

WBGU

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung
Globale Umweltveränderungen

Politikpapier

Zivilisatorischer Fortschritt innerhalb planetarischer Leitplanken

Ein Beitrag zur SDG-Debatte

8

Inhalt

Zusammenfassung	3
Der politische Kontext	5
Auf dem Weg zu Sustainable Development Goals	5
SDGs und planetarische Leitplanken	6
Leitplanken in der SDG-Diskussion	6
Hindernisse und Perspektiven für ambitionierte und universelle SDGs	7
Gesellschaftliche Rahmenbedingungen für das Einhalten der Leitplanken	8
Ein Neutralitätskonzept für die Sicherung der Erdsystemleistungen	10
Anthropozän und globale Umweltveränderungen	10
Das Leitplanken-Konzept des WBGU	11
Leitplanken und Armutsbekämpfung	12
Ein Neutralitätskonzept: Von Leitplanken zu Zielen	13
Empfehlungen	20
SDGs und die Botschaft von Rio	20
Ein SDG mit Targets zu planetarischen Leitplanken	20
Nationale Umsetzung	24
Rolle der Forschung	25
Anhang: Begründung der Leitplanken	26
A.1 Klimawandel auf 2°C begrenzen	26
A.2 Ozeanversauerung auf 0,2 pH Einheiten begrenzen	27
A.3 Verlust von biologischer Vielfalt und Ökosystemleistungen stoppen	29
A.4 Land- und Bodendegradation stoppen	32
A.5 Gefährdung durch langlebige anthropogene Schadstoffe begrenzen	33
A.6 Verlust von Phosphor stoppen	39

Zusammenfassung

Für die Transformation zur nachhaltigen Entwicklung hat das Jahr 2015 eine besondere Bedeutung. Neue Ziele für nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development Goals, SDGs) sollen die dann auslaufenden Millenniumentwicklungsziele (MDGs) ablösen und dem politischen Handeln für die kommenden Jahrzehnte eine neue Orientierung bieten. Der WBGU empfiehlt, den neuen Zielkatalog an der zentralen Botschaft des Erdgipfels von 1992 auszurichten, wonach Entwicklung und Umweltschutz gemeinsam betrachtet werden müssen und keinen Widerspruch zueinander darstellen. Die SDGs sollten nicht auf Armutsbekämpfung reduziert werden, sondern müssen alle Dimensionen nachhaltiger Entwicklung erfassen. Insbesondere müssen die globalen Umweltveränderungen einbezogen werden, denn andernfalls wird auch Armutsbekämpfung unmöglich. Dieser Zusammenhang wird im laufenden Diskurs zu den SDGs bisher unzureichend berücksichtigt. Viele Berichte nennen zwar das Konzept der planetarischen Leitplanken bzw. Grenzen, aber unterlegen es nicht mit konkreten Zielen. Der WBGU legt Empfehlungen vor, wie Leitplanken für globale Umweltveränderungen im SDG-Katalog verankert und durch entsprechende Targets (Handlungsziele) operationalisiert werden sollten.

Der politische Kontext

Aktuell gibt es drei Hindernisse für eine internationale Einigung auf ambitionierte SDGs, die den Leitplankenansatz integrieren: (1) Viele Akteure missverstehen die Leitplanken als Begrenzungen zukünftiger Entwicklung. (2) Eine „unheilige Allianz“ vieler OECD- und Schwellenländer möchte verhindern, dass Ziele jenseits direkter Armutsbekämpfung vereinbart werden, die auch ihnen Pflichten auferlegen. (3) Die internationale Zusammenarbeit für die Erhaltung globaler Gemeinschaftsgüter stagniert derzeit. Vor diesem Hintergrund argumentiert der WBGU: (1) Leitplanken bedeuten keine Begrenzung für die Entwicklung der Ärmsten. (2) Das Einhalten der Leitplanken ist vielmehr eine notwendige Voraussetzung für Armutsbekämpfung und Entwicklung. (3) Konsumentscheidungen und Lebensstile der globalen Mittel- und Oberschichten tragen derzeit am stärksten zur Verursachung globaler Umweltprobleme bei und sollten in Richtung Nachhaltigkeit transformiert werden. (4) Leitplanken verdeutlichen zudem die Notwendigkeit internationaler Kooperation und Koordination durch Global Governance zum Schutz globaler Gemein-

schaftsgüter. Die Menschheit muss also Wege finden, um innerhalb der planetarischen Leitplanken menschlichen Fortschritt zu erreichen. Der WBGU versteht dies als einen zivilisatorischen Lernprozess.

Globale Umweltveränderungen

Das Ausmaß der vom Menschen verursachten globalen Umweltveränderungen, wie Klimawandel, Verlust biologischer Vielfalt oder Landdegradation, droht zu intolerablen und irreversiblen Schäden zu führen, die tief in Struktur und Identität von Gesellschaften eingreifen sowie die Existenzbedingungen zukünftiger Generationen unterminieren könnten. Die Weltgesellschaft muss folglich um ihrer eigenen Zukunft willen die anthropogenen Veränderungen des Erdsystems begrenzen. Die SDGs sind daher keine Agenda „ausschließlich für Entwicklungsländer“, sie sollen für alle Staaten Gültigkeit haben. Nur so kann die Eingrenzung globaler Umweltveränderungen zur gemeinsamen Menschheitsaufgabe werden.

Ein Neutralitätskonzept für die Sicherung der Erdsystemleistungen

Der WBGU hat zur Begrenzung globaler Umweltveränderungen das Konzept der „planetarischen Leitplanken“ entwickelt. Damit sind Schadensgrenzen gemeint, deren Überschreiten heute oder in der Zukunft intolerable Folgen mit sich brächte. Wenn Leitplanken überschritten werden, sind die Erhaltung natürlicher Lebensgrundlagen und somit auch Armutsbekämpfung und nachhaltige Entwicklung gefährdet. Auch die im Rahmen der MDGs erreichten Entwicklungsfortschritte wären in Frage gestellt. Dem stellt der WBGU sein Neutralitätskonzept für die Sicherung der Erdsystemleistungen entgegen: Die Entwicklungspfade sollen so umgelenkt werden, dass das Überschreiten planetarischer Leitplanken vermieden wird. Diese Neutralität gegenüber den Leitplanken ist eine notwendige Bedingung für nachhaltige Entwicklung und Armutsbekämpfung. Umgekehrt behindern die Leitplanken jedoch keineswegs die Umsetzung der Entwicklungsziele, nach denen allen Menschen Zugang, z.B. zu Nahrung, sauberem Wasser und nachhaltiger Energie, gewährt werden soll. Das Neutralitätskonzept kann nur dann umgesetzt werden, wenn die globalen Disparitäten abgebaut werden, der ökologische Fußabdruck der weltweiten Mittel- und Oberschichten verkleinert wird sowie die ökonomischen Eliten ihre Kapitalanlage- und Investitionsentscheidungen stärker an den Leitplanken orientieren.

Leitplanken als Targets für die SDGs

Nachhaltige Entwicklung muss so ausgerichtet werden, dass sie in Bezug auf die Leitplanken neutral ist und die Erdsystemleistungen nicht gefährdet. Dazu müssen die anthropogenen Treiber globaler Umweltveränderungen zum Stillstand gebracht werden. Der WBGU empfiehlt, ein SDG zu den planetarischen Leitplanken unter dem Titel „Sicherung der Erdsystemleistungen“ aufzunehmen. Diesem SDG sollten für die folgenden sechs globalen Umweltprobleme globale, langfristige Targets (Handlungsziele) zugeordnet werden. Sie beinhalten einen Stopp der anthropogenen Treiber, um die Erdsystemveränderungen in einem verträglichen Rahmen zu halten. Als globale, langfristige SDG-Targets zum „Leitplanken-SDG“ empfiehlt der WBGU:

1. *Klimawandel*: Die Erwärmung des Klimasystems sollte auf 2 °C begrenzt werden. Daher sollen die globalen CO₂-Emissionen aus fossilen Quellen bis etwa 2070 vollständig eingestellt werden.
2. *Ozeanversauerung*: Für den Schutz der Meere sollte der pH-Wert der obersten Meeresschicht

in keinem größeren Ozeangebiet um mehr als 0,2 Einheiten gegenüber dem vorindustriellen Wert absinken. Daher sollen die CO₂-Emissionen aus fossilen Quellen bis etwa 2070 vollständig eingestellt werden (kongruent mit Target 1).

3. *Verlust von biologischer Vielfalt und Ökosystemleistungen*: Der vom Menschen verursachte Verlust von biologischer Vielfalt und Ökosystemleistungen muss gestoppt werden. Dessen unmittelbare anthropogene Treiber, z.B. die Konversion natürlicher Ökosysteme, sollen bis spätestens 2050 zum Stillstand gebracht werden.
4. *Land- und Bodendegradation*: Die anthropogene Land- und Bodendegradation muss gestoppt werden. Die Netto-Landdegradation soll bis 2030 weltweit und in allen Ländern gestoppt werden.
5. *Gefährdung durch langlebige anthropogene Schadstoffe*: Die substituierbare Nutzung von Quecksilber sowie die anthropogenen Quecksilberemissionen sollen bis 2050 gestoppt werden. Die Freisetzung von Plastikabfall in die Umwelt soll bis 2050 weltweit gestoppt werden. Die Produktion von Kernbrennstoffen für Kernwaffen und Kernreaktoren soll bis 2070 gestoppt werden.
6. *Verlust von Phosphor*: Phosphor ist eine unverzichtbare Ressource für die Landwirtschaft und daher auch für die Ernährungssicherheit. Die Freisetzung nicht rückgewinnbaren Phosphors soll bis 2050 gestoppt werden, so dass seine Kreislaufführung weltweit erreicht werden kann.

Nationale Umsetzung

Das Ziel, eine globale Umweltveränderung zu einem bestimmten Zeitpunkt zu stoppen, bedeutet, dass alle Länder, Regionen und gesellschaftlichen Sektoren ihre Beiträge zu dem jeweiligen anthropogenen Treiber einstellen müssen. Der WBGU schlägt vor, die Detailverhandlungen zur Umsetzung des Leitplanken-SDGs den spezifischen UN-Umweltkonventionen zu überlassen, um Doppelstrukturen und Parallelverhandlungen zu vermeiden. Im Rahmen der Konventionen sollten alle Vertragsstaaten Transformationspläne zur Implementierung der SDG-Targets entwickeln, die zeigen, wie, mit welchen Zwischenzielen und gegebenenfalls internationale Transferleistungen das entsprechende nationale Target erreicht werden kann. Die Beiträge der Länder müssen in der Summe ausreichen, um die entsprechende planetarische Leitplanke einhalten zu können. Daher sind Monitoring und Review der nationalen Ausgestaltung und Umsetzung dieser Targets unverzichtbare Bestandteile des SDG-Prozesses.

Der politische Kontext

„Damit eine nachhaltige Entwicklung zustande kommt, muss der Umweltschutz Bestandteil des Entwicklungsprozesses sein und darf nicht von diesem getrennt betrachtet werden.“

Grundsatz 4 der Rio-Erklärung über Umwelt und Entwicklung 1992

Auf dem Weg zu Sustainable Development Goals

Im Jahr 2015 werden die Weichen für die Umwelt- und Entwicklungspolitik der nächsten Dekaden gestellt. Auf der UN-Konferenz über Nachhaltige Entwicklung (UNCSD, „Rio+20-Konferenz“) im Jahr 2012 wurde beschlossen, Ziele für nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development Goals, SDGs) zu erarbeiten. Die SDGs sollen sich an der Agenda 21, dem Aktionsplan von Johannesburg und den Rio-Grundsätzen orientieren sowie zur Ausrichtung zukünftiger Maßnahmen nachhaltiger Entwicklung dienen (UNCSD, 2012). Als politische Zielsetzungen der Weltgemeinschaft haben die SDGs eine zentrale, orientierende Bedeutung für die zukünftige globale Entwicklung in Richtung ökonomischer, sozialer und ökologischer Nachhaltigkeit.

Im Jahr 2015 soll eine neue Entwicklungsagenda die Millenniumentwicklungsziele (MDGs) ablösen. Die MDGs sind acht Entwicklungsziele, auf die sich die internationale Gemeinschaft im Jahr 2000 verpflichtet hat und in deren Zentrum die Überwindung von Armut steht. Die MDGs prägten weltweit den Entwicklungsdiskurs und gaben der Entwicklungszusammenarbeit eine klare und verständliche Richtung. Ihre Schwerpunkte lagen auf Armutsbekämpfung und Investitionen in die Grundlagen menschlicher Entwicklung (human development), beispielsweise Gesundheit und Bildung. Damit es auch nach dem Auslaufen der MDGs im Jahr 2015 globale entwicklungspolitische Leitlinien gibt, wurde der Post-2015-Prozess für die Erarbeitung der zukünftigen Entwicklungsagenda initiiert.

Parallel zur Suche nach einer Nachfolgeagenda für die MDGs begann nach der Rio+20-Konferenz die Arbeit an einem Vorschlag für einen SDG-Katalog (SDG-Prozess). Im Gegensatz zu den MDGs sollen die SDGs alle Dimensionen nachhaltiger Entwicklung berücksichtigen und für alle Staaten gültig sein. Die SDGs sollen die formale Struktur von Goals (Politikziele), Targets (Handlungsziele) und

Indikatoren haben.

Bei Berücksichtigung der Vereinbarungen der UN-Konferenz über Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro im Jahr 1992 (UNCED, „Erdgipfel von Rio“) sowie der Rio-Folgekonferenzen ergeben sich aus Sicht des WBGU folgende Anforderungen an die zukünftigen SDGs: *Erstens* sollten die SDGs Orientierungshilfe und Fluchtpunkt für alle Aktivitäten der Staaten und des UN-Systems im Hinblick auf nachhaltige Entwicklung sein. *Zweitens* sollten die SDGs bestehende internationale Verpflichtungen und Vereinbarungen bekräftigen und ihre Umsetzung stärken. *Drittens* sollten sie neue Impulse für bestehende Prozesse und Verhandlungen geben. *Viertens* sollten die SDGs auf sich abzeichnende neue Herausforderungen hinweisen sowie institutionelle Fehlstellen und Wissenslücken aufdecken.

Seit 2013 verhandelt eine Offene Arbeitsgruppe (Open Working Group, OWG) über einen Vorschlag zu einem SDG-Katalog, der im September 2014 der UN-Generalversammlung vorgelegt werden soll. Innerhalb der OWG sowie in der internationalen Diskussion zeichnet sich ab, dass die Mehrheit der Staaten eine Fokussierung der SDGs auf die Beseitigung von Armut wünscht. Umweltziele, insbesondere mit Blick auf globale Umweltveränderungen, wären dementsprechend unterrepräsentiert oder gar nicht enthalten. In der OWG wurden im Frühjahr 2014 Schwerpunktthemen als weitere Diskussionsgrundlage vorgeschlagen, von denen sich nur wenige auf globale Umweltprobleme beziehen (UN, 2014).

Beim Special Event zur Post-2015-Entwicklungsagenda im September 2013 hat die UN-Generalversammlung den Weg für eine Zusammenlegung der zunächst zweigleisig verlaufenden Post-2015- und SDG-Prozesse frei gemacht. Beide Prozesse sollen in einem gemeinsamen Zielkatalog kombiniert werden. Noch ist allerdings offen, ob und wie dies gelingen kann. Für den Herbst 2014 wird ein Bericht des UN-Generalsekretärs erwartet, der alle offiziellen UN-Beiträge zur Post-2015-Entwicklungsagenda, einschließlich des Berichts der OWG zu den SDGs, beinhaltet. Das Abschlussdokument des Special Events von 2013 sieht vor, dass im September 2014 zwischenstaatliche Verhandlungen zur zusammengelegten Post-2015-Entwicklungsagenda beginnen sollen. Im September 2015 soll die Post-2015-Entwicklungsagenda inklusive der SDGs von der UN-Generalversammlung beschlossen werden.

SDGs und planetarische Leitplanken

Nach Ansicht des WBGU ist nur ein einziger, für alle Staaten gleichermaßen gültiger Zielkatalog für nachhaltige Entwicklung sinnvoll. Armutsbekämpfung bleibt unverzichtbar und sollte unbedingt im Zielkatalog enthalten sein. Langfristige Armutsbekämpfung wird jedoch erschwert, wenn die SDGs nicht auch Umweltproblemen Rechnung tragen.

Schon der Erdgipfel von Rio de Janeiro im Jahr 1992 hatte die deutliche Botschaft, dass Umweltschutz die Voraussetzung für nachhaltige Entwicklung und essentiell für Armutsbekämpfung ist (UNCED, 1992). Die wissenschaftlichen Erkenntnisse der letzten zwei Jahrzehnte verdeutlichen noch drängender, dass angesichts der weltweit beobachtbaren, fortschreitenden Gefährdung der natürlichen Lebensgrundlagen der Menschheit die Integration von Umweltschutz und Entwicklung unverzichtbar ist. Im Rahmen der bis 2015 gültigen MDGs spielten Umweltprobleme dennoch eine untergeordnete Rolle. Nun bietet die Ausarbeitung der neuen Post-2015-Entwicklungsagenda die Gelegenheit, die Botschaft des Erdgipfels von Rio de Janeiro wieder aufzugreifen und sich mit den SDGs weltweit auf integrierte Ziele für nachhaltige Entwicklung zu einigen.

Aus Sicht des WBGU ist es deshalb unabdingbar, dass in den SDGs nicht nur die primär lokalen und regionalen Umweltprobleme (z.B. Luftverschmutzung) aufgenommen werden, sondern auch die globalen Umweltveränderungen (z.B. Klimawandel, Landdegradation) in Form planetarischer Leitplanken Berücksichtigung finden. Leitplanken sind quantitativ definierbare Schadensgrenzen, jenseits derer das Erdsystem durch von Menschen verursachte globale Umweltveränderungen so stark verändert wird, dass die Folgen intolerabel sind (WBGU, 2011). Die Festlegung globaler Ziele für nachhaltige Entwicklung ist ohne Berücksichtigung planetarischer Leitplanken nicht sinnvoll, da die wissenschaftliche Evidenz zeigt, dass globale Umweltveränderungen erhebliche Risiken für den Erhalt der natürlichen Lebensgrundlagen der Menschheit bergen. Das Konzept der planetarischen Grenzen (planetary boundaries), vorgeschlagen von Rockström et al. (2009a, b), ist dem WBGU-Konzept der Leitplanken sehr ähnlich, und es lassen sich daraus für die SDGs die gleichen Herausforderungen für Global Governance herleiten.

Der Verbleib innerhalb der Leitplanken ist die Voraussetzung, um die Grundlage menschlicher Entwicklung langfristig erhalten zu können und damit auch die Voraussetzung für den Erfolg der SDGs insgesamt.

Leitplanken in der SDG-Diskussion

Einige wichtige Berichte und Papiere, die im Rahmen der Erarbeitung der SDGs und der Post-2015-Entwicklungsagenda vorgelegt wurden, verweisen, zumeist in der Einleitung oder Präambel, auf globale Umweltveränderungen oder planetarische Grenzen (UNGSP, 2012; EU-Ministerrat, 2013; EU-Kommission, 2013; UN, 2013; Rockström et al., 2013; Bundesregierung, 2014). Allerdings finden sich nur sehr vereinzelt substanzielle Auseinandersetzungen mit ihrer Bedeutung für die SDGs. Es fehlen im Kontext der SDGs konkrete Vorschläge, die den Leitplankenansatz systematisch ausgestalten.

Das Sustainable Development Solutions Network (SDSN) betont, dass alle Länder ein Recht auf Entwicklung haben, die die planetarischen Grenzen respektiert (UN SDSN, 2013a), und schlägt zehn Prioritäten für SDGs vor. Das vom SDSN vorgeschlagene SDG „Entwicklung im Rahmen planetarischer Grenzen“ verweist zwar im Titel ausdrücklich auf das Konzept, integriert es allerdings nicht umfassend und schlägt keine quantitativen, globalen Zielgrößen vor. Es fordert lediglich, dass Staaten Bericht erstatten über ihren Einfluss auf globale Umweltveränderungen. Ein weiteres SDG des SDSN-Vorschlags erwähnt die 2°C-Leitplanke für den Klimawandel, und zwei weitere beziehen sich jeweils implizit im Kontext von Landwirtschaft und biologischer Vielfalt auf globale Umweltveränderungen, aber die entsprechenden Leitplanken werden weder ausdrücklich erwähnt noch operationalisiert. Ozeanversauerung wird erwähnt, aber nicht als Leitplanke definiert. Griggs et al. (2013) schlagen sechs SDGs vor, in deren Kontext auch auf die 2°C-Leitplanke für Klimaschutz und eine Leitplanke für biologische Vielfalt verwiesen wird.

Positiv ist, dass im Diskurs insbesondere die globalen Umweltveränderungen Klimawandel, Verlust biologischer Vielfalt sowie Land- und Bodendegradation Erwähnung finden, zum Teil sogar mit damit verbundenen Leitplanken. Andere globale Umweltprobleme, beispielsweise die Ozeanversauerung, die Gefährdung durch langlebige anthropogene Stoffe und Produkte und die Endlichkeit von Phosphor, werden dagegen nur cursorisch oder gar nicht erwähnt. Bisher fehlen also Vorschläge für den SDG-Katalog, die den Leitplankenansatz umfassend einbinden und operationalisieren.

Vor diesem Hintergrund schlägt der WBGU vor, unter dem Titel „Sicherung der Erdsystemleistungen“ (safeguarding Earth system services) sechs Leitplanken für die drängendsten globalen Umweltprobleme als SDG-Targets im SDG-Katalog zu verankern (Tabelle 1, S. 20):

1. Klimawandel auf 2°C begrenzen,
2. Ozeanversauerung auf 0,2 pH Einheiten begrenzen,
3. Verlust von biologischer Vielfalt und Ökosystemleistungen stoppen,

4. Land- und Bodendegradation stoppen,
5. Gefährdung durch langlebige anthropogene Schadstoffe begrenzen,
6. Verlust von Phosphor stoppen.

Die deutsche Bundesregierung plädiert in ihrem Papier „Key Positions of the German Government“ zur Post-2015 Entwicklungsagenda für eine Agenda für nachhaltige Entwicklung, die planetarische Grenzen berücksichtigt, und schlägt beispielhaft 13 Politikziele vor, die unter anderem auf die 2°C-Leitplanke und die Aichi-Targets der Biodiversitätskonvention verweisen (Bundesregierung, 2014). Der WBGU entwickelt im vorliegenden Papier diesen Ansatz weiter und stellt ein Neutralitätskonzept für die Sicherung der Erdsystemleistungen vor, mit dem das Überschreiten der planetarischen Leitplanken verhindert werden soll.

Hindernisse und Perspektiven für ambitionierte und universelle SDGs

Aktuell können drei Hindernisse auf dem Weg zu einer internationalen Einigung auf ambitionierte und universelle SDGs identifiziert werden, welche die Leitplanken systematisch berücksichtigen:

- *Widerstand gegen Grenzziehungen:* Viele staatliche und nicht staatliche Akteure lehnen trotz des häufigen rhetorischen Rekurses auf den Leitplankenansatz die Quantifizierung und Operationalisierung von Leitplanken ab, da sie solche letztlich als Begrenzungen zukünftiger Entwicklungschancen missverstehen.
- *„Unheilige Allianz“ gegen Ziele jenseits direkter Armutsbekämpfung:* OECD-Länder und Schwellenländer richten ihren Fokus hinsichtlich zukünftiger Entwicklungsziele vor allem auf die ärmsten Staaten. So begrüßenswert ambitionierte Armutsbekämpfung auch ist: Diese Fokussierung bedeutet, dass die OECD- und Schwellenländer keine Ziele vereinbaren wollen, die für alle Länder gelten und auch ihnen selbst Pflichten auferlegen. Auch die weniger entwickelten Länder sind mit einem Fokus auf Armutsbekämpfung zufrieden, weil sie sich dadurch monetäre Zuflüsse erhoffen. Gleichzeitig wehren sich Entwicklungs- und Schwellenländer gegen eine „grünere“ Entwicklungsagenda und bestehen auf gesonderte Agenden für Entwicklung – im Sinne von Armutsbekämpfung – und Umweltschutz.
- *Blockaden der globalen Zusammenarbeit:* In der globalen Politik gibt es momentan wenige Fortschritte. So stagnieren beispielsweise die globalen Klimaverhandlungen und die aktuelle Welthandelsrunde. Viele Beobachter sehen die Machtverschiebung von der transatlantischen Achse Richtung Osten und Süden als eine der großen Hürden für globale Kooperation.

Die alten Mächte des Westens und die aufstrebenden Schwellenländer üben sich in Machtspielen, statt sich gemeinsam den weltweiten Herausforderungen zu stellen. Pessimisten fürchten, die globale Machtverschiebung führe angesichts des Machtvakuum und des Bedeutungsverlusts alter Hegemonialmächte dazu, dass sich immer weniger Staaten für globale Gemeinschaftsgüter verantwortlich fühlen. Es besteht die Sorge, dass mit der Post-2015-Entwicklungsagenda ein weiterer multilateraler Prozess scheitert.

Vor diesem Hintergrund setzt sich der WBGU für eine internationale Einigung auf ambitionierte und universelle SDGs ein:

1. Die Berücksichtigung planetarischer Leitplanken bedeutet keine Begrenzung für die zukünftige Entwicklung der Ärmsten. Entwicklung und Leitplanken sind kein Widerspruch. Vielmehr ist die Umsetzung der Ziele menschlicher Entwicklung für die ärmsten etwa 2 Mrd. Menschen in Form von Zielen für Bildung und Gesundheit sowie für den Zugang zu Nahrung, Energie und Wohnraum im Rahmen globaler Entwicklung unter Einhaltung der Leitplanken möglich. Leitplanken sind normative Richtungsgeber oder „Randbedingungen“ von Entwicklung.
2. Die Berücksichtigung globaler Leitplanken durch alle Staaten ist eine Voraussetzung für Armutsbekämpfung und Entwicklung. Menschliches Handeln kann weitreichende Folgen für das Erdsystem haben, die wiederum schwerwiegende Konsequenzen für menschliche Gesellschaften nach sich ziehen können. Voraussetzung für zukünftige Entwicklung ist, dass die Versorgung der Menschheit mit Erdsystemleistungen nicht gefährdet wird, also keine globalen Leitplanken überschritten werden. Das bedeutet zweierlei: Zum einen ist das Einhalten der Leitplanken, etwa durch Klimaschutz, notwendig für erfolgreiche Armutsbekämpfung. Globale Umweltveränderungen, wie z.B. der Klimawandel oder der Verlust biologischer Vielfalt, schaden vor allem besonders verwundbaren armen Bevölkerungsschichten in Schwellen- und Entwicklungsländern (WBGU, 2005). Wenn Leitplanken überschritten werden, zum Beispiel durch den Verlust fruchtbarer Böden, könnten bisherige Erfolge der Armutsbekämpfung hinfällig werden und sich die positiven Trends umkehren. Zum anderen wären bei Überschreiten der Leitplanken auch die aufstrebenden Mittel- und Oberschichten in Entwicklungs- und Schwellenländern sowie in OECD-Ländern von globalen Umweltveränderungen negativ betroffen, z.B. durch Klimawirkungen wie einem ansteigenden Meeresspiegel oder Extremwetterereignissen.
3. Konsumententscheidungen und Lebensstile der globalen Mittel- und Oberschichten tragen derzeit am stärksten zum Überschreiten der Leitplanken bei,

wodurch die Basis für die zukünftige Entwicklung aller Menschen unterminiert wird. Die Mittel- und Oberschichten waren in der Vergangenheit vor allem in den OECD-Ländern präsent, wachsen nun aber beträchtlich schneller in den aufsteigenden Schwellenländern als in den Industrieländern. Für die globalen Mittel- und Oberschichten stellen sich die größten Transformationsanforderungen, denn sie weisen einkommensbedingt den höchsten Ressourcenverbrauch auf und haben den größten ökologischen Fußabdruck. Ihre derzeitigen Konsummuster sind nicht für alle Menschen universalisierbar. Um das Überschreiten der planetarischen Leitplanken zu verhindern, müssen insbesondere Wirkungen des nicht nachhaltigen Konsums der globalen Mittel- und Oberschichten sowie die entsprechenden Produktionsmuster in Richtung Nachhaltigkeit transformiert werden. Eine relative Entkopplung von Wachstum und Ressourcenverbrauch ist z. T. bereits zu beobachten, was allerdings oft durch vermehrten Konsum geschmälert wird (Rebound-Effekt; WBGU, 2011: 175). Die Politik ist hier gefordert, durch Etablierung von staatlichen wie zwischenstaatlichen Rahmenbedingungen und politischer Gestaltung adäquate Voraussetzungen für nachhaltige Produktions- und Konsummuster zu schaffen. Ordnungsrecht sowie marktwirtschaftliche Instrumente sollten Anreize für Produzenten und Konsumenten schaffen, die Leitplanken zu berücksichtigen. Gleichzeitig sollten individuelle Konsumententscheidungen stärker problematisiert werden, damit individuelles Handeln politische Gestaltung unterstützt. Die bereits erkennbaren Ansätze nachhaltigen Handelns in den Mittel- und Oberschichten sollten von der Politik aufgegriffen und verstärkt werden.

4. Leitplanken verdeutlichen die Notwendigkeit der Ausrichtung staatlicher Schutzmaßnahmen an globalen Nachhaltigkeitszielen zwecks dauerhafter Erhaltung der Erdsystemleistungen und globaler Gemeinschaftsgüter. Globale Gemeinschaftsgüter, wie die Atmosphäre oder die Weltmeere, lassen sich nicht allein durch nationale Maßnahmen schützen. Für die Sicherung der Erdsystemleistungen muss die internationale Staatengemeinschaft gemeinsam Verantwortung tragen. Leitplanken unterstreichen deshalb die Notwendigkeit globaler Kooperation und Koordination durch Global Governance. Die SDGs sollen als globale Ziele der Weltgemeinschaft für nachhaltige Entwicklung dienen. Der Schutz des Erdsystems durch die Welt- und Staatengemeinschaft ist eine der großen Menschheitsherausforderungen des 21. Jahrhunderts. Die Entwicklung von Institutionen zum Erdsystemschutz, zu dem die SDGs beitragen können, stellt eine kulturelle Zivilisationsleistung dar.

Die Menschheit muss also Wege finden, um innerhalb der planetarischen Leitplanken Wohlstand, Demokratie sowie Sicherheit und damit menschlichen Fortschritt zu erreichen. Der WBGU versteht dies als einen zivilisatorischen Lernprozess.

Gesellschaftliche Rahmenbedingungen für das Einhalten der Leitplanken

Um die Leitplanken einhalten und das Neutralitätskonzept umsetzen zu können, müssen bestimmte gesellschaftliche Rahmenbedingungen geschaffen und eingehalten werden, die eng mit den erheblichen globalen sozioökonomischen Disparitäten und Verteilungsproblemen verknüpft sind. Absolute Armut muss beendet werden. Die notwendigen Entwicklungs- und Einkommensfortschritte und der damit zunächst verbundene Anstieg im Ressourcenverbrauch ärmerer Bevölkerungsschichten kann nur dann auf Dauer mit den Leitplanken in Einklang gebracht werden, wenn gleichzeitig der ökologische Fußabdruck der globalen Mittel- und Oberschichten erheblich verkleinert wird und ökonomische Eliten ihre Kapitalanlageentscheidungen an den planetarischen Leitplanken orientieren.

Um das Überschreiten der Leitplanken zu verhindern, müssen insbesondere globale Mittel- und Oberschichten, also die einkommensstärkere Hälfte der Weltbevölkerung und insbesondere das wohlhabende Fünftel der Menschheit, Nachhaltigkeitserfordernisse stärker bei ihren Konsumententscheidungen berücksichtigen. Ansonsten werden die Spielräume für Entwicklung durch Überinanspruchnahme der natürlichen Ressourcen rasch aufgezehrt.

Für die Transformation der Produktions- und Konsummuster gibt es drei Ansatzpunkte: *Erstens* sollte der ökologische Fußabdruck durch ressourcenschonende Produktions- und Konsummuster und durch verbesserte Ressourceneffizienz verkleinert werden. *Zweitens* sollten neue Wohlfahrtsmodelle entwickelt werden. Die Herausforderung besteht darin, ein neues, demokratisch legitimes Wohlfahrtsmodell auszugestalten, das innerhalb der Leitplanken für 9 Mrd. Menschen im Jahr 2050 universalisierbar ist. *Drittens* sollten die negativen Folgen nicht nachhaltigen Konsums stärker problematisiert werden, um damit zur sozialen Anerkennung und Förderung nachhaltiger Lebensstile beizutragen. Konsum nach dem vorherrschenden, nicht nachhaltigen Muster ist nicht auf große Teile der Weltbevölkerung übertragbar, ohne die Basis für die zukünftige Entwicklung aller Menschen zu unterminieren. Gleichzeitig verbreiten sich diese Konsummuster derzeit in den wachsenden globalen Mittelschichten der OECD- und Schwellenländer, die sich von derzeit rund

2 Mrd. bis 2030 auf knapp 5 Mrd. Menschen mehr als verdoppeln werden (Kharas, 2010).

Die 85 reichsten Menschen der Erde besitzen so viel Vermögen (rund 1.700 Mrd. US-\$) wie die 3,5 Mrd. ärmsten Menschen und haben eine sehr große politische und ökonomische Gestaltungsmacht, die nicht demokratisch legitimiert ist (Fuentes-Nieva und Galasso, 2014). Die Gestaltungsmacht dieser ökonomischen Elite kann die Möglichkeit der Menschheit begrenzen, die Leitplanken einzuhalten und das Neutralitätskonzept zu realisieren. Die Herausforderung ist dabei weniger der private Konsum dieser Individuen und anderer Mitglieder der globalen Oberschicht als deren Lenkungsmacht in Bezug auf Kapitalanlage- und Investitionsentscheidungen. Diese Entscheidungen haben eine sehr große gesellschaftliche Wirkung und könnten, wenn sie an den Leitplanken orientiert wären, entscheidend zu deren Einhalten beitragen.

Der Abbau der skizzierten Disparitäten ist die gesellschaftliche Rahmenbedingung zur langfristigen und robusten Umsetzung des Neutralitätskonzepts und kann nur über einen nachhaltigeren Lebensstil der wohlhabenden globalen Mittel- und Oberschichten sowie eine Verbesserung der Lebensbedingungen für die in absoluter Armut lebenden Menschen erreicht werden. Die aktuelle SDG-Diskussion reflektiert das Problem globaler Disparitäten durch die Fokussierung auf Armutsbekämpfung nur einseitig. Sie greift daher in doppelter Hinsicht zu kurz: Weder die ökologische Dimension von Nachhaltigkeit, insbesondere die globalen Umweltprobleme, noch globale Ungleichheiten sind adäquat in die SDG-Diskussion integriert.

Im vorliegenden Politikpapier stellt der WBGU die globalen Umweltveränderungen und die Auswirkungen menschlichen Handelns auf die globalen Gemeinschaftsgüter ins Zentrum. Es werden keine Empfehlungen für einen vollständigen SDG-Katalog gegeben, der alle Umwelt- und Entwicklungsdimensionen berücksichtigt. Vielmehr wird der Fokus auf die globalen Umweltveränderungen und einen Vorschlag für die Verankerung und Operationalisierung der planetarischen Leitplanken in den SDGs gelegt sowie auf die entscheidende Rolle der Leitplanken für Armutsbekämpfung und Entwicklung.

Die Hervorhebung der Leitplanken soll den globalen Charakter zahlreicher drängender Umweltprobleme betonen, das Augenmerk von Politik und Öffentlichkeit auf diese Umweltveränderungen richten und Lösungsmöglichkeiten aufzeigen. Der WBGU unterstreicht, dass sich alle Länder transformieren müssen, um die Leitplanken einhalten zu können (WBGU, 2011). Daher sollten sich die SDGs an alle Länder richten, unabhängig von ihrem Entwicklungsstand. Auch Deutschland und die Europäische Union haben in Bezug auf ökologische, ökonomische und soziale Nachhaltigkeit erheblichen Entwicklungsbedarf.

Ein Neutralitätskonzept für die Sicherung der Erdsystemleistungen

„Die Staaten werden in einem Geist der weltweiten Partnerschaft zusammenarbeiten, um die Gesundheit und die Unversehrtheit des Ökosystems der Erde zu erhalten, zu schützen und wiederherzustellen.“
Grundsatz 7 der Rio-Erklärung über Umwelt und Entwicklung, 1992 (1. Satz)

Anthropozän und globale Umweltveränderungen

Der menschliche Einfluss auf die natürliche Umwelt hat während der Entwicklung der Zivilisation immer weiter zugenommen und seit der Industrialisierung sukzessive eine globale Dimension erreicht. Die Landoberfläche ist etwa zur Hälfte umgestaltet, und etwa ein Viertel der dort erzeugten Biomasse wird vom Menschen genutzt (IPCC, 2007). Auch die Meere sind heute u. a. durch Überfischung, Zerstörung der Korallenriffe und Verschmutzung in einem viel schlechteren Zustand als noch vor wenigen Jahrzehnten (WBGU, 2013: 39ff.). Als Folge der großflächigen Umgestaltung der Natur droht ein menschengemachtes globales Artensterben, das vergleichbare Ausmaße zu erreichen droht wie die fünf vorhergehenden großen Aussterbeereignisse der Erdgeschichte, die wahrscheinlich mit großskaligem Erdsystemwandel (z. B. Vulkanismus, Klimawandel und Meeresspiegelveränderungen, Asteroideneinschlag) einhergingen (WBGU, 2000a: 3; Barnosky et al., 2011).

Tiefgreifend sind auch die Veränderungen von Stoffströmen im Erdsystem: Beispielsweise hat sich der Stickstoffumsatz im Verlauf des letzten Jahrhunderts vor allem durch die künstliche Stickstoffdüngung ungefähr verdoppelt (Galloway et al., 2004), was erhebliche negative Folgen für biologische Vielfalt und Ökosystemleistungen hat. Nicht zuletzt haben die anthropogenen Emissionen, vor allem durch die Verbrennung von Kohle, Erdöl und Erdgas, den CO₂-Gehalt in der Atmosphäre um 40% gesteigert (IPCC, 2013). Dies hat nicht nur zur Ozeanversauerung geführt, mit einer Steigerung des Säuregehalts um knapp ein Drittel und einer damit einhergehenden erheblichen Gefährdung der Meeres-

ökosysteme, sondern auch einen globalen Klimawandel ausgelöst, der die Anpassungsfähigkeit von Mensch und Natur zu überfordern droht (WBGU, 2011: 35ff.)

Der Mensch ist somit eine bedeutende, verändernde Kraft innerhalb des Erdsystems geworden (Vitousek et al., 1997; Ehlers, 2008). Paul Crutzen und Eugene Stoermer schlugen vor, diesen massiven anthropogenen Einflusses als Beginn einer neuen erdgeschichtlichen Epoche zu betrachten, die sie als Anthropozän bezeichnen (Crutzen und Stoermer, 2000).

Das Erdsystem und die menschliche Zivilisation sind zu einem eng gekoppelten System geworden, wobei die Menschheit Ressourcen und Leistungen des Erdsystems nutzt (Erdsystemleistungen; Gifford et al., 2010; Steffen et al., 2013), die für die heutige und künftige nachhaltige Entwicklung unverzichtbar sind.

Viele der von Menschen verursachten Umweltveränderungen haben nicht nur einen prägenden Einfluss auf das Erdsystem, sondern sie drohen mittlerweile eine Dimension zu erreichen, bei der schwere Schäden an Ökosystemen, Erdsystemleistungen und Gesellschaften unvermeidlich sind. Der WBGU nennt diese *globale Umweltveränderungen*, da sie „den Charakter des Systems Erde zum Teil irreversibel modifizieren und deshalb direkt oder indirekt die natürlichen Lebensgrundlagen für einen Großteil der Menschheit spürbar beeinflussen.“ (WBGU, 1993: 10).

Mit dem Beginn des Anthropozäns beginnt auch eine „neue Ära der Verantwortung“ (WBGU, 2011: 33ff.): Die Weltgesellschaft muss um ihrer eigenen Zukunft willen die anthropogenen Veränderungen des Erdsystems begrenzen, sodass die Schäden für die menschlichen Gesellschaften noch tolerierbar bleiben. Zukunftsfähige Entwicklung ohne Berücksichtigung des Einflusses menschlichen Handelns auf das Erdsystem ist im Zeitalter des Anthropozäns nicht mehr möglich. Die internationale Umweltpolitik bemüht sich seit dem Erdgipfel von Rio de Janeiro im Jahr 1992, dieser Verantwortung gerecht zu werden und globale Umweltveränderungen einzuhegen.

Die wissenschaftliche Debatte um das Anthropozän wird im politischen Diskurs zum Teil bereits reflektiert. Der Begriff wird übernommen und die Problematik wird angesprochen, aber die daraus erwachsenden Konse-

quenzen für das Umsteuern der Gesellschaften und wirtschaftlichen Prozesse, die der Beirat in seinem Gutachten aus dem Jahr 2011 als „Große Transformation“ beschrieben hat (WBGU, 2011), werden bislang noch weitgehend ignoriert.

Das Leitplanken-Konzept des WBGU

Aus dem WBGU-Konzept der „planetarischen Leitplanken“ ergibt sich die Notwendigkeit, von Menschen verursachte globale Umweltveränderungen zu begrenzen. Der WBGU hat folgende Definition vorgeschlagen: „Leitplanken sind quantitativ definierbare Schadensgrenzen, deren Überschreitung heute oder in Zukunft intolerable Folgen mit sich brächte, so dass auch großer Nutzen in anderen Bereichen diese Schäden nicht ausgleichen könnte“ (WBGU, 2011: 26).

Das Überschreiten der Leitplanken gefährdet die natürlichen Lebensgrundlagen der Menschheit und sollte daher vorausschauend vermieden werden. Jenseits der Leitplanken beginnt der Bereich, in dem anthropogene globale Umweltveränderungen ein gesellschaftlich nicht mehr akzeptables Risiko darstellen und die Anpassungsfähigkeit von Gesellschaften überfordert wird. Zum Beispiel wäre ein ungebremster Klimawandel mit erheblichen Risiken u. a. durch Extremwetterereignisse, verminderte Nahrungsmittelproduktion oder erheblichen Meeresspiegelanstieg verbunden. Das Ziel der Begrenzung der Erwärmung auf weniger als 2°C wurde als „Entscheidung“ von den Vertragsstaaten der Klimarahmenkonvention (UNFCCC) vereinbart (Anhang A.1).

Die Leitplanken stecken somit den ökologischen Rahmen ab, innerhalb dessen eine nachhaltige Entwicklung möglich ist. Wenn das Überschreiten einer der Leitplanken droht, sollten die Gesellschaften mit einer vorausschauenden Nachhaltigkeitspolitik rechtzeitig reagieren, damit die erforderliche Kurskorrektur ohne unzumutbare Brüche und Kosten erreicht werden kann (WBGU, 2011: 34). **Falls eine Leitplanke bereits überschritten wurde, müssen Maßnahmen ergriffen werden, um eine Rückkehr „vor“ die Leitplanke zu ermöglichen.** Für beide Fälle bietet das Leitplankenkonzept die notwendige Orientierung.

Das Einhalten der Leitplanken ist eine notwendige Bedingung für nachhaltige Entwicklung. Hinreichend ist dies nicht, denn auch ohne das Überschreiten von Leitplanken können globale Umweltveränderungen erhebliche ökologische Schäden und daraus erwachsende sozioökonomische Missstände verursachen. Zudem bleiben die Leitplanken mit Unsicherheiten behaftet, da das Wissen über globale Umweltveränderungen und Erdsystemzusammenhänge begrenzt ist und Fehleinschätzungen möglich sind. Die Weiterentwicklung des

Wissens über die Dynamik und die Kipppunkte des Erdsystems sowie die Wirkungen globaler Umweltveränderungen können dazu führen, dass Leitplanken angepasst werden müssen.

Der WBGU hat globale Leitplanken zunächst für den anthropogenen Klimawandel (WBGU, 1995, 1997) und später auch für andere globale Umweltveränderungen quantifiziert, wie z.B. Bodendegradation (WBGU, 2005), den Verlust biologischer Vielfalt (WBGU, 2000a) oder die Ozeanversauerung (WBGU, 2006).

Rockström et al. (2009a, b) stellten ein ähnliches Konzept unter dem Begriff „planetarische Grenzen“ (planetary boundaries) vor. Sie gehen davon aus, dass menschliche Aktivitäten kritische biophysikalische Systeme destabilisieren und abrupten oder irreversiblen Umweltwandel auf kontinentaler oder globaler Ebene auslösen können, der für Menschen schädliche oder sogar katastrophale Folgen haben kann. Im Kern der Argumentation steht, dass sich die menschliche Zivilisation während des Holozäns entwickelt hat, also innerhalb der letzten ca. 11.700 Jahre (Walker et al., 2009), einer **erdgeschichtlichen Phase mit vergleichsweise stabilen Umweltbedingungen**. Ein Verlassen dieses Umweltraums wäre gleichbedeutend mit der Überschreitung der planetarischen Grenzen und wäre mit nicht akzeptablen Risiken für die Menschheit verbunden (Rockström et al., 2009b). Es können dadurch entweder Kipppunkte des Erdsystems (z.B. Instabilität des Grönlandeisschildes, Monsuntransformation; Lenton et al., 2008; WBGU, 2009a: 13) erreicht werden, sodass nicht-lineare, abrupte Änderungen ausgelöst werden, oder schleichende, kontinuierliche Änderungen führen kumulativ über lange Zeiträume zu schädlichen Wirkungen, die jenseits eines bestimmten Ausmaßes nicht mehr akzeptabel sind. Trotz einiger Unterschiede im Ansatz und im Detail sind die beiden Konzepte von WBGU und Rockström et al. (2009a, b) einander ähnlich, und es lassen sich die gleichen Herausforderungen für die Global Governance herleiten.

Unabhängig von der Dynamik der Umweltveränderungen ist die Quantifizierung von Leitplanken bzw. Grenzen eine normative Setzung, da die Grenzziehung zwischen tolerablen und intolerablen Veränderungen eine wertgeleitete Entscheidung ist. Die Wissenschaft sollte hierfür begründete Vorschläge vorlegen, aber die Festsetzung sollte dann auf dieser wissenschaftlichen Basis seitens der Politik in einem demokratischen Entscheidungsprozess erfolgen (WBGU, 2011: 34).

Der WBGU hat das Leitplankenkonzept mit einer Analogie zum Straßenverkehr verdeutlicht: „Leitplanken verhalten sich wie Geschwindigkeitsbeschränkungen, die z.B. in Ortschaften nur maximal 50 km pro Stunde zulassen. Dabei lassen sich zwar empirisch die Auswirkungen einer Begrenzung auf 40, 50 oder 60 km pro

Stunde ermitteln, die Wahl des Zahlenwertes ist am Ende aber eine normative Entscheidung und repräsentiert eine sinnvolle Art, kollektiv mit einem Risiko umzugehen. Die Einhaltung des Tempolimits kann nicht garantieren, dass keine schweren Unfälle vorkommen, aber sie vermag das Risiko in einem gesamtgesellschaftlich akzeptierten Rahmen zu halten.“ (WBGU, 2006: 6).

Bei den planetarischen Leitplanken lassen sich drei Typen unterscheiden. Das entscheidende Kriterium dabei ist, ob es eine direkte oder akkumulierende globale Wirkung gibt, die als Gefährdung für nachhaltige Entwicklung angesehen werden muss.

1. *Leitplanken für die Nutzung globaler Gemeinschaftsgüter:* In diesem Fall wird durch anthropogene Einflüsse ein global relevanter Teil des Erdsystems gestört, so dass unverzichtbare Erdsystemleistungen gefährdet werden. Beispielsweise verändern Emissionen von Treibhausgasen oder FCKW die Zusammensetzung der Atmosphäre derart, dass globale Umweltveränderungen wie Klimawandel oder die Ausdünnung der stratosphärischen Ozonschicht resultieren.
2. *Leitplanken für akkumulierende regionale Umweltveränderungen:* Die Summe sehr unterschiedlich verteilter lokaler und regionaler Wirkungen oder Schäden anthropogener Einflüsse (z. B. durch Bodendegradation, Konversion natürlicher Ökosysteme, Verlust biologischer Vielfalt) kann global relevante Wirkungen für die Menschheit haben. Hierzu gehört auch die Emission toxischer Stoffe, z. B. persistente organische Schadstoffe (POPs, Persistent Organic Pollutants) oder Quecksilber, die sich z. T. global verbreiten und durch Anreicherung in Organismen erhebliche schädliche Wirkungen auf Mensch und Natur haben (Anhang A.5).
3. *Leitplanken für nicht erneuerbare und nicht substituierbare Ressourcen:* Diese Leitplanken sollen sicherstellen, dass die Versorgung der Menschheit mit nicht erneuerbaren und nicht substituierbaren, aber gleichzeitig unverzichtbaren Erdsystemressourcen (Earth system goods) aufrecht erhalten bleibt. Durch Aufzehren dieser Ressourcen ist die nachhaltige Entwicklung der Menschheit unmittelbar bedroht. Als Beispiel kann die Versorgung der Landwirtschaft mit dem essenziellen Pflanzennährstoff Phosphor dienen, der für eine ausreichende Biomasseproduktion unverzichtbar ist (Anhang A.6). Die bekannten Ressourcen und Reserven von Phosphor sind begrenzt und nur in wenigen Lagerstätten in abbauwürdiger Konzentration vorhanden.

Der Leitplankenansatz bietet der Politik Orientierung und steckt den Rahmen ab, innerhalb dessen politische Handlungsziele gesetzt werden sollten. Ohne die Leitplankenperspektive werden globale Umweltprobleme

(bzw. die globale Dimension lokaler Umweltprobleme) nicht in ihrer Tragweite erfasst und unzureichend in Wissenschaft und Politik berücksichtigt. Daher ist eine Quantifizierung der Grenzen des Erdsystems bzw. eine Veranschaulichung der Grenzen der Anpassungsfähigkeit (z. B. von Ökosystemen oder Infrastrukturen z. B. für Landwirtschaft, Verkehr oder Wohnen) für die nationale wie globale Umweltpolitik von großem Nutzen. Zudem macht der Leitplankenansatz deutlich, dass bestimmte Umweltschäden nur mit einem globalen Ansatz und durch die Bemühungen aller Verursacher vermeidbar sind. Wenn die lokalen Umweltwirkungen eine globale Reichweite entwickeln, dann wird eine Lösung ohne Einbeziehen von Global Governance schwierig.

Leitplanken und nachhaltige Entwicklung stehen sich keineswegs unvereinbar gegenüber, sondern bedingen einander (WBGU, 2011: 34). Trotz wichtiger Erfolge im Umweltschutz befindet sich die Menschheit gegenwärtig auf Kollisionskurs mit einigen der planetarischen Leitplanken oder hat sie bereits überschritten. Der WBGU argumentiert in seinem Gutachten „Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation“, dass daher ein grundlegender Wandel von Wirtschaft und Gesellschaft notwendig ist, um die natürlichen Lebensgrundlagen und die Zukunftschancen der Menschheit durch die Einhaltung der Leitplanken zu schützen (WBGU, 2011: 35). Der Beirat hat diese Transformation am Beispiel des anthropogenen Klimawandels untersucht und in Ausmaß und Reichweite mit der industriellen Revolution verglichen. So bedeutet die Transformation zum Beispiel einen „Paradigmenwechsel von der fossilen zur post-fossilen Gesellschaft“, der nicht zuletzt mit erheblichen Herausforderungen für Global Governance verbunden ist (WBGU, 2011: 9).

Leitplanken und Armutsbekämpfung

Das Überschreiten von Leitplanken gefährdet Armutsbekämpfung

Das Überschreiten von Leitplanken und der damit verbundene Verlust von Erdsystemleistungen schaden insbesondere ärmeren Bevölkerungsgruppen in Schwellen- und Entwicklungsländern und behindern deren Entwicklung. Anhand dreier Beispiele sollen die Auswirkungen von Umweltveränderungen auf absolute Armut veranschaulicht werden (WBGU, 2005):

- *Landdegradation:* Land- und Bodendegradation bedeuten eine geringere Fruchtbarkeit von Böden, den Verlust von landwirtschaftlich nutzbaren Flächen sowie den Verlust von biologischer Vielfalt und von Wasserressourcen. All dies beeinträchtigt die natürlichen Voraussetzungen für lokale Agrarpro-

duktion, gefährdet das System der Existenzsicherung (livelihood security) und leistet Ernährungsunsicherheit und absoluter Armut Vorschub.

- **Klimawandel:** Während die Änderung des Klimas ein globales Phänomen und Problem ist, sind die negativen Auswirkungen auf arme Menschen und Entwicklungs- und Schwellenländer besonders schwerwiegend, weil sie am verwundbarsten und stärker von natürlichen Ressourcen abhängig sind sowie sich mangels verfügbarer Ressourcen weniger gut an Klimaschwankungen und extremes Wetter anpassen können (WBGU, 2005: 65; IPCC, 2014a).
- **Verlust von biologischer Vielfalt und Ökosystemleistungen:** Natürliche Ökosysteme und ihre biologische Vielfalt stellen für viele ländliche Lebensgemeinschaften in Entwicklungs- und Schwellenländern gleichzeitig eine Art Supermarkt, Baumarkt, Drogerie und Apotheke dar. Neben Nahrungsmitteln, sauberem Trinkwasser, Faserstoffen und Holz bieten natürliche Ökosysteme auch genetische Ressourcen von Pflanzen und Tieren, traditionelle Arzneimittel sowie Schmuck und Heiligtümer (WBGU, 2005: 80).

Das Einhalten der Leitplanken behindert die Armutsbekämpfung nicht

Die Berücksichtigung planetarischer Leitplanken ist kein Hindernis für Armutsbekämpfung. Armutsbekämpfung und Umweltschutz widersprechen sich keineswegs, vielmehr ist Umweltschutz die Voraussetzung für die Bekämpfung absoluter Armut und für nachhaltige Entwicklung (WBGU, 2005). Das Erreichen der MDGs bzw. der daraus weiterentwickelten SDGs für z.B. Bildung, Gesundheit und Teilhabe sowie der Ziele Zugang zu Nahrung und Energie, Behausung und Wasserver- und -entsorgung kollidiert nicht mit den planetarischen Leitplanken. Anhand der Zugangsziele für Nahrung und Energie soll dies im Folgenden verdeutlicht werden.

- **Ernährungssicherung:** Der WBGU hat die Deckung des globalen Nahrungsmittelbedarfs mit Blick auf die verfügbaren Agrarflächen in seinem Gutachten „Zukunftsfähige Bioenergie und nachhaltige Landnutzung“ untersucht (WBGU, 2009b). Um das global nachhaltige Bioenergiepotenzial zu bestimmen, wurden Flächenpotenziale mit einem Vegetationsmodell berechnet. Die im Gutachten berücksichtigten Nachhaltigkeitskriterien umfassten sowohl die Leitplanken zu Klimaschutz, Biodiversitätsschutz und Bodenschutz als auch auf der sozioökonomischen Seite die Zugangsziele zu Nahrung, Energiedienstleistungen und Gesundheit. Um Unsicherheiten in Bezug auf die künftigen Nahrungsgewohnheiten und Nahrungsbedarfe abzubilden, wurden gleichbleibende oder steigende Flächenbedarfe für die Nahrungsproduktion ausgewiesen. In allen sich daraus ergebenden

Szenarien wurden, wenn z.T. auch geringe, Flächenpotenziale für die nachhaltige Bioenergieproduktion ermittelt. Daraus lässt sich ableiten, dass die Deckung des globalen Nahrungsmittelbedarfs grundsätzlich im Einklang mit globalen Leitplanken stehen kann. Zieht man darüber hinaus in Betracht, dass etwa 70% der globalen landwirtschaftlichen Flächen derzeit für die Viehwirtschaft genutzt werden (Steinfeld et al., 2006), ergibt sich daraus, dass beim Übergang zu einer weniger auf Fleisch und anderen tierischen Produkten basierenden Ernährungsweise zusätzliche Flächenpotenziale für die Ernährung auf pflanzlicher Basis zur Verfügung stünden. Etwa ein Drittel der weltweit produzierten Nahrungsmittel verderben, gehen verloren oder werden weggeworfen (FAO, 2011). Wenn es gelänge, diese sehr hohe Quote zu verringern, könnten weitere Flächenpotenziale freigesetzt werden. Wie bereits heute scheinen auch in der Zukunft die größten Herausforderungen nicht im Bereich der Produktion zu liegen, sondern bei der Verteilungsgerechtigkeit sowie bei Art und Nutzung der produzierten Biomasse.

- **Energie:** Die Sicherung des Zugangs zu nachhaltigen Energiedienstleistungen für alle Menschen gemäß der Initiative des UN-Generalsekretärs Ban Ki-moon (Sustainable Energy for All: SE4All, 2014) und die damit einhergehenden Emissionszuwächse sind kompatibel mit einer langfristigen Einhaltung der 2°C-Leitplanke, wenn sie in umfassenden Klimaschutz eingebettet werden (Rogelj et al., 2013). Die Bereitstellung moderner Energiedienstleistungen beinhaltet vor allem den Zugang zu Elektrizität und zu modernen, saubereren Brennstoffen zum Kochen und Heizen. Das Global Energy Assessment (GEA, 2012) und Pachauri et al. (2012) kommen zu dem Ergebnis, dass die Klimawirkungen der Sicherung des Zugangs zu Energie für alle Menschen vernachlässigbar gering oder sogar negativ sind. Dies gilt sogar dann, wenn der Zugang vollständig durch fossile Energieträger erreicht wird, denn die Energieträger würden hauptsächlich traditionelle Biomassenutzung ersetzen, deren Nutzung mit erheblichen Emissionen von Treibhausgasen und klimawirksamen Stoffen einhergeht.

Ein Neutralitätskonzept: Von Leitplanken zu Zielen

Planetarische Leitplanken in den SDG-Zielkatalog aufnehmen

Die Einhaltung planetarischer Leitplanken setzt globale Kooperation der Staaten voraus, denn Verursachung, Wirkung und Lösung globaler Umweltprobleme finden

auf unterschiedlichen Skalen statt. Globale Umweltveränderungen haben zwar lokale Ursachen, aber globale Reichweite und können alle Menschen, wenn auch in unterschiedlichem Maß, betreffen. Zudem tragen alle Staaten mehr oder weniger stark zu globalen Umweltveränderungen bei, daher müssen alle Staaten ihren Beitrag zur Lösung dieser Probleme leisten. So erfordert die Begrenzung des Klimawandels, dass mittelfristig alle Staaten zu einer CO₂-emissionsfreien Wirtschaftsweise übergehen, da sonst durch die weitere Akkumulation von CO₂ in der Atmosphäre die Klimaschutzleitplanke durchbrochen würde. Dies kann nur mit globaler Lastenteilung gelingen, so dass Global Governance eine entscheidende Rolle zukommt.

Vor diesem Hintergrund empfiehlt der WBGU die Verankerung des Leitplankenkonzepts im Zielkatalog der SDGs. Dies würde erstens auf die existenzielle Bedeutung globaler Umweltprobleme für die nachhaltige Entwicklung hinweisen, zweitens die Aufmerksamkeit von Politik und Öffentlichkeit auf den Handlungsbedarf lenken und drittens Lösungspfade eröffnen. Der WBGU empfiehlt, ein eigenes SDG mit dem Titel „Sicherung der Erdsystemleistungen“ (safeguarding Earth system services) aufzunehmen. Mit diesem „Leitplanken-SDG“ soll der Rahmen abgesteckt werden, innerhalb dessen sich die anderen SDGs, insbesondere zu Armutsbekämpfung und menschlicher Entwicklung, entfalten können.

Neutralitätskonzept in den SDGs berücksichtigen

Die Herausforderung einer an planetarischen Leitplanken orientierten Nachhaltigkeitspolitik besteht darin, die Entwicklungsprozesse so zu gestalten, dass die natürlichen Lebensgrundlagen der Menschheit erhalten werden. Nachhaltige Entwicklung für künftig 9 Mrd. Menschen kann nur innerhalb des durch die Leitplanken abgesteckten Rahmens stattfinden (Kasten 1). Zur Operationalisierung empfiehlt der WBGU ein „Neutralitätskonzept für die Sicherung der Erdsystemleistungen“, demgemäß das Überschreiten der planetarischen Leitplanken vermieden werden soll und die Entwicklungspfade entsprechend umgelenkt werden müssten. Bei dieser Neutralität geht es darum, die anthropogenen Treiber globaler Umweltveränderungen so rechtzeitig zu stoppen, dass das Überschreiten der Leitplanke vermieden wird (Abbildung 1). Es geht also bei diesem Konzept nicht darum, einen bestimmten gewünschten Erdsystemzustand zu erreichen, sondern darum, nicht tolerable Erdsystemzustände zu vermeiden.

Für die politische Umsetzung des Neutralitätskonzepts bieten sich zwei generelle Strategien an:

1. *Beenden der Freisetzung oder Produktion langlebiger und toxischer Stoffe:* Die anthropogene Freisetzung langlebiger Stoffe und Produkte, deren Akkumulation oder Abbau Gesundheit oder Umwelt gefährdet, muss langfristig beendet werden. So ist für den

Klimaschutz und die Begrenzung der Ozeanversauerung die Dekarbonisierung (also der langfristige Ausstieg aus der Freisetzung von CO₂ aus der Nutzung fossiler Energieträger) unverzichtbar, weil sich CO₂ in der Atmosphäre anreichert.

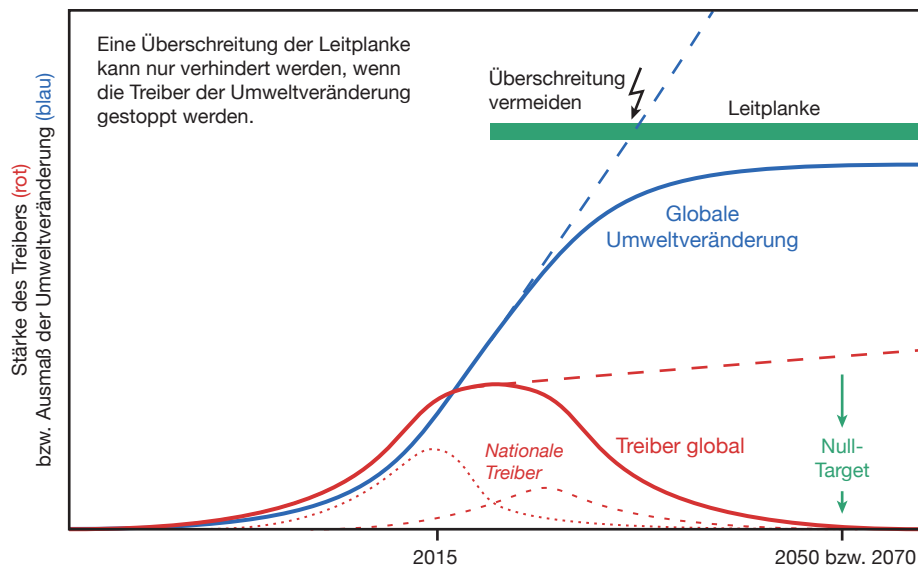
2. *Schutz und nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen sowie Kreislaufwirtschaft:* Beim Umgang mit knappen, lebensnotwendigen natürlichen Ressourcen, z.B. Böden, Wasser, biologische Vielfalt oder Phosphor, sollte deren Rolle als Lebensgrundlage für die Menschheit im Mittelpunkt stehen. Der nachhaltige und weise Umgang mit diesen Ressourcen sollte auf allen Ebenen zur Maxime menschlichen Handelns werden. Die Transformation zu einer nachhaltigen Gesellschaft bedeutet langfristig auch den Übergang zu einer globalen Kreislaufwirtschaft, in der die benötigten Ressourcen und Stoffe weitestgehend wiederverwertet werden.

Für die einzelnen Leitplanken sollten daher globale, langfristige Targets (Handlungsziele) eingeführt werden, die einen Stopp der anthropogenen Treiber der jeweiligen globalen Umweltveränderung beinhalten. So besteht beim Klima- und Ozeanschutz wissenschaftlicher Konsens, dass die Netto-CO₂-Emissionen aus fossilen Quellen langfristig vollständig eingestellt werden müssen, um die 2°C-Leitplanke einhalten zu können und die Ozeanversauerung zu begrenzen (Anhang A.1, A.2). Beim Biosphärenschutz besteht bereits wissenschaftlicher und politischer Konsens, dass der Verlust biologischer Vielfalt gestoppt werden muss (Anhang A.3); ein vergleichbares politisches Ziel ist derzeit für die Netto-Landdegradation in der Diskussion (Anhang A.4). Auch die Emissionen langlebiger, anthropogener Stoffe, die sich in der Umwelt anreichern und erhebliche gesundheits- oder umweltgefährdende Risiken mit sich bringen, sollen aus Sicht des WBGU auf Null zurückgefahren werden (Anhang A.5). Für die strategische Ressource Phosphor schlägt der WBGU vor, dass bis 2050 die Freisetzung nicht rückgewinnbaren Phosphors gestoppt werden soll (Anhang A.6). Im Zusammenhang mit Entwicklungspolitik werden derartige „Null-Targets“ ebenfalls diskutiert. So gibt es Vorschläge, in den SDG-Katalog Targets aufzunehmen, um z.B. extreme Armut, Hunger sowie Kinder- und Müttersterblichkeit auf bzw. nahe Null zurückzuführen (UN SDSN, 2013a).

Der WBGU empfiehlt, dass unter dem Leitplanken-SDG „Sicherung der Erdsystemleistungen“ für jede der sechs Leitplanken (Klimaschutz, Biodiversitätsschutz usw.) ein globales, langfristiges SDG-Target aufgenommen werden sollte.

Nationale Targets

Alle Staaten sollten die globalen, langfristigen SDG-Targets in nationale Targets (Handlungsziele) umsetzen.

**Abbildung 1**

Schematische Darstellung des Zusammenhangs zwischen Treibern und Ausmaß globaler Umweltveränderungen (wie CO₂-getriebener Klimawandel oder anthropogener Biodiversitätsverlust), bei denen sich die Wirkungen der Treiber über die Zeit aufsummieren. Um eine solche globale Umweltveränderung (z.B. den Klimawandel oder den Biodiversitätsverlust; blaue Kurve) zu stoppen, sodass die Leitplanke nicht durchbrochen wird, ist es nötig, die Treiber (z.B. die CO₂-Emissionen oder die anthropogene Aussterberate; rote Kurve) global auf Null zu bringen. Dies erfordert, dass auch in den einzelnen Ländern die Treiber auf Null abgesenkt werden (rote gepunktete Kurven als Beispiele für die Entwicklungspfade zweier Länder), und zwar spätestens bis zu dem Jahr, in dem die globalen Treiber auf Null gesunken sein sollen (2050 bzw. 2070; SDG-Target). Werden die Treiber nicht global auf Null gebracht, nimmt die globale Umweltveränderung weiter zu, und die Leitplanke wird überschritten (gestrichelte Kurven).

Quelle: WBGU

Neutralität gegenüber einer Leitplanke bedeutet, dass der entsprechende anthropogene Treiber der globalen Umweltveränderung bis zu dem im SDG-Target angegebenen Zeitpunkt gestoppt wird. Um dies zu erreichen, müssen folglich auch alle Länder, Städte, Regionen und gesellschaftliche Sektoren ohne Ausnahme ihre Beiträge zum anthropogenen Treiber einstellen. Die Verantwortung dafür entspricht der „gemeinsamen“ Seite des Grundsatzes 7 der Rio-Erklärung über Umwelt und Entwicklung des Erdgipfels von Rio de Janeiro, nach dem alle Staaten „gemeinsame, aber unterschiedliche Verantwortlichkeiten“ (common but differentiated responsibilities) gegenüber dem Ökosystem Erde übernehmen (UNCED, 1992).

Ein zentrales Problem besteht darin, dass sich die anthropogenen Treiber vieler globaler Umweltveränderungen derzeit global noch weiter verstärken, z.B. bei Treibhausgasemissionen, Plastikabfallproduktion und Biodiversitätsverlust. Auf dem Weg zum globalen, langfristigen SDG-Target sind daher unterschiedliche nationale Zwischenziele sinnvoll, mit denen zunächst eine Trendwende erreicht und dann Minderungen der Treiber erreicht werden:

- **Trendwende-Target:** Bei noch steigenden globalen Umweltschädigungen muss zunächst eine Trendwende erfolgen. So müssen z.B. global wie national die Trendumkehr der Treibhausgasemissionen und der Verlustrate biologischer Vielfalt zeitnah erreicht werden (WBGU, 2000a, 2009a).
- **Minderungs-Target:** Nach der Trendwende müssen eine Halbierung und danach weitere Absenkung der Emissionen oder Verlustraten erfolgen, damit das SDG-Target im vereinbarten Zeitrahmen erreicht werden kann (z.B. Halbierung der Emissionen oder Verlustraten).

Diese nationalen Zwischen-Targets müssen auf dem künftigen Entwicklungspfad der jeweiligen anthropogenen Störung bis hin zum SDG-Target Null erreicht werden (Abbildung 1).

Bei manchen Leitplanken, wie z.B. zu FCKWs oder POPs (Anhang A.5), lässt sich der Verzicht auf die Emissionen mit vergleichsweise begrenztem Aufwand durch die Substitution der betreffenden Schadstoffe oder durch die Diffusion spezialisierter Technologien erreichen. Meist implizieren die SDG-Targets zu den

Kasten 1 Schematische Entwicklungsszenarien

Armutsbekämpfung kann nur innerhalb der planetarischen Leitplanken nachhaltig wirken. Das SDG „Sicherung der Erdsystemleistungen“ soll eine Transformation der Entwicklungsdynamik antreiben, damit die natürlichen Lebensgrundlagen und somit auch die Grundlagen des zivilisatorischen Fortschritts bewahrt werden. In den Grafiken werden eine konventionelle (A) und eine transformative Entwicklungsdynamik (B) einander gegenübergestellt. Im transformativen Szenario entfalten sich die Entwicklungsdynamiken innerhalb der planetarischen Leitplanken. Mobilität wird als Indikator für Entwicklung verwendet, da der Zugang zu Transportmitteln auch soziale Mobilität ermöglicht und indirekt für die Verfügbarkeit von Ressourcen steht. In beiden Szenarien wird von demselben Bevölkerungszuwachs ausgegangen. Die globale Verteilung des Bruttoinlandsprodukts ist in Kaufkraftparität (KKP) durch die unterschiedliche Wertigkeit der Münzen wiedergespiegelt.

Ausgangszustand (A0, B0) ist jeweils die gegenwärtige Situation: Eine relativ kleine Anzahl von Personen weist einen hohen Entwicklungsstand auf, ist sehr mobil und verursacht hohe Emissionen. Auch ist der Wohlstand stark ungleich auf die Weltbevölkerung verteilt (ca. 4,2 Mrd. gehören 20% des BIP in KKP, ca. 2,5 Mrd. 60%, ca. 300 Mio. 20%; aktualisierte Daten nach Grubler et al., 2012 und Nakicenovic et al., 1998). So besitzen die sehr mobilen Bevölkerungsgruppen, die hohe CO₂-Emissionen verursachen, auch das meiste Kapital. Der untere Teil der Figur symbolisiert die untersten Milliarden der Bevölkerung, die kaum Emissionen verursachen, wenig mobil sind und auch kein Kapital besitzen.

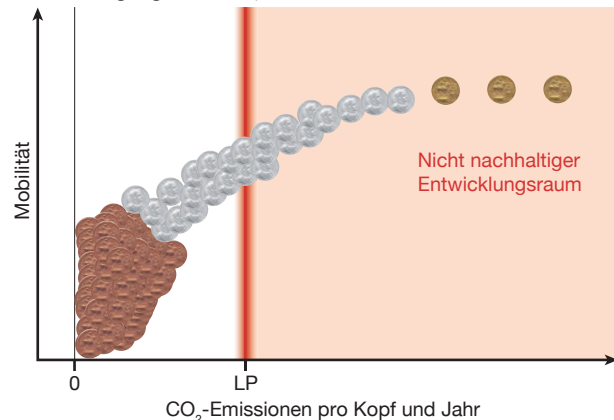
Im Szenario A1 wird versucht, durch konventionelle, auf der Verbrennung fossiler Rohstoffe basierende Entwicklungs- und Mobilitätskonzepte die Mobilität der sukzessive Wohlhabenderen sowie der unteren Einkommensschichten zu steigern. Im Ergebnis würde ein zunehmender Teil der Weltbevölkerung über die planetarischen Leitplanken gezogen.

Je höher die Emissionen der wohlhabenden Teile der Weltbevölkerung sind, desto weniger Spielraum haben die ärmeren Teile der Weltbevölkerung für eine mit Emissionen verbundene Entwicklung innerhalb der planetarischen Leitplanken. Eine Fortschreibung der bisherigen Entwicklungsdynamik (A1) ohne Berücksichtigung der resultierenden Umweltschäden würde also zunächst immer größere Anteile der Weltbevölkerung über die Leitplanke treiben, sodass das CO₂-Budget für die globalen Emissionen bald überschritten würde (WBGU, 2009a).

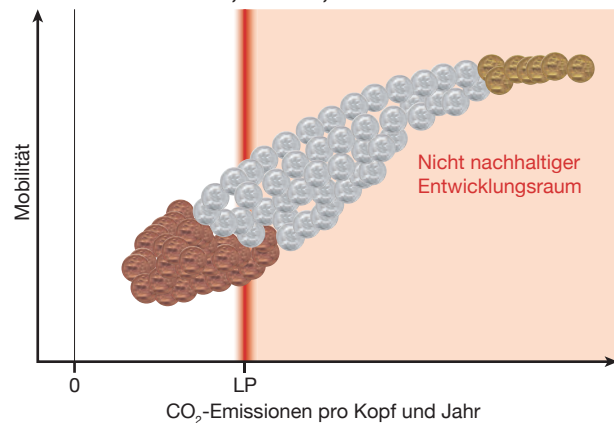
Durch das massive Überschreiten der planetarischen Leitplanken aufgrund der Emissionen der oberen und mittleren Einkommensschichten ist dieses Entwicklungskonzept hoch instabil, da gerade die unteren Einkommensschichten keine Möglichkeit haben, sich an Veränderungen des Erdsystems anzupassen. Dadurch würden sich also langfristig die ökonomischen Disparitäten verschärfen. Somit besteht in der zweiten Phase dieser Entwicklung

A Konventionelles Entwicklungsszenario

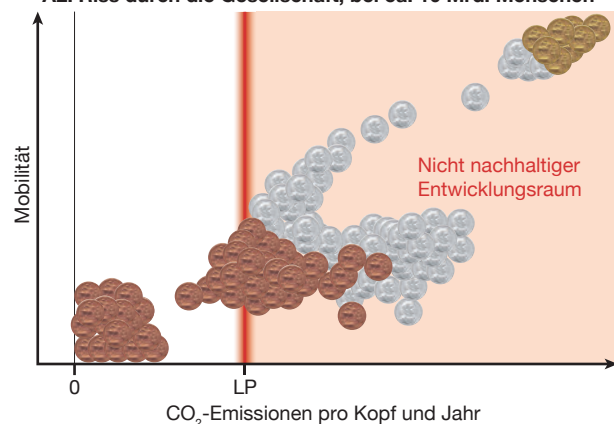
A0: Ausgangsszenario, bei ca. 7 Mrd. Menschen



A1: Zwischenschritt, bei ca. 8,5 Mrd. Menschen

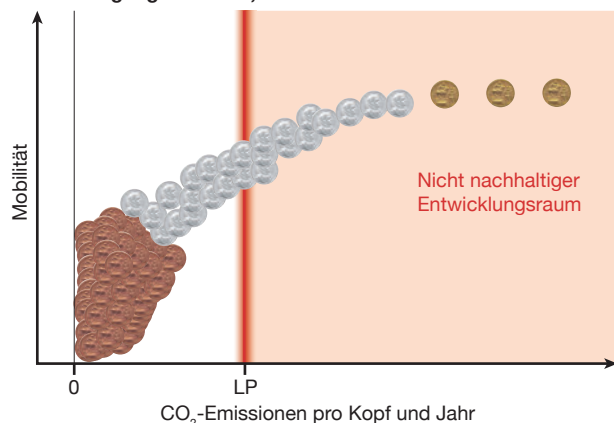
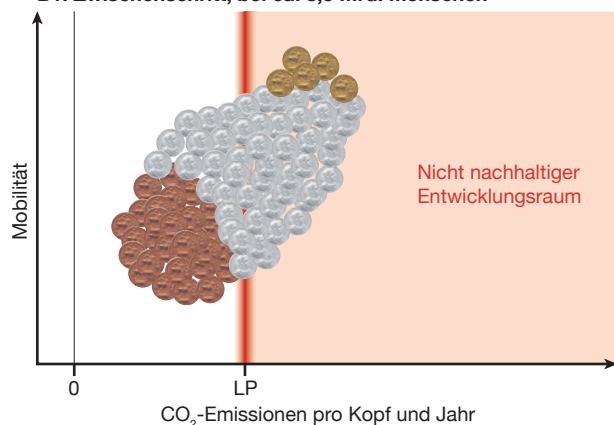
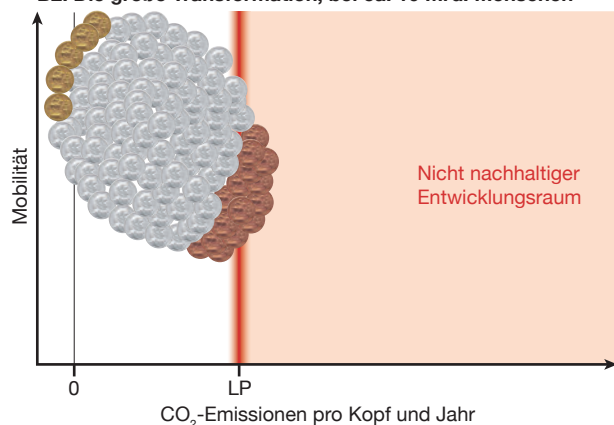


A2: Riss durch die Gesellschaft, bei ca. 10 Mrd. Menschen



Eine Münze repräsentiert 100 Mio. Menschen mit niedrigem (braun), mit mittlerem (grau), mit hohem (gold) Einkommen

LP: Klimaverträgliche pro-Kopf-Emissionen (Durchschnitt 2010 bis 2050) im Einklang mit der planetarischen Leitplanke

B Transformatives Entwicklungsszenario**B0: Ausgangsszenario, bei ca. 7 Mrd. Menschen****B1: Zwischenschritt, bei ca. 8,5 Mrd. Menschen****B2: Die große Transformation, bei ca. 10 Mrd. Menschen**

Eine Münze repräsentiert 100 Mio. Menschen mit niedrigem (braun), mit mittlerem (grau), mit hohem (gold) Einkommen

LP: klimaverträgliche pro-Kopf-Emissionen (Durchschnitt 2010 bis 2050) im Einklang mit der planetarischen Leitplanke

(A2, bei 10 Mrd. Menschen) nicht nur das Risiko eines Rückfalls auf das vorherige Entwicklungsniveau, sondern auch das einer tieferen Spaltung zwischen Arm und Reich. Die konventionelle Entwicklungsdynamik (A1) ist unzureichend, um das Wachstum der globalen Mittelschichten aufrecht zu erhalten und gleichzeitig Herausforderungen wie zunehmende Wetterextreme oder Ozeanversauerung zu bewältigen. Der vorherige Zuwachs der Mittelschicht würde somit durch die Konzentration von Einkommen und Kapital in den oberen Einkommenschichten und eine wachsende Armut in den unteren Milliarden erodieren. Der Riss zöge sich durch die Mitte der Gesellschaft.

Im Szenario B wird eine nachhaltige Entwicklung innerhalb der planetarischen Leitplanken veranschaulicht. Szenario B1: Die Lebensweisen der mittleren und hohen Einkommenschichten werden in nachhaltige Formen überführt, z.B. durch Elektromobilität. Darüber hinaus entsteht eine Änderung der Einkommensverteilung zwischen den Ländern als Folge von Finanztransfers und der Übertragung nachhaltiger Technologien. Dies ermöglicht den niedrigen Einkommenschichten durch ein Überspringen nicht nachhaltiger Energietechnologien (Leapfrogging) den Zugang zu Entwicklung mit geringeren Emissionen. Insgesamt sind im Szenario B mehr Menschen mobil als es im Szenario A dauerhaft möglich wäre. Gleichzeitig erlaubt die Neutralität gegenüber den planetarischen Leitplanken, dass sich die untersten Milliarden ebenso eigenständig weiterentwickeln können wie die Mittelschichten, da Entwicklung nicht durch negative Externalitäten des Klimawandels gebremst wird.

In Szenario B2 werden die oberen Einkommenschichten in ihrer Mobilität effizienter, da sie den breitesten Zugang zu transformativen Technologien haben. Sie werden zu Vorreitern der Transformation. Dies veranschaulicht, dass den Gruppen mit Zugang zu Ressourcen die Verantwortung für das Fortschreiten einer globalen Transformation und für die Sicherung der Erdsystemleistungen obliegt.

Ziel ist es, durch Formulierung und Ausführung der SDGs ein Entwicklungsszenario B zu forcieren. Dazu ist es notwendig, die Grundbedürfnisse der Menschen, wie Mobilität, Nahrung und Wohnen, mit nachhaltigen Entwicklungsoptionen zu erfüllen. Diese müssen somit für die untersten Milliarden ein-

facher zugänglich sein als die nicht nachhaltigen. Die Grafik zeigt, dass sich die SDG-Debatte ebenso an die Industrienationen und die globalen Mittel- und Oberschichten richtet. Sie müssen ihre Entwicklungspfade in Richtung Nachhaltigkeit transformieren, damit die Weltbevölkerung überhaupt eine Chance hat, sich innerhalb planetarischer Leitplanken zu bewegen. Sie können zudem durch die Erfindung und Umsetzung nachhaltiger Entwicklungspfade sowie durch Finanz- und Technologietransfers Beiträge dazu leisten, dass die ärmeren Bevölkerungsteile nicht nachhaltige Entwicklungspfade überspringen.

Quelle der Abbildungen: WBGU

Leitplanken aber den Ausstieg aus den entsprechenden industriellen Prozessen oder Praktiken, sei es die emissionsintensive Nutzung fossiler Energien, der Verzicht auf die Konversion natürlicher Ökosysteme oder der Verzicht auf erosionsintensive industrielle Landwirtschaft.

Dies greift tief in verwurzelte, weltweit vorherrschende Produktions- und Wirtschaftsweisen ein, die sich daher nur mit großem Aufwand und gegen entsprechend große Widerstände verändern lassen. Für die Veränderung dieser Produktions- und Wirtschaftsweisen sind langfristige, strategisch angelegte Transformationsprozesse anzustreben (WBGU, 2011), um die globalen und nationalen Entwicklungspfade auf dem Weg zum SDG-Ziel gestalten und verwirklichen zu können. Zur Verfolgung dieser Entwicklungspfade sind Monitoring und Berichtswesen von großer Bedeutung, um zunächst eine Standortbestimmung zu ermöglichen und dann die notwendigen Veränderungen an den Erfordernissen messen zu können. Nationale Berichtspflichten im Rahmen des Review-Prozesses der Post-2015-Entwicklungsagenda sind daher eine wichtige Ergänzung zu Zielen.

Nach dem Grundsatz 7 der Rio-Erklärung sollen beim Schutz der „Gesundheit und (...) Unversehrtheit des Ökosystems der Erde“ u. a. die Beiträge zur Verursachung von globalen Umweltveränderungen und der Entwicklungsstand des jeweiligen Landes berücksichtigt werden (UNCED, 1992). Je nach Charakteristik des zugrundeliegenden globalen Umweltproblems kann es also sinnvoll sein, die nationalen Ziele entweder für alle Länder gleich zu gestalten oder nach Ländergruppen bzw. einzelnen Ländern zu differenzieren.

Für den SDG-Prozess ergibt sich daraus eine erhebliche Herausforderung, denn die Aushandlung länderspezifischer Ziele ist zeitlich und diplomatisch aufwändig. Zudem erscheint es wenig effizient, zu Umweltproblemen, für die es bereits spezialisierte UN-Konventionen gibt, Detailverhandlungen zu nationalen Zielen im SDG-Prozess bzw. im Post-2015-Prozess zu führen. Der WBGU hält es für sinnvoller, für diese globalen Umweltprobleme innerhalb des SDG-Prozesses eine angemessene Rahmung in Form des Leitplanken-Goals „Sicherung der Erdsystemleistungen“ und der längerfristigen, globalen SDG-Ziele zu finden. Die Differenzierung in nationale Ziele und deren Umsetzung sollte den darauf spezialisierten UN-Umweltkonventionen oder vergleichbaren internationalen Institutionen überlassen werden.

Im Rahmen der „zuständigen“ Umweltkonventionen sollten die Vertragsstaaten nach Maßgabe des jeweiligen globalen, langfristigen SDG-Ziels Pläne vorlegen, wie der jeweilige nationale Entwicklungspfad in Richtung auf das gemeinsame SDG-Ziel ausgestal-

tet werden soll. Es geht also um mehr als um einzelne Ziele; vielmehr sollte jedes Land einen auf die nationalen Gegebenheiten und Potenziale zugeschnittenen Transformationsfahrplan entwickeln. Diese Pläne sollten Entwicklungspfade sowie nationale Trendwendetargets bzw. Minderungstargets enthalten. Zudem sollte je nach Entwicklungsstand transparent gemacht werden, welche zusätzlichen internationalen Finanz- und Technologietransfers geleistet werden oder für das Land zur Erfüllung des Transformationsplans erforderlich sind.

Dies entspräche der „unterschiedlichen“ Seite des Grundsatzes 7 der Rio-Erklärung, nach dem alle Staaten „gemeinsame, aber unterschiedliche Verantwortlichkeiten“ (common but differentiated responsibilities) gegenüber dem Ökosystem Erde haben (UNCED, 1992). Die Entwicklungspfade der einzelnen Länder oder Ländergruppen auf dem Weg zum SDG-Ziel werden je nach historischer Verantwortung und Kapazität unterschiedlich verlaufen. Unverzichtbar aber bleibt, dass im vorgesehenen Zeitrahmen alle Ländergruppen, Länder, Städte, Regionen und gesellschaftliche Sektoren die anthropogenen Treiber globaler Umweltveränderungen einstellen müssen.

Die globalen SDG-Ziele beinhalten also als erste Botschaft, dass effektives Handeln letztlich für alle Staaten erforderlich und unvermeidlich ist. Vom SDG-Prozess sollte die zweite klare Botschaft ausgehen, dass angemessene nationale Ziele im Rahmen der darauf spezialisierten UN-Umweltkonventionen ausgehandelt werden sollten. Wenn vergleichbare Ziele dort bereits vereinbart wurden, sollten sie im SDG-Katalog aufgegriffen werden.

In Fällen, in denen es noch keine spezialisierten, zuständigen internationalen Konventionen gibt, sollte innerhalb des SDG-Prozesses ein einheitliches nationales Ziel für alle Länder gesetzt werden. Es könnte auch mit dem Mandat des SDG-Prozesses eine explizite Aufforderung formuliert werden, diese Governance-Lücke zu schließen.

Monitoring, Berichterstattung und Review

Zu dem Leitplanken-SDG und den globalen, langfristigen SDG-Zielen sollte von der Staatengemeinschaft eine sorgfältige Überprüfung (Review) der Erfüllung nationaler Transformationspläne und Ziele vereinbart werden. Die Beiträge der Länder müssen zusammengefasst ausreichen, um die entsprechende planetarische Leitplanke einhalten zu können. Die globale Summe der Beiträge sollte also einem Pfad folgen, die mit dem jeweiligen globalen SDG-Ziel vereinbar ist und keine technologischen oder politischen Unvereinbarkeiten aufweist. Um die nationalen Beiträge mit dem jeweiligen globalen SDG-Ziel abzugleichen und die Wirkungen auf globaler Ebene einzuschätzen,

sind Berichterstattung, Überprüfung und Verifizierung der nationalen Beiträge unverzichtbar. Zu einem oder mehreren vorher festgelegten Zeitpunkten sollte demnach im Rahmen des SDG-Prozesses eine Überprüfung (Review) der nationalen Beiträge und Entwicklungspfade erfolgen. Die Berichte sollten auf wissenschaftlicher Basis mit anerkannten Standards und transparenter Methodik ausgewertet werden, um daraus Schlüsse für die globale Zielerreichung zu ziehen. Eine entsprechende Begleitforschung hält der WBGU für sehr sinnvoll. Wenn diese Überprüfung zum Ergebnis hat, dass einzelne Beiträge oder die Beiträge insgesamt nicht ausreichend sind, sollte im Rahmen des SDG-Prozesses der diplomatische Druck auf die Länder erhöht werden, ihre Beiträge zu steigern.

Zusatznutzen bei SDGs

Unter Zusatznutzen (Co-Benefits) versteht der WBGU die zusätzlichen (positiven) Synergieeffekte, welche bei der Erreichung eines politischen Zieles entstehen, aber nicht eigentlicher Bestandteil der Zielsetzung sind. Wenn – wie bei den SDGs – ein Katalog von Zielen verfolgt wird, können vielfache Zusatznutzen anfallen, die sich gegenseitig verstärken können. Dabei können Synergien sowohl zwischen den verschiedenen Dimensionen globaler Umweltveränderungen auftreten als auch zwischen der Einhaltung planetarischer Leitplanken und der Armutsbekämpfung, etwa den Zielen Zugang zu Nahrung oder sauberem Wasser („Zugangsziele“). Beispielsweise ist die 2°C-Leitplanke zum Klimaschutz mit der 0,2pH-Leitplanke zur Ozeanversauerung synergistisch. Diese unterschiedlichen Zielsetzungen werden im Kontext unterschiedlicher Zeithorizonte diskutiert (z.B. der Zusammenhang zwischen Luftverschmutzung und Gesundheit in der kurzen Frist; Klimaschutz in der mittleren bis langen Frist). Aus diesem Grund „konkurrieren“ sie oft miteinander um die öffentliche und politische Aufmerksamkeit (McCollum et al., 2013). Zudem sind sowohl international als auch national oftmals unterschiedliche Institutionen für einzelne Zielsetzungen zuständig. Daher werden die Synergien oft nicht gut verstanden oder gar übersehen, so dass die notwendigen Kosten und Anstrengungen überschätzt werden. Eine integrierte Sichtweise ist daher unerlässlich, und die SDGs bieten hierfür eine geeignete Plattform.

Ein Beispiel für Zusatznutzen ist das Ziel einer Transformation des Energiesektors, das sich sowohl mit der Einhaltung der 2°C-Klimaschutzleitplanke als auch mit den Zugangsziele für die Bereitstellung nachhaltiger Energie begründen lässt. Beide Ziele sind in einem gewissen Maß miteinander kompatibel und werden durch die jeweiligen Maßnahmen zur Erreichung des anderen Ziels unterstützt. So kommen beispielsweise Rogelj et al. (2013) zu dem Ergebnis, dass die Umset-

zung der Ziele der Initiative „Sustainable Energy for All“ des UN-Generalsekretärs Ban Ki-moon (SE4All, 2014) mit einer langfristigen Einhaltung der 2°C-Leitplanke kompatibel sind, wenn sie in umfassenden Klimaschutz eingebettet werden.

Zudem hat die Einhaltung der 2°C-Klimaschutzleitplanke positive Effekte auf die Einhaltung der Leitplanke für den Bodenschutz, da hierdurch Desertifikation vermieden wird, die als Klimawirkung infolge verminderter Niederschläge in ariden Gebieten auftreten kann. Des Weiteren ist der Energiesektor stark mit der Landnutzung und dem Wasserkreislauf verflochten, etwa bei der Produktion von Bioenergie (WBGU, 2009b) oder der Nutzung von Kühlwasser durch thermische Kraftwerke. Auch hat z.B. die Reduzierung der Nutzung fossiler Energieträger aus Klimaschutzgründen den Zusatznutzen der verringerten Luftverschmutzung, die mit einer Verringerung von Gesundheitsgefahren einhergeht. Selbst wenn die Transformation des Energiesektors sicherlich nicht nur positive Zusatzeffekte für andere SDGs mit sich bringt, bietet ein integrativer, sektorenübergreifender Ansatz gleichwohl die Chance, Synergien zu erkennen und zu nutzen.

Empfehlungen

SDGs und die Botschaft von Rio

Auf der UN-Konferenz über Nachhaltige Entwicklung („Rio+20-Konferenz“; UNCSD, 2012) vereinbarte die Staatengemeinschaft, dass die SDGs auf der UN-Konferenz über Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro im Jahr 1992 („Erdgipfel von Rio“) aufbauen sollen. Umweltschutz, heißt es in der Rio-Erklärung, muss „Bestandteil des Entwicklungsprozesses sein und darf nicht von diesem getrennt betrachtet werden“ (UNCED, 1992: Grundsatz 4). In den MDGs wurde diese zentrale Botschaft nicht adäquat berücksichtigt und Umweltprobleme wurden nachrangig behandelt.

Der Post-2015-Prozess bietet die Chance, mit den SDGs eine integrative Strategie zur nachhaltigen Entwicklung zu formulieren. Für den WBGU ist es unverzichtbar, dass nicht nur Armutsbekämpfung und menschliche Entwicklung, sondern auch lokale und globale Umweltveränderungen im Zielkatalog der SDGs berücksichtigt werden.

Gemäß des WBGU-Neutralitätskonzepts für die Sicherung der Erdsystemleistungen sollen das Überschreiten der planetarischen Leitplanken vermieden und die Entwicklungspfade entsprechend umgelenkt werden. Dies dient der Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen für die Menschheit und ist somit eine Voraussetzung für die verantwortbare Zukunft aller Menschen, für nachhaltige Entwicklung sowie für Armutsbekämpfung. Die Gefahr des Überschreitens der Leitplanken besteht nicht, wenn Ziele menschlicher Entwicklung für die armen Bevölkerungsschichten in den Entwicklungs- und Schwellenländern angestrebt und erreicht werden.

Die größten Beiträge zur Verursachung globaler Umweltprobleme kommen derzeit aus den Konsumscheidungen und Lebensstilen der OECD-Länder sowie aus den wachsenden Mittel- und Oberschichten aller Länder. Die SDGs sollten also auch Ziele enthalten, um nicht nachhaltige und nicht universalisierbare Produktions- und Konsummuster in Richtung Nachhaltigkeit umzulenken. Letztlich sollten die SDGs in ihrer Gesamtheit einen Entwicklungskorridor und ein Wohlfahrtskonzept umschreiben, die für künftig 9 Mrd. Menschen in den Grenzen des Erdsystems erreichbar sind. Die SDGs wären damit ein Zielsystem für umfassende menschliche Entwicklung und für eine Transformation der nationalen

Wirtschaften sowie der Weltwirtschaft zur Nachhaltigkeit, die innerhalb der Grenzen des Erdsystems verläuft. Im bisherigen politischen Diskurs zu den SDGs werden diese Zusammenhänge allerdings zumeist ausgeblendet. Es wird vor allem auf Armutsbekämpfung und Entwicklung für die ärmsten Bevölkerungsschichten fokussiert, ohne die globale Umweltdimension im Sinn des Konzepts planetarischer Leitplanken in den Blick zu nehmen. Insbesondere fehlen Vorschläge für einen SDG-Katalog, der den Leitplankenansatz umfassend einbindet. Aus diesem Grund fokussiert der WBGU in diesem Politikpapier auf die Rahmenbedingungen im Erdsystem, innerhalb derer sich eine nachhaltige Entwicklung bewegen muss. Vor diesem Hintergrund entwickelt der WBGU Empfehlungen, wie das Leitplankenkonzept systematisch in den SDG-Katalog integriert und operationalisiert werden kann.

Ein SDG mit Targets zu planetarischen Leitplanken

Der WBGU empfiehlt der Bundesregierung, sich in den Verhandlungen dafür einzusetzen, dass ein gesondertes „Leitplanken-SDG“ mit dem Titel „Sicherung der Erdsystemleistungen“ (safeguarding Earth system services) vereinbart wird. Mit diesem SDG wird der Rahmen abgesteckt, innerhalb dessen die anderen SDGs zu Umwelt, Entwicklung und Armutsbekämpfung umgesetzt werden können. Die folgenden sechs vom WBGU für den SDG-Prozess vorgeschlagenen planetarischen Leitplanken sollten unter diesem Leitplanken-SDG in Form globaler, langfristiger SDG-Targets (Handlungsziele) operationalisiert werden (Tabelle 1). Im Anhang finden sich zu den sechs Leitplanken ausführliche Begründungen.

Klimawandel auf 2°C begrenzen

Der WBGU hat als Leitplanke für den Klimawandel vorgeschlagen, eine Erhöhung der globalen gemittelten Oberflächentemperatur um mehr als 2°C über das vorindustrielle Niveau zu verhindern. Um eine realistische Chance zu haben, diese Leitplanke einzuhalten, empfiehlt der WBGU als SDG-Target, bis etwa 2070 die globalen CO₂-Emissionen aus fossilen Quellen vollständig einzustellen, das heißt auch für jedes Land und jeden gesellschaftlichen Sektor (Anhang A.1). Dieses Target ist

Tabelle 1

Empfehlungen des WBGU für die Post-2015-Entwicklungsagenda. Es sollte ein SDG „Sicherung der Erdsystemleistungen“: eingerichtet werden, mit sechs Leitplanken als SDG-Targets. Rot: keine oder nur unzureichende globale Institutionen vorhanden; Orange: kein Target vorhanden; Gelb: Target(s) vorhanden, aber unklar ob ausreichend für Einhaltung der Leitplanke. Quelle: WBGU

Planetarische Leitplanke	Empfehlung für SDG-Targets	Empfehlungen für globale Institutionen
Klimawandel auf 2 °C begrenzen	<ul style="list-style-type: none"> Die globalen CO₂-Emissionen aus fossilen Quellen sollen bis etwa 2070 vollständig eingestellt werden. 	<ul style="list-style-type: none"> UNFCCC: 2 °C-Grenze ist durch COP-Entscheidungen anerkannt UNFCCC sollte CO₂-Emissionsminderungen mit nationalen Trajektorien, Targets und Transferleistungen vereinbaren Targets der Initiative „Sustainable Energy for all“ übernehmen
Ozeanversauerung auf 0,2 pH Einheiten begrenzen	<ul style="list-style-type: none"> Die globalen CO₂-Emissionen aus fossilen Quellen sollen bis etwa 2070 vollständig eingestellt werden. Das Target ist kongruent mit dem Target zum anthropogenen Klimawandel. 	<ul style="list-style-type: none"> fehlende globale Institution Versauerungsleitplanke in der UNFCCC anerkennen UNFCCC sollte CO₂-Emissionsminderungen mit nationalen Trajektorien, Targets und Transferleistungen vereinbaren
Verlust von biologischer Vielfalt und Ökosystemleistungen stoppen	<ul style="list-style-type: none"> Die unmittelbaren anthropogenen Treiber des Verlusts biologischer Vielfalt sollen bis spätestens 2050 zum Stillstand gebracht werden. 	<ul style="list-style-type: none"> Unterstützung der „Aichi-Targets“ sowie Umsetzung durch Mitgliedstaaten der CBD CBD sollte Länderstrategien mit nationalen Trajektorien, Targets und Transferleistungen vereinbaren
Land- und Bodendegradation stoppen	<ul style="list-style-type: none"> Die Netto-Landdegradation soll bis 2030 weltweit und in allen Ländern gestoppt werden. 	<ul style="list-style-type: none"> unzureichende Zuständigkeit der UNCCD UNCCD sollte SDG-Target anerkennen und Länderstrategien mit nationalen Trajektorien, Targets und Transferleistungen vereinbaren Intergovernmental Panel on Land and Soils einrichten bzw. das FAO ITPS thematisch um Landdegradation erweitern
Gefährdung durch langlebige anthropogene Schadstoffe begrenzen		
Quecksilber	<ul style="list-style-type: none"> Die substituierbare Nutzung sowie die anthropogenen Quecksilberemissionen sollen bis 2050 gestoppt werden. 	<ul style="list-style-type: none"> Quecksilber ist in der Minamata-Konvention geregelt falls sie sich zur Umsetzung des Targets als unzureichend erweist, sollte sie verschärft werden, um das Target durch Länderstrategien mit nationalen Trajektorien, Targets und Transferleistungen zu erreichen
Plastik	<ul style="list-style-type: none"> Die Freisetzung von Plastikabfall in die Umwelt soll bis 2050 weltweit gestoppt werden. 	<ul style="list-style-type: none"> unzureichende globale und regionale Institutionen Verschärfung und Verzahnung bestehender Konventionen zum Eintrag von Plastikabfall und zum Schutz der Meere falls die Umsetzung des Targets sich als unzureichend erweist, sollte ein spezifisches internationales Instrument eingerichtet werden
Spaltbares Material	<ul style="list-style-type: none"> Die Produktion von Kernbrennstoffen für den Einsatz in Kernwaffen und für den Einsatz in zivil genutzten Kernreaktoren soll bis 2070 gestoppt werden. 	<ul style="list-style-type: none"> unzureichende globale Institutionen Vereinbarung des „Fissile Material Cut-off Treaty“ internationale Kontrolle von spaltbarem Material und Brennstoffkreislauf durch IAEA
Verlust von Phosphor stoppen	<ul style="list-style-type: none"> Die Freisetzung nicht rückgewinnbaren Phosphors soll bis 2050 gestoppt werden, so dass seine Kreislaufführung weltweit erreicht werden kann. 	<ul style="list-style-type: none"> fehlende globale Institution Aufforderung zur Erstellung eines Phosphor-Assessments falls die Umsetzung des Targets sich als unzureichend erweist, sollte ein spezifisches internationales Instrument eingerichtet werden

kongruent mit dem Target zur Ozeanversauerung. Die Vertragsstaaten der Klimarahmenkonvention (UNFCCC) sollten im Rahmen des SDG-Prozesses aufgefordert werden, in der UNFCCC nationale Transformationspläne, Zwischen-Targets und Transferleistungen unter dieser Maßgabe zu vereinbaren. Diese nationalen „Dekarbonisierungsfahrpläne“ sollten verdeutlichen, wie der jeweilige nationale CO₂-Emissionspfad in Richtung auf das vereinbarte SDG-Target ausgestaltet werden soll.

Ozeanversauerung auf 0,2 pH Einheiten begrenzen

Eine Begrenzung des Anstiegs der atmosphärischen CO₂-Konzentration ist notwendig, um das Risiko großer Änderungen in den Meeresökosystemen als Folge des Absinkens des pH-Werts des Meerwassers zu vermeiden. Nicht nur für die biologische Vielfalt und die Ökosystemleistungen der Meere, auch für Fischerei und Aquakultur sind die direkten und indirekten Wirkungen der Versauerung eine große Herausforderung. Für den Schutz der Meere sollte der pH-Wert der obersten Meeresschicht in keinem größeren Ozeangebiet um mehr als 0,2 Einheiten gegenüber dem vorindustriellen Wert absinken (WBGU, 2006: 3; Anhang A.2).

Der Vorschlag des WBGU für ein langfristiges, globales SDG-Target lautet, bis etwa 2070 die globalen CO₂-Emissionen aus fossilen Quellen vollständig einzustellen; d.h. auch für jedes Land und jeden gesellschaftlichen Sektor. Dieses Target ist kongruent mit dem Target zum anthropogenen Klimawandel. Eine anthropogene Veränderung des Strahlungshaushalts der Erde durch Geoengineering-Maßnahmen könnte zwar den Erwärmungstrend beeinflussen, würde aber die Versauerung nicht vermindern. Die Ozeanversauerung wird derzeit von der internationalen Umweltpolitik vernachlässigt. Es gibt keine Umweltkonvention, in der notwendige CO₂-Minderungsmaßnahmen mit dem erklärten Ziel der Begrenzung der Ozeanversauerung vereinbart werden sollen. Da wie im Fall des Klimawandels anthropogene CO₂-Emissionen die entscheidende Rolle spielen, bekräftigt der WBGU seine Empfehlung, im Rahmen der UNFCCC die CO₂-Minderungsziele und Maßnahmen zu vereinbaren, die für die Begrenzung der Ozeanversauerung und für den Klimaschutz notwendig sind (WBGU, 2006). Im Rahmen des SDG-Prozesses sollte eine entsprechende Aufforderung an die UNFCCC erfolgen.

Verlust von biologischer Vielfalt und Ökosystemleistungen stoppen

Der Mensch ist in vielfacher Hinsicht auf biologische Vielfalt und die damit verknüpften Ökosystemleistungen angewiesen. Im Rahmen der Biodiversitätskonvention (CBD) konnte daher der politische Konsens etabliert werden, dass der Verlust von biologischer Vielfalt und

Ökosystemleistungen gestoppt werden muss. Als globales, langfristiges SDG-Target empfiehlt der WBGU, dass die unmittelbaren anthropogenen Treiber des Verlusts biologischer Vielfalt, z.B. die Konversion natürlicher Ökosysteme, bis spätestens 2050 zum Stillstand gebracht werden sollen (Anhang A.3). Als mittelfristige Targets sollten die Aichi-Targets der CBD im Rahmen des SDG-Prozesses unterstützt und die Staaten zur raschen Umsetzung aufgefordert werden. Im Rahmen des Post-2015-Prozesses sollte zudem die CBD aufgefordert werden, in ihrem Rahmen für alle Vertragsstaaten nationale Transformationspläne mit Zwischen-Targets und Transferleistungen zu vereinbaren, die darauf ausgerichtet sind, das SDG-Target bis 2050 zu erreichen.

Land- und Bodendegradation stoppen

Für die langfristige Versorgung der wachsenden Weltbevölkerung mit Nahrungsmitteln und Biomasse ist der Schutz von Böden und Landflächen vor Übernutzung und Degradation eine entscheidende Voraussetzung. Die vom Menschen verursachte Land- und Bodendegradation muss daher beendet werden. Als globales SDG-Target schlägt der WBGU vor, dass bis 2030 die Netto-Landdegradation weltweit und in allen Ländern gestoppt werden sollte (Anhang A.4). Als nationales Zwischenziel sollte im Sinn der Beschlüsse der Rio+20-Konferenz empfohlen werden, die Trendumkehr bei der Land- und Bodendegradation bis spätestens 2020 zu erreichen.

Land- und Bodendegradation werden bislang im Kontext der Desertifikationskonvention (UNCCD) verhandelt; allerdings gibt es derzeit im Rahmen der UNCCD keine Verhandlungen, in denen die Vertragsstaaten zu konkreten Minderungen der Landdegradation verpflichtet werden und die über Trockengebiete hinausreichen. Daher sollte die UNCCD im Rahmen der SDG-Verhandlungen aufgefordert werden, ein internationales, nicht auf Trockengebiete eingeschränktes Protokoll für die Bekämpfung von Land- und Bodendegradation zu schaffen. Im Rahmen dieses Protokolls sollte die Leitplanke zu Land- und Bodendegradation anerkannt werden. Des Weiteren sollten alle Länder nationale Strategien entwickeln und dazu notwendige Transferleistungen identifizieren, mit denen dieses Ziel erreicht werden kann. Für eine verbesserte wissenschaftliche Politikberatung empfiehlt der WBGU, im Rahmen des SDG-Prozesses die Anregung an die UN-Generalversammlung zu richten, ein „Intergovernmental Panel on Land and Soils“ nach dem Vorbild des IPCC einzurichten (WBGU, 2000b) bzw. das 2013 bei der FAO eingerichtete „Intergovernmental Technical Panel on Soils“ (ITPS) um das Thema Landdegradation sowie um die darin eingebetteten Perspektiven zu Systemen der Existenzsicherung (livelihood security) zu erweitern.

Gefährdung durch langlebige anthropogene Schadstoffe begrenzen

Seit dem Beginn der Industrialisierung haben auch die anthropogenen Emissionen solcher langlebiger Schadstoffe stark zugenommen, die sich in der Umwelt anreichern und für die menschliche Gesundheit sowie die Umwelt erhebliche Gefährdungen mit sich bringen. Die persistenten organischen Schadstoffe (POPs; z.B. Pestizide wie DDT) sind bereits in der Stockholm-Konvention geregelt, die Verbote und graduelle Reduktionen der Produktion bis auf Null beinhaltet. Zum Schutz der stratosphärischen Ozonschicht werden die Fluorchlorkohlenwasserstoffe reduziert; das hierfür zuständige Montreal-Protokoll gilt als ein herausragender Erfolg der internationalen Umweltpolitik. Die Vereinbarungen für beide Stoffgruppen scheinen auf gutem Weg zu sein, so dass der WBGU keine Notwendigkeit für entsprechende SDG-Targets sieht. Handlungsbedarf sieht der WBGU für die folgenden drei Stoffe bzw. Stoffgruppen:

Quecksilber

Quecksilber ist ein hochgiftiges Schwermetall, das in hoher Dosierung tödlich wirkt. Angesichts der Toxizität von Quecksilber empfiehlt der WBGU als SDG-Target, dass die substituierbare Nutzung sowie die anthropogenen Quecksilberemissionen in Luft, Wasser und Böden bis 2050 gestoppt werden sollen (Anhang A.5.1).

Die Reduktion der Quecksilberemissionen wird in der 2013 beschlossenen Minamata-Konvention geregelt. Die Minamata-Konvention ist ein junges, internationales Umweltabkommen. Es ist unklar, wann sie in Kraft tritt. Die Konvention ist in der jetzigen Form vermutlich nicht ausreichend anspruchsvoll, um Quecksilberemissionen langfristig vollständig zu unterbinden. Gerade das Fehlen quantitativer Emissionsreduktionsziele bei den größten Quellen für Quecksilberemissionen ist aus Sicht des WBGU ein gravierender Mangel. Gleichzeitig ist nicht ausgeschlossen, dass die Staaten, ähnlich wie bei dem Schwermetall Blei, Quecksilberemissionen vollständig reduzieren.

Falls sich während des Reviews der SDGs herausstellt, dass sie sich zur Umsetzung der SDGs als unzureichend erweist, sollte die Minamata-Konvention verschärft werden, um das SDG-Target durch Länderstrategien mit nationalen Entwicklungspfaden, Targets und Transferleistungen zu erreichen.

Plastik

Jedes Jahr gelangen große, schwer zu quantifizierende Mengen an Plastikabfall mangels sicherer Entsorgungs- und Wiederverwertungsstrategien in marine Ökosysteme. Tiere können das Plastik fressen und verenden selbst daran oder füttern ihre Jungen damit. Mikroplastik wird ebenfalls von Meeresorganismen aufgenommen

und steht im Verdacht, sich in der Nahrungskette anzureichern und auch Schadstoffe zu transportieren. Die Plastikmenge in den Meeren wird ohne Gegensteuerung weiter akkumulieren. Negative Effekte auf marine Ökosysteme sind bereits nachweisbar, das völlige Ausmaß möglicher negativer Effekte auf die natürlichen Lebensgrundlagen des Menschen und eventuelle gravierende sozio-ökonomische Folgen sind bislang nicht absehbar. Beides kann aber nicht ausgeschlossen werden, und mariner Plastikmüll könnte sich als erhebliches Risiko erweisen. Angesichts des zunehmenden Eintrags von Plastik in die Meere, der bekannten und drohenden Umweltwirkungen sowie der globalen Verteilung von Plastik sollte nach Ansicht des WBGU folgendes SDG-Target aufgenommen werden: Bis 2050 soll die Freisetzung von Plastikabfall in die Umwelt weltweit gestoppt werden. Vermeidung, Mehrweglösungen und Abbaubarkeit von Plastik sollten dabei Hand in Hand gehen (Anhang A.5.2).

Bislang fehlt eine globale Institution, die Plastikabfall als ernstzunehmendes globales Umweltproblem anerkennt und Staaten bei Maßnahmen zur Plastikreduktion, zur Entsorgung von Plastik und zum Aufbau von Recyclingsystemen unterstützt und koordiniert. Bestehende Konventionen sind in Bezug auf den landseitigen Eintrag von Plastikabfall wenig konkret, regeln nur den seeseitigen Eintrag oder sind regional begrenzt. Ebenfalls fehlen eine internationale wissenschaftliche Einrichtung, die regelmäßig Berichte zum aktuellen Wissensstand herausgibt, sowie umfassende Datenerhebungen zu Quellen und Wirkungen von Plastikabfall. Der WBGU empfiehlt aus diesen Gründen, neben der Verankerung eines SDG-Targets, die bestehenden internationalen Konventionen zur seeseitigen Einbringung von Abfall und Schiffabfällen zu verschärfen und darüber hinaus Regelungen zu treffen, die den landseitigen Eintrag von Plastikabfällen verhindern oder zumindest minimieren. Er bekräftigt seine Empfehlungen, regionale Abkommen zum Schutz der Meere zu stärken und besser zu verzahnen sowie das UNEP Regional Seas Programme zu stärken und auszubauen (WBGU, 2013). Sollte sich im Verlauf des Reviews zu den SDGs herausstellen, dass die Maßnahmen der Staaten keine bedeutende Reduzierung des Plastikabfalls zur Folge haben, sollte ein ambitionierteres Vorgehen der Staaten über eine internationale Konvention koordiniert werden.

Spaltbares Material

In Bezug auf Kernbrennstoffe gilt es zwischen Bestands- und Flussgrößen sowie zwischen niedrig und hoch angereichertem Material zu unterscheiden. Der WBGU spricht sich gegen eine weitere Verbreitung von Kernwaffen sowie für eine Einstellung der Nutzung der Nukleartechnologie zur Energiegewinnung aus. Als SDG-

Target schlägt der WBGU vor, die Produktion von Kernbrennstoffen für den Einsatz in Kernwaffen und für den Einsatz in zivil genutzten Kernreaktoren bis 2070 zu stoppen (Anhang A.5.3). In dem Maß, wie die Produktion an spaltbarem Material fortgeführt wird und waffenfähige Bestände aufrechterhalten werden, werden umfangreiche Sicherungsvorkehrungen benötigt. Alle Nutzungen und Bestände spaltbaren Materials sowie sensible Schritte des Brennstoffkreislaufs sollten einer strikten und dauerhaften internationalen Kontrolle unterstellt werden.

Der Atomwaffensperrvertrag ist ein internationales Abkommen, welches das Verbot zur Verbreitung und die Verpflichtung zur Abrüstung von Kernwaffen zum Gegenstand hat. Die Einhaltung des Vertrages wird durch die internationale Atomenergiebehörde (IAEA) kontrolliert. Das „Fissile Material Cut-off Treaty“ ist ein im Rahmen der UN diskutiertes internationales Abkommen zum Verbot der Herstellung von hoch angereichertem Material, welches zur Produktion von nuklearen Waffen verwendet werden kann. Die Einrichtung eines solchen internationalen Abkommens würde dazu beitragen, wie vom WBGU empfohlen, die jährliche Produktion von radioaktiven Spaltstoffen bis 2070 auf Null zu reduzieren. Der WBGU empfiehlt daher die Vereinbarung eines solchen Abkommens. Die Einhaltung sollte von der IAEA kontrolliert werden. Die Errichtung von internationalen Anlagen zur Bereitstellung, Anreicherung und Aufbereitung von spaltbarem Material sollte ebenfalls unter Aufsicht der IAEA erfolgen. Der WBGU empfiehlt, das spaltbare Material sowie den Brennstoffkreislauf unter die internationale Kontrolle der IAEA zu stellen.

Verlust von Phosphor stoppen

Phosphor ist eine unverzichtbare strategische Ressource für die Landwirtschaft und daher von großer Bedeutung für die Ernährungssicherheit sowie für die Produktion biobasierter Produkte. Hochkonzentriertes, abbaubares Phosphatgestein ist eine knappe endliche Ressource (WBGU, 2011: 47). Phosphor kann nicht durch andere Stoffe ersetzt oder künstlich hergestellt werden. Der WBGU schlägt als SDG-Target vor, dass die Freisetzung nicht rückgewinnbaren Phosphors bis 2050 gestoppt werden soll, so dass seine Kreislaufführung weltweit erreicht werden kann (Anhang A.6).

Bislang fehlt eine globale Institution, die den gerechten Zugang und den ressourcenschonenden Umgang mit Phosphor adressiert. Sollte sich im Review der SDGs herausstellen, dass die staatlichen Maßnahmen zur Zielerfüllung unzureichend sind, sollte die Nutzung von Phosphor in einer eigenen Konvention geregelt werden. Ein globales Phosphor-Assessment könnte dazu beitragen, den Einsatz von Dünger, das Abfallmanagement sowie

das Recycling zu verbessern. Es sollte auch Informationen über Phosphorressourcen, relevante Technologien und Praktiken, Infrastruktur sowie Politikmaßnahmen enthalten.

Nationale Umsetzung

Die Übersetzung der globalen, langfristigen SDG-Targets in nach Ländern oder Ländergruppen differenzierte nationale Targets mit geeigneten Zwischenzielen würde die Verhandlungen im Rahmen des SDG-Prozesses überfrachten. Daher schlägt der WBGU vor, die Detailverhandlungen zur nationalen Umsetzung der SDG-Targets im Rahmen der jeweils inhaltlich zuständigen UN-Umweltkonventionen zu führen. Sämtliche nationale Zielsetzungen sollten die globalen SDG-Targets widerspiegeln; alle Länder sollten also Pläne entwickeln, wie, mit welchen Zwischenzielen und unter Einbringung welcher Transferleistungen das entsprechende nationale Target erreicht werden kann.

Der WBGU empfiehlt folgende Arbeitsteilung zwischen dem SDG-Prozess und den UN-Umweltkonventionen, um Doppelstrukturen und Parallelverhandlungen zu vermeiden:

- *Zwei R:* Der SDG-Prozess soll für den *Rahmen* (aus Leitplanken-SDG und globalen SDG-Targets) verantwortlich sein, innerhalb dessen nachhaltige Entwicklung stattfinden kann. Der SDG-Prozess soll das *Review* der nationalen Ausgestaltung und Umsetzung vornehmen.
- *Drei T:* Die bereits bestehenden globalen Umweltkonventionen sollen im Rahmen des SDG-Prozesses damit beauftragt werden, in ihren zwischenstaatlichen Verhandlungen Lösungen dafür zu finden, wie die Verpflichtungen der Vertragsstaaten zur Umsetzung von nationalen *Transformationsplänen*, *Targets* (Zwischenziele) und *Transferleistungen* ausgestaltet werden sollen.

Sofern es noch keine spezialisierten, zuständigen Institutionen gibt, sollte von der Staatengemeinschaft innerhalb des SDG-Prozesses ein einheitliches nationales Target für alle Länder gesetzt werden oder es sollte eine explizite Aufforderung formuliert werden, diese Regelungslücke zu schließen. Die Bewahrung globaler Gemeinschaftsgüter ist nur mit einer deutlich intensivierte Global Governance (langfristige Kooperation und formale, rechtsverbindliche Regelungen) zur Festlegung von Leitplanken, globalen und nationalen Zielen sowie deren Überprüfung möglich.

Rolle der Forschung

Die erfolgreiche nationale und internationale Umsetzung der vom WBGU vorgeschlagenen SDG-Targets ist ein iterativer Prozess, der auch wissenschaftlicher Unterstützung bedarf. So besteht Forschungsbedarf zur Ermittlung nationaler Targets sowie zur Ausgestaltung und zur Umsetzung nationaler und grenzüberschreitender transformativer Entwicklungspfade zur Erreichung der vom WBGU für die sechs Leitplanken vorgeschlagenen SDG-Targets. Hier bestehen direkte Anknüpfungspunkte zu nationalen anwendungsorientierten Forschungsprogrammen, wie etwa für Deutschland die BMBF-Programme Forschung für Nachhaltigkeit (FONA) und die Sozial-ökologische Forschung (SÖF), aber auch zu internationalen Forschungsprogrammen wie z.B. Future Earth. Für die Rolle der Forschung in Bezug auf die Post-2015-Entwicklungsagenda empfiehlt der WBGU:

- *Monitoring und Review:* Das Monitoring und der Review-Prozess der SDGs sollte auf Grundlage unabhängiger Wissenschaft durchgeführt werden. Eine entsprechende Begleitforschung hält der WBGU für sehr sinnvoll. Voraussetzung zur Beurteilung der Umsetzung der SDGs sind angemessene Datengrundlagen.
- *Wissenslücken zu planetarischen Leitplanken:* Im Vorfeld der Verhandlungen für die Post-2015-Entwicklungsagenda sind einige Wissenslücken deutlich geworden. Die Komplexität globaler Umweltprobleme im Kontext des Erdsystems ist größer als bei lokalen Umweltproblemen; dementsprechend steigt auch die wissenschaftliche Unsicherheit. Verstärkte Forschung zu Wissensdefiziten oder Unsicherheiten im Kontext planetarischer Leitplanken sollte deren Wissensbasis weiter verbessern, um sie verlässlicher zu quantifizieren und um dazu beizutragen, die Leitplanken besser zu operationalisieren. Auf Grund der Komplexität des Erdsystems und der Dynamik globaler Umweltveränderungen sowie für die Legitimation der Ergebnisse ist eine dichte internationale wissenschaftliche Arbeitsteilung wichtig. Erkenntnisfortschritte könnten dann Rückwirkungen auf die Bewertung der Leitplanken und damit auch auf die Bemühungen der Staatengemeinschaft zur Ursachenbekämpfung haben.
- *Umsetzung der Post-2015-Entwicklungsagenda:* Der Prozess zur Post-2015-Entwicklungsagenda bietet nicht nur die Möglichkeit zur neuen Orientierung der internationalen Umwelt- und Entwicklungspolitik, sondern auch die Chance, diese mit der nationalen und internationalen Forschung zu verzahnen. Im Rahmen der Post-2015-Entwicklungsagenda sollten daher Empfehlungen ausgesprochen und Forschungsagenden skizziert werden, die sich an die Forschungsgemeinschaft, u.a. im Rahmen der internationalen

Wissenschafts- und Forschungsinstitutionen und -netzwerke (z.B. ICSU oder Future Earth) richten könnten, um die Umsetzung der Entwicklungsagenda zu unterstützen. Dazu sollten besonders internationale Forschungseinrichtungen und internationale Forschungsk Kooperationen gestärkt werden.

- *Science/Policy-Interface:* Auch das Science/Policy-Interface sollte für die vom WBGU vorgeschlagenen Leitplanken gestärkt werden. Für den Klimaschutz und die Ozeanversauerung leistet der Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) exzellente Arbeit, um die Erreichung der Targets wissenschaftlich zu begleiten. Für den Verlust von biologischer Vielfalt und Ökosystemleistungen befindet sich die Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES) im Aufbau. Für Land- und Bodendegradation, Plastikabfall und Phosphor gibt es keine vergleichbaren globalen Assessments. Der WBGU regt aus diesem Grund die Einrichtung ähnlicher Assessments an.

Anhang:

Begründung der Leitplanken

A.1

Klimawandel auf 2°C begrenzen

Der fünfte Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) lässt keinen Zweifel: Die Erwärmung im Klimasystem ist eindeutig (IPCC, 2013). Die Temperaturen von Atmosphäre und Ozean steigen, die Masse an Schnee und Eis auf der Erde nimmt ab, der Meeresspiegel steigt an und die Konzentration der Treibhausgase in der Atmosphäre nimmt zu. Der menschliche Einfluss auf das Klimasystem ist eindeutig (IPCC, 2013), und die Auswirkungen des Klimawandels auf natürliche und menschliche Systeme sind bereits jetzt in allen Teilen der Welt spür- und messbar (IPCC, 2014a). Das Ausmaß der möglichen zukünftigen Auswirkungen hängt wesentlich davon ab, wie viel und wie schnell Klimaschutz weltweit umgesetzt wird.

Ein ungebremster Klimawandel gefährdet die natürlichen Lebensgrundlagen der Menschheit. Ein Beispiel ist die Nahrungsmittelproduktion: Bei einem Anstieg der global gemittelten Oberflächentemperatur um mehr als 1°C ist in vielen Regionen bereits mit Ertragseinbußen bei den wichtigen Nahrungsgetreiden zu rechnen, bei mehr als 4°C Erwärmung sind weltweit weitreichende negative Wirkungen auf die Landwirtschaft zu erwarten. (Sofern nicht anders angegeben, beziehen sich alle Temperaturangaben in diesem Anhang A.1 auf den im IPCC (2014a) verwendeten Referenzzeitraum 1986–2005; bezogen auf das vorindustrielle Niveau wären jeweils etwa 0,6°C hinzuzuaddieren). Der Klimawandel wirkt sich auch erheblich auf den globalen Wasserkreislauf aus, wobei trockene Regionen tendenziell trockener und feuchte Regionen tendenziell feuchter werden. Jenseits einer Erwärmung von 2°C könnte der Klimawandel regional zu einem dominierenden Faktor für die Wasserverfügbarkeit werden.

Der IPCC (2014a) benennt eine Reihe von Kernrisiken des Klimawandels für die Weltbevölkerung, die in fünf besorgniserregenden Dynamiken (reasons for concern) zusammengefasst werden.

1. Einzigartige und bedrohte Systeme: Bereits jetzt sind einige einzigartige Ökosysteme und Kulturen bedroht. Ihre Zahl nimmt bei einer Erwärmung um ca. 1°C zu. Ab ca. 2°C steigen die Gefährdungsrisiken für viele Arten und Ökosysteme mit

begrenzten Anpassungsmöglichkeiten erheblich.

- 2. Extremwetterereignisse:** Klimawandelbezogene Risiken durch Wetterextreme wie Hitzewellen, Starkniederschläge und Überschwemmungen von Küstenzonen sind bereits bei einer Erwärmung um 1°C als hoch einzuschätzen. Bei weiter steigenden Temperaturen nehmen die Risiken, etwa durch Hitzewellen, zu.
- 3. Verteilung der Auswirkungen:** Die Risiken sind ungleich verteilt und generell höher für verwundbare Bevölkerungsgruppen. Bezogen auf die Nahrungsproduktion und die Wasserressourcen ergeben sich ab einer Erwärmung von mehr als 2°C für einige Länder hohe Risiken.
- 4. Global aggregierte Auswirkungen:** Bereits bei einer Erwärmung zwischen 1 und 2°C bestehen Risiken für die Weltwirtschaft und die Biodiversität. Bei etwa 3°C Erwärmung ist mit umfangreichen Verlusten biologischer Vielfalt und damit auch von Ökosystemleistungen zu rechnen.
- 5. Großskalige Einzelereignisse:** Mit steigender Erwärmung besteht für einige physikalische Systeme und Ökosysteme das Risiko abrupter und irreversibler Änderungen. In Korallenriffen und in der Arktis können solche unumkehrbaren Systemveränderungen (regime shifts) bereits beobachtet werden. Zwischen 1 und 2°C steigen die Risiken, solche Kippunkte zu erreichen, überproportional an und werden bei mehr als 3°C als hoch eingeschätzt. Ein Beispiel wäre ein massiver und irreversibler Anstieg des Meeresspiegels: Liegt die Temperaturerhöhung für längere Zeit oberhalb eines bestimmten Schwellwerts, für den Schätzungen zwischen 1°C und 4°C liegen, wird das vollständige Abschmelzen des grönländischen Eispanzers erwartet, das (über einen Zeitraum eines Jahrtausends oder mehr) den Meeresspiegel bis zu 7 m steigen lassen würde.

Der WBGU hat als Leitplanke für den Klimawandel vorgeschlagen, eine Erhöhung der globalen gemittelten Oberflächentemperatur von mehr als 2°C gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu verhindern (WBGU, 1995, 1997, 2003, 2009a). Dies ist auch das Ziel, das die Weltgemeinschaft sich auf der UN-Klimakonferenz 2010 in Cancún gesetzt hat. Im Gutachten „Die Zukunft der Meere – zu warm, zu hoch, zu sauer“ hat der Beirat als weitere Leitplanke vorgeschlagen,

dass der Meeresspiegelanstieg dauerhaft nicht mehr als 1m betragen sollte (WBGU, 2006). Die mittlere globale Oberflächentemperatur ist bisher um knapp 0,9°C gestiegen, der Meeresspiegel um knapp 0,2m. Damit sind die vom WBGU vorgeschlagenen Leitplanken für den Klimawandel noch nicht überschritten, aber alle gegenwärtigen Trends steuern in Richtung einer Überschreitung.

Auch Rockström et al. (2009b) haben eine planetarische Grenze für den Klimawandel vorgeschlagen, nutzen aber andere Metriken. Ihr Vorschlag ist, dass die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre nicht über 350 ppm steigen und der Strahlungsantrieb nicht mehr als 1 W pro m² gegenüber dem vorindustriellen Niveau betragen sollte. Die CO₂-Konzentration liegt mittlerweile bereits deutlich über 390 ppm (Le Quéré et al., 2013), der anthropogen verursachte Strahlungsantrieb bei mehr als 2 W pro m² verglichen mit dem vorindustriellen Niveau (IPCC, 2013). Die von Rockström et al. (2009b) vorgeschlagene planetarische Grenze für den Klimawandel ist damit schon deutlich überschritten, und auch die ambitioniertesten Klimaschutzszenarien des neuen IPCC-Berichts zeigen keine Entwicklung, die dies in absehbarer Zeit rückgängig machen könnte.

Fortschreitende Treibhausgasemissionen werden zu einer weiteren Erwärmung und Änderungen in allen Teilen des Klimasystems führen. Der anthropogene Klimawandel lässt sich nur stoppen, indem die Netto-Emissionen von CO₂ auf Null zurückgefahren werden. Der durch die CO₂-Emissionen verursachte Klimawandel ist allerdings über Jahrhunderte irreversibel: Die Oberflächentemperaturen werden auch nach einer vollständigen Einstellung der CO₂-Emissionen für einige Jahrhunderte annähernd konstant auf dem erhöhten Niveau verbleiben. Dabei wird das Ausmaß der Temperaturerhöhung weitgehend durch die kumulierten CO₂-Emissionen bestimmt. Auch andere Treibhausgase tragen zum Klimawandel bei und ihre Emissionen sollten gesenkt werden, aber ohne eine Einstellung der CO₂-Emissionen lässt sich der anthropogene Klimawandel nicht eingrenzen. Die Wissenschaft zeigt, dass es zum jetzigen Zeitpunkt noch möglich ist, eine Erwärmung von mehr als 2°C gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu verhindern (IPCC, 2014b).

In den Klimaschutzszenarien des IPCC, die eine Einhaltung der 2°C-Leitplanke erlauben, liegen die CO₂-Emissionen aus fossilen Energieträgern in der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts um oder unter Null (Abbildung 2). Je früher die CO₂-Emissionen gesenkt werden, desto weniger sind netto „negative Emissionen“ notwendig, d.h. die noch nicht kommerziell erprobte aktive Aufnahme von CO₂ aus der Atmosphäre und seine Einlagerung. Der WBGU empfiehlt als SDG-Target, die globalen CO₂-Emissionen aus fossilen Quellen bis

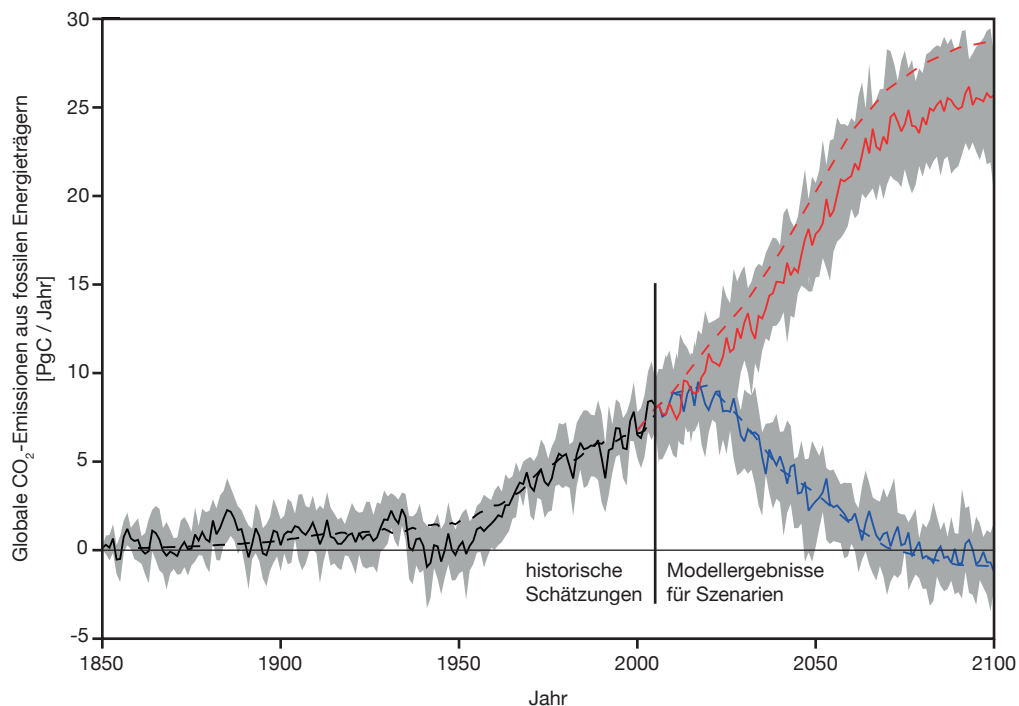
etwa 2070 vollständig einzustellen, um eine realistische Chance zu haben, die globale Erwärmung auf 2°C gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen. Dies erfordert, dass die fossilen CO₂-Emissionen jedes einzelnen Landes, jeder Region und jedes gesellschaftlichen Sektors bis etwa 2070 auf Null reduziert werden.

In der Klimarahmenkonvention (UN Framework Convention on Climate Change, UNFCCC), die mit 195 Staaten und der EU eine fast universelle Mitgliedschaft genießt, haben sich die Staaten bereits 1992 darauf geeinigt, die Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre zu stabilisieren, um eine „gefährliche anthropogene Störung des Klimasystems“ zu vermeiden. Seit 2010 ist in mehreren Entscheidungen der Vertragsstaatenkonferenz auch eine Begrenzung des Temperaturanstiegs auf weniger als 2°C gegenüber dem vorindustriellen Niveau akzeptiert. Bisher ist es jedoch nicht gelungen, die daraus wissenschaftlich ableitbaren Notwendigkeiten für die globale Emissionsentwicklung formal zu akzeptieren, geschweige denn eine Einigung über nationale Zielsetzungen der Staaten zu finden, welche eine entsprechende globale Emissionsentwicklung ermöglichen können. Aus Sicht des WBGU ist die UNFCCC das richtige Forum, hier eine Einigung zu finden, die gerecht und ausreichend ambitioniert ist.

Im Rahmen der SDGs sollten sich die Staaten zum Ziel setzen, ihre Ökonomien auf eine Wirtschaftsweise ohne CO₂-Emissionen aus fossilen Quellen auszurichten. Die UNFCCC sollte im Rahmen des SDG-Prozesses dazu aufgefordert werden, zu vereinbaren, dass alle Vertragsstaaten nach Maßgabe dieses globalen SDG-Targets Dekarbonisierungsfahrpläne ausarbeiten und vorlegen. Diese sollen zeigen, wie der jeweilige nationale CO₂-Emissionspfad in Richtung auf das gemeinsame SDG-Target mit nationalen Zwischenzielen ausgestaltet werden soll. Darüber hinaus sollten in der UNFCCC Regelungen zu Technologie- und Finanztransfers gefunden werden, die eine gerechte Verantwortungsübernahme der Staaten für den globalen Klimaschutz reflektieren (WBGU, 2009a). Die Targets der Initiative des UN-Generalsekretärs „Sustainable Energy for all“ (SE4All, 2014) zu Effizienz, erneuerbaren Energien und Zugang zu modernen Energiedienstleistungen tragen zum Klimaschutz bei und sollten auch aus diesem Grund im SDG-Prozess übernommen werden.

A.2 Ozeanversauerung auf 0,2 pH Einheiten begrenzen

Der WBGU hat sich zuletzt in seinen Gutachten „Die Zukunft der Meere“ und „Menschheitserbe Meer“ mit der Ozeanversauerung beschäftigt. Der folgende Abschnitt ist in wesentlichen Teilen und teilweise wörtlich diesen Gutachten entnommen (WBGU, 2006: 67ff.;

**Abbildung 2**

Globale CO₂-Emissionen aus fossilen Energieträgern nach historischen Schätzungen und für verschiedene zukünftige Szenarien (1 PgC entspricht 3,67 GtCO₂). Die gestrichelten Linien zeigen die historischen Schätzungen bzw. Modellergebnisse von integrierten Assessmentmodellen; die durchgezogenen Linien zeigen die Ergebnisse eines Modellvergleichs komplexerer Erdsystemmodelle mit den dazugehörigen Standardabweichungen (grau schattierter Bereich). Wichtig ist: Der obere, rote Verlauf zeigt Emissionsverläufe, die bis 2100 zu einer Erwärmung von deutlich über 4°C führen, der untere, blaue Verlauf zeigt Emissionsverläufe, die mit der 2°C-Leitplanke kompatibel sind. Für das Jahr 2050 zeigen die 2°C-kompatiblen Verläufe im Mittel Emissionen, die um 50% unter denen von 1990 liegen. Die kumulativen globalen CO₂-Emissionen aus fossilen Energieträgern zwischen 2012 und 2100 liegen dabei im Mittel bei 990 Gt CO₂.
Quelle: verändert nach IPCC, 2013

WBGU, 2013: 190ff.). Der anthropogene CO₂-Anstieg in der Atmosphäre, überwiegend verursacht durch die Verbrennung fossiler Energieträger, machte das Meer zu einer CO₂-Senke: Die Ozeane haben bislang etwa 30% der anthropogenen CO₂-Emissionen aufgenommen (IPCC, 2013). Das CO₂ löst sich im Meerwasser und bildet dort eine schwache Säure, was sich über den pH-Wert messen lässt. Seit Beginn der Industrialisierung ist der pH-Wert des Oberflächenwassers der Meere bereits um 0,11 Einheiten gefallen (The Royal Society, 2005), was einer Zunahme des Säuregehalts um knapp 30% entspricht. Im erdgeschichtlichen Maßstab entspricht dies einem extrem rasanten Anstieg des Säuregrads innerhalb weniger Jahrzehnte, wie es ihn seit mindestens 300 Mio. Jahren nicht mehr gegeben hat (Hönisch et al., 2012).

Die Versauerung ist vor allem eine Konsequenz des schnellen Anstiegs der anthropogenen CO₂-Menge im Ozean. Bei einem langsamen Eintrag von CO₂, wie er in der Erdgeschichte wiederholt stattgefunden hat, mischt sich das CO₂ bis in die Tiefsee, wo eine allmäh-

liche Auflösung kalkhaltiger Sedimente der Versauerung entgegenwirkt (WBGU, 2006: 69). Eine weiterhin ungebremste, rapide Versauerung durch fortgesetzte CO₂-Emissionen aus fossilen Quellen würde die Ozeanchemie für Jahrtausende verändern, denn sie lässt sich durch menschliche Eingriffe nicht rückgängig machen.

In den Meeresökosystemen sind von der Ozeanversauerung insbesondere die kalkbildenden Organismen direkt betroffen (Korallen, Muscheln, viele Mikroplanktonarten; Turley und Gattuso, 2012), die unter Bedingungen der Versauerung zunehmend Schwierigkeiten haben, ihre Skelettstrukturen aufzubauen. Für etwa drei Viertel der globalen marinen Kalkbildung sind Planktonarten verantwortlich (WBGU, 2006). Über den Export von Kalk in die Tiefsee spielen sie nicht nur eine Rolle im globalen Kohlenstoffkreislauf, sondern liefern zudem durch die Ausbildung großer Planktonblüten Nahrung für andere Meerestiere und prägen so die marinen Nahrungsnetze. Miesmuscheln und pazifische Austern zeigen deutlich verringerte Kalkbildung bei CO₂-Konzentrationen, die bei ungebremsten

Emissionen bis Ende des Jahrhunderts erwartet werden (Gazeau et al., 2007). Brutanstalten für Austernlarven haben in einigen Regionen bereits heute erhebliche Probleme mit Versauerung (Service, 2012; Barton et al., 2012). Andere Arten können die Versauerung tolerieren bzw. sich anpassen (Sunday et al., 2014) und sind z.T. dadurch sogar im Vorteil, wie z.B. Seegras (IGBP et al., 2013), so dass sich die Strukturen mariner Nahrungsnetze verändern werden. Nicht nur für die biologische Vielfalt und die Ökosystemleistungen der Meere, auch für Fischerei und Aquakultur sind die direkten und indirekten Wirkungen der Versauerung eine große Herausforderung.

Korallenriffe tragen indirekt zur Ernährungssicherung von etwa 500 Mio. Menschen bei, da sie das Habitat vieler für die Fischerei wichtiger Arten bilden (UNEP, 2010b). **Gleichzeitig sind sie aber durch Versauerung besonders betroffen**, denn die Riffstrukturen bestehen aus Aragonitkalk, der sich bei abnehmenden pH-Werten besonders schnell auflöst. Nahezu alle Riffstandorte (Kalt- wie Warmwasserkorallen) wären bei ungebremsten CO₂-Emissionen bis Mitte des Jahrhunderts kaum noch für Korallenwachstum geeignet (Guinotte et al., 2006; Turley et al., 2007; Cao und Caldeira, 2008). Die synergistische Schädigung durch Temperaturanstieg, Versauerung, Verschmutzung und Übernutzung könnte Riffökosysteme zunehmend in den funktionalen Zusammenbruch treiben, mit ernsthaften Folgen für Fischerei, Tourismus und die an der Küste lebenden Menschen (Hoegh-Guldberg et al., 2007). Eine ungebremste Versauerung birgt also ein erhebliches Risiko weitreichender und irreversibler Veränderungen von Meeresökosystemen, was nicht zuletzt die Ernährungssicherheit beeinträchtigen dürfte (WBGU, 2013).

Steinacher et al. (2009) kommen zu dem Schluss, dass nur eine Begrenzung der atmosphärischen CO₂-Konzentration auf maximal 450 ppm das Risiko großer Änderungen in den Meeresökosystemen vermeiden könnte. Der WBGU hat für die Meeresversauerung folgende Leitplanke vorgeschlagen: „Der pH-Wert der obersten Meeresschicht sollte in keinem größeren Ozeangebiet (d.h. auch nicht im globalen Mittel) um mehr als 0,2 Einheiten gegenüber dem vorindustriellen Wert absinken“ (WBGU, 2006: 3). Rockström et al. (2009b) schlagen vor, die Aragonitsättigung als Indikator zu verwenden: Diese sollte nicht unter 80% des vorindustriellen Werts fallen. Unabhängig davon, wie die Schadensgrenze genau definiert wird, ist ihre Einhaltung nur über eine Begrenzung des Anstiegs der atmosphärischen CO₂-Konzentration und demzufolge über eine Minderung der anthropogenen CO₂-Emissionen erreichbar. Eine anthropogene Veränderung des Strahlungshaushalts der Erde (Abschirmung der sola-

ren Einstrahlung) durch Geoengineering-Maßnahmen könnte zwar den Erwärmungstrend beeinflussen, würde aber die Versauerung nicht vermindern (IPCC, 2013).

Für die Lösung dieses Problems durch Minderung der CO₂-Emissionen gibt es daher eine enge Synergie mit dem anthropogenen Klimawandel. Wenn die in Anhang A.1 zur Einhaltung der Klimaschutzleitplanke vorgeschlagene Zielsetzung, die globalen CO₂-Emissionen aus fossilen Quellen bis etwa 2070 vollständig einzustellen, umgesetzt würde, dann wäre damit gleichzeitig gelungen, auch das Versauerungsproblem soweit einzuhegen, dass die vom WBGU vorgeschlagene Leitplanke nicht überschritten würde (IPCC, 2013).

Derzeit wird die Ozeanversauerung von der internationalen Umweltpolitik nicht explizit behandelt. Es gibt keine Umweltkonvention, die ausdrücklich zum Ziel hat, die Ozeanversauerung zu begrenzen und die dafür notwendigen CO₂-Minderungsmaßnahmen zu vereinbaren. In seinem Gutachten von 2006 hat der WBGU begründet, dass in der Klimapolitik alle Auswirkungen der Emissionen von Treibhausgasen auf den Lebensraum Meer beachtet werden sollten, d.h. auch die direkten Auswirkungen des CO₂-Eintrags auf die Meeresökosysteme. Demzufolge sollten verbindliche Regelungen zur Ozeanversauerung im Rahmen der UNFCCC getroffen werden: „Es ist unmittelbarer Handlungsbedarf gegeben, die Versauerung zu begrenzen und im Rahmen der UNFCCC entsprechende Maßnahmen zu vereinbaren.“ (WBGU, 2006).

In der UNFCCC sollte daher eine quantitative Begrenzung der Ozeanversauerung vereinbart werden. Aufgrund der genannten Synergien der notwendigen globalen CO₂-Minderungen mit dem Klimaschutz entspräche die nationale Umsetzung des SDG-Targets zur Ozeanversauerung unter Maßgabe der UNFCCC derjenigen des SDG-Targets zum Klimaschutz, nämlich nationalen Emissionsfahrplänen, die zu einem vollständigen Einstellen der globalen CO₂-Emissionen aus fossilen Energieträgern bis etwa 2070 führen.

A.3 Verlust von biologischer Vielfalt und Ökosystemleistungen stoppen

Der Mensch hat die Biosphäre dramatisch verändert. Die Umwandlung natürlicher Ökosysteme in Äcker, Grasland, Plantagen und Siedlungsinfrastruktur und ihre Degradation, die Verschleppung von Arten auf andere Kontinente sowie die Übernutzung, Verschmutzung und Zerstörung von Wäldern, Seen, Flüssen, Mooren, Korallenriffen und anderen Ökosystemen haben als „anthropogene Treiber“ einen massiven Verlust biologischer Vielfalt ausgelöst, der hundert bis tausendfach schneller verläuft als die natürliche Aussterberate im Mittel der Erdgeschichte (WBGU, 2011: 41ff.). Auch

der Klimawandel (Anhang A.1), die Ozeanversauerung (Anhang A.2) und die Belastung der Umwelt mit Schadstoffen (Anhang A.5) sind wesentliche Treiber für den Verlust biologischer Vielfalt. Die menschlichen Gesellschaften sind in vielfacher Hinsicht auf biologische Vielfalt und die damit verknüpften Ökosystemleistungen angewiesen. Natürliche Ökosysteme mit ihrer biologischen Vielfalt stellen für ländliche Lebensgemeinschaften in Schwellen- und Entwicklungsländern gleichzeitig eine Art Supermarkt, Baumarkt, Drogerie und Apotheke dar. Neben Nahrungsmitteln, sauberem Trinkwasser, Faserstoffen und Holz bieten natürliche Ökosysteme auch die genetischen Ressourcen von Pflanzen und Tieren, traditionelle Arzneimittel sowie Schmuck und Heiligtümer (WBGU, 2005: 80). Angesichts des rapiden Verlust biologischer Vielfalt kann es nicht länger als selbstverständlich gelten, dass diese Lebensgrundlage für künftige Generationen erhalten bleibt (MA, 2005b).

Der wissenschaftliche Sachstand ist derzeit noch nicht hinreichend, um eine klare planetarische Leitplanke zu definieren, jenseits derer ein Verlust biologischer Vielfalt zu intolerablen Folgen für die Menschheit führt. Es kann allerdings als wissenschaftlicher Konsens bezeichnet werden, dass die derzeitigen sehr hohen Verlustraten nicht nachhaltig sind (MA, 2005a). Gleichzeitig sind mit dem Verlust biologischer Vielfalt Irreversibilitäten verknüpft, denn die Restaurierung von Ökosystemen ist nur in Grenzen und mit großem Aufwand möglich; ein globales Aussterben von Arten ist endgültig. Der politische Konsens in der internationalen Umweltpolitik ist daher gemäß des Vorsorgeansatzes (Grundsatz 15 der Rio-Erklärung, UNCED, 1992; Präambel der Biodiversitätskonvention), dass der vom Menschen verursachte Verlust biologischer Vielfalt schnellstmöglich gebremst und letztendlich gestoppt werden muss. Der Biodiversitätskonvention (Convention on Biological Diversity aus dem Jahr 1992, CBD) folgend, hält der WBGU als planetarische Leitplanke den Stopp des anthropogenen Verlusts von biologischer Vielfalt und Ökosystemleistungen für sinnvoll, d.h. die Aussterberate von Arten sollte langfristig nicht wesentlich oberhalb der natürlichen Aussterberate liegen. Dazu empfiehlt der WBGU, im Einklang mit der impliziten Vorgabe von Vision und Mission des strategischen Plans der CBD, als SDG-Ziel, dass die unmittelbaren anthropogenen Treiber des Verlusts biologischer Vielfalt (insbesondere die Umwandlung natürlicher Habitats in Äcker, Wiesen oder Plantagen) bis spätestens 2050 zum Stillstand gebracht werden sollen. Dieses Ziel muss folglich entsprechend auch für alle Länder, Regionen und gesellschaftliche Sektoren (insbesondere auch für die industrielle Land- und Forstwirtschaft) gelten. Der WBGU hält es zudem für notwendig, 10–20% der weltweiten Flächen terrestrischer

Ökosysteme sowie 20–30% der marinen Flächen für ein globales, ökologisch repräsentatives und effektiv betriebenes Schutzgebietssystem auszuweisen (WBGU, 2006, 2011, 2013).

Auch die Biodiversitätsstrategie der EU hat zum Ziel, bis 2020 den Verlust von biologischer Vielfalt und Ökosystemleistungen zu stoppen (EU-Kommission, 2011). Rockström et al. (2009a, b) schlagen eine planetarische Grenze für den Verlust biologischer Vielfalt vor, die etwas konservativer formuliert ist: demnach soll die Aussterberate nicht mehr als das Zehnfache der natürlichen Rate betragen. Die Autoren betonen ebenfalls die großen Unsicherheiten und das bisher unvollständige Wissen in Bezug auf die Quantifizierung der Grenze.

Bereits der erste strategische Plan der CBD enthielt das Ziel, den Verlust biologischer Vielfalt zu stoppen (CBD, 2002), und der zweite, aktuelle strategische Plan bekräftigt dieses Ziel (CBD, 2010). **Auch eine langfristige Zeitangabe** findet sich im aktuellen strategischen Plan, der „das Leben in Harmonie mit der Natur“ als Vision hat, wozu bis 2050 Wertschätzung, Schutz, Restaurierung und weise Nutzung der biologischen Vielfalt sowie Aufrechterhaltung der Ökosystemleistungen erreicht werden sollen. Der WBGU interpretiert die Beschlüsse so, dass laut CBD bis 2050 zumindest die anthropogenen Treiber des weiteren Verlusts biologischer Vielfalt gestoppt sein müssen.

Die Aichi-Targets des strategischen Plans der CBD (2010) sind ein Satz von 20 ambitionierten Zielen, die bis 2020 (bei drei der Ziele bereits bis 2015) erreicht werden sollen. Da die Aussagen des strategischen Plans immer die globale Ebene betreffen, sind zunächst keine konkreten nationalen Ziele definiert, vielmehr sollen die Aichi-Targets einen flexiblen Rahmen für die nationalen Ziele und deren Umsetzung bieten.

Eine explizite Angabe zur Trendwende des Verlusts biologischer Vielfalt findet sich im aktuellen zweiten strategischen Plan nicht mehr; das mag daran liegen, dass ein derartiges Ziel des ersten strategischen Plans der CBD weit verfehlt wurde: „... to achieve by 2010 a significant reduction of the current rate of biodiversity loss“ (CBD, 2002).

Bezogen auf das Beenden des Verlusts biologischer Vielfalt und die Zusatznutzen für andere SDG-Targets hält der WBGU die folgenden Aichi-Ziele für besonders wichtig:

- *Habitatverlust und Landnutzungsänderungen:* Aichi-Target 5 sieht vor, dass die Verlustrate aller natürlichen Habitats bis 2020 mindestens halbiert und wenn möglich nahe an Null gebracht werden soll. Daraus lässt sich ableiten, dass die globale Trendwende vor 2020 erreicht sein soll. Die Abbildung 3 verdeutlicht, dass diese Trendwende der globalen Verlustrate innerhalb weniger Jahre notwendig wäre. Bei bestimm-

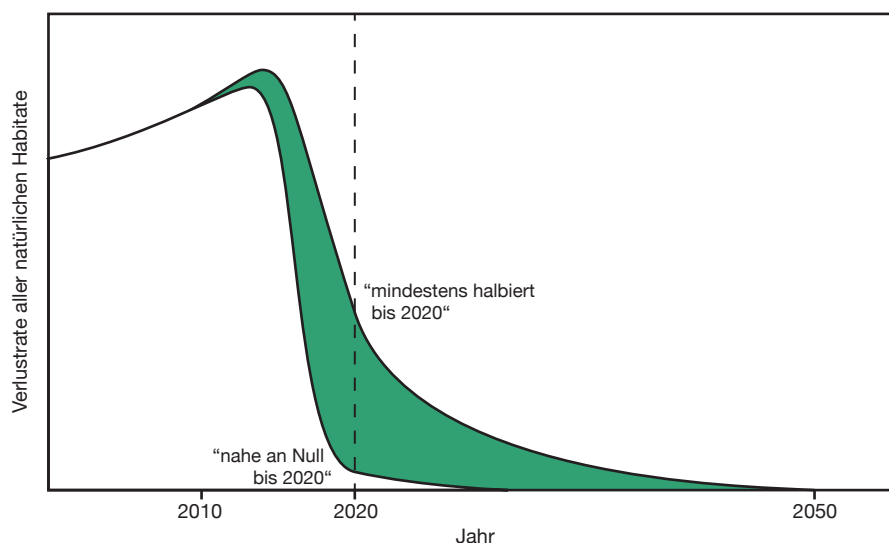


Abbildung 3

Globale Entwicklungspfade der Verlustrate natürlicher Habitats, schematische Darstellung. Bis 2010 (dem Zeitpunkt der Vereinbarung der Aichi-Targets in der CBD) ist schematisch die beobachtete Verlustrate dargestellt. Grün unterlegt ist der Bereich, in dem der Pfad nach 2010 verlaufen muss, wenn das Aichi-Target 5 erreicht werden soll. Dieses Target sieht vor, dass die Verlustrate aller natürlichen Habitats bis 2020 mindestens halbiert („at least halved“) und wenn möglich nahe an Null („close to zero“) gebracht werden soll. Die Trendwende muss innerhalb weniger Jahre erfolgen.

Quelle: WBGU

ten Ökosystemtypen (z. B. Wälder, Feuchtgebiete oder Korallenriffe) findet der Verlust überwiegend in nur wenigen Ländern statt, deren Handeln daher die globale Verlustrate wesentlich bestimmt. Daraus folgt, dass in diesen Ländern die nationalen Trendwenden innerhalb weniger Jahre erreicht und erhebliche Reduktionen umgesetzt sein müssen. Diese Einschätzung deckt sich mit der Empfehlung des International Resource Panel, wonach die Umwandlung von Grasland, Savannen und Wäldern in Ackerland weltweit bis 2020 gestoppt werden sollte (UNEP, 2014). Rockström et al. (2009a) schlagen als planetarische Grenze vor, höchstens 15% der globalen Landfläche für die Landwirtschaft umzuwandeln, wobei derzeit bereits etwa 12% konvertiert wurden. Da Landnutzungsänderungen für etwa 10% der globalen, anthropogenen CO₂-Emissionen verantwortlich sind (Le Quéré et al., 2013), trägt dieses Ziel auch zum Klimaschutz bei.

- **Land- und Forstwirtschaft sowie Fischerei:** Das Aichi-Target 7 sieht vor, dass bis 2020 alle land- und forstwirtschaftlichen Flächen sowie die Aquakultur nachhaltig bewirtschaftet werden sollen. Aichi-Target 6 sieht u. a. vor, dass bis 2020 Überfischung verhindert wird und die Fischerei keine negativen Wirkungen auf bedrohte Arten und vulnerable Ökosysteme haben soll. Allgemeiner ist dies in Aichi-Target 4 formuliert,

nach dem bis 2020 die Wirkungen der Nutzung natürlicher Ressourcen weit innerhalb sicherer ökologischer Grenzen zu halten sind. Diese Ziele stehen inhaltlich in Einklang mit dem Vorschlag aus dem Umfeld der UNCCD, bis 2030 Land- und Walddegradation auf Null zu bringen (Anhang A.3). Einen Zusatznutzen gibt es wiederum mit dem Klimaschutz, denn Land- und Walddegradation ist mit CO₂-Emissionen verbunden. Aichi-Target 8 sieht vor, dass bis 2020 die Verschmutzung, einschließlich überschüssiger Nährstoffe, soweit abgesenkt werden soll, dass keine schädlichen Einflüsse mehr auf Ökosystemfunktionen oder biologische Vielfalt resultieren. Dieses Ziel steht im Einklang mit der Definition einer planetarischen Grenze für Stickstoff- und Phosphoremissionen, die von Rockström et al. (2009b) vorgeschlagen wurde. Da eine Beschränkung der Verschmutzung durch überschüssige Phosphatdüngung vor allem durch gezieltere und verringerte Düngung erreicht werden wird, gibt es einen Zusatznutzen mit der Leitplanke, die strategische Ressource Phosphor zu bewahren (Anhang A.6).

- **Ökosystemschutz und Bewahrung von Ökosystemleistungen:** Aichi-Target 11 sieht vor, dass bis 2020 mindestens 17% der terrestrischen Flächen und Binnengewässer sowie 10% von Küsten- und Meeresflächen

unter Schutz stehen sollen. Aichi-Targets 14 und 15 sehen vor, bis 2020 essenzielle Ökosystemleistungen (genannt wird die Speicherung von Kohlenstoff) und die Resilienz der Ökosysteme zu bewahren sowie mindestens 15% degradierter Ökosysteme zu restaurieren. Für die gegenüber Klimawandel und Ozeanversauerung anfälligen Ökosysteme soll gemäß Aichi-Target 10 der anthropogene Druck vermindert werden. Zusatznutzen für den Klimaschutz sowie zur Bekämpfung der Desertifikation werden im Aichi-Target 15 explizit genannt.

Der WBGU unterstützt den strategischen Plan der CBD und die Aichi-Targets, die für den Zeitraum bis 2015 bzw. 2020 sinnvolle globale Zwischenziele darstellen. Da diese Targets einen innerhalb der CBD ausgehandelten, sehr breiten Konsens der Staatengemeinschaft widerspiegeln (die CBD wurde von 192 Ländern und der EU ratifiziert), schlägt der WBGU vor, dass im Rahmen des SDG-Prozesses die Aichi-Targets der CBD unterstützt und die Staaten zur raschen Umsetzung aufgefordert werden. Die CBD sollte im Rahmen des SDG-Prozesses aufgefordert werden dafür zu sorgen, dass alle Vertragsstaaten nach Maßgabe der Leitplanke und des SDG-Targets Pläne ausarbeiten und veröffentlichen, wie der jeweilige nationale Entwicklungspfad in Richtung auf das gemeinsame SDG-Target und in Einklang mit den Aichi-Targets ausgestaltet werden soll. Diese Biodiversitätspläne sollten Entwicklungspfade sowie nationale Trendwendetargets bzw. Minderungstargets enthalten und gegebenenfalls die dafür erforderlichen Transferleistungen aufschlüsseln.

A.4

Land- und Bodendegradation stoppen

Der WBGU stellte bereits 1994 fest, dass dem globalen Umweltproblem Bodendegradation zu wenig Aufmerksamkeit zuteil wird (WBGU, 1994). Dies ändert sich nur langsam, obwohl dieses Problem „in den kommenden Jahrzehnten die Handlungsspielräume in der Agrarproduktion, beim Naturschutz, Wassereinzugsgebieten und Wäldern sowie beim Klimaschutz deutlich einschränken werden“ (WBGU, 2011: 43). Vor allem Erosion und Versalzung sind schwerwiegende Probleme, die irreversible Schäden an der wertvollen Ressource „Böden“ hervorrufen. Für die langfristige Versorgung der wachsenden Weltbevölkerung ist der Schutz von Böden und Landflächen vor Übernutzung und Degradation (und damit auch der Vegetationsbedeckung und der Wasserressourcen) daher eine entscheidende Voraussetzung. Dabei ist Landdegradation mehr als Bodendegradation: Landdegradation umfasst die Degradation von Böden, Vegetationsbedeckung und Wasserressourcen einer Region und damit die Beeinträchtigung der produktiven Kapazität insgesamt

(Eswaran et al., 2001). Im Rahmen der Desertifikationskonvention (UN Convention to Combat Desertification in Those Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Particularly in Africa aus dem Jahr 1994, UNCCD) wird dieser breite Ansatz verfolgt, weil das System der Existenzsicherung (livelihood system) nicht vom Boden allein abhängt.

Der WBGU hat als Leitplanke für den Bodenschutz empfohlen, Bodendegradation durch Erosion und Versalzung so weit zu minimieren, dass das natürliche Ertragspotenzial der Böden in einem Zeitraum von 300–500 Jahren nicht entscheidend geschwächt wird (WBGU, 2005: 76ff.). In der Praxis ist diese Leitplankendefinition der Forderung nach einer „Welt ohne Landdegradation“ (land-degradation neutral world) sehr ähnlich, die auf der Rio+20-Konferenz vereinbart worden ist (UNCSD, 2012). Dort wurden die Ziele formuliert, die derzeitigen Trends der Landdegradation durch schnelles Handeln umzukehren und degradierte Landflächen zu restaurieren. Dies wurde vom Sekretariat der UNCCD aufgegriffen, das auf Basis eines Hintergrundpapiers (Lal et al., 2012) den Vorschlag eines SDG zu Landdegradation formuliert hat: „Nachhaltige Landnutzung für alle und durch alle (in Land- und Forstwirtschaft, Energie und Urbanisierung)“ (UNCCD Sekretariat, 2012). Dieser Vorschlag beinhaltet u.a. das SDG-Target, bis 2030 die Netto-Landdegradation auf Null zurückzuführen.

Auch die Vorschläge von Ehlers et al. (2013) bauen auf dem Konsens der Rio+20-Konferenz einer „Welt ohne Landdegradation“ auf. Sie schlagen in Bezug auf Landdegradation und -restaurierung vor, dass *erstens* bis 2030 die jährliche Rate der Landdegradation um 50% reduziert werden soll und *zweitens* bis 2030 eine jährliche Fläche degradierten Lands restauriert werden soll, die der jährlich degradierten Fläche entspricht. Der deutsche Rat für Nachhaltige Entwicklung (RNE) hält ebenfalls eine Reduktion der jährlichen Rate der Landdegradation bis 2030 für geboten, setzt aber das Zieldatum für das Null-Target der Netto-Landdegradation auf 2050 (RNE, 2014).

Angesichts der Unverzichtbarkeit fruchtbarer Böden bzw. der Erhaltung der produktiven Kapazität von Landflächen als Basis für die Ernährung der Weltbevölkerung empfiehlt der WBGU als planetarische Leitplanke, dass die Land- und Bodendegradation gestoppt werden muss. Dazu sollte als globales SDG-Target angestrebt werden, dass bis 2030 die Netto-Landdegradation weltweit und in allen Ländern gestoppt werden sollte. Als nationales Zwischenziel kann es im Sinn der Beschlüsse der Rio+20-Konferenz sinnvoll sein, die Trendumkehr bei der Land- und Bodendegradation bis spätestens 2020 zu erreichen. Dieses Target wäre auch eine Voraussetzung für die Erreichung eines SDG zur Ernährungssicherheit.

Ein Null-Target für die Netto-Landdegradation ließe sich im Prinzip auch erreichen, indem in einigen Teilen der Welt weiterhin Land degradiert wird, während an anderen Orten Land restauriert wird. Dies wäre allerdings kaum sinnvoll, da die Summe Null einfacher und kostengünstiger zu erreichen ist, wenn so wenig Restaurierung wie möglich notwendig ist, zumal die Wiederherstellung von Böden mehrere hundert Jahre dauern kann. Zugunsten des Schutzes nationaler Naturressourcen schlägt der WBGU daher vor, dass das Null-Target für die Netto-Landdegradation nicht nur global, sondern auch für jedes Land einzeln gelten sollte.

Land- und Bodendegradation werden bislang im Kontext der UNCCD verhandelt; allerdings gibt es derzeit im Rahmen der UNCCD keine Verhandlungen in denen die Vertragsstaaten zu konkreten Minderungen der Landdegradation verpflichtet werden und die über Trockengebiete hinausreichen. Um das SDG-Target zu Land- und Bodendegradation umzusetzen, sollte im Rahmen der SDG-Verhandlungen eine Aufforderung an die UNCCD formuliert werden, ein internationales, nicht auf Trockenzone eingeschränktes Protokoll für die Bekämpfung von Land- und Bodendegradation zu schaffen (UNCCD Sekretariat, 2012). Es könnte sich hierbei um ein neues internationales Vertragswerk handeln, das sich in die institutionellen Strukturen der UNCCD einfügt (Ehlers und Ginzky, 2012). Im Rahmen dieses Protokolls sollte die Leitplanke zu Land- und Bodendegradation anerkannt werden. Des Weiteren sollten alle Länder nationale Strategien entwickeln und dazu notwendigen Transferleistungen identifizieren, mit denen dieses Ziel erreicht werden kann.

Flankierend ist eine verbesserte wissenschaftliche Politikberatung als Unterstützung der Global Governance zu diesen Themen ein sinnvolles Instrument. Der WBGU (2000b) hat die Einrichtung eines „Intergovernmental Panel on Land and Soils“ nach dem Vorbild des IPCC empfohlen. Auch im Rahmen der UNCCD ist die Gründung eines „Intergovernmental Panel on Land and Soil“ in der aktuellen Diskussion (UNCCD Sekretariat, 2012). Der WBGU empfiehlt, im Rahmen des SDG-Prozesses die Anregung an die UN-Generalversammlung zu richten, ein solches Panel einzurichten. Alternativ könnte das 2013 bei der FAO eingerichtete „Intergovernmental Technical Panel on Soils“ (ITPS), das bisher auf bodenkundliche Fragen fokussiert, um das Thema Landdegradation sowie um die darin eingebetteten Perspektiven zu Systemen der Existenzsicherung (livelihood security) erweitert werden.

A.5 Gefährdung durch langlebige anthropogene Schadstoffe begrenzen

Seit dem Beginn der Industrialisierung haben auch die

anthropogenen Emissionen solcher langlebiger Schadstoffe, die sich in der Umwelt anreichern und für die menschliche Gesundheit sowie die Umwelt erhebliche Gefährdungen mit sich bringen, stark zugenommen (ECHA, 2014). Als besonders kritisch sieht der WBGU die Emission von Fluorchlorkohlenwasserstoffen, persistenten organischen Schadstoffen (Persistent Organic Pollutants, POPs), Quecksilber, Plastik und radioaktiven Spaltstoffen.

Die Emissionsreduktion von Fluorchlorkohlenwasserstoffen zum Schutz der stratosphärischen Ozonschicht und einer Reihe von persistenten organischen Schadstoffen wie DDT zum Schutz von Umwelt und Gesundheit sind bereits in eigenen internationalen Abkommen geregelt (Kästen 2, 3). Der WBGU unterstreicht die Notwendigkeit, die Verwendung der genannten Schadstoffe so schnell wie möglich vollständig einzustellen. Der WBGU sieht allerdings keine Notwendigkeit zur Aufnahme spezieller Ziele in den Katalog der zukünftigen SDGs. Das Montreal-Protokoll ist ein herausragender Erfolg der internationalen Umweltpolitik (WBGU, 2011).

Die Produktion der in der Stockholm-Konvention geregelten persistenten organischen Schadstoffe geht seit zehn Jahren zurück und die Konvention unterstützt die Entwicklung von Substituten. Die Ziele der Konvention sind noch nicht vollständig erreicht, etwa gibt es Herausforderungen beim Umgang mit bestehenden POP-Beständen in Entwicklungsländern, aber bei anhaltendem Engagement aller relevanten Akteure bietet die Konvention eine Grundlage zur weiteren Reduzierung von POPs (Weber et al., 2013).

Auch die Verringerung von Quecksilberemissionen ist bereits in einem internationalen Abkommen geregelt. Im Folgenden begründet der WBGU, warum er trotzdem die Aufnahme eines Targets für Quecksilber in die SDGs empfiehlt. Bei Plastik und radioaktiven Spaltstoffen sieht der WBGU ebenfalls Handlungsbedarf auf internationaler Ebene, der im Folgenden begründet wird.

A.5.1 Quecksilber

Quecksilber ist ein hochgiftiges Schwermetall, das in hoher Dosierung tödlich wirkt. Es gelangt durch natürliche Ereignisse wie Vulkanausbrüche oder Kohleflözbrände und durch menschliche Aktivitäten in die Umwelt. Emissionen in die Atmosphäre machen den größten Teil des anthropogenen Beitrags aus. Nach Schätzungen machen anthropogene Quellen 27%, natürliche Quellen 13% und Rückemissionen aus Böden, Oberflächengewässern sowie Pflanzen 60% der Quecksilberemissionen in die Atmosphäre aus (UNEP, 2013; Amos et al., 2013).

Elementares Quecksilber, etwa in Form von Quecksilberdampf, kann sich in der Atmosphäre über sehr

Kasten 2**Persistente organische Schadstoffe**

Persistente organische Schadstoffe (Persistent Organic Pollutants, POPs) umfassen synthetische, organische Verbindungen, die sich u.a. durch starke Toxizität, Mobilität und Persistenz (Langlebigkeit) auszeichnen. Der Begriff wird u.a. auf bestimmte Organochlor-Insektizide, industrielle Chemikalien sowie Dioxine angewendet. Teils sind diese Stoffe gezielt synthetisierte Produkte, z.B. für den Pflanzenschutz, teils sind es Schadstoffe, die unbeabsichtigt entstehen, wie z.B. Dioxine bei der unregelmäßigen Verbrennung von Hausmüll, die in Entwicklungsländern eine wichtige Quelle von POPs darstellen (WBGU, 2011:48).

POPs sind eine für Mensch und Umwelt besonders belastende Gruppe von Giften. Ihre Zahl und Menge hat stark zugenommen, sie breiten sich global aus und sind nicht zuletzt deswegen so gefährlich, weil sie sich in der Nahrungskette anreichern (UNEP, 2007; WBGU, 2011:48). 2004 trat die Stockholm-Konvention (Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants aus dem Jahr 2001) zu POPs in Kraft, welche Herstellung, Gebrauch und Freisetzung von zunächst dem sogenannten „dreckigen Dutzend“ dieser Stoffgruppe einschränkt oder verbietet (neun Pestizide, PCB, Dioxine und Furane). Bis 2011 wurden zehn weitere POPs in die Konvention aufgenommen.

Kasten 3**Fluorchlorkohlenwasserstoffe**

Langlebige Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) schädigen die stratosphärische Ozonschicht. FCKW sind sehr stabile Stoffe, die sich nur in der mittleren und höheren Atmosphäre abbauen, wo ihre Abbauprodukte dann zur Ozonzerstörung führen. Durch ihre Verwendung u.a. in Sprühdosen haben sie sich in der Atmosphäre angereichert und führen regelmäßig zur Ausdünnung der Ozonschicht über der Antarktis und über der Arktis, jeweils mit Auswirkungen auf die mittleren Breiten. Die extreme Ausdünnung über der Antarktis („Ozonloch“) tritt seit Anfang der 1980er Jahre jährlich auf.

Mit der zügigen Etablierung eines völkerrechtlichen Rahmens durch das Wiener Übereinkommen zum Schutz der Ozonschicht aus dem Jahr 1985 und das darauf aufbauende Montreal-Protokoll (Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer aus dem Jahr 1987), konnte die Produktion und Verwendung ozonschädigender Substanzen weltweit nahezu vollständig eingestellt werden (Parson, 2003; WBGU, 2011:109). Als Folge hat sich der FCKW-Gehalt in der Atmosphäre stark reduziert. Aufgrund ihrer Langlebigkeit wird es jedoch noch einige Jahrzehnte dauern, bis die Konzentration der ozonzerstörenden Stoffe wieder auf die Werte vor Beginn der 1980er Jahre sinkt. Aus diesem Grund wird der Ozonabbau in der Stratosphäre auch noch für einige Dekaden anhalten (WMO, 2010).

weite Strecken verteilen. An Partikel gebunden, wie sie beispielsweise bei Verbrennungsprozessen entstehen, verteilt es sich regional. Es kann sich bis zu zwölf Monate in der Atmosphäre halten und gelangt über die Ablagerung in Böden und Gewässern in Flora, Fauna und letztendlich auch in den menschlichen Körper.

Auf Grund der Anreicherung von Quecksilber in Fischen und Meeresfrüchten ist deren Verzehr im Allgemeinen die größte Belastungsquelle für Menschen. Auch die direkte Exposition, etwa durch Quecksilberdämpfe, kann zu erhöhten Belastungen und Vergiftungen im menschlichen Körper führen (Drasch et al., 2001). Quecksilber wird in Bergwerken gewonnen und kommt u.a. beim kleinbetrieblichen Abbau von Gold, in der Chloralkali-Industrie und als Bestandteil von elektrischen Geräten direkt (intentional) zum Einsatz. Der handwerkliche Kleinabbau von Gold in Afrika südlich der Sahara und Lateinamerika ist mit Abstand die größte Emissionsquelle von intentional eingesetztem Quecksilber. Als Nebenprodukt (nicht intentional) fällt es in industriellen Prozessen wie etwa bei der Herstel-

lung von Zement sowie bei der Verbrennung von Kohle, Biomasse und der unkontrollierten Abfallverbrennung an. Bei nicht intentionalen Emissionen sind Kohlekraftwerke mit Abstand die größte anthropogene Quelle (UNEP, 2013).

Historisch hatten anthropogene Quecksilbergesamtemissionen ihren Höhepunkt während des Goldrauschs in Nordamerika gegen Ende des 19. Jahrhunderts. Danach sanken sie, bis sie seit den 1950er Jahren in erster Linie durch die industrielle Verbrennung von Kohle und den kleinbetrieblichen Abbau von Gold wieder stark zu steigen begannen (Streets et al., 2011).

Sektoral fallen die Emissionstrends unterschiedlich aus. Die Forschung geht davon aus, dass industrielle Quecksilberemissionen in die Luft während der 1970er Jahre ihren Höchstwert hatten und seitdem sinken. Es gibt allerdings Anzeichen, dass sie seit 2010 erneut zunehmen. Dabei gibt es starke regionale Unterschiede: So gehen die Emissionen beispielsweise in den USA zurück, während sie in Asien stark steigen. Die gemessenen Emissionen aus handwerklichem Kleinabbau von

Gold haben sich von 2005 bis 2010 verdoppelt. Für die meisten Konsumgüter und industriellen Prozesse gibt es Alternativen zum Quecksilber, so dass die Abfallmenge sinkt (UNEP, 2013). **Filter können den Quecksilbergehalt** in den Abgasen von Kohlekraftwerken um bis zu 95% verringern. Auch Emissionen beim handwerklichen Kleinabbau von Gold können durch einfache Maßnahmen verringert werden (Selin, 2014a).

2013 einigten sich 140 Staaten auf die Minamata-Konvention, die zum Ziel hat, die Emissionen von Quecksilber zu verringern (Minamata Convention on Mercury aus dem Jahr 2013). 97 Staaten haben bislang unterzeichnet und ein Staat (USA) hat sie auch ratifiziert. Sie tritt in Kraft, sobald 50 Staaten ratifiziert haben. Insgesamt fasst die Konvention 96% aller anthropogenen Quecksilberemissionen (Selin, 2014b).

Für einige Emissionsquellen enthält die Konvention Null-Targets. So sollen keine neuen Quecksilberbergwerke in Betrieb genommen und bestehende spätestens 15 Jahre nach Inkrafttreten der Konvention geschlossen werden. Der Einsatz von Quecksilber in der Produktion von Chloralkali soll bis 2025 und der von Acetaldehyd bis 2018 ausgelaufen sein, allerdings können zweimal Ausnahmen für fünf Jahre beantragt werden. Auch der Einsatz von dentalem Amalgam soll auslaufen, allerdings nennt die Konvention keinen festgelegten Zeitpunkt. Herstellung und Handel von bestimmten quecksilberhaltigen Produkten wie näher spezifizierte Batterien, Kosmetika oder Pestizide sollen bis 2020 auslaufen. Ausnahmen sind vorhanden, wie beispielsweise militärische Verwendungen oder der Einsatz von Quecksilber als Konservierungsmittel in Impfstoffen (Minamata-Konvention, Art. 4 Abs. 1 in Verbindung mit Annex A).

Für die übrigen Quecksilberquellen ist nur eine Reduktion der Emissionen vorgesehen. So wird der Einsatz bei der Herstellung der anderen geregelten Stoffe (Vinylchlorid, Natrium- oder Kaliummethylat und -ethylat, Polyurethane unter Verwendung von quecksilberhaltigen Katalysatoren) lediglich begrenzt. Neue punktuelle Emissionsquellen (Kohlekraftwerke, Fabriken zur Produktion von Metallen, Gold und Zement) müssen laut Minamata-Konvention nach den Prinzipien der „besten verfügbaren Technik“ sowie der „umweltfreundlichsten Praxis“ ausgerüstet werden, um Emissionen zu „kontrollieren und, wo möglich, zu reduzieren“. Für bestehende industrielle Punktquellen sollen unter Berücksichtigung der nationalen Umstände und, wo ökonomisch möglich, spätestens zehn Jahre nach Inkrafttreten der Konvention Maßnahmen zur Emissionsreduktion ergriffen werden. Länder, in denen der kleinbetriebliche Abbau von Gold in „mehr als insignifikantem“ Umfang stattfindet, sollen verbindliche Aktionspläne zur Emissionsreduzierung entwickeln und umsetzen.

Der Zeitpunkt der Ratifizierung ist nicht abzusehen. Die USA, die als einziges Land die Konvention ratifiziert haben, hatten die Anforderungen der Konvention bereits vorher erreicht. Für die EU würde die Ratifizierung lediglich eine geringfügige Änderung bestehender Richtlinien bedeuten (Simon, 2013; Andresen et al., 2013; IPEN Heavy Metals Working Group, 2013). Die größten Herausforderungen bestehen bei der Nachrüstung bestehender industrieller Punktquellen in Asien sowie dem kleinbetrieblichen Goldabbau in Afrika südlich der Sahara und in Lateinamerika (Selin, 2014b).

Doch sind für beide Fälle in der Konvention durch die schwachen Anforderungen an den Einsatz von Emissionsreduktionstechnologien bei industriellen Punktquellen und die Unverbindlichkeit der Aktionspläne beim kleinbetrieblichen Goldabbau vergleichsweise anspruchslöse Ziele enthalten. Erste Modellrechnungen zur Wirkung der Konvention gehen davon aus, dass auch bei vollständiger Umsetzung im besten Fall zukünftige Emissionssteigerungen begrenzt werden können, die absoluten Emissionen gegenüber heute aber nicht sinken werden (Selin, 2014a, b).

Die Minamata-Konvention ist ein junges, internationales Umweltabkommen. Es ist unklar, wann sie in Kraft tritt. Die Konvention ist in der jetzigen Form vermutlich nicht ausreichend anspruchsvoll, um Quecksilberemissionen langfristig vollständig zu unterbinden (Selin, 2014b). Gerade das Fehlen verbindlicher Ziele zur vollständigen Emissionsreduktion bei den größten Quellen für Quecksilberemissionen ist aus Sicht des WBGU ein gravierender Mangel. Gleichzeitig ist nicht ausgeschlossen, dass die Staaten, ähnlich wie bei dem Schwermetall Blei geschehen, Quecksilberemissionen vollständig reduzieren.

Angesichts der Toxizität von Quecksilber empfiehlt der WBGU die Aufnahme des folgenden SDG-Targets: Die substituierbare Nutzung von Quecksilber sowie die anthropogenen Emissionen von Quecksilber in Luft, Wasser und Böden sollen bis 2050 gestoppt werden. In diesem Zusammenhang soll die Minamata-Konvention zügig ratifiziert und umgesetzt werden. Falls sich während des Reviews der SDGs herausstellt, dass sie sich zur Umsetzung der SDGs als unzureichend erweist, sollte die Minamata-Konvention verschärft werden, um das SDG-Target durch Länderstrategien mit nationalen Entwicklungspfaden, Targets und Transferleistungen zu erreichen.

A.5.2 Plastik

Kunststoffe, umgangssprachlich Plastik, sind kohlenstoffhaltige Polymere. Die Plastikproduktion hat sich seit den 1950er Jahren weltweit mehr als ver Hundertfacht und liegt heute bei mehr als 280 Mio. t pro Jahr. Etwa

20% des Plastiks wird von Firmen in der EU hergestellt (PlasticsEurope, 2012). Einen erheblichen Teil der Produktion machen Einwegverpackungen aus, in Europa sind dies etwa 38% (UNEP, 2010a). In Entwicklungs- und Schwellenländern haben Wirtschaftswachstum sowie veränderte Lebensstile und Produktionsmethoden eine starke Zunahme in der Verwendung von Plastik und damit auch von Plastikabfall verursacht. Das Aufkommen an Plastikabfällen in Entwicklungsländern mit fehlenden Abfallentsorgungssystemen kann ebenfalls sehr groß sein und wird bei steigender ökonomischer Entwicklung, zunehmender Urbanisierung in Küstenstädten und Bevölkerungswachstum zunehmen. Dies entspricht der Beobachtung, dass die Konzentration von Plastikabfall im Meer in der südlichen Hemisphäre geringer ist als in der nördlichen Hemisphäre (Lebreton et al., 2012).

Jedes Jahr gelangen große, schwer quantifizierbare Mengen an Plastikabfall mangels sicherer Entsorgungs- und Wiederverwertungsstrategien in die Meere. Etwa 80% gelangen über Abwasserkanäle, Kläranlagen, industrielle Einleitungen, als Abfluss von Mülldeponien, sowie aus der Landwirtschaft oder von verschmutzten Stränden dorthin (Cole et al., 2011). Der Rest stammt von Schiffen, Bohrinselfn, Aquakulturanlagen und der Fischerei. Der Anteil an Plastik am Gesamtvolumen an Abfällen, die sich im Meer sammeln, wird auf 60–80% geschätzt (UNEP, 2010a).

Grundsätzlich muss zwischen Makro- und Mikroplastik unterschieden werden. Mikroplastik umfasst industriell hergestellte Plastikpellets und Plastikpulver, die etwa in Peelings oder Zahnpasta Verwendung finden, sowie Mikrofasern, die beim maschinellen Waschen von Synthetiktextilien entstehen. Plastikpartikel können bei Produktion und Transport sowie über Abwässer ins Meer gelangen, da sie von Kläranlagen nicht gefiltert werden. Sie sind zwischen 5 mm und 1 µm klein (Cole et al., 2011). Mikroplastik umfasst auch kleinere Plastikpellets (<5 mm), die durch chemische (UV-Strahlung, Salz) und mechanische (Reibung, Wellen, Wind, Sandschliff) Einwirkung auf größere Plastikteile in erster Linie an Stränden entstehen (Derksen et al., 2012).

Plastik wird durch Flüsse und Meeresströmungen über sehr große Strecken verteilt und akkumuliert in Meeren sowie Binnenseen. Es sammelt sich an Stränden, in entlegenen Regionen der Meere, in der Tiefsee und in fünf großen ozeanischen Müllkreisläufen. Allerdings gibt es auf Grund der vorherrschenden Wind- und Strömungsmuster nur an wenigen Küstengebieten Austausch von Plastikabfall zwischen der Nord- und der Südhemisphäre (UNEP, 2010a; Lebreton et al., 2012; van Cauwenberghe et al., 2013).

An Küsten sind die Konzentrationen von Mikroplastik höher, wenn sie dicht besiedelt und Abwässern ausgesetzt sind (Browne et al., 2011). Steigt zukünftig die

Einwohnerzahl von Küstenstädten, ist ohne Intervention auch mit steigender Mikroplastikkontamination der Meere zu rechnen. Der in den Ozeanen zirkulierende Plastikabfall wird mittlerweile auf etwa 100 Mio. t geschätzt (UNEP, 2010a). Mikroplastik ist mittlerweile an allen Stränden dieser Welt sowie in küstennahen Sedimenten zu finden und wird in stark unterschiedlichen Konzentrationen im Meerwasser gemessen (Wright et al., 2013). Thompson et al. (2004) schätzen, dass bei ausgewählten Stränden Plastik 10% des Eigengewichts ausmacht. Die Lebensdauer von Plastik im Meer ist weitgehend unbekannt, Schätzungen gehen von bis zu mehreren hundert Jahren aus (UNEP, 2010a).

Die Umweltwirkungen von Makro- und Mikroplastik unterscheiden sich. Die Auswirkungen größerer Plastikteile auf Meeresorganismen und Umwelt sind gut untersucht. Fischernetze oder Plastikteile strangulieren und verletzen u.a. Delfine, Robben, Schildkröten, Haie und Vögel. Vor allem fressen Tiere das Plastik und verenden selbst daran oder füttern ihre Jungen damit. Problematisch ist außerdem die Verschleppung nicht heimischer Arten auf Plastikteilen (Gregory, 2009), wodurch sie als invasive gebietsfremde Arten ökosystemare Schäden hervorrufen können. Plastikteile am Meeresboden können darüber hinaus von Hartsubstrat abhängige Organismen anziehen und somit zu Veränderungen benthischer Artengemeinschaften und der verbundenen Ökosysteme führen (Katsanevakis, 2008).

Über die Wirkung von Mikroplastik in der marinen Umwelt und in Meeresorganismen ist weniger bekannt. Forschungsergebnisse der letzten zehn Jahre zeigen, dass Mikroplastik Weichmacher und andere Inhaltsstoffe an die Umwelt abgibt. Zusatzstoffe wie Farbpigmente, Weichmacher oder Härter entweichen im Zerkleinerungsprozess in die Umwelt. Gleichzeitig kann Mikroplastik für das Hormonsystem schädliche und krebserregende Stoffe wie POPs an sich binden. Diese Substanzen können sich möglicherweise durch den Transport der Plastikteilchen verteilen, in Organismen gelangen und in der Nahrungskette akkumulieren (Cole et al., 2011; Andrady, 2011; Ugolini et al., 2013).

Die Aufnahme von Mikroplastik ist für Algen, nahe dem Meeresboden lebende Meeresorganismen wie Seegurken und Kaiserhummer sowie verschiedene kleinere, von Plankton lebende Fischarten nachgewiesen (Wright et al., 2013). Es ist von wenigen Ausnahmen abgesehen unklar, ob und welche Meeresorganismen Mikroplastik wieder ausscheiden können. Die (Un)möglichkeit der Ausscheidung und die Dauer des Verbleibs im Organismus bedingen mögliche Schäden wie Entzündungen oder gestörte Nahrungsaufnahme, den Übergang anhaftender Schadstoffe vom Verdauungstrakt in den Körper sowie den Transfer von Mikroplastik in Nahrungsketten.

Mikroplastik ist auch im Kot von Robben und See­löwen gefunden worden, was auf einen Eingang von Mikroplastik in das Nahrungsnetz gedeutet wird. In Experimenten ging Mikroplastik auch in das Blut von Muscheln über (Browne et al., 2008; Wright et al., 2013).

Wichtigste Strategie zur Reduzierung von Plastikabfall ist Materialreduzierung, insbesondere bei Einwegverpackungen. Wiedernutzung und Recycling sind ebenfalls wichtige Lösungsansätze zur Reduzierung von Plastikabfall. Zusätzlich sollte verbessertes Abfallmanagement die ungeplante Freisetzung in die Umwelt deutlich vermindern. Industrielles Mikroplastik kann substituiert oder aufwändig aus Abwässern gefiltert werden. Längerfristig sollte der Ersatz konventionellen Plastiks durch bioabbaubares Plastik (biodegradable) angestrebt werden. Bioabbaubar heißt, dass Plastik enzymatisch oder mikrobiell (aerobe oder anerobe Zersetzung in Fermentern) zerkleinert werden kann. Ziel von Forschung und Entwicklung bei bioabbaubarem Plastik sollte in erster Linie sein, das Plastikrecycling zu erleichtern und zu verbessern. Prinzipiell wäre es auch denkbar, dass nur bioabbaubares Plastik in die Natur entlassen werden kann und sich dort nach einer festgelegten Zeitspanne von alleine zersetzt. Da Materialreduzierung und Wiedernutzung aus der Perspektive der Ressourcenschonung die zu bevorzugenden Strategien zur Lösung des Abfallproblems sind, sollte die unkontrollierte Selbstzersetzung untergeordnetes Ziel von Forschung und Entwicklung sein.

National und auf EU-Ebene existieren zahlreiche private Initiativen und politische Maßnahmen zur Abfallreduzierung. Auch im Abschlussdokument der Rio+20-Konferenz wird auf die Gefahren von Plastikabfall hingewiesen und der Wille bekräftigt, das Problem zu lösen (UNCSD, 2012).

Internationale Konventionen haben die Verschmutzung der Meere durch Schiffsabfälle (International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, MARPOL, aus dem Jahr 1973; insbesondere Annex V in Bezug auf Plastik) sowie durch die zielgerichtete Deponierung von Abfällen und anderen Stoffen durch Schiffe, Flugzeuge und andere Wasserfahrzeuge (London Protocol aus dem Jahr 1996, zur Ergänzung der London Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter aus dem Jahr 1972) zum Gegenstand. Sie enthalten auch Ausnahmen, die den Eintrag von Plastikabfall in die Meere erlauben. Konventionen, z. B. die Helsinki-Konvention (Convention on the Protection of the Marine Environment of the Baltic Sea Area aus dem Jahr 1992), die landseitige Einträge von Abfällen ins Meer umfassen, sind meist regional begrenzt (Gold et al., 2013).

Es gibt keine globale Institution, die Staaten zur

Reduzierung des landseitigen Eintrags von Plastik in Gewässer verpflichtet. Das Seerechtsübereinkommen der Vereinten Nationen (United Nations Convention on the Law of the Sea, UNCLOS, aus dem Jahr 1982) enthält zwar in Art. 207 Abs. 1 die Verpflichtung für seine 166 Mitgliedstaaten, landseitige Verschmutzung der Meere zu verhüten, zu verringern und zu überwachen. Diese Rahmenregelung wird jedoch noch nicht mittels eines weltweiten Abkommens ausgefüllt und konkretisiert. Eine effektive globale Eindämmung des Problems der Verschmutzung mit Plastik ist nicht in Sicht (STAP, 2011).

Plastik und Mikroplastik sind in unterschiedlichen Konzentrationen in weiten Teilen der Meere vorhanden. Die Plastikmenge wird ohne Gegensteuerung weiter akkumulieren. Negative Effekte auf marine Ökosysteme sind bereits nachweisbar, das völlige Ausmaß möglicher negativer Effekte auf die natürlichen Lebensgrundlagen des Menschen und eventuelle gravierende sozioökonomische Folgen sind bislang nicht absehbar. Beides kann aber nicht ausgeschlossen werden, und mariner Plastikmüll könnte sich als erhebliches Risiko erweisen. Auf Grund der Ubiquität von Plastikmüll, der langen Lebensdauer und der auch mittelfristigen Irreversibilität der Verschmutzung sollte unter dem Aspekt des Vorsorgeprinzips eine globale Lösung des Problems verstärkt angestrebt werden.

Aus diesen Gründen sollte nach Ansicht des WBGU folgendes SDG-Target aufgenommen werden: Bis 2050 soll die Freisetzung von Plastikabfall in die Umwelt weltweit gestoppt werden. Vermeidung, Mehrweglösungen und Abbaubarkeit von Plastik sollten dabei Hand in Hand gehen. Die internationale Staatengemeinschaft sollte Maßnahmen zur Sicherstellung des Ziels treffen.

Bislang fehlt eine globale Institution, die Plastikabfall als ernstzunehmendes globales Umweltproblem anerkennt und Staaten bei Maßnahmen zur Reduzierung von Plastikabfall, zur Entsorgung von Plastik und zum Aufbau von Wiederverwertungssystemen verpflichtet, unterstützt und koordiniert. Ebenfalls fehlen eine internationale wissenschaftliche Einrichtung, die regelmäßig Berichte zum aktuellen Wissensstand herausgibt, sowie umfassende Datenerhebungen zu Quellen und Wirkungen marinen Plastikabfalls.

Der WBGU empfiehlt aus diesen Gründen, die bestehenden internationalen Konventionen zur seeseitigen Einbringung von Abfall und Schiffabfällen zu verschärfen. Er bekräftigt seine Empfehlungen, regionale Abkommen zum Schutz der Meere zu stärken und besser zu verzahnen sowie das UNEP Regional Seas Programme zu stärken und auszubauen (WBGU, 2013). Sollte sich im Verlauf des Reviews zu den SDGs herausstellen, dass die Maßnahmen der Staaten keine bedeutende Reduzierung des Plastikabfalls zur Folge haben,

sollte weiteres Vorgehen der Staaten über ein spezifisches internationales Instrument koordiniert werden.

A.5.3

Spaltbares Material

Kernbrennstoffe, d.h. spaltbares Material wie angereichertes Uran-235, Plutonium-239 und andere radioaktive Spaltprodukte mit langen Halbwertszeiten weisen durch ihre Langlebigkeit einige Parallelen zu Kohlendioxid auf. Um langfristige Auswirkungen zu begrenzen – im Fall der Kernbrennstoffe eine gefährliche Strahlenexposition, im Fall des CO₂ gefährlichen Klimawandel – müssen ihre anthropogenen Quellen auf Null reduziert werden. In beiden Fällen geht die Gefährdung durch die kumulierte Menge aus: Die kumulierte Menge an CO₂ in der Atmosphäre bestimmt das Ausmaß des Klimawandels; die kumulativen Bestände an radioaktivem Material bestimmen das Ausmaß der Strahlengefährdung sowie das Potenzial zur Kernwaffenproduktion. Relevant sind daher in beiden Fällen sowohl die Bestands- als auch die Flussgrößen.

Im Fall von spaltbarem Material sind zwei verschiedene Arten von Bestandsgrößen zu unterscheiden: erstens die hoch angereicherten Bestände, welche in Nuklearwaffen verwendet werden und zweitens die niedriger angereicherten Bestände, die sich im Wesentlichen aus verbrauchten oder in Nutzung befindlichen Kernbrennstoffen sowie zu einem geringen Teil aus anderen zivilen Nutzungsformen wie z. B. Medizintechnik oder Antriebstechnik zusammensetzen. Sowohl militärische als auch zivile Nutzungsformen der Kernenergie sind auf den Einsatz von spaltbarem Material angewiesen.

Das Internationale Panel zu Spaltstoffen (IPFM, 2011) schätzt den globalen Bestand an Kernwaffen auf 19.000 Stück. Diese enthalten typischerweise 90% Uran-235 (hoch angereichert und erzeugt mittels Isotopentrennung aus natürlichen Beständen mit 0,7% Konzentration), was in etwa 1.440±125 t spaltbarem Material entspricht. Der globale Bestand an waffenfähigem Plutonium wird auf 495±10 t geschätzt. Etwa die Hälfte davon stammt aus militärisch genutzten Kernreaktoren zur Waffenproduktion, während die andere Hälfte in zivil genutzten Reaktoren produziert worden ist.

Der Bestand an waffenfähigem Plutonium wächst aufgrund der Produktion in Staaten, welche den Atomwaffensperrvertrag (Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons aus dem Jahr 1968) nicht unterzeichnet haben, laufend an. Die fünf Unterzeichnerstaaten des Atomwaffensperrvertrages, welche Kernwaffen besitzen, haben ihre Produktion von waffenfähigem Plutonium zwar vor Jahrzehnten eingestellt, jedoch überschüssige Bestände bisher nicht ausgerangiert; China und Frankreich haben überschüssige Bestände noch nicht einmal deklariert. Darüber hinaus besitzt

Japan noch etwa 10 t an waffenfähigem Plutonium aus verbrauchten Brennstoffen. Etwa 98% des globalen waffenfähigen Urans und Plutoniums gehören den Atomwaffenmächten; die größten Bestände Russland und den USA. Über den Bestand an niedrig angereichertem Uran in der zivilen Nutzung existieren keine verlässlichen Angaben, da diese Daten von Betreibern nukleartechnischer Anlagen in der Regel nicht veröffentlicht werden. Der weltweite Bestand an Plutonium, das in der zivilen Nutzung angefallen ist, wird auf 260 t geschätzt (IPFM, 2013).

Das SDG-Target sollte aus Sicht des WBGU darin bestehen, die Produktion von Kernbrennstoffen für den Einsatz in Kernwaffen und für den Einsatz in zivil genutzten Kernreaktoren bis 2070 zu stoppen. Der Zerstörung von Kernwaffen und der Überführung von Beständen an radioaktiven Stoffen in sichere Aufbewahrung sollte höchste Priorität eingeräumt werden. Das „Fissile Material Cut-off Treaty“ ist Bestandteil von Verhandlungen innerhalb der UN-Abrüstungskonferenz (UNIDIR, 2010), wobei die Zielsetzung verfolgt wird, die Produktion von hoch angereichertem Uran und Plutonium zu beenden, indem die Herstellung von Atomwaffen verboten wird. Die Einrichtung eines solchen internationalen Abkommens würde dazu beitragen, wie vom WBGU empfohlen, die jährliche Produktion von radioaktiven Spaltstoffen bis 2070 auf Null zu reduzieren. Der WBGU empfiehlt die Vereinbarung des Fissile Material Cut-off Treaty.

Aus Sicht des WBGU ist ein nukleares Moratorium notwendig. In dem Maß, wie die Produktion an spaltbarem Material fortgeführt wird und waffenfähige Bestände aufrechterhalten werden, werden Sicherungsvorkehrungen benötigt, die sich je nach Strahlungsintensitäten und Halbwertszeiten auf Jahrzehnte bis Jahrtausende erstrecken müssen. Jede Form von Nutzung von Nuklearenergie geht mit dem offensichtlichen Risiko der Proliferation von spaltbarem Material einher, das sowohl als Reaktorbrennstoff eingesetzt wird (angereichertes Uran) als auch bei der Aufbereitung von verbranntem Material entsteht (z. B. Plutonium). Vor Erreichen des SDG-Targets sollten daher alle Nutzungen und Bestände spaltbaren Materials sowie sensible Schritte des Brennstoffkreislaufs einer strikten und dauerhaften internationalen Kontrolle unterstellt werden.

Um auf diese Risikosituation zu reagieren, ist eine Reihe von Vorschlägen entwickelt worden, wie international die Sicherheit von Aufbereitung und Speicherung von Kernbrennstoffen gewährleistet werden kann. Multilaterale Ansätze, welche die sensiblen Schritte des Brennstoffkreislaufs unter internationale Kontrolle stellen würden, könnten zu mehr Transparenz bei der Sicherung dieser gefährlichen Stoffe beitragen und

glaubwürdige Garantien für ihre sichere Lagerung geben. Die einschlägige Literatur diskutiert zwölf dieser Vorschläge (Yudin, 2009), sie unterscheiden sich in Bezug auf Vision, Umfang, Zielsetzungen und die Zeitspanne, welche für die Implementierung benötigt wird. Wichtige Elemente dieser Vorschläge sind zum Beispiel ein zentrales Vorratslager für Kernbrennstoffe oder ein internationales Zentrum zur Urananreicherung unter Aufsicht der Internationalen Atomenergiebehörde (IAEA), wie zum Beispiel von Deutschland vorgeschlagen. Die Errichtung von internationalen Anlagen zur Bereitstellung, Anreicherung und Aufbereitung von spaltbarem Material sollte ebenfalls unter Aufsicht der IAEA erfolgen. Der WBGU empfiehlt, das spaltbare Material sowie den Brennstoffkreislauf unter die internationale Kontrolle des IAEA zu stellen.

Eine Möglichkeit zur Reduzierung der Bestände an hoch angereichertem Uran besteht darin, dieses als Brennstoff in zivilen Reaktoren zu nutzen, was allerdings neues Plutonium in den Abfallbrennstoffen erzeugen würde. Eine andere Möglichkeit, die Bestände zu reduzieren, ist die Transmutation, bei der gefährlicheres spaltbares Material mit langen Halbwertszeiten in weniger gefährliche, kurzlebige Elemente umgewandelt wird (Podlech, 2011). Etwa können durch die Bestrahlung mit schnellen Neutronen Transurane wie Plutonium in Elemente mit einer kürzeren Halbwertszeit umgewandelt werden. Eine letzte, allerdings bisher eher theoretische Möglichkeit ist die Spallation, bei der spaltbares in nicht spaltbares Material oder in weniger gefährliches spaltbares Material umgewandelt wird.

A.6

Verlust von Phosphor stoppen

Neben Stickstoff und Kalium ist Phosphor in Form von Phosphat einer der drei Hauptbestandteile von Kunstdüngern. Hochkonzentriertes, abbaubares Phosphatgestein ist eine knappe endliche Ressource (WBGU, 2011: 47). Phosphor kann nicht, wie etwa Erdöl, durch andere Energieträger oder Stoffe ersetzt oder künstlich hergestellt werden. Zur Ernährungssicherung der Weltbevölkerung sowie für die steigende Nachfrage nach Energie und bio-basierten Produkten aus der Landnutzung sind Verfügbarkeit und Zugang zu Phosphor als Pflanzennährstoff für die notwendige Steigerung der Flächenproduktivität unverzichtbar (Bouwman et al., 2009; WBGU, 2011: 47). Die Höhe der geschätzten Phosphatgesteinsreserven ist mit großen Unsicherheiten behaftet. Neuere Schätzungen über die Phosphatgesteinreserven liegen bei etwa 60 Mrd. t (van Kauwenbergh, 2010).

Seit den 1960er Jahren steigt die Produktion von Phosphat stark an. Untersuchungen gehen davon aus, dass die Nachfrage vor allem in Entwicklungs- und

Schwellenländern weiter steigen wird. Getrieben wird die Nachfrage vor allem von der wachsenden Weltbevölkerung, steigendem Fleisch- sowie Milchproduktkonsum, der steigenden, nicht der Ernährung dienenden Pflanzenproduktion (z.B. für Bioenergie oder als Basis für die biobasierte Wirtschaft), der Produktion von Lithium-Eisenphosphat-Akkumulatoren für Elektrofahrzeuge sowie voranschreitende Auslaugung von Böden in Entwicklungsländern (Cordell und White, 2011).

Schätzungen über die Dauer bis zum vollständigen Abbau der Phosphatgesteinsreserven schwanken zwischen 61 und 400 Jahren, wobei die niedrigsten Schätzungen die höchsten Nachfragesteigerungen enthalten; die höchsten Schätzungen enthalten keine Nachfragesteigerungen.

Schätzungen über das Erreichen des Fördermaximums (peak phosphorus) schwanken ebenfalls. Nach Cordell et al. (2009) könnte es 2030 erreicht sein, nach Déry und Anderson (2007) wurde es 1989 überschritten. Wie bei Erdöl (peak oil) sinkt danach die Qualität der Phosphatminerale, während Umweltschäden sowie Produktionskosten ceteris paribus steigen (WBGU, 2011: 47).

Ungeachtet der tatsächlichen Dauer bis zum vollständigen Abbau der Vorkommen gibt es eine Reihe von Gründen, den Abbau der Vorkommen möglichst lange zu strecken und gerechten Zugang zu Phosphor global zu ermöglichen.

Vorkommen an Phosphatgestein sind geographisch stark konzentriert. In Marokko und dem marokkanisch besetzten Staat West-Sahara liegen geschätzte 85% der Vorkommen, weitere 6% in China, 3% in den USA und 2% in Jordanien; 4% entfallen auf elf weitere Länder (Cordell und White, 2011).

Auch der Einsatz von Phosphaten ist global sehr ungleich verteilt. Während es in einigen Regionen zu phosphorbedingten Umweltproblemen wie großflächiger Eutrophierung durch übermäßigen Einsatz von Phosphaten kommt, verhindert mangelnder Zugang zu Kunstdüngern in anderen Teilen der Welt, etwa in großen Regionen Afrikas südlich der Sahara, dringend notwendige Produktivitätssteigerungen in der Landwirtschaft. Eine räumliche Umverteilung aus Gegenden mit hohem in Gegenden mit niedrigem Phosphoreinsatz könnte die Umwelt schützen und die landwirtschaftliche Produktivität wo notwendig erhöhen ohne die Phosphatbestände zusätzlich zu belasten (Steffen und Smith, 2013).

Wichtige Strategien zur Sicherung der notwendigen langfristigen Flächenproduktivitätssteigerung durch Phosphor sind die effizientere Nutzung von Phosphatdünger, die Schließung von Nährstoffkreisläufen in der landwirtschaftlichen Produktion, die weitere

Reduktion der Phosphorverluste beim Abbau, die Verhinderung von Bodenerosion, die Rückgewinnung von Phosphor aus Exkrementen und Abfällen, sowie die Rückgewinnung von Phosphor aus Abwasser über den Klärschlamm (Vaccari, 2009; Cordell, 2010; Craswell et al., 2010).

Auch wenn die Phosphatreserven noch für viele Jahrzehnte ausreichend sein sollten, besteht die Gefahr einer Knappheit für die Zeit danach. Phosphatknappheit trieb die Preise in die Höhe und würde den Zugang für ärmere Bevölkerungsgruppen erschweren. Bei größeren Knappheiten könnte auch eine ausreichende Nahrungsmittelproduktion in Frage gestellt sein. Jetzt ist noch Zeit, Maßnahmen zur Senkung des Phosphatdüngerverbrauchs sowie zur Stärkung der Phosphorrückgewinnung zu ergreifen.

Bislang gibt es keine internationalen Governance-Strukturen, die explizit für die langfristige Verfügbarkeit von sowie den gerechten Zugang zu Phosphat zuständig sind (Schröder et al., 2010). Auf Länderebene sind politische Maßnahmen zum effizienteren Einsatz und zur Wiederverwendung von Phosphor die Ausnahme, obwohl geeignete Technologien bekannt sind.

Die EU-Kommission hat einen Konsultationsprozess zu der Frage eingeleitet, wie das Angebot an Phosphor langfristig gesichert und Recyclingverfahren eingeführt werden können. Das EU-Parlament hat die EU-Kommission beauftragt, Kriterien sowie Pilotprojekte für einen nachhaltigen Umgang mit Phosphor zu entwickeln, um bis 2020 Phosphor vollständig wiederverwenden zu können (EU-Parlament, 2012). Griggs et al. (2013) schlagen vor, dass die Effizienz des Nährstoffeinsatzes bis 2020 um 20% erhöht, der Phosphorabfluss in die Meere auf 10 Mio. t begrenzt und der Phosphorabfluss in Seen und Flüsse bis 2030 halbiert werden sollte. Die Global Partnership on Nutrient Management schlägt ebenfalls eine Erhöhung der Nährstoffeffizienz um 20% bis 2020 vor (Sutton et al., 2013). Das Sustainable Development Solutions Network hat vorgeschlagen, die Nährstoffeffizienz bis 2030 um 30% zu erhöhen (UN SDSN, 2013b). Auch das Resource Panel des UN-Umweltprogramms hat die Aufnahme eines Effizienzziels zu Phosphor in den SDG-Katalog vorgeschlagen (IRP, 2014).

Auf Grund der strategischen Bedeutung von Phosphor für die Welternährung ist es aus Sicht des WBGU von großer Bedeutung, eine Leitplanke über ein entsprechendes Target in den SDGs zu verankern. Der WBGU schlägt deswegen vor, dass bis 2030 die globale Primärdüngung mit Phosphor standortspezifisch optimiert werden soll. Bis 2050 soll die Freisetzung nicht rückgewinnbaren Phosphors gestoppt sein, sodass seine Kreislaufführung weltweit erreicht werden kann.

Bislang fehlt eine globale Institution, die den ressourcenschonenden Umgang mit Phosphor

thematisiert. Sollte sich im Review der SDGs herausstellen, dass die staatlichen Maßnahmen zur Zielerfüllung unzureichend sind, sollte die Nutzung von Phosphor in einer eigenen Konvention geregelt werden. Ein globaler Bericht zu Phosphornutzung und -vorkommen könnte dazu beitragen, den Einsatz von Dünger, das Abfallmanagement sowie die Wiederverwertung zu verbessern.

Literatur

- Amos, H. M., Jacob, D. J., Streets, D. G. und Sunderland, E. M. (2013): Legacy impacts of all-time anthropogenic emissions on the global mercury cycle. *Global Biogeochemical Cycles* 27, 410–421.
- Andrady, A. L. (2011): Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin* 62, 1596–1605.
- Andresen, S., Rosendal, K. und Skjaereth, J. B. (2013): Why negotiate a legally binding mercury convention? *International Environmental Agreements* 13, 425–440.
- Barnosky, A. D., Matzke, N., Tomiya, S., Wogan, G. O. U., Swartz, B., Quenta, I. B., Marshall, C., McGuire, J. L., Lindsey, E. L., Maguire, K. C., Mersey, B. und Ferrer, E. A. (2011): Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? *Nature* 471, 51–57.
- Barton, A., Hales, B., Waldbusser, G. G., Langdon, C. und Feely, R. A. (2012): The Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, shows negative correlation to naturally elevated carbon dioxide levels: implications for near-term ocean acidification effects. *Limnology and Oceanography* 57 (3), 698–710.
- Bouwman, A. F., Beusen, A. H. W. und Billen, G. (2009): Human alteration of the global nitrogen and phosphorus soil balances for the period 1970–2050. *Global Biogeochemical Cycles* 23, doi:10.1029/2009GB003576.
- Browne, M. A., Dissanayake, A., Galloway, T. S., Lowe, D. M. und Thompson, R. C. (2008): Ingested microscopic plastic translocates to the circulatory system of the mussel, *Mytilus edulis* (L.). *Environmental Science and Technology* 42, 5026–5031.
- Browne, A. M., Crump, P., Niven, S. J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T. und Thompson, R. (2011): Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks. *Environmental Science & Technology* 45, 9175–9179.
- Bundesregierung (2014): Post-2015 Agenda for Sustainable Development. Key Positions of the German Government. Berlin: Bundesregierung.
- Cao, L. und Caldeira, K. (2008): Atmospheric CO₂ stabilization and ocean acidification. *Geophysical Research Letters* 35, 5.
- CBD – Convention on Biological Diversity (2002): Strategic Plan for the Convention on Biological Diversity. Decision VI/26. Montreal: CBD.
- CBD – Convention on Biological Diversity (2010): The Strategic Plan for Biodiversity 2011–2020 and the Aichi Biodiversity Targets. Decision X/2. Montreal: CBD.
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C. und Galloway, T. S. (2011): Microplastics as contaminants in the marine environment: a review. *Marine Pollution Bulletin* 62, 2588–2597.
- Cordell, D. (2010): The Story of Phosphorus. Sustainability Implications of Global Phosphorus Scarcity for Food Security. Doctoral thesis. Linköping: Linköping University. Department of Water and Environmental Studies.
- Cordell, D., Drangert, J.-O. und White, S. (2009): The story of phosphorus: global food security and food for thought. *Global Environmental Change* 19, 292–305.
- Cordell, D. und White, S. (2011): Peak phosphorus: clarifying the key issue of a vigorous debate about long-term phosphorus security. *Sustainability* 3, 2027–2049.
- Craswell, E. T., Tiessen, H. und Vlek, P. L. G. (2010): Peak Phosphorus: Implications for Agricultural Production, the Environment and Development. Bonn: Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF).
- Crutzen, P. J. und Stoermer, E. F. (2000): The „Anthropocene“. *Global Change Newsletter* 41, 17–18.
- Derksen, D. M., Kindermann, O., Schweikart, A. und Steinecke, K. (2012): Belastung mariner Lebensräume durch Mikroplastik: Stand der Wissenschaft sowie erste Ergebnisse einer Vorstudie zur Erfassung und Bewertung des Vorkommens von Mikroplastikgranulat im Sediment von Küsten der deutschen Nordsee. In: Vött, A. und Venzke, J.-F. (Hrsg.): Bremer Beiträge zur Geographie und Raumplanung. Beiträge der 29. Jahrestagung des Arbeitskreises „Geographie der Meere und Küsten“ 28. bis 30. April 2011 in Bremen. Bremen: Institut für Geographie der Universität Bremen, 96–107.
- Déry, P. und Anderson, B. (2007): Peak phosphorus. *Energy Bulletin* (13.08.), 10.
- Drasch, G., Böse-O'Reilly, S., Beinhoff, C., Roeder, G. und Maydl, S. (2001): The Mt. Diwata study on the Philippines 1999 assessing mercury intoxication of the population by small scale gold mining. *The Science of the Total Environment* 267, 151–168.

- ECHA – European Chemicals Agency (2014): Candidate List of Substances of Very High Concern for Authorisation. Internet: <http://echa.europa.eu/web/guest/candidate-list-table> (gelesen am 23. April 2014). Helsinki: ECHA.
- Ehlers, E. (2008): *Das Anthropozän. Die Erde im Zeitalter des Menschen*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Ehlers, K. und Ginzky, H. (2012): Ernährungssicherheit, Klimaschutz, Armutsbekämpfung – Ohne einen nachhaltigen Umgang mit den Böden geht es nicht! *Zeitschrift für Umweltrecht (ZUR)* 3, 137–139.
- Ehlers, K., Lobos Alva, I., Montanarella, L., Müller, A. und Weigelt, J. (2013): *Soils and Land in the SDGs and the Post-2015 Development Agenda. A Proposal for a Goal to Achieve a Land Degradation Neutral World in the Context of Sustainable Development*. Brüssel, Berlin, Potsdam: EU-Kommission, Umweltbundesamt, IASS.
- Eswaran, H., Lal, R. und Reich, P. F. (2001): Land degradation: an overview. In: Bridges, E. M., Hannam, I. D., Oldeman, L. R., Pening de Vries, F. W. T., Scherr, S. J. und Sompatpanit, S. (Hrsg.): *Responses to Land Degradation. Proceedings of the 2nd International Conference on Land Degradation and Desertification*. New Delhi: Oxford Press.
- EU-Kommission (2011): *Our Life in Insurance, our Natural Capital: An EU Biodiversity Strategy to 2020*. COM(2011) 244 final. Brüssel: EU-Kommission.
- EU-Kommission (2013): *A Decent Life for All: Ending Poverty and Giving the World a Sustainable Future*. COM(2013) 92 final. Brüssel: EU-Kommission.
- EU-Ministerrat (2013): *The Overarching Post 2015 Agenda – Council Conclusions*. Press Release. Brüssel: EU-Ministerrat.
- EU-Parlament (2012): Bericht über das Thema „Ressourcenschonendes Europa“ (2011/2068(INI)). A7-0161/2012. Ausschuss für Umweltfragen, Volksgesundheit und Lebensmittelsicherheit. Berichterstatter: Gerben-Jan Gerbrandy. Brüssel: EU-Parlament.
- FAO – Food and Agriculture Organization (2011): *Global Food Losses and Food Waste. Extent, Causes and Prevention*. Rom: FAO.
- Fuentes-Nieva, R. und Galasso, N. (2014): *Working for the Few. Political Capture and Economic Inequality*. Oxfam Briefing Paper 178. Oxford: Oxfam GB for Oxfam International.
- Galloway, J. N., Dentener, F., Capone, D. G., Boyer, E. W., Howarth, R. W., Seitzinger, S. P., Asner, G. P., Cleveland, C. C., Green, P. A., Holland, E. A., Karl, D. M., Michaelis, A. F., Porter, J. H., Townsend, A. R. und Vörösmarty, C. J. (2004): Nitrogen cycles: past, present, and future. *Biogeochemistry* 70, 153–226.
- Gazeau, F., Quiblier, C., Jansen, J. M., Gattuso, J.-P., Middelburg, J. J. und Heip, C. H. R. (2007): Impact of elevated CO₂ on shellfish calcification. *Geophysical Research Letters* 34, 5.
- GEA – Global Energy Assessment (2012): *Global Energy Assessment. Toward a Sustainable Future*. Cambridge, New York: Cambridge University Press.
- Gifford, R. M., Steffen, W. und Finnigan, J. J. (2010): *To Live Within Earth's Limits. An Australian Plan to Develop a Science of the Whole Earth System*. Canberra: Australian Academy of Science.
- Gold, M., Mika, K., Horowitz, C., Herzog, M. und Leitner, L. (2013): Stemming the tide of plastic marine litter: a global action agenda. *Pritzker Environmental Law and Policy Briefs* 5, 32.
- Gregory, M. R. (2009): Environmental implications of plastic debris in marine settings – entanglement, ingestion, smothering, hangers-on, hitch-hiking and alien invasions. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 364 (1526), 2013–2025.
- Griggs, D., Stafford-Smith, D. M., Gaffney, O., Rockström, J., Öhman, M. C., Shyamsundar, P., Steffen, W., Glaser, G., Kanie, N. und Noble, I. R. (2013): Sustainable development goals for people and planet. *Nature* 495, 305–307.
- Grubler, A., Johansson, T. B., Mundaca, L., Nakicenovic, N., Pachauri, S., Riahi, K., Rogner, H.-H. und Strupeit, L. (2012): *Energy Primer. Chapter 1*. In: GEA – Global Energy Assessment (Hrsg.): *Global Energy Assessment – Toward a Sustainable Future*. Cambridge, New York: Cambridge University Press, 99–150.
- Guinotte, J. M., Orr, J. C., Cairns, S., Freiwald, A., Morgan, L. E. und George, R. (2006): Will human-induced changes in seawater chemistry alter the distribution of deep-sea scleractinian corals? *Frontiers in Ecology and the Environment* 4 (3), 141–146.
- Hoegh-Guldberg, O., Mumby, P. J., Hooten, A. J., Steneck, R. S., Greenfield, P., Gomez, E., Harvell, C. D., Sale, P. F., Edwards, J., Caldeira, K., Knowlton, N., Eakin, C. M., Iglesias-Prieto, R., Muthiga, N., Bradbury, R. H., Dubi, A. und Hatziolos, M. E. (2007): Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification. *Science* 318, 1737–1742.

- Hönisch, B., Ridgwell, A., Schmidt, D. N., Thomas, E., Gibbs, S. J., Sluijs, A., Zeebe, R., Kump, L., Martindale, R. C., Greene, S. E., Kiessling, W., Ries, J., Zachos, J. C., Royer, D. L., Barker, S., Marchitto jr., T. M., Moyer, R., Pelejero, C., Ziveri, P., Foster, G. L. und Williams, B. (2012): The geological record of ocean acidification. *Science* 335, 1058–1063.
- IGBP – International Geosphere–Biosphere Programme, IOC – Intergovernmental Oceanographic Commission und SCOR – Scientific Committee on Oceanic Research (2013): Ocean Acidification Summary for Policymakers – Third Symposium on the Ocean in a High-CO₂ World. Stockholm: IGBP.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2007): Climate Change 2007. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report. Full Report. Cambridge, New York: Cambridge University Press.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2013): Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Full Report. Cambridge, New York: Cambridge University Press.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2014a): Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report. Full Report. Cambridge, New York: Cambridge University Press.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2014b): Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report. Full Report. Cambridge, New York: Cambridge University Press.
- IPEN Heavy Metals Working Group (2013): Guide to the New Mercury Treaty. Prag: IPEN.
- IPFM – International Panel on Fissile Materials (2011): Global Fissile Material Report 2011: Nuclear Weapon and Fissile Material Stockpiles and Production. Princeton, NJ: IPFM.
- IPFM – International Panel on Fissile Materials (2013): Global Fissile Material Report 2013. Increasing Transparency of Nuclear Warhead and Fissile Material Stocks as a Step toward Disarmament. Seventh Annual Report of the International Panel on Fissile Materials. Princeton, NJ: IPFM.
- IRP – International Resource Panel (2014): Managing and Conserving the Natural Resource Base for Sustained Economic and Social Development. A Reflection from the International Resource Panel on the Establishment of Sustainable Development Goals Aimed at Decoupling Economic Growth from Escalating Resource Use and Environmental Degradation. Nairobi: United Nations Environment Programme (UNEP).
- Katsanevakis, S. (2008): Marine debris, a growing problem: sources, distribution, composition, and impacts. In: Hofer, T. (Hrsg.): *Marine Pollution New Research*. New York: Nova Science Publishers, 53–100.
- Kharas, H. (2010): *The Emerging Middle Class in Developing Countries*. Working Paper No. 285. Paris: OECD.
- Lal, R., Safriel, U. und Boer, B. (2012): Zero Net Land Degradation. A Sustainable Development Goal for Rio+20. Background. Bonn: UNCCD Secretariat.
- Le Quéré, C., Peters, G. P., Andres, R. J., Andrew, R. M., Boden, T. A., Ciais, P., Friedlingstein, P., Houghton, R. A., Marland, G., Moriarty, R., Sitch, S., Tans, P., Arneeth, A., Arvanitis, A., Bakker, E., Bopp, L., Canadell, J. G., Chini, L. P., Doney, S. C., Harper, A., Harris, I., House, J. I., Jain, A. K., Jones, S. D., Kato, E., Keeling, R. F., Klein Goldewijk, K., Körtzinger, A., Koven, C., Lefèvre, N., Omar, A., Ono, T., Park, G.-H., Pfeil, B., Poulter, B., Raupach, M. R., Regnier, P., Rödenbeck, C., Saito, S., Schwinger, J., Segschneider, J., Stocker, B. D., Tilbrook, B., van Heuven, S., Viovy, N., Wanninkhof, R., Wiltshire, A., Zaehle, S. und Yue, C. (2013): Global Carbon Budget 2013. *Earth System Science Data Discussion* 6, 689–760.
- Lebreton, L. C.-M., Greer, S. D. und Borrero, J. C. (2012): Numerical modelling of floating debris in the world's oceans. *Marine Pollution Bulletin* 64, 653–661.
- Lenton, T. M., Held, H., Kriegler, E., Hall, J. W., Lucht, W., Rahmstorf, S. und Schellnhuber, H. J. (2008): Tipping elements in the Earth's climate system. *PNAS* 105 (6), 1786–1793.
- MA – Millennium Ecosystem Assessment (2005a): *Ecosystems and Human Well-Being: Biodiversity Synthesis*. Washington, DC: World Resources Institute (WRI).
- MA – Millennium Ecosystem Assessment (2005b): *Summary for Decision Makers: Ecosystems and Human Well-Being. Our Human Planet*. Washington, DC: Island Press.
- McCollum, D. L., Krey, V., Riahi, K., Kolp, P., Grubler, A., Makowski, M. und Nakicenovic, N. (2013): Climate policies can help resolve energy security and air pollution challenges. *Climatic Change* 119, 479–494.

- Nakicenovic, N., Grübler, A. und McDonald, A. (Hrsg.): 1998: *Global Energy Perspectives*. Cambridge, New York: Cambridge University Press.
- Pachauri, S., Rao, N., Nagai, Y. und Riahi, K. (2012): *Access to Modern Energy: Assessment and Outlook for Developing and Emerging Regions*. Laxenburg: IIASA.
- Parson, E. A. (2003): *Protecting the Ozone Layer: Science and Strategy*. Oxford, New York: Oxford University Press.
- PlasticsEurope (2012): *Plastics – The Facts 2012. An Analysis of European Plastics Production, Demand and Waste Data for 2011*. Brüssel: PlasticsEurope.
- Podlech, H. (2011): Radioaktive Abfälle: Lagerzeiten deutlich verkürzen. *Forschung Frankfurt* 3, 85–88.
- RNE – Rat für Nachhaltige Entwicklung (2014): *Globale Nachhaltigkeitsziele. Empfehlung an die Bundesregierung*. Berlin: RNE.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Paerlson, A., Chapin III, F. S., Lambin, E. F., Lenton, T. M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H. J., Nykvist, B., de Wit, C. A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P. K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R. W., Fabry, V. J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P. und Foley, J. A. (2009a): A safe operating space for humanity. *Nature* 46, 472–475.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, A., Chapin, F. S., Lambin, E. F., Lenton, T. M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H. J., Nykvist, B., de Witt, C. A., Hughes, T. M. C., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P. K., Constanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R. W., Fabry, V. J., Hansen, J., Walker, B., Livermann, D., Richardson, K., Crutzen, P. J. und Foley, J. A. (2009b): Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society* 14 (2), 58.
- Rockström, J., Sachs, J. D., Öhman, M. C. und Schmidt-Traub, G. (2013): *Sustainable Development and Planetary Boundaries. Background Research Paper Submitted to the High Level Panel on the Post-2015 Development Agenda*. Paris, New York: Sustainable Development Solutions Network.
- Rogelj, J., McCollum, D. L. und Riahi, K. (2013): The UN's 'Sustainable Energy for All' initiative is compatible with a warming limit of 2°C. *Nature Climate Change* 3, 545–551.
- Schröder, J. J., Cordell, D., Smit, A. L. und Rosemarin, A. (2010): *Sustainable Use of Phosphorus*. Report No. 357. Wageningen: Plant Research International.
- SE4All – Sustainable Energy for All Initiative (2014): *Sustainable Energy for All*. Internet: <http://www.se4all.org> (gelesen am 4. April 2014). Wien: SE4All.
- Selin, H. (2014a): Global environmental law and treaty-making on hazardous substances: the Minamata Convention and mercury abatement. *Global Environmental Politics* 14 (1), 19.
- Selin, N. E. (2014b): Global change and mercury cycling: challenges for implementing a Global Mercury Treaty. *Environmental Toxicology and Chemistry* DOI: 10.1002/etc.2374, 37.
- Service, R. F. (2012): Rising acidity brings an ocean of trouble. *Science* 337, 146–148.
- Simon, N. (2013): Die Quecksilber-Konvention der Vereinten Nationen. *SWP-Aktuell* 10, 4.
- STAP – Scientific and Technical Advisory Panel (2011): *Marine Debris as a Global Environmental Problem: Introducing a Solutions Based Framework Focused on Plastic*. A STAP Information Document. Washington, DC: Global Environment Facility (GEF).
- Steffen, W., Persson, A., Deutsch, L., Zalasiewicz, J., Williams, M., Richardson, K., Crumley, C., Crutzen, P., Folke, C., Gordon, L., Molina, M., Ramanathan, V., Rockström, J., Scheffer, M., Schellnhuber, H. J. und Svedin, U. (2013): The Anthropocene: from global change to planetary stewardship. *Ambio* DOI 10.1007/s13280-011-0185-x, 23.
- Steffen, W. und Smith, S. D. M. (2013): Planetary boundaries, equity and global sustainability: why wealthy countries could benefit from more equity. *Environmental Sustainability* 5, 403–408.
- Steinacher, M., Joos, F., Frölicher, T. L., Plattner, G. K. und Doney, S. C. (2009): Imminent ocean acidification in the Arctic projected with the NCAR global coupled carbon cycle-climate model. *Biogeosciences* 6, 515–533.
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., V., C., Rosales, M. und de Haan, C. (2006): *Livestock's Long Shadow. Environmental Issues and Options*. Rom: Food and Agriculture Organization (FAO), Livestock Environment and Development (LEAD) Initiative.
- Streets, D. G., Devane, M. K., Lu, Z., Bond, T. C., Sunderland, E. M. und Jacob, D. J. (2011): All-time releases of mercury to the atmosphere from human activities. *Environmental Science and Technology* 45 (24), 10485–10491.
- Sunday, J. M., Calosi, P., Dupont, S., Munday, P. L., Stillman, J. H. und Reusch, T. B. H. (2014): Evolution in an acidifying ocean. *Trends in Ecology & Evolution* 29 (2), 117–126.

- Sutton, M. A., Bleeker, A., Howard, C. M., Bekunda, M., Grizzetti, B., de Vries, W., van Grinsven, H. J. M., Abrol, Y. P., Adhya, T. K., Billen, G., Davidson, E. A., Datta, A., Diaz, R., Erisman, J. W., Liu, X. J., Oenema, O., Palm, C., Raghuram, N., Reis, S., Scholz, R. W., Sims, T., Westhoek, H. und Zhang, F. S. (2013): Our Nutrient World: The Challenge to Produce More Food and Energy with Less Pollution. Global Overview of Nutrient Management. Edinburgh: Centre for Ecology and Hydrology, Edinburgh on behalf of the Global Partnership on Nutrient Management and the International Nitrogen Initiative.
- The Royal Society (2005): Ocean Acidification Due to Increasing Atmospheric Carbon Dioxide. London: The Royal Society.
- Thompson, R. C., Olsen, Y., Mitchell, R. P., Davis, A., Rowland, S. J., John, A. W. G., McGonigle, D. und Russell, A. E. (2004): Lost at sea: where is all the plastic? *Science* 304, 838.
- Turley, C. und Gattuso, J.-P. (2012): Future biological and ecosystem impacts of ocean acidification and their socioeconomic-policy implications. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 4, 278–286.
- Turley, C. M., Roberts, J. M. und Guinotte, J. (2007): Corals in deep-water: will the unseen hand of ocean acidification destroy cold-water ecosystems? *Coral Reefs* 26, 445–448.
- Ugolini, A., Ungherese, G., Ciofini, M., Lapucci, A. und Camaiti, M. (2013): Microplastic debris in sandhoppers. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 129, 19–22.
- UN – United Nations (2013): A New Global Partnership: Eradicate Poverty and Transform Economies Through Sustainable Development. The Report of the High-Level Panel of Eminent Persons on the Post-2015 Development Agenda. New York: UN.
- UN – United Nations (2014): SDGs: Focus Areas. New York: UN.
- UNCCD Secretariat (2012): Zero Net Land Degradation. A Sustainable Development Goal for Rio+20. UNCCD Secretariat Policy Brief. Bonn: Secretariat of the United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD).
- UNCED – United Nations Conference on Environment and Development (1992): Rio Declaration on Environment and Development. Rio de Janeiro: UNCED.
- UNCSD – United Nations Conference on Sustainable Development (2012): The Future we Want. Agenda Item 1. Our Common Vision. New York: UNCSO.
- UNEP – United Nations Environment Programme (2007): Global Environment Outlook GEO-4. Environment for Development. Nairobi: UNEP.
- UNEP – United Nations Environment Programme (2010a): Assessing the Environmental Impacts of Consumption and Production. Priority Products and Materials. A Report of the Working Group on the Environmental Impacts of Products and Materials to the International Panel for Sustainable Resource Management. Paris: UNEP DTIE.
- UNEP – United Nations Environment Programme (2010b): Environmental Consequences of Ocean Acidification: A Threat to Food Security. Nairobi: UNEP.
- UNEP – United Nations Environment Programme (2013): Global Mercury Assessment 2013. Sources, Emissions, Releases and Environmental Transport. Nairobi: UNEP.
- UNEP – United Nations Environment Programme (2014): Assessing Global Land Use: Balancing Consumption With Sustainable Supply. Nairobi: UNEP.
- UN GSP – United Nations Secretary-General's High-Level Panel on Global Sustainability (2012): Resilient People, Resilient Planet. A Future Worth Choosing. New York: UN GSP.
- UNIDIR – United Nations Institute for Disarmament Research (2010): A Fissile Material Cut-off Treaty. Understanding the Critical Issues. New York und Genf: UNIDIR.
- UN SDSN – United Nations Sustainable Development Solutions Network (2013a): An Action Agenda for Sustainable Development. Report for the UN Secretary-General. New York: UN SDSN.
- UN SDSN – United Nations Sustainable Development Solutions Network (2013b): SDSN TG7 Issue Brief: Goals, Targets, and Indicators for Sustainable Agriculture Prepared by the Thematic Group 7 Sustainable Agriculture and Food Systems. New York: UN SDSN.
- Vaccari, D. A. (2009): Phosphorus: a looming crisis. *Scientific American* 6, 54–59.
- van Cauwenberghe, L., Vanreusel, A., Mees, J. und Janssen, C. R. (2013): Microplastic pollution in deep-sea sediments. *Environmental Pollution* 182, 495–499.
- van Kauwenbergh, S. J. (2010): World Phosphate Rock Reserves and Resources. Muscle Shoals, AL: International Fertilizer Development Center (IFDC).
- Vitousek, P. M., Mooney, H. A., Lubchenco, J. und Melillo, J. M. (1997): Human domination of Earth's ecosystems. *Science* 277, 494–499.

- Walker, M., Johnsen, S., Rasmussen, S. O., Popp, T., Steffensen, J. P., Gibbard, P., Hoek, W., Lowe, J., Andrews, J., Björck, S., Cwynar, L. C., Hughen, K., Kershaw, P., Kromer, B., Litt, T., Lowe, D. J., Nakagawa, T., Newnham, R. und Schwander, J. (2009): Formal definition and dating of the GSSP (Global Stratotype Section and Point) for the base of the Holocene using the Greenland NGRIP ice core, and selected auxiliary records. *Journal of Quaternary Science* 24 (1), 3–17.
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (Hrsg.) (1993): *Welt im Wandel: Grundstruktur globaler Mensch–Umwelt–Beziehungen*. Hauptgutachten. Bonn: Economica.
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (Hrsg.) (1994): *Welt im Wandel: Die Gefährdung der Böden*. Hauptgutachten. Bonn: Economica.
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (1995): *Szenario zur Ableitung globaler CO₂-Reduktionsziele und Umsetzungsstrategien*. Stellungnahme zur ersten Vertragsstaatenkonferenz der Klimarahmenkonvention in Berlin. Sondergutachten. Berlin: WBGU.
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (1997): *Ziele für den Klimaschutz 1997*. Stellungnahme zur dritten Vertragsstaatenkonferenz der Klimarahmenkonvention in Kyoto. Sondergutachten. Berlin: WBGU.
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2000a): *Welt im Wandel: Erhaltung und nachhaltige Nutzung der Biosphäre*. Hauptgutachten. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2000b): *Welt im Wandel: Neue Strukturen globaler Umweltpolitik*. Hauptgutachten. Berlin, Heidelberg: Springer.
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2003): *Über Kioto hinaus denken – Klimaschutzstrategien für das 21. Jahrhundert*. Sondergutachten. Berlin: WBGU.
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2005): *Welt im Wandel: Armutsbekämpfung durch Umweltpolitik*. Hauptgutachten. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2006): *Die Zukunft der Meere – zu warm, zu hoch, zu sauer*. Sondergutachten. Berlin: WBGU.
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2009a): *Kassensturz für den Weltklimavertrag – Der Budgetansatz*. Sondergutachten. Berlin: WBGU.
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2009b): *Welt im Wandel: Zukunftsfähige Bioenergie und nachhaltige Landnutzung*. Berlin: WBGU.
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2011): *Welt im Wandel – Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation*. Hauptgutachten. Berlin: WBGU.
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2013): *Welt im Wandel: Menschheitserbe Meer*. Hauptgutachten. Berlin: WBGU.
- Weber, R., Aliyeva, G. und Vijgen, J. (2013): The need for an integrated approach to the global challenge of POPs management. *Environmental Science Pollution Research* 20, 1901–1906.
- WMO – World Meteorological Organization (2010): *Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2010*. Global Ozone Research and Monitoring Project — Report No. 52. Genf: WMO.
- Wright, S. L., Thompson, R. C. und Galloway, T. S. (2013): The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review. *Environmental Pollution* 178, 483–492.
- Yudin, Y. (2009): *Multilateralization of the Nuclear Fuel Cycle: Assessing the Existing Proposals*. Genf: UNIDIR.

Wissenschaftlicher Stab

Die Erstellung dieses Politikpapiers wäre ohne die qualifizierte und engagierte Arbeit des wissenschaftlichen Stabs des Beirats nicht möglich gewesen.

Dr. Inge Paulini (Generalsekretärin), Dr. Carsten Loose (stellvertretender Generalsekretär), Dr. Clara Brandi (Deutsches Institut für Entwicklungspolitik – DIE, Bonn), Dipl.-Kfm. Sebastian Busch (TU Wien), Dr. Carsten Butsch (Geographisches Institut der Universität zu Köln), Frederic Hanusch, M.A. (Kulturwissenschaftliches Institut der Universität Essen), Dr. Rüdiger Haum (Geschäftsstelle WBGU, Berlin), Dr. Melanie Jaeger-Erben (Otto-von-Guericke-Universität, Magdeburg), Dipl.-Jur. Miriam Köster (Institut für Umwelt- und Planungsrecht der Universität Münster), Dr. Astrid Ley (Geschäftsstelle WBGU, Berlin), Dr. Benno Pilardeaux (Geschäftsstelle WBGU, Berlin), Dr. Astrid Schulz (Geschäftsstelle WBGU, Berlin), Dr. Kirsten Selbmann-Lobbedey (Geschäftsstelle WBGU, Berlin), Dr. Birgit Soete (Geschäftsstelle WBGU, Berlin), Dipl.-Phys. Johannes Sutter (Alfred-Wegener-Institut, Bremerhaven), Kira Vinke, M.A. (PIK Potsdam), Dipl.-Psych. Matthias Wanner (Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie).

Mitglieder des WBGU

Prof. Dr. Dr. h. c. Hans Joachim Schellnhuber CBE (Vorsitzender)

Direktor des Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, External Professor am Santa Fe Institute und Vorsitzender im Governing Board des Climate-KIC des European Institute of Innovation and Technology

Prof. Dr. Dirk Messner (Vorsitzender)

Direktor des Deutschen Instituts für Entwicklungspolitik (DIE), Bonn und Co-Direktor des Center for Advanced Studies on Global Cooperation Research, Universität Duisburg-Essen

Prof. Dr. Frauke Kraas

Professorin für Anthropogeographie an der Universität zu Köln

Prof. Dr. Dr. h. c. Claus Leggewie

Direktor des Kulturwissenschaftlichen Instituts Essen, Forschungskolleg der Universitätsallianz Metropole Ruhr und Co-Direktor des Center for Advanced Studies on Global Cooperation Research, Universität Duisburg-Essen

Prof. Dr. Peter Lemke

Professor für Physik von Atmosphäre und Ozean (Universität Bremen). Leiter des Fachbereichs Klimawissenschaften des Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung in Bremerhaven

Prof. Dr. Ellen Matthies

Professorin für Umweltpsychologie an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Prof. Dr. Dr. h. c. Nebojsa Nakicenovic

Systemanalytiker und Energiewirtschaftler, Professor für Energiewirtschaft, Technische Universität Wien (TU Wien) und Deputy Director, International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Laxenburg, Österreich

Prof. Dr. Sabine Schlacke

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

Prof. Dr. Uwe Schneidewind

Präsident und wissenschaftlicher Geschäftsführer am Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH, und Professor für Innovationsmanagement und Nachhaltigkeit („Sustainable Transition Management“) an der Bergischen Universität Wuppertal

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung
Globale Umweltveränderungen

Geschäftsstelle Telefon: (030) 26 39 48-0
Luisenstraße 46 Fax: (030) 26 39 48-50
10117 Berlin E-Mail: wbg@wbgu.de
Internet: www.wbgu.de

Redaktionsschluss: 11.4.2014

Dieses Politikpapier ist im Internet in deutscher und englischer Sprache abrufbar.
2014, WBGU ISBN 978-3-936191-69-1

