

Streissler, Christoph

Article

Planetarische Grenzen – ein brauchbares Konzept?

Wirtschaft und Gesellschaft (WuG)

Provided in Cooperation with:

Kammer für Arbeiter und Angestellte für Wien

Suggested Citation: Streissler, Christoph (2016) : Planetarische Grenzen – ein brauchbares Konzept?, Wirtschaft und Gesellschaft (WuG), ISSN 0378-5130, Kammer für Arbeiter und Angestellte für Wien, Wien, Vol. 42, Iss. 2, pp. 325-338

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/332976>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

KOMMENTAR

Planetarische Grenzen – ein brauchbares Konzept?

Christoph Streissler

Im vorliegenden Beitrag werden die scheinbar ökologischen Argumente dargestellt, die derzeit in der Diskussion über die Notwendigkeit von Veränderungen des Wirtschaftssystems vor dem Hintergrund weltweiter Umweltbelastungen und insbesondere des Klimawandels ins Treffen geführt werden. Dieser Diskurs wird einer kritischen Würdigung unterzogen.

1. Ausgangssituation: Hochkonjunktur von „Planetarischen Grenzen“, Resilienz und Anthropozän

Als Ausgangspunkt wird dazu das Konzept der „Planetarischen Grenzen“ herangezogen, das von Rockström und seinen MitarbeiterInnen (2009, 2009a) popularisiert und 2015 aktualisiert wurde.¹ Dieses Konzept wird deshalb gewählt, weil es mit einem sehr umfassenden Anspruch an die ökologischen Probleme herangeht, die durch menschliche Aktivitäten auf überregionaler und globaler Ebene verursacht werden, und ausdrücklich aus den beobachteten Veränderungen einen normativen Anspruch ableitet. Es wurde im Vorfeld der „UNO-Konferenz über Nachhaltige Entwicklung“ 2012, der sogenannten Rio+20-Konferenz, weitläufig diskutiert und rezipiert, beispielsweise in der Schlusserklärung „Zustand des Planeten“ der vorbereitenden wissenschaftlichen Konferenz „Planet under Pressure Conference“ (2012) oder von der UNDESA (2012). Auch die Europäische Kommission (2011) begründete mit dem Konzept der „Planetarischen Grenzen“ die Notwendigkeit einer gesteigerten Ressourceneffizienz in der EU und gab dem Siebenten Umweltaktionsprogramm den Titel „Gut leben innerhalb der Belastbarkeitsgrenzen unseres Planeten“.²

Einer der Bezugspunkte des Konzepts sind die Publikationen von Donella und Dennis Meadows (1972) zu den Grenzen des Wachstums. Weiters hat das Konzept Wurzeln in den Gutachten des Wissenschaftlichen Beirates für Globale Umweltfragen (WBGU)³ bei der deutschen Bundesregierung, in denen ab 1997 das Konzept von „Leitplanken“ im Klimaschutz propagiert wurde. Die weltweite Akzeptanz des Zwei-Grad-Ziels als Konkretisierung der Zielsetzung der Klimarahmenkonvention, „die Stabilisierung der Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre auf einem Niveau zu erreichen, auf dem eine gefährliche anthropogene Störung des Klimasystems verhindert wird“, geht u. a. auf diese Arbeiten und auf den Vorsitzenden des WBGU, Hans-Joachim Schellnhuber, zurück. Dieser ist auch einer der Mitautoren von Rockström et al. (2009).

Mit dem Konzept der „Planetarischen Grenzen“ stehen zwei weitere Vorstellungen in engem Zusammenhang, der Begriff des „Anthropozän“, der von Crutzen et al. (2002) popularisiert wurde,⁴ und der Begriff der „Resilienz“, der zunächst in Zusammenhang mit bestimmten ökologischen Fragestellungen eine relativ klare Bedeutung hatte,⁵ aber nun weit über die Grenzen der Ökologie hinaus Resonanz gefunden hat und mit sehr unterschiedlichen Bedeutungen verwendet wird. „Resilienz“ wiederum wird in den neueren Zusammenhängen zusehends überlappend mit den Konzepten von „Vulnerabilität“ und „Adaptation“ („Anpassung“) diskutiert.⁶ Auch wenn der vorliegende Beitrag sich auf das Konzept der „Planetarischen Grenzen“ konzentriert, treffen einige der Ausführungen auch auf diese verwandten Begriffe zu.

Das Konzept der Planetarischen Grenzen, so Steffen (2015), „definiert einen sicheren Handlungsspielraum für die Menschheit auf der Basis der inhärenten biophysikalischen Prozesse, die die Stabilität des Erdsystems regulieren.“⁷ Konkret werden neun biophysikalische Prozesse vorgeschlagen, und für acht davon werden Kontrollvariablen genannt. Weiter unten wird im Einzelnen auf sie eingegangen; hier soll zunächst die ihnen gemeinsame Form der Behandlung dargestellt werden. Zunächst richtet sich die Analyse auf die naturwissenschaftliche Begründbarkeit der vorgeschlagenen Grenzen. Dabei gehe ich nur cursorisch auf die Begriffe des „Erdsystems“ und dessen „Regulation“ ein, mit denen teleologische Vorstellungen verbunden sind, die außerhalb der Naturwissenschaften angesiedelt sind. In der Folge zeichne ich die Ableitung der normativen Vorstellungen aus den deskriptiven nach. Schließlich zeige ich in einigen Schlaglichtern die Kritik, die am Konzept der „Planetarischen Grenzen“ unter den politikwissenschaftlichen Gesichtspunkten der Verteilung und der Gerechtigkeit geübt wird.

2. Der deskriptive Gehalt der Konzepte – kritische Auseinandersetzung auf naturwissenschaftlicher Ebene

Die Bedingungen auf der Erde, insbesondere die Temperatur, waren seit dem Beginn des Holozän, des jüngsten Abschnitts der Erdgeschichte, vor 11.700 Jahren, im Vergleich zum Wechsel zwischen Eiszeiten und Warmzeiten im vorausgegangenen Pleistozän günstig für die Art *Homo sapiens*. In diese Zeit fällt die neolithische Revolution mit der Erfindung des Ackerbaus und in der Folge die Entstehung teils hochgradig ausdifferenzierter Gesellschaften.

Die Anwendung des Vorsorgeprinzips lege es nach den Proponenten des Konzepts der „Planetarischen Grenzen“ nahe, von diesen Holozän-artigen Bedingungen nicht wesentlich abzuweichen. Das Konzept diene dazu, den Bereich abzugrenzen, in dem die relevanten biophysikalischen Prozesse gehalten werden müssen, um ein Abweichen vom Holozän-artigen Zustand zu vermeiden, da dieser der einzige Zustand sei, der nach gegenwärtigem Wissen eine Entwicklung menschlicher Gesellschaften zulasse. Zwar ist in dieser Formulierung schon ein normativer Keim enthalten (und er wird später austreiben), doch kann zunächst versucht werden, die Frage neutral zu stellen: „Welche biophysikalischen Voraussetzungen müssen gegeben sein, damit die vergleichsweise konstanten Bedingungen des Holozäns weiterhin aufrecht bleiben?“, oder, im Zusammenhang mit

den betrachteten biophysikalischen Prozessen, konkreter: „Welche Werte der Kontrollvariable bewirken, dass die Charakteristika des betrachteten biophysikalischen Prozesses nahe dem Zustand bleiben, der ihrem Durchschnitt während der letzten 11.700 Jahre entspricht?“ Die Frage kann also so formuliert werden, dass Wertungen wie „gefährlich“, „sicher“ oder „wünschenswert“ darin nicht vorkommen.

Freilich bereitet die Quantifizierung der Nähe zum Holozän-artigen Zustand Schwierigkeiten. Diese bestehen zum einen darin, dass nicht immer offensichtlich ist, welche abhängigen Variablen herangezogen werden sollen und wie sie zu quantifizieren sind, um den Prozess möglichst zweckmäßig zu beschreiben. Im Fall des Klimawandels ist dies relativ einfach: Die globale Mitteltemperatur stellt eine brauchbare abhängige Variable für den zugehörigen Prozess dar, der von der Kontrollvariable „CO₂-Konzentration“ gesteuert wird. Doch wie kann etwa bei der „Integrität der Biosphäre“ die Biodiversität (auf der Ebene der Gene, der Arten, der Ökosysteme) in einem den verschiedenen Betrachtungsweisen angemessenen, gemeinsamen Maß dargestellt werden? Einige der genannten Prozesse werden überhaupt nur über die Kontrollvariable definiert, etwa im Fall des „Ozonlochs“, bei dem nicht klar ist, welche Prozesselemente auf welche Weise von der Kontrollvariable „stratosphärische Ozonkonzentration“ abhängen.

Die andere Schwierigkeit ist die Festlegung, welcher Abstand vom Holozän-artigen Zustand zugelassen werden soll. Um dieser Frage zunächst aus dem Weg zu gehen, wenden die Autoren einen Trick an: Sie definieren Schwellenwerte als „nicht-lineare Übergänge in der Funktionsweise gekoppelter Mensch-Umwelt-Systeme“⁸ und schlagen in der Folge die Grenzwerte für die Kontrollvariablen mit einem großen Sicherheitsabstand zu diesen Schwellenwerten vor. Auf diese Weise soll sichergestellt werden, dass die abhängigen Variablen „nahe“ dem Holozän-artigen Zustand bleiben.

Diese Vorgangsweise erfordert freilich die Untersuchung, ob die untersuchten Systeme hinsichtlich der Kontrollvariable tatsächlich einen „nicht-linearen Übergang“ zeigen und, falls ja, bei welchem Wert dieser liegt. Wenn sich die untersuchten Systeme als höherdimensionale Systeme nichtlinearer Differentialgleichungen beschreiben lassen – was wohl zumeist der Fall ist –, so ist die Existenz „nicht-linearer Übergänge“⁹ durchaus möglich. Für derartige Schwellenwerte ist der Begriff der „*tipping points*“ modern geworden. Ob derartige *tipping points* auf globaler Skala existieren, ist freilich eine offene Forschungsfrage.¹⁰ Die Frage, ob ein System derartige Übergänge zeigt, hat auch insofern Bedeutung, als dies zur Folge haben kann, dass das dynamische System Hysterese in Bezug auf einen Parameter zeigt, dass also – ungenau gesprochen – ein Rückgängigmachen einer Veränderung, die infolge eines Ansteigens des Kontrollparameters eingetreten ist, durch bloßes Verringern des Kontrollparameters unter den Schwellenwert nicht möglich ist. Bei welchem Parameterwert ein derartiger Übergang (ob mit oder ohne Hysterese) aber stattfindet, ist eine Frage, die im Voraus nur anhand möglichst realitätsnaher Modelle geklärt werden kann.

Für einige der genannten biophysikalischen Prozesse gibt es gut untersuchte Modelle, insbesondere für den Klimawandel, bei anderen mag dies zumindest für bestimmte Realitätsausschnitte zutreffen. Es überrascht, dass die Autoren sich bei der Herleitung der quantitativen Grenzen aber nicht auf Untersuchungen zur

Existenz und Ausprägung konkreter Schwellenwerten beziehen, sondern nur anhand des Beispiels des abrupten Rückzugs der arktischen Meeresvereisung auf deren prinzipielle Existenz verweisen. Dies steht beispielsweise in Kontrast zu der Untersuchung von Lenton (2008), an welcher mehrere Autoren von Rockström et al. (2009) mitgewirkt haben, die vergleichsweise rigoros die Existenz von derartigen Schwellenwerten für großräumige, aber nicht globale *tipping elements* untersucht und fünfzehn derartige Systeme in Hinblick auf Kontrollparameter, abhängige Variable und Zeitskala beschreibt. In diesem Licht muss die vorgebliche Vorgangsweise, die Grenzwerte mit einem großen Sicherheitsabstand zu diesen Schwellenwerten festzulegen, als Verschleierung der Tatsache erscheinen, dass weder die Existenz noch die Lage der Schwellenwerte bekannt ist. Daraus folgt, dass auch über die Größe des Sicherheitsabstands keine Aussage getroffen werden kann.

Angemerkt sei, dass die Autoren nicht behaupten, dass für alle untersuchten Prozesse auf globaler Ebene Schwellenwerte im dargestellten Sinn existieren. In manchen Fällen seien sie nur auf lokaler oder regionaler Ebene anzutreffen, in anderen könnten stetige Veränderungen im Zusammenhang mit einem der Prozesse eine Parametervariation verursachen, die bei anderen, damit gekoppelten Prozessen zu einer Schwellenwertüberschreitung führe.¹¹

2.1 Die Prozesse und ihre Kontrollvariablen im Einzelnen

Insgesamt werden neun Prozesse identifiziert (Übersicht 1), und für acht von ihnen werden Kontrollvariablen genannt und für diese eine „planetarische Grenze“ quantifiziert. Die Aspekte, die gegenüber der ursprünglich 2009 veröffentlichten Version weiterentwickelt wurden, werden im Folgenden ausdrücklich hervorgehoben.

Die zugrunde liegenden dynamischen Systeme werden von den AutorInnen unterschieden in solche, die auf globaler Ebene Schwellenwerte zeigen und solche, die diese Eigenschaft auf globaler Ebene nicht aufweisen. Zur ersten Gruppe zählt jedenfalls der Klimawandel, und auch beim Ozonloch ist der Schwellenwert unbestritten, wenngleich die Wirkung nicht global ist. Bei der Versauerung der Ozeane ist die Existenz eines Schwellenwertes wahrscheinlich, die Dynamik des Systems ist freilich noch weitgehend unklar; jedenfalls zeigt es starke Wechselwirkungen mit dem Klimasystem. Bei der Aerosolbelastung, die zu subkontinentalen Belastungen führt, wurde in Rockström et al. (2009) kein Grenzwert festgelegt, während in Steffen (2015) in Hinblick auf die regionale Ozean-Atmosphären-Zirkulation in Südasien modellhaft eine Kontrollvariable definiert und quantifiziert wird. Bei der Phosphorbilanz ist die Existenz eines Schwellenwertes wahrscheinlich und bezieht sich auf die mögliche Eutrophierung der Ozeane. Daneben wird in Steffen (2015) auch ein Grenzwert für den Eintrag von Phosphor aus gedüngten Flächen in Oberflächengewässer vorgeschlagen. Auch bei der Stickstoffbilanz wurde der Grenzwert für den globalen Eintrag gegenüber Rockström et al. (2009) verändert. Süßwasserverbrauch, Landnutzungsänderungen und der Verlust an Biodiversität zeigen höchstens regional Schwellenwerte, und für die sehr heterogene Grenze „Ausbringung neuartiger Einheiten“ (zuvor: Umweltbelastung durch

Chemikalien) kann nach derzeitigem Wissensstand keine Kontrollvariable festgelegt werden. Steffen (2015) behandelt im Vergleich zur Arbeit aus 2009 bei einigen Prozessen die Kontrollvariablen differenzierter, etwa durch Einführung des Biodiversitätsindikators bei der Änderung der Integrität der Biosphäre oder durch den auf die einzelnen Biome bezogenen Anteil der Waldfläche im Zusammenhang mit dem Prozess der Land-System-Veränderung, ohne dass dies aber zu grundsätzlichen Änderungen führt.

Übersicht 1

Prozess	Kontrollvariable (Einheit)
Klimawandel	Atmosphärische CO ₂ -Konzentration (ppm)
Änderung der Integrität der Biosphäre	Rate des Aussterbens von Arten; neu hinzugekommen: Index der Intaktheit der Biodiversität (BII)
Verringerung der stratosphärischen Ozonkonzentration	stratosphärische Ozonkonzentration (Dobson-Einheiten DU)
Versauerung der Ozeane	Carbonat-Konzentration (Index für die Aragonit-Sättigung in % des vorindustriellen Wertes)
Biogeochemische Flüsse: Phosphor- und Stickstoffzyklus	Auf globaler Ebene: Austragung von P in die Ozeane; auf lokaler Ebene (neu hinzugenommen): P-Eintrag aus Dünger in die Böden; auf globaler Ebene: industrielle und beabsichtigte N-Fixierung (Einheiten jeweils Tg a ⁻¹)
Änderung der Landsysteme (iW Bewaldung) (war zuvor Landnutzungsänderung)	Global: Waldfläche (% bezogen auf ursprüngliche Waldfläche); Biom-Ebene (neu hinzugenommen): Waldfläche (% bezogen auf potenzielle Waldfläche)
Süßwassernutzung	Maximale Nutzung von Oberflächenwasser (km ³ a ⁻¹); maximale Entnahme von Oberflächenwasser aus Flüssen (neu hinzugenommen) (als % der monatlichen Wasserführung)
Aerosolebelastung der Atmosphäre	Global und regional: optische Dichte der Aerosole (AOD) (für diesen Prozess war zuvor keine Kontrollvariable definiert)
Ausbringung neuartiger Einheiten (zuvor: Umweltbelastung durch Chemikalien)	noch keine Kontrollvariable definiert

Während nach Rockström et al. (2009) drei der quantifizierten Grenzen bereits überschritten seien, nämlich die für den Klimawandel bedeutsame CO₂-Konzentration in der Atmosphäre, der Eingriff in den Stickstoffkreislauf und in besonderem Maß der Rückgang an Biodiversität, verändert sich dieses Bild in Steffen (2015) etwas: Der Klimawandel wechselt von der roten in die neu eingeführte gelbe Zone („Unsicherheit“), während aufgrund der neuen Grenzwerte für den Phosphoreintrag dieser nun eine wesentliche Überschreitung aufweist, die zuvor nur beim Stickstoffeintrag zu sehen war.

2.2 Zustimmung und Kritik auf verschiedenen Ebenen

Zum einen erfuh – wie erwähnt – der Artikel von Rockström et al. (2009) ein breites zustimmendes Echo, vor allem im Vorfeld der UN-Konferenz in Rio im Jahr 2012. Dies ist insofern verständlich, als er ein Thema aufgreift und vertieft, das bereits im Bericht der „World Commission on Environment and Development“ anklang, nämlich die Existenz von Schwellenwerten, deren Überschreitung zu schweren Schäden oder gar zur Bedrohung des Lebens auf der Erde führen könne. So heißt es im Bericht „Our Common Future“ der „World Commission on Environment and Development“ (1987), dem sog. Brundtland-Bericht: „Die Natur ist freigebig, aber auch zerbrechlich und fein ausbalanciert. Es gibt Schwellenwerte, die nicht überschritten werden können, ohne die zugrundeliegende Integrität des Systems zu gefährden. Wir befinden uns heute in der Nähe vieler dieser Schwellenwerte; wir müssen uns das Risiko der Gefährdung des Fortbestands des Lebens auf der Erde ins Bewusstsein rufen.“¹²

Das Konzept der „Planetarischen Grenzen“ steht in der Tradition dieser Vorstellung der „zerbrechlichen und ausbalancierten Natur“. Rockström et al. (2009) beziehen sich auch ausdrücklich auf die „Gaia-Hypothese“ von Lovelock und Margulis (1974), die postuliert, dass die Erde oder die Biosphäre Funktionalitäten ähnlich einem Lebewesen aufweise.¹³ Mit Tim Lenton hat auch ein Vertreter der Gaia-Hypothese an dieser Arbeit mitgewirkt. In Steffen (2015) finden sich keine Verweise mehr auf die Gaia-Hypothese, jedoch bleiben einige Formulierungen bezüglich des „Erdsystems“ bestenfalls zweideutig. So fällt es schwer, Ausdrücke wie „die Rolle, die Klima und Integrität der Biosphäre im *Funktionieren des Erdsystems* spielen“ oder „[eine] Chemikalie bewirkt eine unbekannte *Störung eines zentralen Prozesses* des Erdsystems“ oder „die Biosphäre verstärkt die *Fähigkeit des Erdsystems, in einem gegebenen Zustand zu verharren*“,¹⁴ nicht teleologisch zu verstehen. Im günstigen Fall handelt es sich um unglücklich gewählte Metaphern. Die Vorstellung, dass Ökosysteme, „die Natur“ oder das „Erdsystem“ auf ein Ziel hinstreben, das sich nicht bloß aus den Sätzen der Thermodynamik ergibt, gilt in den Naturwissenschaften heute als verworfen.¹⁵

Zum anderen gibt es auch eine Reihe kritischer Auseinandersetzungen mit der ursprünglichen Publikation auf einer fachlichen Ebene, die hier nur schlaglichtartig genannt werden können. So stellt etwa Schlesinger (2009) die Begründung der Grenzen für Stickstoff- und Phosphoreinträge in Frage und streicht heraus, dass die Veröffentlichung eines Grenzwerts, sofern er noch nicht überschritten ist, eventuell sinnvolle umweltpolitische Schritte sogar verhindern kann. Carpenter (2011) weist darauf hin, dass der Eintrag von Phosphor in Fließgewässer mindestens ebenso bedeutsam sei wie der Eintrag in die Ozeane und dass die Phosphorbelastung von Fließgewässern die planetarischen Grenzen bereits überschritten habe – ein Einwand, der in die überarbeitete Version von Steffen (2015) Eingang fand. Bass (2009) stellt auf ähnliche Weise die Höhe und die Sinnhaftigkeit eines Grenzwertes für die Nutzung von Boden zum Zweck der Landwirtschaft in Frage und schlägt stattdessen die Erhaltung der Bodenqualität als Zielgröße vor. Brewer (2009) hält den vorgeschlagenen Schwellenwert für die Versauerung der Ozeane für sinnvoll, stellt aber zwei grundsätzliche Fragen: Ist

es sinnvoll, eine Liste von ökologischen Grenzen zu erstellen, wenn keine ernsthaften Pläne bestehen, wie sie eingehalten werden können? Und wie können profund ethische und ökonomische Themen – wie die Verwendung von Kunstdünger für die Nahrungsmittelproduktion, ohne die die Zahl der heutigen Weltbevölkerung kaum vorstellbar wäre – in Einklang mit einem einfachen ökologischen Grenzwert gebracht werden?

3. Übergang von der deskriptiven auf die normative Ebene

Diese letzte Frage öffnet die Perspektive von einer auf Detailfragen fokussierten Kritik hin zu einer grundlegenden Auseinandersetzung mit der Tradition, in der Rockströms und Steffens Arbeit steht. Ausdrücklich nimmt das Konzept – wie oben erwähnt – unter anderem Bezug auf den Ansatz der „Grenzen des Wachstums“ von Meadows. Auch dieser hat nicht weniger als „die Menschheit“ im Blick, deren exponentielles Wachstum und steigender Verbrauch von Ressourcen sie in einen krisenhaften Zusammenbruch zu führen drohe. Damit steht er wiederum in der Tradition von Malthus, der Anfang des 19. Jahrhunderts analysierte, wie exponentielles Bevölkerungswachstum allenthalben an die Grenzen von Hunger und Seuchen stößt.

Malthus, der Kleriker war, bevor er sich der Ökonomie zuwandte, sah in einer bewussten Geburtenkontrolle durch Zölibat oder zumindest späte Heirat einen Ausweg aus der Krise des Bevölkerungswachstums. Meadows, der neben dem Bevölkerungswachstum auch den Ressourcenverbrauch und die Umweltverschmutzung berücksichtigt, spricht sich ebenfalls für freiwillige Wachstumsbeschränkungen aus. Seine Vorschläge sind durchaus detailliert und nehmen beispielsweise auf weltweite Verteilungsaspekte mehr Rücksicht, als dies viele der späteren Ansätze tun. Und er konzidiert, dass sehr große Anstrengungen erforderlich wären, um eine selbst auferlegte Beschränkung des Wachstums zu erreichen.

Doch sowohl Malthus als auch Meadows werden daran gemessen, dass die unausweichlich scheinenden Katastrophen so nicht eingetroffen sind. Ein wesentlicher Faktor für die Überwindung dieser scheinbaren Wachstumsgrenzen war und ist technologischer Fortschritt. Er wird von Meadows zwar ausdrücklich in den Computersimulationen berücksichtigt, aber auf eine Weise, die lediglich zu einer Verschiebung der vorhergesagten Katastrophe um einige wenige Jahrzehnte führt.

Demgegenüber zeigt Nordhaus (1992) in einer detailreichen Analyse der „Grenzen des Wachstums“, dass technologischer Fortschritt – auch in einem kleineren Ausmaß, als er in den letzten Jahrzehnten zu beobachten war – in der Lage ist, die Wachstumsbeschränkungen durch knapper werdende Ressourcen aufzuwiegen. Beckerman (1995) führt ironisierend das Beispiel des fiktiven Stoffes „Beckermanium“ an, das sein Urgroßvater *nicht* entdeckt hätte und dessen Fehlen das Wirtschaftswachstum dennoch bisher nicht behindert hätte. Mit diesem paradoxen Gedankenexperiment verweist er darauf, dass technologische Beschränkungen nicht absolut sind – das Konzept der Ressourcen selbst ist ein dynamisches.

Während, so Nordhaus, Kritiker der Darstellung von Meadows für viele überzeugend zeigen konnten, dass technologischer Fortschritt und Marktmechanismen verhindern können, dass die Verknappung von *aneigenbaren* Ressourcen das Wirtschaftswachstum wesentlich bremst [meine Hervorhebung],¹⁶ waren Ökonomen nicht in der Lage, Ähnliches für die steigende Belastung der Umwelt – im Sinne nicht aneigenbarer Ressourcen oder von Senken für Schadstoffe – zu zeigen. Und gut zwanzig Jahre, nachdem Nordhaus diese Unterscheidung getroffen hat, lässt sich an einem plakativen Beispiel dieser Unterschied illustrieren: während „*Peak-Oil*“ auf globaler Ebene, die befürchtete weltweite Verknappung von Erdöl aufgrund erschöpfter Förderstätten – zumindest, wenn der Ölpreis als Indikator herangezogen wird –, noch nicht eingetreten sein dürfte, zeigen sich die Auswirkungen der steigenden Treibhausgasemissionen in der Atmosphäre tatsächlich im Anstieg der globalen Mitteltemperatur. Dies ist zwar noch nicht ein Beleg für katastrophale Krisen, aber zumindest ein von den meisten WissenschaftlerInnen und vielen PolitikerInnen akzeptierter Nachweis tatsächlicher weitreichender Umweltveränderungen infolge menschlichen Handelns.

3.1 Planetarische Grenzen – ein anthropozentrischer Ansatz

Im Gegensatz zu den „Grenzen des Wachstums“ fokussiert der Ansatz der „Planetarischen Grenzen“ nicht so sehr auf die Gefahren für eine fortgesetzte wirtschaftliche Entwicklung, sondern eher auf ökologische Beschränkungen. Zu befürchten stehe, dass „weiterer Druck auf das Erdsystem kritische biophysikalische Systeme destabilisieren und plötzliche oder irreversible Umweltveränderungen auslösen könne, die für das menschliche Wohlergehen schädlich oder gar katastrophal wären“.¹⁷

Dieser Einschätzung liegt die Vorstellung zugrunde, dass sich die genannten biophysikalischen Systeme in einem stabilen Zustand befinden. Der Begriff der Stabilität, den Rockström et al. (2009) ihrer Betrachtung zugrundelegen, ist aber ein viel schwächerer als der Stabilitätsbegriff der Theorie dynamischer Systeme.¹⁸ Die Stabilität der kritischen biophysikalischen Systeme besteht nach Rockström et al. (2009) lediglich darin, dass sie in den letzten etwa 11.700 Jahren – im Holozän – einen ungefähr konstanten Zustand hatten. Die Erhaltung der Bedingungen, die diese Entwicklung möglich gemacht haben, ist das erklärte Ziel des Konzepts der „Planetarischen Grenzen“, sodass Rockström et al. (2009) den Zustand der biophysikalischen Systeme als den „wünschenswerten“ definieren. Dies gilt unverändert für Steffen (2015), wo es etwa heißt: „Der Rahmen der planetarischen Grenzen will dazu beitragen, menschliche Gesellschaften von einem Entwicklungspfad [vom Holozän zu einem wesentlich anderen Zustand des Erdsystems] abzubringen, indem ein sicherer Handlungsspielraum definiert wird, in dem wir uns weiterhin entwickeln und entfalten können.“¹⁹ Damit wird deutlich, dass auch die Betrachtung der ökologischen Grenzen anstelle der ökonomischen eine rein anthropozentrische ist.²⁰

Die Überschreitung von Schwellenwerten in Folge menschlichen Tuns auf lokaler Ebene ist ein häufig zu beobachtendes Phänomen und durchaus nicht auf die Neuzeit beschränkt. Die weitgehende Rodung der Wälder im Bereich des Mittel-

meers in der Antike oder die Ausrottung vieler Großsäuger infolge der Einwanderung von Menschen auf den amerikanischen Kontinent am Ende der letzten Eiszeit²¹ sind nur zwei Beispiele dafür. Die Veränderungen, die dadurch ausgelöst wurden, waren im Allgemeinen deutlich und irreversibel. Weniger klar ist, ob sie als katastrophal zu bezeichnen sind. Ob ohne diese Ereignisse die Situation für „die Menschen“ wesentlich günstiger wäre, darüber kann nur spekuliert werden. Aufschlussreicher ist es auch in diesem Fall, möglichst genau zu untersuchen, welchen Menschen oder welchen sozialen Gruppen diese Veränderungen geschadet haben und welchen sie genützt haben.

Neuartig an der Situation seit der Industriellen Revolution ist, dass manche Veränderungen, die durch menschliches Handeln hervorgerufen werden, weltweit zu beobachten sind und nicht nur lokale oder regionale Auswirkungen zeigen. Im Wesentlichen ist es dieser Befund, der etwa Crutzen (2000) dazu veranlasst hat, darin den Beginn einer neuen erdgeschichtlichen Epoche zu erkennen, den er als „Anthropozän“ bezeichnet.

4. Der vereinnahmende Charakter der Behauptung unterschiedsloser Betroffenheit

Dass einige der Veränderungen global zu beobachten sind und nicht nur regional, stellt einen quantitativen Unterschied dar, aber nicht notwendigerweise bereits eine andere Qualität. Das Konzept der „Planetarischen Grenzen“ geht von der Annahme aus, dass die drohenden Umweltveränderungen für das Wohlergehen der Menschheit bzw. menschlicher Gesellschaften schädlich oder gar katastrophal wären. Diese Annahme wird nicht begründet, sondern unter Anwendung des Vorsorgeprinzips vorausgesetzt.²² Dabei ist allein angesichts der Vielfalt an Lebensräumen, die von Menschen besiedelt wurden, klar, dass die Art *Homo sapiens* durch eine sehr hohe Anpassungsfähigkeit gekennzeichnet ist. Für das „menschliche Wohlergehen“ ist es demnach von zentraler Bedeutung, wie rasch die angesprochenen Umweltveränderungen stattfinden. Während „katastrophale Veränderungen“ im Zeitraum von wenigen Jahren für bestimmte Gesellschaften eine nicht bewältigbare Herausforderung darstellen können, kann vielfach auf Veränderungen, die im Zeitrahmen einiger Generationen ablaufen, sehr flexibel reagiert werden, auch wenn sie sehr weitreichend sind. Daher ist zumindest die Geschwindigkeit, mit der die Veränderungen eintreten, ein entscheidender Faktor für die Krisenhaftigkeit der Wirkungen. Diese Unterscheidung spielt im Konzept der „Planetarischen Grenzen“ aber kaum eine Rolle.

Diese Anmerkungen gelten gleichermaßen für lokale und globale Vorgänge. Unabhängig von ihrer räumlichen Skala betreffen Umweltprobleme nicht „die Menschheit“, sondern immer individuelle Menschen. Die Zahl der Betroffenen kann größer oder kleiner sein, und die Möglichkeiten, auf die Umweltveränderungen zu reagieren, mögen von Fall zu Fall vielfältig oder eingeschränkt, simpel oder komplex sein. In Bezug auf Staaten hat Beckerman (1992) in seiner scharfen Kritik des Konzepts der „Nachhaltigen Entwicklung“ gemeint, dass zur Erreichung einer angemessenen Umweltqualität [„to attain a decent environment“] der beste und wohl einzige Weg sei, reich zu werden. Denn Reichtum macht erfahrungsge-

mäß Handlungsspielräume zugänglich, die Armen verwehrt sind. Die mit Reichtum einhergehende Verfügungsgewalt über Ressourcen ermöglicht es eher, den negativen Folgen von Umweltproblemen wirksam zu begegnen oder gar Umweltschäden zu beheben.

Das gilt umso mehr für einzelne Menschen: Wer reich ist, kann auf vielfältige Weise den Mühen und Gefahren einer verschlechterten Umweltsituation entgegentreten. Umgekehrt sind die Armen diejenigen mit dem geringsten Spielraum, um darauf zu reagieren, wie ökologische Probleme sich für sie manifestieren: auf Dürren und Überschwemmungen, auf sinkende Ernteerträge, auf neuartige Krankheiten oder auf fehlendes Trinkwasser.

Die Tatsache, dass das Konzept der planetarischen Grenzen die soziale Dimension nicht berücksichtigt, veranlasste Kate Raworth (2012), für die britische Entwicklungshilfeorganisation Oxfam im Vorfeld der Rio+20 Konferenz das Konzept zu erweitern und dem „sicheren“ einen „gerechten“ Handlungsrahmen zur Seite zu stellen. Die elf Komponenten,²³ die die sozialen Grenzen beschreiben, wurden in Bezug auf die Diskussion zur Überarbeitung der „Millennium Development Goals“ der UNO definiert. Die Darstellung, die sie gemeinsam mit Melissa Leach (2013) und Johan Rockström erarbeitete, fand Eingang in den „World Social Sciences Report“. Eine eingehendere Darstellung dieser Erweiterung des Konzepts der „Planetarischen Grenzen“ muss im Rahmen der vorliegenden Arbeit aber unterbleiben.

Das Besondere an globalen Umweltproblemen liegt nicht darin, wie sie sich auf einzelne Menschen auswirken, sondern darin, dass einzelne Staaten nicht in der Lage sind, allein eine Lösung herbeizuführen. Folglich ist die Unterscheidung zwischen lokalen und globalen Umweltfragen nicht eine ökologische, sondern vielmehr eine politische – oder, wie es modern ausgedrückt wird, eine Frage der „Governance“. Und die Erfahrungen mit entsprechenden internationalen Verhandlungen – den Ergebnissen von „Global Governance“ – sind ernüchternd. Denn allzu oft leugnen diese Ansätze profunde Gegensätze in den Interessenlagen der verschiedenen Staaten und Menschen.

An diesem Punkt lässt sich auch die ungenau gestellte Frage des Titels dieses Aufsatzes präzisieren. Sie lautet: „Für wen ist das Konzept der Planetarischen Grenzen brauchbar?“ Die Proponenten stellen nicht den Anspruch, dass das Konzept auf naturwissenschaftlicher Ebene zu einem tieferen Verständnis der betrachteten Teilsysteme oder ihrer Wechselwirkungen beiträgt. Es baut zwar auf einer reichen naturwissenschaftlichen Literatur bezüglich der betrachteten Prozesse auf, entwickelt aber keine eigenständigen Ergebnisse, die wiederum von der naturwissenschaftlichen Forschung aufgegriffen werden könnten. Das liegt primär daran, dass die Naturwissenschaften mit normativen Aussagen, mit Aussagen über ein Sollen, nichts anfangen können.

Doch auch für die Politikgestaltung findet sich nichts recht Greifbares. So stellt etwa Steffen (2015) – möglicherweise als Reaktion auf diesbezügliche Kritik – ausdrücklich fest, dass das Konzept der Planetarischen Grenzen nicht vorschreibe, wie Gesellschaften sich entwickeln sollen. Andererseits behauptet er, dass das Konzept für Entscheidungsträger einen wertvollen Beitrag liefern könne, indem es wünschenswerte gesellschaftliche Entwicklungspfade vorzeichne.²⁴

Doch das allgemeine Wohlergehen „der Menschheit“ ist als Begründung wirksamen politischen Handelns nicht geeignet, sondern hat nur beschwörenden Charakter und dient vielmehr der Verschleierung von Interessengegensätzen.

In der wirklichen Welt bestehen sehr unterschiedliche Vorstellungen davon, welche Entwicklung wünschenswert sei. Diese Unterschiede lassen sich nicht durch einen Verweis auf ein scheinbar objektives Ziel überwinden. In seiner politikwissenschaftlichen Analyse des Konzepts der Planetarischen Grenzen charakterisiert Görg (2016) diesen expertenzentrierten Vorgang so: „[Es] wird nicht nur die Grenze sicheren Wissens überschritten, es findet auch eine Politik mit anderen Mitteln statt: Politische Auseinandersetzungen sollen mit Hilfe wissenschaftlicher Argumente entschieden werden. [...] [G]erade die Wissenschaft wird hier politisch, wird tendenziell zur Machtressource politischer Interessen.“ Eingehend hat sich auch Swyngedouw mit dieser „Post-Politik“ auseinandergesetzt, bei der genuin politische Auseinandersetzungen aufgehoben werden, indem aus einer naturwissenschaftlich begründeten Gefährdungssituation für „die Menschheit“ eine alternativlose Handlungsvorgabe entwickelt wird. In ihrer Analyse der Diskurshoheit in Bezug auf das Anthropozän stellen Löwbrand et al. (2015) dar, wie in einer paradoxen Wendung die Lösung der fundamentalen gesellschaftlichen Herausforderungen des Anthropozäns gerade wieder denjenigen bereits bestehenden Institutionen zugewiesen wird, die diese ursprünglich hervorgerufen haben²⁵ – auch dies ein post-politisches Phänomen.

Dass hinter diesem post-politischen Vorgang des Ersetzens einer genuin politischen Auseinandersetzung durch expertengeleitete Handlungsanweisungen eine hochgradig politische Form der Zementierung von Klassenverhältnissen gesehen werden kann, zeigt Larry Lohmann (2014) in einem kurzen Essay über das Bild der Apokalypse in den Warnungen vor gravierenden Umweltfolgen menschlichen Handelns. Andreas Malm (2015) weist darauf hin, dass gerade die unterschiedslose Zuweisung der Schuld am Klimawandel an die ganze Menschheit verschleiert, wie unterschiedlich die Situationen verschiedener Bevölkerungsgruppen hinsichtlich der Verursachung und der Betroffenheit sind und dass diese Verdeckung der Unterschiede es ermöglicht, die ökologische Situation zu kritisieren, ohne gleichzeitig den Kapitalismus in Frage zu stellen.

Diesem Prozess des Verschwindenlassens politischer Auseinandersetzung kann nur durch aktive Re-Politisierung des Themenfeldes begegnet werden. Dazu hilft es, bei der Diagnose der Situation und bei der Formulierung von Lösungsvorschlägen an die Lebensrealität konkreter, einzelner Menschen anzuknüpfen. Angesichts der Diagnose, dass Arme in geringerem Maß auf sich verschlechternde Umweltbedingungen reagieren können, besteht der vordringlichste Schritt darin, eine gerechtere – das heißt: gleichere – Verteilung von Wohlstand herbeizuführen, und zwar national wie international.

Anmerkungen

¹ Steffen (2015). Mehrere der Autoren, so Rockström und Steffen selbst, haben an beiden Arbeiten mitgewirkt.

² Europäische Kommission (2012). Beschluss Nr. 1386/2013/EU des Europäischen Par-

laments und des Rates vom 20. November 2013 über ein allgemeines Umweltaktionsprogramm der Union für die Zeit bis 2020 „Gut leben innerhalb der Belastbarkeitsgrenzen unseres Planeten“.

- ³ Wesentlich etwa WBGU (1997).
- ⁴ Auch Crutzen ist einer der Mitautoren von Rockström (2009).
- ⁵ Holling (1973).
- ⁶ Janssen (2007).
- ⁷ *„The planetary boundaries framework defines a safe operating space for humanity based on the intrinsic biophysical processes that regulate the stability of the Earth system.“* Wenn nicht gekennzeichnet, handelt es sich im Fall englischer Originaltexte um meine Übersetzungen.
- ⁸ Rockström et al. (2009).
- ⁹ Gemeint sind vermutlich Bifurkationen bei Veränderung des Kontrollparameters, denn nicht-linear ist ja das ganze System.
- ¹⁰ Brook (2013).
- ¹¹ Cornell (2012) widmet sich systematisch den angesprochenen Fragen unter dem Gesichtspunkt der Systemanalyse.
- ¹² Im Original: *„Nature is bountiful, but it is also fragile and finely balanced. There are thresholds that cannot be crossed without endangering the basic integrity of the system. Today we are close to many of these thresholds; we must be ever mindful of the risk of endangering the survival of life on Earth.“*
- ¹³ So etwa Lovelock et al. (1974): *„This paper examines the hypothesis that the total ensemble of living organisms which constitute the biosphere can act as a single entity to regulate chemical composition, surface pH and possibly also climate. The notion of the biosphere as an active adaptive control system able to maintain the Earth in homeostasis we are calling the ‚Gaia‘ hypothesis [...].“*
- ¹⁴ Im Original: *„the roles of climate and biosphere integrity in the functioning of the Earth system“*; *„the chemical has an unknown disruptive effect on a vital Earth-system process“* oder *„[t]he biosphere [...] also increases the capacity of the Earth system to persist in a given state“* (jeweils meine Hervorhebung).
- ¹⁵ Vgl etwa Kirchhoff (2007) und Trepl (2005), insbesondere im Anhang.
- ¹⁶ Im Original: *„[...] two major factors – technological change and the market mechanism – can prevent the scarcity of appropriable natural resources from constituting a significant drag on long-term economic growth“*; Nordhaus (1992).
- ¹⁷ Im Original: *„[...] that further pressure on the Earth System could destabilize critical biophysical systems and trigger abrupt or irreversible environmental changes that would be deleterious or even catastrophic for human well-being.“* Rockström (2009).
- ¹⁸ Z. B. Reichholf (2008), Trepl (2013).
- ¹⁹ *„The Planetary Boundary framework aims to help guide human societies away from such a trajectory [away from the Holocene to a very different state of the Earth system] by defining a „safe operating space“ in which we can continue to develop and thrive.“* Steffen (2015).
- ²⁰ Vgl. auch Biermann (2012), der darauf hinweist, dass schon die Definition der Planetarischen Grenzen von normativen Annahmen abhängt und dass dies erst recht für ihre Operationalisierung gilt. Ähnlich Görg (2016): *„Was bei der These von den Planetarischen Grenzen nicht zufällig vergessen, sondern systematisch verleugnet wird, das sind die normativen Implikationen von Grenzen: Grenzen sind nicht einfach ‚da‘ oder gar ein Merkmal der Natur. Sie werden definiert [...].“*
- ²¹ Stuart (1991).
- ²² *„The precautionary principle suggests that human societies would be unwise to drive the Earth system substantially away from a Holocene-like condition.“* Steffen (2015).

- ²³ Dies sind Ernährungssicherheit, Einkommen, Wasserversorgung und Abwasserentsorgung, Gesundheit, Bildung, Energie, Gendergerechtigkeit, soziale Gerechtigkeit, Möglichkeit der Meinungsäußerung, Beschäftigung, Widerstandsfähigkeit.
- ²⁴ „The PB framework does not dictate how societies should develop. These are political decisions that must include consideration of the human dimensions, including equity, not incorporated in the PB framework. Nevertheless, by identifying a safe operating space for humanity on Earth, the PB framework can make a valuable contribution to decisionmakers in charting desirable courses for societal development.“
- ²⁵ Löwbrand et al. (2015): „The fundamental challenges to societal organization posed by the Anthropocene are, paradoxically, to be countered by many of the same institutions that have allowed the recent human conquest of the natural world. Among the proposals for ‚Earth stewardship‘ we find international expert institutions, carbon pricing mechanisms, green technologies and international environmental treaties.“

Literatur

- Bass, S., Keep off the grass, in: Nature Reports Climate Change 3 (2009) 113-114.
- Beckerman, W., Economic growth and the environment: Whose growth? Whose environment?, in: World Development 20 (1992) 481-496.
- Beckerman, W., Small is Stupid – Blowing the Whistle on the Greens (London 1995).
- Biermann, Frank, Planetary boundaries and earth system governance: Exploring the links, in: Ecological Economics 81 (2012) 4-9.
- Brewer, P., Consider all consequences, in: Nature Reports Climate Change 3 (2009) 117-118.
- Brook, Barry W.; Ellis, Erle C.; Perring, Michael P.; Mackay, Anson W.; Blomqvist, Linus, Does the terrestrial biosphere have planetary tipping points?, in: Trends in Ecology & Evolution 28/7 (2013) 396-401; doi: 10.1016/j.tree.2013.01.016.
- Carpenter, S. R.; et al., Reconsideration of the planetary boundary for phosphorus. Environ (=Res. Lett. 6/2011); online: <http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/6/1/014009>.
- Cornell, Sarah, On the System Properties of the Planetary Boundaries, in: Ecology and Society 17/1 (xxyz) r2; doi: 10.5751/ES-04731-1701r02.
- Crutzen, Paul; Stoermer, Eugene F., The „Anthropocene“ (= IGBP Newsletter 41, International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP), 2000); online: <http://www.igbp.net/download/18.316f18321323470177580001401/1376383088452/NL41.pdf> (abgerufen am 7.5.2015).
- Crutzen, P., Geology of Mankind, in: Nature 415 (2002) 23.
- Europäische Kommission, Commission Staff Working Paper: Analysis Associated with the Roadmap to a Resource Efficient Europe, Part I (= SEC [2011] 1067 final, Brüssel 2011).
- Europäische Kommission, Vorschlag für einen Beschluss des Europäischen Parlaments und des Rates über ein allgemeines Umweltaktionsprogramm der EU für die Zeit bis 2020 „Gut leben innerhalb der Belastbarkeitsgrenzen unseres Planeten“ (= COM/2012/710 final, Brüssel 2012).
- Görg, Christoph, Planetarische Grenzen, in: Bauriedl, Sybille (Hrsg.), Wörterbuch Klimadebatte (Bielefeld 2016).
- Holling, Crawford S., Resilience and Stability of Ecological Systems, in: Annual Review of Ecology and Systematics 4 (1973).
- Kirchhoff, Thomas, Systemauffassungen und biologische Theorien (= Dissertation an der Technischen Universität München, Freising 2007).
- Leach, Melissa; Raworth, Kate; Rockström, Johan, Between social and planetary boundaries: Navigating pathways in the safe and just space for humanity, in: World Social

- Science Report 2013: Changing Global Environments (UNESCO, New York 2013) 84-89.
- Lenton, Timothy M.; et al., Tipping elements in the Earth's climate system, in: PNAS 105/6 (2008) 1786-1793; doi: 10.1073/pnas.0705414105.
- Lohmann, Larry, Fetishisms of Apocalypse, in: The Occupied Times 26 (2015) 7; online: <http://theoccupiedtimes.org/PDFs/OT26.pdf> (abgerufen am 7.5.2015).
- Lövbrand, Eva; et al., Who speaks for the future of Earth? How critical social science can extend the conversation on the Anthropocene, in: Global Environmental Change 32 (2015) 211-218.
- Lovelock, James E.; Margulis, Lynn, Atmospheric homeostasis by and for the biosphere: the Gaia hypothesis, in: Tellus XXVI, Band 1-2 (1974).
- Malm, Andreas, The Anthropocene Myth, in: Jacobin 3 (2015); online-Ausgabe: www.jacobinmag.com/2015/03/anthropocene-capitalism-climate-change.
- Meadows, Dennis; et al., Die Grenzen des Wachstums. Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit (Stuttgart 1972)
- Nordhaus, W. D., Lethal Model 2: The Limits to Growth Revisited, in: Brookings Papers on Economic Activity 2 (1992) 1-43; online: http://www.brookings.edu/~media/projects/bpea/1992%202/1992b_bpea_nordhaus_stavins_weitzman.pdf.
- Planet under Pressure Conference 2012, Declaration „State of the Planet“; online: http://www.planetunderpressure2012.net/pdf/state_of_planet_declaration.pdf.
- Reichholf, J. H., Stabile Ungleichgewichte: Die Ökologie der Zukunft (Frankfurt am Main 2008).
- Rockström, Johan; et al., Planetary Boundaries:exploring the safe operating space for humanity, in: Ecology and Society 14/2 (2009) 32; online: <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32>.
- Rockström, Johan; et al., A safe operating space for humanity, in: Nature 461 (2009a) 472-475; doi:10.1038/461472a.
- Schlesinger, W. H., Thresholds risk prolonged degradation, in: Nature Reports Climate Change 3 (2009) 112-113.
- Steffen, Will; et al., Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet, Science 347 (2015); doi: 10.1126/science.1259855.
- Stuart, A. J., Mammalian extinctions in the late pleistocene of northern Eurasia and North America, in: Biological Reviews 66 (1991) 453-562.
- Trepl, Ludwig, Allgemeine Ökologie, Band I (Frankfurt am Main 2005).
- Trepl, Ludwig, Die Erde ist kein Lebewesen – Kritik der Gaia-Hypothese (2013); online: <http://www.scilogs.de/landschaft-oekologie/die-erde-ist-kein-lebewesen-beitrag-zur-kritik-der-gaia-hypothese/>.
- UNDESA – UN Division for Sustainable Development, A Guidebook to the Green Economy (New York 2012); online: <http://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/GE%20Guidebook.pdf>.
- WBGU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen), Sondergutachten 1997 „Ziele für den Klimaschutz – Stellungnahme zur dritten Vertragsstaatenkonferenz der Klimarahmenkonvention in Kyoto“ (Berlin 1997).
- WCED (World Commission on Environment and Development, Our Common Future (1987); online: <http://www.un-documents.net/ocf-01.htm>.