (Kohle, Erdöl, Erdgas) vorzusehen sowie eine Beschränkung ihrer stofflichen Nutzung (etwa in der Petrochemie) auf Anwendungen, für die noch keine nachhaltigen (erneuerbaren) Alternativen entwickelt werden können. Bei der verbleibenden nicht-energetischen Nutzung fossiler Rohstoffe sollte ausgeschlossen werden, dass der gebundene Kohlenstoff wieder freigesetzt wird, etwa bei einer späteren Verbrennung oder Zersetzung. Die möglichst rasche Abkehr von der Nutzung fossiler Energieträger sollte maßgebend für die Umsetzung von Effizienz- bzw. nachfrageseitiger Maßnahmen und den raschen Aufbau erneuerbarer Energie- und Mobilitätssysteme sowie den Umbau der Industrie sein.

Dieser Umstieg auf erneuerbare Energien und Rohstoffe könnte nicht nur die CO₂-Emissionen aus der Verbrennung fossiler Energieträger auf Null bringen, die derzeit insgesamt ca. 80% der globalen, anthropogenen CO₂-Emissionen darstellen (Friedlingstein et al., 2020), sondern zusätzlich die mit der Extraktion fossiler Ressourcen und deren Verarbeitung verbundenen Methanemissionen, die etwa 35% der globalen anthropogenen CH₄-Emissionen ausmachen, massiv senken (Saunois et al., 2020). Darüber hinaus können im Sinne von Mehrgewinnen erhebliche Gesundheitseffekte erzielt werden: Lelieveld et al. (2019) beziffern die weltweite Übersterblichkeit (d.h. vermeidbare Todesfälle) aufgrund von Luftverschmutzung durch die Nutzung fossiler Energieträger auf etwa 3,6 Mio. jährlich. Auch andere Nachhaltigkeitsdimensionen können profitieren: Die Exploration und Extraktion fossiler Ressourcen bedroht und zerstört vielfach direkt wertvolle und fragile Ökosysteme (z.B. den Yasuní-Nationalpark), während petrochemische Produkte auch jenseits des Klimawandels zu weltweiten Problemen führen, etwa als Mikroplastik.

Strategien, die auf End-of-pipe-Lösungen zur Emissionsminderung setzen, etwa den Einsatz von Kohlendioxidabscheidung und Speicherung (CCS) in Kombination mit der fortgeführten Nutzung fossiler Energieträger, könnten nur einen Teil der genannten Mehrgewinne erzielen, und betten sich daher weniger gut in eine umfassende Transformation zur Nachhaltigkeit ein. Darüber hinaus rät der WBGU weiterhin dringend davon ab, auf Kernenergie zu setzen, insbesondere wegen des nach wie vor nicht ver-

nachlässigbaren Risikos schwerster Schadensfälle, der ungeklärten Endlagerungsproblematik und des Risikos unkontrollierter Proliferation.

Technologiepfade systemisch gestalten, Mehrgewinne anstreben

Langfriststrategien sollten nicht nur die Zielsetzungen zur Reduktion von CO₂-Emissionen und Nutzung fossiler Rohstoffe formulieren, sondern strategisch aufzeigen, welche (Entwicklungs-)Pfade zur Erreichung dieser Ziele unter Berücksichtigung anderer Nachhaltigkeitsziele eingeschlagen werden sollen. Es geht um angepasste technische wie gesellschaftliche Entwicklungspfade, die Klimastabilisierung im Einklang mit der breiteren Nachhaltigkeitsagenda verfolgen und in diesem Sinn explizit auf Synergien und Mehrgewinne ausgerichtet sind.

Mit Blick auf die Klimastabilisierung sollte sichergestellt werden, dass technologische und infrastrukturelle Weichenstellungen die Möglichkeiten, CO₂ aus der Atmosphäre zu entfernen, nicht unterminieren oder schmälern. Technologien, die faktisch CO₂ in die Atmosphäre freisetzen, sollten daher auch dann möglichst vermieden werden, wenn sie als klimaneutral gelten, indem das CO₂ der Atmosphäre vorher entzogen wurde (sei es durch Photosynthese oder durch technische Verfahren). Dies gilt insbesondere dort, wo alternative Technologien zur Verfügung stehen, wie beispielsweise im Verkehrsbereich zu Biokraftstoffen und synthetischen C-basierten Kraftstoffen. Denn die Möglichkeiten, der Atmosphäre CO₂ zu entziehen, sind begrenzt und vielfach mit Risiken für andere Nachhaltigkeitsdimensionen verbunden, etwa für die Nahrungsmittelproduktion oder die Erhaltung der Biodiversität (WBGU, 2020: 55ff). Zum anderen müssen die begrenzten Potenziale zur sicheren Speicherung von CO₂ berücksichtigt werden: Die geologischen Speicherpotenziale werden zwar als groß eingeschätzt, allerdings gibt es offene Fragen in Bezug auf die gesellschaftliche Akzeptanz sowie die langfristige Verlässlichkeit der Speicher, die nicht nur von den geologischen Gegebenheiten, sondern auch dem Management abhängt (WBGU, 2020: 57). Technologiepfade, die die Entstehung von CO₂ schon im Ansatz vermeiden, sind daher Pfaden überlegen, die die begrenzten Speicherpotenziale langfristig und in großem Umfang einplanen. Staaten sollten daher in ihren Strategien transparent machen, welche (auch quantitative) Rolle sie einzelnen Technologien zuschreiben.

Um Synergien mit weiteren Nachhaltigkeitszielen zu erreichen, sollten in den Vergleich verschiedener Lösungen grundsätzlich möglichst alle externen Kosten einbezogen werden, so dass Klimaschutztechnologien beispielsweise auch im Hinblick auf unterschiedliche

Auswirkungen auf Gesundheit, Ökosysteme und Biodiversität bewertet werden. Analysen des IPCC zeigen etwa, dass geeignete Maßnahmen für eine geringere Energienachfrage sich auch positiv auf andere Nachhaltigkeitsziele auswirken (Roy et al., 2018: 448). Der WBGU empfiehlt daher, systematische Folgenabschätzungen der avisierten Technologiepfade für die in der Agenda 2030 angelegten Nachhaltigkeitsdimensionen vorzunehmen.

Internationale Dimensionen beachten, Rohstoffstrategien nachhaltig und solidarisch einbetten

Von hoher Bedeutung ist zudem, die internationalen Auswirkungen und Erfordernisse nationaler Strategien zu explorieren und transparent zu machen. Langfriststrategien sollten dafür nationale Energieträger- und Rohstoffstrategien für den Ausstieg aus fossilen Rohstoffen umfassen. Dadurch können sie einen Beitrag leisten, die Konsistenz der unterschiedlichen nationalen Strategien zu sichern, etwa im Hinblick auf die internationale Verfügbarkeit zentraler Rohstoffe und erneuerbarer Energieträger. Um entsprechende Märkte und Lieferketten aufzubauen, sollten v.a. Niedrigeinkommensländer beim Aufbau lokaler Produktions- und Versorgungskapazitäten unterstützt werden. Ausreichende Investitionen vor Ort und, wo notwendig, der Transfer von Technologien sollten daher frühzeitig vorgesehen sowie Anpassung und Ausbau vorhandener Infrastruktur unterstützt werden. Insbesondere sollte auch SDG 7 (bezahlbare und saubere Energie) im Blick behalten werden: Noch immer haben weltweit ca. 789 Mio. Menschen keinen Zugang zu Elektrizität (UN, 2020) und Milliarden von Menschen greifen zum Kochen auf feste Brennstoffe zurück, mit erheblichen Gesundheitsfolgen. Langfriststrategien aller Länder sollten zur Überwindung dieser Energiearmut beitragen und sie keinesfalls erschweren.

Forschungsbedarfe benennen, transformative Forschungsoffensive starten

Ein vollständiger Ausstieg aus der Nutzung fossiler Energieträger geht in Teilen über die Grenze des heute technisch Machbaren hinaus bzw. erfordert aus heutiger Sicht den verstärkten Einsatz einiger Technologien, die noch nicht oder nicht großmaßstäblich erprobt sind, sowie gesellschaftliche Innovationen. Es ist daher von hoher Bedeutung, in Langfriststrategien auch die strategischen Forschungs- und Entwicklungsbedarfe unter Berücksichtigung sozioökonomischer Rahmenbedingungen zu adressieren. Unter anderem kommt dabei folgenden Themen eine hohe Relevanz zu:

- *Grüner Wasserstoff als zukünftiger Energieträger:* Entwicklung neuer, unkritischer Materialien für Elektrolyse und Brennstoffzellen sowie sozio-technischer

Systemansätze für Produktion, effizienten Verbrauch und Verteilung sowie deren Anwendung in der Breite.

- › *Bioökonomie*: Biogene Rohstoffe als Ersatz für stofflich genutzte fossile Rohstoffe sowie die Sicherung ihrer nachhaltigen Gewinnung durch angemessene Steuerungs- und Anreizsysteme.
- › *Intelligente Sektorenkopplung*: Steigerung von Effizienz und Flexibilität bei Angebot und Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen mit Blick auf eine Vollversorgung mit erneuerbaren Energien. Dazu gehören z.B. Antriebstechnologien für schwer elektrifizierbare Transportmittel sowie nachfrageseitige Maßnahmen.

Der WBGU empfiehlt:

- › *Ausstieg aus der Nutzung fossiler Rohstoffe anstreben*: Es sollten klare Ausstiegspfade aus der energetischen und möglichst auch stofflichen Nutzung fossiler Rohstoffe entwickelt werden, die sich an den noch möglichen CO₂-Budgets orientieren.
- › *Exploration und Extraktion fossiler Ressourcen beenden*: Die Beendigung von Extraktion und Exploration fossiler Ressourcen sollte multilateral verhandelt und beschlossen werden. Die Staaten sollten in ihren Langfriststrategien darlegen, welchen Beitrag sie dazu leisten.
- › *Mehrgewinne suchen, Folgenabschätzung institutionalisieren*: Der Ausstieg aus der Nutzung fossiler Energieträger sollte als Chance genutzt werden, Fortschritte in weiteren Nachhaltigkeitsdimensionen zu erreichen. Hierfür sollten Abschätzungen der nationalen und internationalen Folgen geplanter Technologie- und Transformationspfade auf alle Dimensionen der Agenda 2030 standardmäßig vorgesehen werden. Möglichkeiten zur ressourcenschonenden Umnutzung vorhandener Infrastruktur sollten geprüft werden.
- › *Staaten sollten Langfriststrategien nutzen*, um ihre aktuellen und geplanten Maßnahmen und Politiken (z.B. CO₂-Bepreisung, Abbau fossiler Subventionen, übergangsweise Nutzung internationaler Mechanismen, Infrastrukturausbau, Effizienz- und weitere nachfrageseitige Maßnahmen) zu umreißen.

Beitrag der Biosphäre stärken

Klimaschutz und Biodiversitätserhaltung sind zwei höchst wichtige, aber auch sehr unterschiedliche Nachhaltigkeitsziele, die miteinander in Wechselwirkung stehen. Biologische Vielfalt und Ökosystemleistungen bilden die Basis einer funktionierenden Biosphäre und gehören zu den



unverzichtbaren natürlichen Lebensgrundlagen der Menschheit. Dennoch sind Ökosystemleistungen stark gefährdet, v.a. durch Landnutzungsänderungen, Übernutzung von Ökosystemen und zunehmend auch durch den Klimawandel. Diese wissenschaftliche Erkenntnis wird jedoch viel zu langsam in Handeln umgesetzt. Die Erhaltung der Biosphäre ist nicht nur unverzichtbar, sondern für eine nachhaltige Entwicklung auch höchst dringlich. Langfristige Klimastabilisierung ist ohne eine intakte und resiliente Biosphäre nicht erreichbar.

In einem nachhaltigen Umgang mit der Biosphäre lassen sich Klimaschutz und Biodiversitätserhaltung synergistisch miteinander verknüpfen. Dies gilt sowohl für Ökosysteme an Land als auch für Meeres- und Küstenökosysteme. Entscheidend dafür ist ein schnellstmöglicher Stopp der Zerstörung naturbelassener Ökosysteme und der Übernutzung biogener Ressourcen. Zusätzlich können „naturbasierte Lösungen“ einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz wie auch zu anderen Zielen nachhaltiger Entwicklung leisten. Die klimarelevanten Wirkungen naturbasierter Lösungen sind allerdings nicht nur begrenzt, sondern auch reversibel: Naturnahe Wiederaufforstung beispielsweise benötigt Jahrzehnte, aber das gespeicherte CO₂ kann durch einen vom Klimawandel induzierten Waldbrand in Stunden wieder in die Atmosphäre gelangen.

Für den schnellen Kohlenstoffkreislauf hat der WBGU *Mehrgewinnstrategien* skizziert (WBGU, 2020). Damit lassen sich an Land wie auch im Ozean positive Wirkungen sowohl für den Klimaschutz als auch für die Biodiversitätserhaltung erzeugen.

1. *CO₂-Entfernung durch Renaturierung synergistisch gestalten*: Durch Renaturierung degradierter Ökosysteme kann nicht nur der Atmosphäre CO₂ entzogen, sondern es können auch Biodiversität und Ökosystemleistungen gefördert werden. Eine Wiedervernässung von Mooren, eine standortgerechte Wiederaufforstung degradierter Waldflächen und eine Renaturierung von Meeres- und Küstenökosystemen (etwa Mangroven, Seegraswiesen und Makroalgenwälder) sind vielversprechende Ansätze, mit denen sich synergistische Wirkungen für mehrere Nachhaltigkeitsziele erreichen lassen. Im Vordergrund sollte dabei unbedingt die Wiederherstellung artenreicher, naturnaher Ökosysteme und nicht die Schaffung von Plantagen stehen. Die CO₂-Speicherung durch die Renaturierung von Ökosystemen kann auf langen Zeitskalen und bei erfolgreicher Emissionsreduktion klimastabilisierend wirken, aber ambitionierte Emissionsreduktionen keinesfalls ersetzen und daher auch nicht dort verrechnet werden. Der WBGU empfiehlt zudem, die in der Bonn Challenge gesteckten Flächenziele deutlich zu erweitern.

2. *Schutzgebietssysteme ausweiten und aufwerten:* Natürliche terrestrische und marine Ökosysteme speichern bereits große Kohlenstoffvorräte. Gleichzeitig wirken sie auch weiterhin als CO₂-Senken. Beide Leistungen sind durch die fortschreitende Zerstörung und Übernutzung der natürlichen Ökosysteme sowie durch den Klimawandel gefährdet. Ökosystemschutz dient also nicht nur der Biodiversitätserhaltung, sondern auch dem Klimaschutz. Um diese Synergie zu nutzen, sollten Schutzgebietssysteme ausgeweitet und aufgewertet werden. Der WBGU empfiehlt, Schutzgebietssysteme auf 30% der Land- und Ozeanfläche auszuweiten. Neben der Biodiversitätskonvention (CBD) sollte auch die UNFCCC diese Zielsetzung unterstützen. Dabei sollten die in der CBD international vereinbarten Qualitätskriterien konsequent angewendet und eine verbesserte Zusammenarbeit zwischen Naturschützenden und Klimaschützenden auf allen Ebenen angestrebt werden.
3. *Landwirtschaftssysteme diversifizieren:* Durch die Ausweitung von Agrarflächen in natürliche Ökosysteme, durch Bodendegradation und durch die Anwendung von Agrarchemie trägt industrielle Landwirtschaft maßgeblich zu Klimawandel und Biodiversitätsverlust bei. Langfristig ist dies auch negativ für die Nachhaltigkeit der Nahrungsmittelproduktion. Um diese Trends umzudrehen und Synergien zwischen Landwirtschaft und Klimaschutz zu nutzen, empfiehlt der WBGU eine Wende hin zu ökologisch intensiven, multifunktionalen Produktionssystemen, bei denen die Effizienzgewinne v. a. durch die Förderung von Ökosystemleistungen erzielt werden. Damit kann nicht nur die CO₂-Aufnahme in Böden verbessert werden, sondern es ließen sich auch aus der Landwirtschaft stammende CH₄- und N₂O-Emissionen absenken.
4. *Die Transformation tierproduktlastiger Ernährungsstile vorantreiben:* Ernährungsstile mit einem großen Anteil von Tierprodukten erzeugen u. a. durch Landverbrauch deutlich mehr THG-Emissionen als eine überwiegend pflanzenbasierte Ernährung. Die weltweite Ernährung sollte an der Planetary Health Diet (Willett et al., 2019) ausgerichtet werden. Diese ist nicht nur gesünder als tierproduktlastige Ernährungsstile, sondern trägt auch zur Erreichung weiterer globaler Nachhaltigkeitsziele bei. Der WBGU empfiehlt daher eine konsequente Weiterentwicklung von Rahmenbedingungen, nachhaltigkeitsorientierte Normsetzung (z. B. Ernährungsleitlinien) und Schaffung entsprechender Anreize für die Wirtschaft und Konsument*innen. Zudem sollten Potenziale zur Vermeidung von Lebensmittelverlusten und -verschwendung genutzt werden.
5. *Bioökonomie verantwortungsvoll gestalten und Holzbau fördern:* Die Verwendung von Biomasse kann emissionsintensive Prozesse und fossile Rohstoffe ersetzen und damit den Weg zur langfristigen Klimastabilisierung erleichtern. Der dadurch steigende Landbedarf verstärkt jedoch die Konkurrenzen zu Ernährungssicherung und Biodiversitätserhaltung, was die Potenziale nachhaltig nutzbarer Biomasse begrenzt. Für eine auf nachhaltige Landnutzung gestützte Bioökonomie empfiehlt der WBGU daher staatliche Rahmenbedingungen für Angebot und Nutzung von Biomasse. Innerhalb dieses Rahmens kann insbesondere das nachhaltige Bauen mit Holz aus standortgerechter, nachhaltiger Waldwirtschaft gestärkt werden, das eine Alternative zum deutlich klimaschädlicheren konventionellen Stahl- und Betonbau bietet.

Für Meeres- und Küstenökosysteme ergeben sich entsprechende Handlungsoptionen mit mehrfachem Gewinn. Ungestörte marine Sedimente speichern etwa doppelt so viel organischen Kohlenstoff wie terrestrische Böden (Atwood et al., 2020). Der WBGU empfiehlt daher, die marine CO₂-Speicherung durch eine nachhaltige Fischerei und Aquakultur zu stärken. Damit wird auch ein wichtiger Beitrag zur zukünftigen Proteinversorgung der Menschen gesichert (WBGU, 2013). Eine nachhaltige Nutzung von Biomasse aus dem Meer bietet zudem Chancen für die Bioökonomie, die verstärkt erforscht werden sollten.

Eine solche integrierte Betrachtung der Biosphäre im Sinn des Zusammendenkens von Land und Ozean sowie von verschiedenen Nutzungsansprüchen und Schutzgütern kann dabei helfen, nachhaltige Zukunftspfade ganzheitlich zu identifizieren. Dafür muss sich der Umgang der Menschheit mit der Biosphäre grundlegend wandeln. Es sind ehrgeizige und entschlossene Entscheidungen aller Vertragsstaatenkonferenzen der drei Rio-Konventionen UNFCCC, CBD und Desertifikationskonvention (UNCCD) erforderlich, um einen transformativen Wandel im Umgang mit der Biosphäre einzuleiten. Für eine konkrete Umsetzung auf instrumenteller Ebene ergänzt der WBGU folgende Empfehlungen.

Der WBGU empfiehlt:

 - *Finanzierungsmechanismen differenziert an Zielen ausrichten:* Ökosystemleistungen haben Gemeingutcharakter und benötigen besonderen Schutz. Beiträge zum Schutz und zur Renaturierung von Ökosystemen sollten in ein breit angelegtes System von Zahlungen für Ökosystemleistungen eingebettet sein. Finanzierungsinstrumente und -mechanismen für Klimaschutz und Biosphärenschutz unterscheiden sich somit in Komplexität und Zeithorizont und sollten entsprechend ihrer Ziele separiert werden. In Steuer-

und Subventionssystemen sowie unternehmerischen Berichtspflichten sollten Auswirkungen auf Ökosystemleistungen berücksichtigt werden.

- › *Bewirtschaftete Ökosysteme auf Biodiversität und Ökosystemleistungen ausrichten:* Um langfristig THG-Emissionen zu vermeiden, biologische Vielfalt zu erhalten und die Ernährung zu sichern, ist es unerlässlich, Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Fischerei und Aquakultur nachhaltig zu gestalten und zu diversifizieren. Subventionen sollten sich am Beitrag zum Gemeinwohl und Ökosystemleistungen, darunter auch CO₂-Senken, ausrichten.
- › *Internationalen Handel und Lieferketten nachhaltig gestalten:* Der gegenwärtige Welthandel ist von einer Entkopplung ökosystemarer Bezüge geprägt. Negative ökologische Fernwirkungen von Wertschöpfungs- und Lieferketten sollten reduziert und wo möglich verhindert werden; Forschung zu entsprechender Governance sollte verstärkt werden.

CO₂-Entfernung aus der Atmosphäre vordenken

Szenarien zur Klimaentwicklung zeigen, dass selbst bei einer schnellen Reduktion der Treibhausgasemissionen sehr wahrscheinlich eine zusätzliche Entfernung von CO₂ aus der Atmosphäre notwendig sein wird, um die im PA verpflichtend festgelegten Klimaziele zu erreichen. Der WBGU empfiehlt daher, sich im Rahmen der Langfriststrategien verstärkt auf solche Szenarien vorzubereiten und nachhaltige Potenziale verschiedener Ansätze zur CO₂-Entfernung aus der Atmosphäre auszuloten, strategisch Umsetzungsmöglichkeiten zu explorieren und einen entsprechenden Governance-Rahmen zu schaffen.



Hier spielt zunächst v. a. der Schutz und die Renaturierung der Biosphäre eine Rolle, auch mit dem Ziel, ihre CO₂-Bindungsfähigkeit zu stärken. Da die CO₂-Bindung in der Biosphäre ihrerseits durch fortschreitenden Klimawandel beeinträchtigt wird, sollte das Hauptgewicht auf Emissionsminderungen liegen. Gleichzeitig sollten Renaturierungsmaßnahmen eingesetzt werden, die sowohl Biodiversität als auch Kohlenstoffspeicherung sichern und längerfristig die Klimastabilisierung durch CO₂-Aufnahme aus der Atmosphäre stützen können. Von einer Reduktion der Minderungsambitionen durch frühzeitiges Einrechnen ökosystemarer CO₂-Bindung ist aufgrund der Vulnerabilität der Biosphäre dringend abzuraten – vielmehr sollte Renaturierung als ergänzende Maßnahme voll ausgeschöpft werden. Je ambitionierter die Emissionsreduktion ausfällt, desto

mehr können Renaturierungsmaßnahmen zur Klimastabilisierung beitragen.

Die Stärkung der Senkenfunktion natürlicher und bewirtschafteter Ökosysteme allein wird allerdings voraussichtlich nicht ausreichen, um Klimastabilität zu erreichen. Daher müssen auch weitere Methoden der CO₂-Entfernung in Betracht gezogen werden. Industrieländer sind aufgrund ihrer bisher in der Atmosphäre kumulierten CO₂-Emissionen besonders in der Pflicht. Sie sollten ihre finanziellen und technologischen Möglichkeiten nutzen, um gangbare Wege einer CO₂-Entfernung aus der Atmosphäre zu entwickeln, die im Einklang mit der umfassenden Nachhaltigkeitsagenda stehen, gegebenenfalls auch in Form längerfristiger internationaler Kooperationen.

Optionen zur CO₂-Entfernung strategisch prüfen und Wissenslücken schließen

Die gezielte Entfernung von CO₂ aus der Atmosphäre kann durch eine breite Palette von Ansätzen erfolgen, die sich fundamental unterscheiden hinsichtlich der Permanenz der Speicherung, dem Entwicklungsstand, der erwünschten und unerwünschten Begleiteffekte sowie der Akzeptanz. Dabei gibt es jeweils auch große regionale Unterschiede.

Ökosystembasierte Ansätze wie Renaturierung oder verbesserte landwirtschaftliche Bewirtschaftungsmethoden gelten als unkritisch und gut erprobt, mit potenziell hohem Begleitnutzen für die Erhaltung der Biodiversität. Der WBGU empfiehlt daher, wie oben diskutiert, diese bereits frühzeitig mit Blick auf Mehrgewinne umzusetzen (WBGU, 2020: 85; Sala et al., 2021). Der Kohlenstoff wird bei diesen Methoden in der Biomasse oder in Böden gespeichert; Schwachpunkt in Bezug auf die Klimawirkung ist daher die Permanenz der Speicherung, gerade im Hinblick auf noch zu erwartende Auswirkungen des Klimawandels. Hierzu und zur Frage der globalen sowie regional expliziten nachhaltigen Potenziale besteht noch weiterer Forschungsbedarf.

Weitere Ansätze der CO₂-Entfernung sollten ausführlich in Hinblick darauf überprüft werden, wie und in welchem Umfang eine nachhaltige Umsetzung jeweils regional möglich ist, und welche Rahmenbedingungen notwendig wären, um Nachhaltigkeit zu gewährleisten. Forschung und Entwicklung sollten nicht nur auf die Entwicklung und Erprobung einzelner Ansätze fokussieren, sondern auch deren systemische Einbettung in die übergreifende Nachhaltigkeitsagenda und ihr Verhältnis untereinander im Sinne eines Portfolioansatzes in den Blick nehmen. Hierzu einige Beispiele:

Viele Methoden beruhen (wie auch die Renaturierung) darauf, das CO₂ aus der Atmosphäre zunächst durch Photosynthese (also durch Pflanzen) zu binden. Dies betrifft etwa Bioenergie in Kombination mit

Kohlendioxidabscheidung und -speicherung (BECCS), großskalige Aufforstung oder die Nutzung von Pflanzenkohle. Ihnen ist gemeinsam, dass sie aufgrund ihrer hohen Flächen- bzw. Biomassebedarfe potenziell große negative Auswirkungen auf die Biodiversität und die Nahrungsmittelproduktion haben. Auch Wasser- und Nährstoffkreisläufe können beeinträchtigt werden. Hier geht es also darum, regional explizit realistische, nachhaltig verfügbare Biomassepotenziale oder auch Flächenpotenziale abzuschätzen und Kriterien zu entwickeln, wie zwischen Optionen abgewogen werden kann (etwa Aufforstung vs. Biomasseanbau für BECCS).

Bei technologischen Optionen der CO₂-Bindung, die nicht auf pflanzliche Photosynthese setzen (z.B. direct air carbon capture and storage, DACCS), werden dagegen eher Energieaufwand und Kosten diskutiert, sowie mögliche Probleme mit Abfallstoffen. BECCS und DACCS gemein sind ungeklärte Fragen in Bezug auf Potenziale und langfristige Governance von CO₂-Speichern, die potenziell auch durch fortgeführte Nutzung fossiler Energieträger in Kombination mit CCS nachgefragt sind. Andere diskutierte Methoden wie etwa beschleunigte Gesteinsverwitterung oder Ozeanalkalisierung beruhen auf der Ausbringung sehr großer Materialmengen, so dass hier sowohl die Auswirkungen der Materialgewinnung als auch Effekte auf die Ökosysteme abgeschätzt werden müssen. Gegen Ozeandüngung hat die CBD 2008 ein *De-facto*-Moratorium beschlossen, solange adäquate wissenschaftliche Basis, Risikoabschätzung und ein globaler Regulierungsmechanismus fehlen. 2011 wurde ein ähnlicher, allerdings schwächer formulierter Beschluss gefasst, der sich gegen klimabezogenes Geoengineering wendet, das Biodiversität beeinflusst.

Zukünftige Notwendigkeit der CO₂-Entfernung begrenzen, aber ihren Einsatz vorbereiten

Das Ausmaß der zur Klimastabilisierung notwendigen technologischen Entfernung von CO₂ aus der Atmosphäre ergibt sich v.a. aus der Geschwindigkeit des Ausstiegs aus fossilen Energieträgern und Rohstoffen. Hier muss vorrangig angesetzt werden, um die CO₂-Entfernung aufgrund ihrer potenziellen nachteiligen Nebenwirkungen in Grenzen zu halten. Angesichts des heutigen Stands des Klimaschutzes können die Vertragsstaaten die mögliche zukünftige Rolle und notwendigen Entwicklungsbedarfe im Bereich der CO₂-Entnahme aber nicht mehr ausblenden. Daher empfiehlt der WBGU, eine an Nachhaltigkeitskriterien und am Vorsorgeprinzip orientierte Strategie für die Anwendung von CO₂-Entfernungsmaßnahmen für Langfriststrategien zu entwickeln.

Erstens geht es darum, die strategische Option der CO₂-Speicherung offenzuhalten. Dafür sollten z.B. Lock-Ins bei der CO₂-Nutzung vermieden werden –

etwa bei „CO₂-Recycling“, das CO₂ der Atmosphäre entzieht, aber später wieder freisetzt. Dies steht in Konkurrenz zur langfristigen biologischen und geologischen Speicherung von aus der Atmosphäre entferntem CO₂. Eine zu umfangreiche Nutzung geologischer CO₂-Speicher für CCS in Kombination mit der Nutzung fossiler Energieträger könnte zudem zukünftige Möglichkeiten der dauerhaften CO₂-Entfernung aus der Atmosphäre beschränken.

Zweitens geht es darum, starke Governance-Mechanismen zu schaffen, die auf wissenschaftliche Expertise bei der Potenzial- und Risikobewertung von Technologien setzen und die Nutzung von Methoden zur Entfernung von CO₂ aus der Atmosphäre perspektivisch ermöglichen, ohne eine ungesteuerte Entwicklung und Anwendung von Technologien zu befördern. Dabei sollte neben der Sicherung der Klimawirkung insbesondere negativen Auswirkungen auf andere Dimensionen der Nachhaltigkeit vorgebeugt werden, z.B. auf Biodiversität und Ernährung. Die empfohlene Trennung der drei Schwerpunktbereiche von Langfriststrategien adressiert dies. Zudem soll durch internationale Kooperation darauf hingewirkt werden, dass bei der CO₂-Entnahme und Speicherung geographische, wirtschaftliche, institutionelle und soziale Voraussetzungen sowie globale Verantwortungsverteilung berücksichtigt werden.

Der WBGU erachtet es aufgrund der immer noch jungen und häufig wenig erforschten Technologien in diesen Bereichen als hoch riskant, auf die zukünftige Rückholung des emittierten CO₂ zu vertrauen. Dies unterstreicht umso deutlicher die Priorität von Vermeidungsstrategien im Sinne des geschilderten Komplettausstiegs aus fossilen Rohstoffen. Es muss zudem sichergestellt sein, dass Vertragsstaaten die klimapolitischen Ziele zur Emissionsminderung und zur CO₂-Entfernung aus der Atmosphäre besonders in Fragen der Zeitpläne, Finanzierung und Anrechnung klar voneinander trennen.

Der WBGU empfiehlt:

- › Staaten sollten sich frühzeitig mit der Entwicklung von Strategien zur Entfernung von CO₂ aus der Atmosphäre befassen und dabei v.a. auch einen geeigneten, international wirksamen Governance-Rahmen schaffen. Dieser sollte negative Auswirkungen auf andere Bereiche der Nachhaltigkeit verhindern.
- › Insbesondere für Ansätze zur CO₂-Entfernung aus der Atmosphäre, die über die Stärkung der CO₂-Bindung in der Biosphäre hinausgehen, sollten erst dann Anreize gesetzt werden, wenn ein angemessener Governance-Rahmen etabliert ist.
- › Technologien sollten anhand ihrer systemischen Einbettung in die breitere Nachhaltigkeit und ihres

Zusammenspiels bewertet werden. Im Sinne eines Portfolioansatzes sollten verschiedene Methoden in Betracht gezogen werden, um flexibel auf neue Herausforderungen und Erkenntnisse reagieren zu können. Dadurch können gegebenenfalls substanzielle Mengen an CO₂ aus der Atmosphäre entfernt und dabei skalierungsbedingte Nachhaltigkeitsprobleme einzelner Technologien in Grenzen gehalten werden (etwa bei der Landnutzung).

- › Der WBGU warnt eindringlich davor, ambitionierte Maßnahmen zur Emissionsvermeidung und zur Wiederherstellung der Biosphäre im Vertrauen auf zukünftige Technologien zur CO₂-Entfernung und Speicherung herunterzufahren oder durch Verrechnung mit Renaturierungsmaßnahmen zu reduzieren.

Recover Forward: Covid-19-Stimuli für Klimaschutz nutzen

Als Reaktion auf die Covid-19-Pandemie werden immense Finanzmittel mobilisiert, die neben kurzfristiger wirtschaftlicher Stabilisierung auch strukturierend wirken und Chance und Risiko für langfristige Klimastabilisierung sind. Diese Ausgaben und parallele klimapolitische Rahmensetzungen sollten stärker an den Langfriststrategien ausgerichtet werden. Die ausgeprägte internationale Ungleichheit der Pandemieauswirkungen und Stimulusprogramme muss adressiert werden, um globale Herausforderungen gemeinsam lösen zu können.

Bis März 2021 wurden weltweit Stimuluspakete im Umfang von 16.000 Mrd. US-\$ geschnürt (UN, 2021). Diese Mittel werden v.a. zur Stabilisierung der Wirtschafts- und Sozialsysteme (z.B. Kurzarbeitergeld) sowie für Innovations- und Modernisierungsschübe eingesetzt, berücksichtigen jedoch größtenteils keine Nachhaltigkeitsbelange. Die G20-Länder und zehn weitere große Volkswirtschaften geben ca. 14.900 Mrd. US-\$ aus, davon 4.600 Mrd. US-\$ oder 30% direkt in besonders klimarelevanten Sektoren (Energie, Industrie, Transport, Land- und Abfallwirtschaft); hiervon können nur 1.800 Mrd. US-\$ als „grün“ eingestuft werden, und in 20 der Länder wird ein negativer Gesamteffekt auf die Umwelt erwartet (Vivid Economics, 2021). Beispielsweise wurden in G20-Staaten rund 300 Mrd. US-\$ für die Stützung fossiler Energien zugesagt, aber nur 230 Mrd. US-\$ für saubere Energiequellen (Energy Policy Tracker, 2021). Von den 750 Mrd. € (830 Mrd. US-\$) des „Next Generation EU“-Wiederaufbauplans werden 37% für ökologisch nachhaltige Initiativen eingesetzt, aber Programme von EU-Mitgliedstaaten enthalten auch umwelt- und klimaschädliche Subventionen und Infrastrukturinvestitionen sowie Rettungsmaßnahmen ohne Umweltauflagen (Vivid Economics, 2021).

Die hohen eingesetzten Summen gehen einher mit einer global zusätzlichen öffentlichen Neuverschuldung von 15% (UNDESA, 2021), die den Gestaltungsspielraum künftiger Generationen im Umgang mit Klima-, Biodiversitäts-, Gesundheits- und anderen zukünftigen Krisen weiter einschränken. Wie alle staatlichen Unterstützungen und Investitionen sollten daher auch die Covid-19-Stimulusprogramme mit klimastabilisierenden Langfriststrategien in Einklang gebracht und für einen grundlegenden Umbau auf ökologisch und sozial

zukunftsweisende Bereiche ausgerichtet werden. Parallel zu finanziellen Unterstützungsmaßnahmen sollten klima- und umweltbezogene Rahmenbedingungen und Standards gestärkt statt geschwächt werden (wie in einigen G20-Ländern; Vivid Economics, 2021).

Allerdings unterscheiden sich die Folgen der Pandemie und die Reaktionsmöglichkeiten darauf weltweit stark. Der Index für menschliche Entwicklung wird voraussichtlich zum ersten Mal seit seiner Einführung 1990 zurückgehen (UNDP, 2020). Ein Großteil derjenigen Menschen, die aufgrund der Covid-19-Krise zusätzlich von extremer Armut bedroht sind, lebt in Südasien (60%) und Subsahara-Afrika (27%; Lakner et al., 2021). Auch der Umfang der aufgelegten Covid-19-Stimulusprogramme ist sehr ungleich. Während in Hochinkommensländern um die 16% des BIP eingesetzt werden, sind es in Schwellenländern etwa 4% und in Niedrigeinkommensländern nur 1,6% (UN, 2021). Pro Kopf sind die Stimulusausgaben in Hocheinkommensländern ca. 580 mal höher als in den am wenigsten entwickelten Ländern („least developed countries“; UNDESA, 2021). Die Agenda 2030 formuliert jedoch den Anspruch, „niemanden zurückzulassen“, und dies liegt auch im Interesse aller Staaten, da globale Herausforderungen wie der Klimawandel, die Biodiversitätskrise oder Pandemien nur gemeinsam bewältigt werden können. Um einer weiteren strukturellen Verfestigung unterschiedlicher Leistungsfähigkeit nationaler Ökonomien entgegen zu wirken, sollten Hocheinkommensländer daher einen überproportionalen internationalen Beitrag auch bei der Bewältigung von Covid-19 und des Umbaus leisten. Existierende multilaterale Instrumente sollten dafür finanziell aufgestockt werden.

Der WBGU empfiehlt:

- Für die Klimastabilisierung ist es von zentraler Bedeutung, Covid-19-Stimulusprogramme für den ökologisch und sozial verträglichen, global ausgewogenen Umbau einzusetzen. Notwendig sind Investitionen mit strukturellen und katalysierenden Wirkungen in Sektoren wie Energie, Industrie, Transport, Ernährung, Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Fischerei sowie Gesundheit. Hierfür sollten klimapolitische Langfriststrategien den Weg weisen.

Literatur

- Atwood, T. B. et al. (2020): Global patterns in marine sediment carbon stocks. *Frontiers in Marine Science* 7 (165), 1–9.
- Bhattacharya, A. et al. (2020): Delivering on the \$100 Billion Climate Finance Commitment and Transforming Climate Finance. New York: United Nations Independent Expert Group on Climate Finance.
- EAC-PM – Economic Advisory Council to the Prime Minister (2019): R&D Expenditure Ecosystem. Current Status & Way Forward. Internet: <https://www.psa.gov.in/psa-prod/publication/RD-book-for-WEB.pdf>. Neu-Delhi: EAC-PM.
- Energy Policy Tracker (2021): G20 Countries. Internet: <https://www.energypolicytracker.org/region/g20>. o.O.: Energy Policy Tracker Consortium.
- EU-Kommission (2020): Science, Research and Innovation Performance of the EU 2020. A Fair, Green and Digital Europe. Internet: https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/srip/2020/ec_rtd_srip-2020-report.pdf. Luxemburg: EU-Kommission.
- Friedlingstein, P. et al. (2020): Global carbon budget 2020. *Earth System Science Data* 12 (4), 3269–3340.
- Hans, F. et al. (2020): Making Long-Term Low GHG Emissions Development Strategies a Reality. A Guide to Policy Makers on How to Develop an LTS for Submission in 2020 and Future Revision Cycles. Berlin: GIZ, New Climate Institute.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2018): Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5°C Above Pre-Industrial Levels and related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty. Summary for Policymakers. Genf: IPCC.
- Lakner, C. et al. (2021): Updated Estimates of the Impact of COVID-19 on Global Poverty: Looking Back at 2020 and the Outlook for 2021. Washington, DC: The World Bank Data Blog.
- Lelieveld, J. et al. (2019): Effects of fossil fuel and total anthropogenic emission removal on public health and climate. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 116 (15), 7192–7197.
- Rogelj, J. et al. (2018): Chapter 2: Mitigation pathways compatible with 1.5 C in the context of sustainable development. In: Masson-Delmotte, V. et al. (Hrsg.): Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5°C Above Pre-Industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty. Genf: IPCC, 93–174.
- Roy, J. et al. (2018): Sustainable development, poverty eradication and reducing inequalities. In: Masson-Delmotte, V. et al. (Hrsg.): Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5°C Above Pre-Industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty. Cambridge, New York: Cambridge University Press, 445–538.
- Sala, E. et al. (2021): Protecting the global ocean for biodiversity, food and climate. *Nature* 592 (7854), 397–402.
- Saunio, M. et al. (2020): The global methane budget 2000–2017. *Earth System Science Data* 12 (3), 1561–1623.
- UIS – UNESCO Institute for Statistics (2021): How Much Does Your Country Invest in R&D? Internet: <http://uis.unesco.org/en/news/new-uis-data-sdg-9-5-research-and-development-rd>. New York: UIS.
- UN – United Nations (2020): The Sustainable Development Goals Report 2020. New York: UN.
- UN – United Nations (2021): Financing for the Development in the Era of COVID-19 and Beyond Initiative (FFDI). Internet: <https://www.un.org/en/coronavirus/financing-development>. New York: UN.
- UNDESA – United Nations Department of Economic and Social Affairs (2021): Monthly Briefing on the World Economic Situation and Prospects No. 146, 5 February 2021. New York: UNDESA.
- UNDP – United Nations Development Programme (2020): COVID-19 and Human Development: Assessing the Crisis, Envisioning the Recovery. Internet: <http://hdr.undp.org/en/hdp-covid>. Nairobi: UNDP.
- UNECA – United Nations Economic Commission for Africa (2018): Towards Achieving the African Union's Recommendation of Expenditure of 1% of GDP on Research and Development. Internet: <https://hdl.handle.net/10855/24306>. Addis Abeba: UNECA.
- UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change (2021): Communication of Long-term Strategies. Internet: <https://unfccc.int/process/the-paris-agreement/long-term-strategies>. New York, Genf: UNFCCC.
- Vivid Economics (2021): Greening of Stimulus Index. An Assessment of COVID-19 Stimulus by G20 Countries and Other Major Economies in Relation to Climate Action and Biodiversity Goals. London: Vivid Economics.
- WBGU (2013): Welt im Wandel: Menschheitserbe Meer. Hauptgutachten. Berlin: WBGU.
- WBGU (2020): Landwende im Anthropozän: Von der Konkurrenz zur Integration. Hauptgutachten. Berlin: WBGU.
- Willett, W. et al. (2019): Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet* 393, 447–492.

Autor*innen

*Leitautor*innen:* Alexander Bassen, Jörg Drewes, Markus Fischer, Sabine Gabrysch, Anna-Katharina Hornidge, Karen Pittel, Hans-Otto Pörtner, Sabine Schlacke, Anke Weidenkaff

*Mitautor*innen:* Daniel Belling, Daniel Buchholz, Marcel J. Dorsch, Jonas Geschke, Ulrike Jürschik, Yvonne Kunz, Carsten Loose, Katharina Molitor, Johannes Pfeiffer, Benno Pilardeaux, Marion Schulte zu Berge, Astrid Schulz, Christoph Schwaller, Jan Siegmeier, Angelika Veziridis

Mitglieder des WBGU

Prof. Dr. Karen Pittel (Vorsitzende)

Direktorin des Zentrums für Energie, Klima und Ressourcen des ifo Instituts, Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung und Professorin für Volkswirtschaftslehre, insbesondere Energie, Klima und erschöpfbare natürliche Ressourcen an der Ludwig-Maximilians-Universität München

Prof. Dr. Sabine Schlacke (Vorsitzende)

Professorin für Öffentliches Recht und Geschäftsführende Direktorin des Instituts für Umwelt- und Planungsrecht an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

Prof. Dr. Alexander Bassen

Professor für Kapitalmärkte und Unternehmensführung an der Universität Hamburg, Fakultät für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften

Prof. Dr.-Ing. Jörg Drewes

Leiter des Lehrstuhls und der Versuchsanstalt für Siedlungswasserwirtschaft an der Technischen Universität München

Prof. Dr. Markus Fischer

Professor für Pflanzenökologie am Institut für Pflanzenwissenschaften und Direktor des Botanischen Gartens der Universität Bern

Prof. Dr. Dr. med. Sabine Gabrysch

Professorin für Klimawandel und Gesundheit am Institut für Public Health der Charité – Universitätsmedizin Berlin und Leiterin der Forschungsabteilung Klimaresilienz am Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK)

Prof. Dr. Anna-Katharina Hornidge

Direktorin des Deutschen Institut für Entwicklungspolitik (DIE) und Professorin für Globale Nachhaltige Entwicklung an der Universität Bonn

Prof. Dr. Hans-Otto Pörtner

Leiter der Abteilung Integrierte Ökophysiologie am Alfred-Wegener-Institut und Co-Vorsitzender der IPCC-Arbeitsgruppe „Auswirkungen des Klimawandels, Anpassungen und Verwundbarkeit“

Prof. Dr. Anke Weidenkaff

Professorin an der TU Darmstadt für das Fachgebiet Werkstofftechnik und Ressourcenmanagement und Leiterin der Fraunhofer-Einrichtung für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie (IWKS)

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung
Globale Umweltveränderungen

Geschäftsstelle
Luisenstraße 46
10117 Berlin

Telefon: (030) 26 39 48-0
E-Mail: wbgu@wbgu.de
Internet: www.wbgu.de
@WBGU_Council

Redaktionsschluss: 21.05.2021

Dieses Politikpapier ist im Internet in deutscher und englischer Sprache abrufbar.
2021, WBGU ISBN 978-3-946830-34-4

