

Naturverträgliches Mass und Schweizer Fussabdrücke gestützt auf planetare Belastbarkeitsgrenzen

Eine Studie im Auftrag des Bundesamts für Umwelt (BAFU)

Zusammenfassung



Autoren

Hy Dao
Pascal Peduzzi
Bruno Chatenoux
Andrea De Bono
Stefan Schwarzer
(UNEP/GRID-Geneva und
Universität Genf)
&
Damien Friot
(Shaping Environmental Action)

Genf, Mai 2015

Stichworte

planetare Belastbarkeitsgrenzen, grüne Wirtschaft, nationaler Fussabdrücke, Schweiz

Begleitgruppe

Andreas Hauser (Leitung), Adrian Aeschlimann, Andreas Bachmann, Loa Buchli, Paul Filliger, Peter Gerber, Hans Gujer, Klaus Kammer, Anik Kohli, Nicolas Merky, Silvia Rauch, Ruedi Stähli, Gaston Theis, Markus Wüest (alle Bundesamt für Umwelt BAFU), Anne-Marie Mayerat (Bundesamt für Statistik BFS)

Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei Markus Fischer und Jodok Guntern (Forum Biodiversität Schweiz), sowie Josef Tremp und Martin Pfändler (Bundesamt für Umwelt BAFU), Rolf Frischknecht (Treeze), als auch bei den Teilnehmern des Workshops in Bern (März 2014) für ihre wesentlichen Beiträge.

Vorschlag zur Zitierung

Dao Hy, Friot Damien, Peduzzi Pascal, Chatenoux Bruno, De Bono Andrea, Schwarzer Stefan (2015), Environmental limits and Swiss footprints based on Planetary Boundaries, UNEP/GRID-Geneva & University of Geneva, Geneva, Switzerland.

Beauftragt von: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abteilung Ökonomie und Umweltbeobachtung, CH-3003 Bern. Dieser Bericht wurde im Auftrag des Bundesamts für Umwelt (BAFU) verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

Link zum Herunterladen der Studie

<http://pb.grid.unep.ch>

Kontext

Den Kontext der vorliegenden Studie bildet der Aktionsplan für eine Grüne Wirtschaft, welchen die Schweizer Regierung im Jahr 2013 beschloss. Der Schweizer Bundesrat hat auch in der "Schweizer Position im Rahmen für Nachhaltige Entwicklung Post-2015" (2013, 2014, 2015) die Haltung zum Ausdruck gebracht, dass die Belastbarkeitsgrenzen des Planeten respektiert werden sollten.

Die vorliegende Studie wurde im November 2013 vom Schweizer Bundesamt für Umwelt (BAFU) bei der Global Resource Information Database (UNEP/GRID-Genf) und dem Institut für Umweltwissenschaften (Universität Genf) in Auftrag gegeben. Sie wurde in Zusammenarbeit mit der Nichtregierungsorganisation Shaping Environmental Action erstellt.

Das Konzept der Belastbarkeitsgrenzen des Planeten

Die Belastbarkeitsgrenzen des Planeten (*engl. planetary boundaries*) (Rockström et al., 2009b; Steffen et al., 2015) sind ein Set von neun biophysikalischen Grenzen des globalen Systems Erde, die beachtet werden sollten, um günstige Bedingungen für die weitere Entwicklung des Menschen zu erhalten. Das Überschreiten der vorgeschlagenen Werte würde wahrscheinlich drastische Veränderungen in menschlichen Gesellschaften verursachen, indem einige der ökologischen Grundlagen des aktuellen sozio-ökonomischen Systems gestört werden würden.

Die bekannteste globale Grenze betrifft den Klimawandel; aber auch andere globale Grenzen wurden identifiziert: die Versauerung der Ozeane, der Abbau des stratosphärischen Ozons, Verluste von Stickstoff und Phosphor, atmosphärische Aerosolbelastung, Süsswassernutzung, Landnutzung, Biodiversitätsverlust und Verschmutzung durch Chemikalien.

Verwendung auf der nationalen Ebene

Als Beitrag zur internationalen Diskussion untersucht die vorliegende Forschungsarbeit neue Indikatoren für einige der Belastbarkeitsgrenzen sowie die Möglichkeiten, durch die Übertragung der Planetarischen Belastbarkeitsgrenzen auf den nationalen Kontext der Schweiz nationale Indikatoren zu produzieren. Die Arbeit baut auf eine vergleichbare Pilotstudie für Schweden auf (Nykvist et al., 2013).

Die resultierenden Schwellenwerte für die nationale Ebene sind ein Hinweis auf das in der langen Sicht naturverträgliche Mass der Auswirkungen, die durch den Schweizer Konsum hervorgerufen werden. Dabei gehen wir von einer globalen Perspektive aus und von der Annahme, dass die vergangenen, aktuellen und zukünftigen Generationen auf der Erde definitionsgemäss ähnliche Rechte auf die natürlichen Ressourcen haben. Die daraus resultierenden Schwellenwerte sind deshalb nicht als (politische) Ziele zu verstehen. Die Ergebnisse dieser Studie tragen zu den wissenschaftlichen Erkenntnissen bei, die für die mögliche Festlegung politischer Ziele und Massnahmen benötigt werden.

Vorgehen

Vergleich der Schwellenwerte mit Fussabdrücken, für die Welt und für die Schweiz

Ein Drei-Stufen-Ansatz wurde verwendet, um

a) die Planetarischen Belastbarkeitsgrenzen besser zu charakterisieren, und um zu verstehen, welche Belastbarkeitsgrenzen derzeit effektiv quantifiziert werden können,

- b) globale und nationale Schwellenwerte sowie Fussabdrücke zu berechnen, und
- c) Prioritäten für Massnahmen vorzuschlagen (Abbildung 1):

a) Vorbereitende Analyse	1. Identifikation der Planetarischen Grenzen die als global anerkannt werden
	2. Auswahl der Indikatoren
b) Berechnung	3. Grenzen (Global & National)
	4. Fussabdrücke (Global & National)
	5. Performance (Global & National)
c) Prioritäre Bewertung	6. Prioritäre Bereiche

Abbildung 1: Überblick über das allgemeine Vorgehen

Der errechnete globale Schwellenwert für jede Planetarische Belastbarkeitsgrenze wird auf die nationale Ebene übertragen. Globale und nationale Schwellenwerte werden dann mit der Grösse der aktuellen globalen und nationalen Fussabdrücke verglichen. Fussabdrücke – auch als konsum- oder nachfragebezogene Indikatoren bekannt – bieten eine ergänzende Sichtweise zu den klassischen territorialen Indikatoren. Territoriale Indikatoren berücksichtigen Emissionen oder Auswirkungen, die auf dem Territorium eines Landes auftreten, z.B. die inländischen Treibhausgasemissionen die im Rahmen des Kyoto-Protokolls ausgewiesen werden. Fussabdrücke dagegen aggregieren Umweltauswirkungen und/oder Ressourcennutzungen unter dem Blickwinkel des gesamten Lebenszyklusses entlang globaler Produktions- und Konsumketten. Sie erlauben die Quantifizierung der Umweltauswirkungen, welche durch den Verbrauch der Bewohner eines Landes hervorgerufen werden, wo immer diese Auswirkungen auf der Erde erfolgen (Abbildung 2).

		Konsum von Gütern und Dienstleistungen		Territoriale Perspektive
		Schweiz	Rest der Welt	
Produktion von Gütern und Dienstleistungen	Schweiz	Auswirkungen* die in der Schweiz hervorgerufen werden für Schweizer Konsumenten	Auswirkungen* die in der Schweiz hervorgerufen werden für ausländische Konsumenten (Exporte)	Territoriale Perspektive
	Rest der Welt	Auswirkungen* die im Ausland durch Schweizer Konsumenten hervorgerufen werden (Importe)	Auswirkungen* die im Ausland durch ausländische Konsumente hervorgerufen werden	
		Fussabdruck Perspektive		

* Umweltauswirkungen durch Produktion, Nutzung und Entsorgung

Abbildung 2. Schweizer Umweltauswirkungen: territoriale und Fussabdruck-Perspektiven

Eine Fussabdruck-Perspektive gewinnt in unserer verzahnten, globalen Wirtschaft immer mehr an Bedeutung (Friot, 2009), denn ein steigender Teil der Umwelt- Auswirkungen wird ausserhalb jener Länder erzeugt, deren Konsumbedürfnisse mit den nachgefragten Produkten erfüllt werden. Dies ist insbesondere für kleine, offene und dienstleistungsorientierte Volkswirtschaften wie die Schweiz der Fall, die mehr als die Hälfte der auftretenden Umweltauswirkungen im Ausland verursacht (Jungbluth et al, 2011; Frischknecht et al, 2014).

Übertragen der globalen Schwellenwerte auf die nationale Ebene

Globale Schwellenwerte

Bevor die Schwellenwerte für die nationale Ebene berechnet werden, werden globale Schwellenwerte zunächst für jede Planetarische Belastbarkeitsgrenze quantifiziert. Zwei Arten von Indikatoren werden in der Studie berücksichtigt:

- *Jährliche Budgets*, die Jahr für Jahr zur Verfügung stehen (z.B. Land für die Landwirtschaft und Urbanisierung): Der globale Schwellenwert ist jedes Jahr gleich hoch, aber der globale Schwellenwert *pro Kopf* entwickelt sich jedes Jahr entsprechend der Weltbevölkerung.
- *Budgets über bestimmte Zeiträume*: Diese stehen innerhalb eines bestimmten Zeitraums einmalig zur Verfügung (z.B. Kohlenstoff-Emissionen bis zum Jahr 2100): Das globale Budget wird durch die Summe der jährlichen Bevölkerung im Betrachtungszeitraum geteilt. Der globale Pro-Kopf-Schwellenwert ist dadurch jedes Jahr identisch gesetzt. Umgekehrt variiert der globale Schwellenwert jedes Jahr entsprechend der Weltbevölkerung.

In beiden Fällen entsprechen die berechneten globalen Pro-Kopf-Werte einem „Equal Share“-Prinzip: Es wird unterstellt, dass jedem Menschen auf der Erde grundsätzlich die gleiche Menge einer bestimmten natürlichen Ressource zusteht, also der gleiche Anteil pro Kopf.

Schwellenwerte auf nationaler Ebene

Um die Schwellenwerte auf nationaler Ebene zu berechnen, wird ein so genannter "hybrider" Ansatz angewendet: Die Ressourcen werden zuerst den Ländern zugeordnet und dann den Menschen in diesen Ländern, also den Endnutznießern. Der „hybride“ Ansatz trägt der wichtigen Rolle der Länder bei der indirekten Zuweisung von Ressourcen Rechnung.

Der Anteil pro Land wird aufgrund des Anteils der Bevölkerung des Landes relativ zur Weltbevölkerung zu einem Stichtag festgelegt. Der Anteil der zur Verfügung stehenden Ressourcen pro Land ist von diesem Datum an fest. Wenn – aufgrund von Wissen, Rechten oder Pflichten in der Vergangenheit, – gerechtfertigt, wird ein Stichtag in der Vergangenheit ausgewählt (z.B. 1990 für Klimaveränderungen).

Für Budgets über bestimmte Zeiträume wird zuerst das vom Land bereits seit dem Stichtag verwendete Budget abgezogen. Dann werden die nationalen Pro-Kopf-Budgets durch Teilung der nationalen Schwellenwerte durch die Bevölkerung (jährlich oder im Laufe der Zeit) im Bezugszeitraum berechnet.

Da die nationalen Schwellenwerte zu einem bestimmten Stichtag festgesetzt werden, entwickeln sich die nationalen Pro-Kopf-Budgets in den Folgejahren für jedes Land unterschiedlich, je nach nationaler Demografie. Die nationalen Pro-Kopf-Budgets unterscheiden sich somit von den globalen Pro-Kopf-Budgets.

Die Berechnung der Fussabdruck-Indikatoren

Globale Fussabdrücke werden, ähnlich wie die globalen Schwellenwerte, auf der Basis von Geodaten und Zahlen aus der Literatur berechnet. Die Schweizer Fussabdrücke, die in dieser Studie berechnet werden, basieren auf Daten des BAFU, welche zum einen aufgrund offizieller Emissionsdaten für die territorialen Emissionen und zum anderen auf modellierte Umweltdaten für Importe und Exporte abgeschätzt wurden. Anschliessend werden Ökobilanzierungs-Ansätze (Life Cycle Assessment) verwendet, um dieses Inventar in Werte zu konvertieren, die mit den berechneten Schwellenwerten kompatibel sind.

Globale und nationale Performance

Um die Naturverträglichkeit der Fussabdrücke beurteilen zu können, wurden vier Performance-Kategorien gebildet. Zu diesem Zweck wurde zuerst für jede Planetarische Belastbarkeitsgrenze das Verhältnis des Fussabdruckes zum Schwellenwert berechnet (jeweils sowohl global als auch für die Schweiz). Danach wurde, unter Berücksichtigung der Unsicherheiten und des Trends des Fussabdruckes, die Werte in einer der vier folgenden Kategorien unterteilt:



Abbildung 3. Performance-Kategorien

Die fünf untersuchten Planetarische Belastbarkeitsgrenzen

Fünf Planetarische Belastbarkeitsgrenzen werden in dieser Studie untersucht: Klimawandel, die Versauerung der Ozeane, Verluste von Stickstoff und Phosphor (mit zwei Indikatoren), Landnutzung und Biodiversitätsverlust. Die Schwellenwerte werden nicht berechnet für: stratosphärischen Ozonabbau (da die Verwendung der verursachenden Substanzen ausläuft), atmosphärische Aerosolbelastung und chemische Verschmutzung (Begründungen fehlen zur Etablierung eines potenziellen Schwellenwertes), und für Süswassernutzung (von den konsultierten Experten als regionales Problem mit nur regionalen Schwellenwerten angesehen).

Klimawandel

Diese Planetarische Belastbarkeitsgrenze ist definiert um regionale Veränderungen auf globaler Ebene zu vermeiden, wie zum Beispiel: Klimastörungen; Reduzierung von Gletscher-Massen und damit zusammenhängende Beeinträchtigungen der Wasserversorgung; vollständiger Verlust des arktischen Meereises und Schwächung der Kohlenstoffsinken; wachsende Folgen von Extremereignissen; Änderungen der Temperatur- und Niederschlagsmuster; Auswirkungen auf Biodiversität und Landwirtschaft, sowie der Anstieg des Meeresspiegels und entsprechende Küstenerosion.

Klimawandel ist ein globales Problem, da die Treibhausgasemissionen sich in der Atmosphäre unabhängig von ihrem Herkunftsort kumulieren. Die globale Belastbarkeitsgrenze für Klimawandel wird so definiert, dass *die verbleibenden Treibhausgasemissionen (einschliesslich Emissionen durch Landnutzungsänderungen) mit einer 50%-Chance unter einem 2°C-Anstieg bis zum Jahr 2100 im Vergleich zu vorindustriellen Niveau zu bleiben* verbunden sind.

Versauerung der Ozeane

Diese Planetarische Belastbarkeitsgrenze ist festgesetzt um "die Umwandlung von Korallenriffen zu Algen-dominierten Systemen, den regionalen Verlust von Meereslebewesen, welche Aragonit und Kalzit mit hohem Magnesiumanteil bilden" (Rockström et al, 2009a), sowie um negative Auswirkungen auf marine Kohlenstoffsinken zu vermeiden.

Ursache für die Versauerung der Ozeane sind CO₂-Emissionen, welche auch die Hauptursache der Klimaerwärmung darstellen. Die Versauerung der Ozeane ist ein globales Problem, da sich die CO₂-Emissionen in den Ozeanen unabhängig von ihrem Herkunftsort kumulieren. Die Auswirkungen sind ebenfalls global, wenn auch mit regionalen Unterschieden.

Das globale Limit für die Versauerung der Ozeane ist durch einen Indikator fest gesetzt, der die verbleibenden kumulativen Kohlendioxid- (CO₂) Emissionen von *menschlichen Aktivitäten, um einen akzeptablen Calciumcarbonat-Sättigungszustand Ω zu halten, beschreibt*.

Verluste von Stickstoff und Phosphor

Das Ziel der Planetarischen Belastbarkeitsgrenze „Stickstoffverluste“ ist es, die Auswirkungen von reaktiven Stickstoffverlusten in die Umwelt zu verringern. Diese führen zu Eutrophierung („Überdüngung“) und Versauerung der Land-, Süsswasser- und Küstenökosysteme und einem Verlust der biologischen Vielfalt und tragen zum Klimawandel und zur Bildung von hohen Ozonkonzentrationen in der unteren Atmosphäre bei.

Die Planetarische Belastbarkeitsgrenze „Phosphorverluste“ wird gemäss Rockström et al. (2009) enger definiert. Ziel ist es, ein grosses anoxisches Ereignis in den Ozeanen, mit entsprechenden Auswirkungen auf die Meeresökosysteme, zu vermeiden. Der Zufluss von Phosphor (P) in die Ozeane wurde als Schlüsselfaktor hinter globalen anoxischen Ozean-Ereignissen vorgeschlagen, welche möglicherweise vergangene Massensterben von Meereslebewesen erklären (Handoh & Lenton 2003).

Stickstoff und Phosphor sind in der Regel eher als regionale denn als globale Probleme anzusehen, da Auswirkungen auf lokaler oder regionaler Ebene erfolgen. Eine globale Perspektive kann jedoch eingenommen werden, wenn Stickstoffverluste und Phosphorverluste in der Umwelt das ganze Erdsystem betreffen. Aufgrund der räumlichen Variabilität der Auswirkungen ist die Existenz eines globalen Schwellenwertes jedoch schwierig nachzuweisen (Rockström et al, 2009b; De Vries et al, 2013).

Der Planetarische Belastbarkeitsgrenze für Verluste von Stickstoff und Phosphor wird somit konzeptionell als eine Aggregation der regionalen Belastbarkeitsgrenzen konzipiert. Der globale Schwellenwert für Stickstoff wird mit einem Indikator definiert, der die *landwirtschaftlichen N-Verluste aus Hofdünger und Kunstdünger* ausgedrückt. Der globale Schwellenwert für Phosphorverluste wird mit einem Indikator beschrieben, der *den Konsum von P-Düngern* ausdrückt.

Landnutzung

Das Ziel der Planetarischen Belastbarkeitsgrenze der Landnutzung ist es, irreversible und grossflächige Umwandlungen von Biomen (wie tropischen Wäldern) hin zu unerwünschten Zuständen zu vermeiden, indem die Expansion der anthropogen stark veränderten Landzonen begrenzt wird. Solche Gebiete (also insbesondere landwirtschaftlich genutztes sowie baulich versiegeltes Land) wirkt auf der globalen Ebene als eine langsame Variable, die mehrere Umweltaspekte wie Boden, Landschaft, Wasser, Biodiversität und Klima beeinflusst.

Landnutzung wird in der Regel als ein regionales Thema und weniger als globales Problem, betrachtet, da sich Änderungen auf lokaler oder regionaler Ebene auswirken. Eine globale Perspektive kann aber eingenommen werden, wenn man bedenkt, wie Landnutzungsänderungen das globale System Erde beeinflussen, insbesondere über Auswirkungen auf die Klimaänderung (UNEP, 2012) sowie die globale Biodiversität.

Die globale Belastbarkeitsgrenze für Landnutzung wird mit einem Indikator bezüglich der *Oberfläche der anthropogen stark veränderten Landfläche* ausgedrückt, *d.h. des landwirtschaftlich genutzten und versiegelten Landes, in Prozent des eisfreien Landes (Gewässer ausgenommen)*.

Biodiversitätsverlust

Das Ziel der Planetarischen Belastbarkeitsgrenze Biodiversitätsverlust ist es, einen Verlust an Biodiversität zu vermeiden, der zu irreversiblen und grossflächigen unerwünschten Zuständen von Ökosystemen führen würde. Biodiversität wirkt als eine langsame Variable, die sich auf die Widerstandsfähigkeit der Ökosysteme und damit auf die von ihnen erbrachten Ökosystemleistungen wie zum Beispiel Kohlenstoffspeicherung, Bestäubung oder Bereitstellung von sauberem Wasser auswirkt.

Veränderungen der Biodiversität werden oft eher als eine regionale als eine globale Angelegenheit angesehen, da diese auf lokaler oder regionaler Ebene erfolgen. Eine globale Perspektive kann jedoch eingenommen werden, da die Biodiversität für das Funktionieren der Ökosysteme und das menschliche Wohlbefinden unerlässlich ist (Cardinale et al., 2012; Hooper et al., 2005; Estes et al., 2011).

Der globale Schwellenwert für Biodiversitätsverlust wird durch einen Indikator beschrieben, der *die potenzielle Schädigung der Biodiversität pro Landbedeckungstyp ausdrückt*. Dabei wird berücksichtigt, dass *verschiedene Biome eine unterschiedliche hohe Biodiversität aufweisen*.

Die wichtigsten Ergebnisse

Globale Schwellenwerte und aktuelle Fussabdrücke

In einer *globalen* Perspektive zeigen drei der sechs berechneten Indikatoren eine eindeutige Überschreitung des naturverträglichen Masses, entweder weil das Ausmass der Überschreitung („overshoot“) hoch ist (Klimawandel und Versauerung der Ozeane) oder wegen einer Überschreitung in Verbindung mit einem sich rapide verschlechternden Trend (Biodiversitätsverlust). Eine Performance wird als „problematisch“ qualifiziert, weil der Schwellenwert überschritten wird, die Entwicklung aber langsam verläuft (Stickstoffverluste). Zwei Performances werden auf globaler Ebene als „nicht überschritten“ beurteilt (Landnutzung und Phosphorverluste).

Für vier Planetarische Belastbarkeitsgrenzen wurde die Performance nicht beurteilt. Einerseits ist weitere Forschung notwendig, um diese Performances zu identifizieren, andererseits gibt es keine Hinweise in der Literatur, dass diese Belastbarkeitsgrenzen derzeit überschritten werden.

Daraus schliessen wir, dass die *globalen* Schwellenwerte für vier von neun Planetarische Belastbarkeitsgrenzen überschritten werden, mit einer eindeutigen Überschreitung des naturverträglichen Masses für drei von ihnen (Klimawandel, Versauerung der Ozeane und Verlust der Biodiversität), wie in Tabelle 1 gezeigt:

Performance	Planetarische Belastbarkeitsgrenze	Einheit	Schwellenwert	Derzeitiger Fussabdruck	Verlässlichkeit	Trend
Eindeutig kritisch						
[Red]	Klimaveränderung	GtCO ₂ eq	12.3	50.8	hoch	schnell verschlechternd
	Versauerung der Ozeane	GtCO ₂	7.6	38.6	hoch	schnell verschlechternd
	Biodiversitätsverlust	-	0.16	0.2	gering	schnell verschlechternd
Kritisch						
[Pink]	Stickstoffverluste	Tg	47.6	55.6	gering	langsame Entwicklung
Unkritisch						
[Green]	Landnutzung	km ²	19 362 000	16 669 000	mittel	langsame Entwicklung
	Phosphorverluste	Tg	38.5	31	gering	langsame Entwicklung

Tabelle 1 Übersichtstabelle der globalen Performance, Schwellenwerte und Fussabdrücke.

Ein Vergleich mit Rockström et al. (2009) sowie Steffen et al. (2015) kann den Eindruck erwecken, dass die vorliegende Studie teilweise zu anderen Beurteilungen kommt. Die vorliegende Studie steht aber nicht im Widerspruch zu diesen Forschungen. Denn während die vorgenannten Untersuchungen prüften, welche Belastbarkeitsgrenzen bereits heute überschritten werden, beurteilt die vorliegende Studie, ob die jeweiligen *Fussabdrücke* ein naturverträgliches Mass einhalten oder überschreiten, das heisst, ob unser Ressourcenverbrauch mittelfristig vereinbar ist mit dem Einhalten der Belastbarkeitsgrenzen.

Schwellenwerte und aktuelle Fussabdrücke Schweiz

Für drei Planetarische Belastbarkeitsgrenzen (Klimaveränderung, Versauerung der Ozeane und Biodiversitätsverlust) ergibt sich für die Schweiz ein sehr ähnliches Bild wie auf der globalen Ebene, für zwei zeigt sich ein schlechteres Bild und eine weitere ist unbekannt: Die Performance ist schlechter für Stickstoffverluste (Fussabdruck weit über dem naturverträglichen Mass), d.h. eine eindeutige Überschreitung, wie auch für Landnutzung, da sich dieser Fussabdruck rasch verschlechtert (Tabelle 2):

Performance	Planetarische Belastbarkeitsgrenze	Einheit	Schwellenwert	Derzeitiger Fussabdruck	Verlässlichkeit	Trend
Eindeutig kritisch						
[Red]	Klimaveränderung	MtCO ₂ eq	4.8	109	hoch	schnell verschlechternd
	Versauerung der Ozeane	MtCO ₂	5.7	82.8	hoch	schnell verschlechternd
	Biodiversitätsverlust	-	0.16	0.3	gering	schnell verschlechternd
	Stickstoffverluste	Kt	53.8	108.6	gering	langsame Entwicklung
Kritisch						
[Pink]	Landnutzung	km ²	21 900	17 600	mittel	schnell verschlechternd
Fehlende Daten						
[White]	Phosphorverluste	kt	43.6	keine Daten	gering	langsame Entwicklung

Tabelle 2: Übersichtstabelle der Schweizer Performance, Schwellenwerte und Fussabdrücke.

Ausblick mit Business As Usual-Szenarien

Abbildung 4 zeigt die Entwicklung der globalen und der schweizerischen Pro-Kopf-Schwellenwerte für jene Planetarische Belastbarkeitsgrenzen, die als jährliche Budgets betrachtet werden (Stickstoff- und Phosphor-Verluste, Landnutzung und

Biodiversitätsverlust). Die Entwicklung berücksichtigt die Prognosen für die zukünftige inländische und globale Bevölkerung.

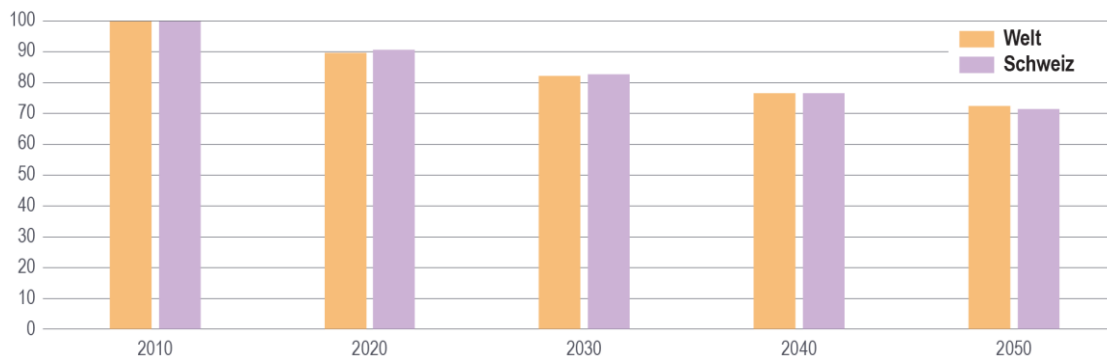


Abbildung 4: Entwicklung der globalen und Schweizer Pro-Kopf-Grenzen basierend auf demografischen Prognosen für 2010-2050 (Index 100 = 2010).

Für diese Planetarische Belastungsgrenzen entwickeln sich die globalen und schweizerischen Pro-Kopf-Grenzen ähnlich, was zu einer Verringerung der Schwellenwerte pro Kopf von rund 10% im Jahr 2020, 18% im Jahr 2030 und 29% im Jahr 2050 führt. Da die jährlichen Schwellenwerte jedes Jahr ähnlich sind, erfordert die Aufrechterhaltung der Performances somit eine Reduzierung der Pro-Kopf-Fussabdrücke über diesen Zeitraum. Die erforderliche Reduzierung ist zum Beispiel 10% im Jahr 2020 im Vergleich zu 2010. Unter der Annahme eines Business-as-Usual Szenarios, d.h. eines konstanten Pro-Kopf-Fussabdruckes, würde der Schwellenwert aufgrund des Bevölkerungswachstums für alle Planetarische Belastbarkeitsgrenzen vor Ablauf von 20 Jahre erreicht werden.

Für Planetarische Belastbarkeitsgrenzen mit Indikatoren, die als Budgets über die Zeit betrachtet werden, ist die Entwicklung der künftigen Bevölkerung bereits berücksichtigt. Unter der Annahme eines Business-as-Usual Szenarios, d.h. eines konstanten Pro-Kopf-Fussabdruckes, wird der Schwellenwert für den Klimawandel in 4,8 Jahren (Schweiz) bzw. 26 Jahren (weltweit) erreicht werden. Um ein naturverträgliches Mass zu erreichen, wäre für die Schweiz eine laufende jährliche Reduzierung von 17,5% nötig. Für die Versauerung der Ozeane wird der Schwellenwert in 6 Jahren (Schweiz) und 20 Jahre (weltweit) erreicht werden. Um ein naturverträgliches Mass zu erreichen, wäre für die Schweiz eine laufende jährliche Reduzierung von 15% nötig.

Möglicher Nutzen der Schwellenwerte und Fussabdruck-Indikatoren

Für die in diesem Projekt vorgeschlagenen Schwellenwerte und Fussabdruck-Indikatoren empfehlen wir drei Verwendungsmöglichkeiten:

- a) Sensibilisierung,
- b) Identifikation von prioritären Planetarischen Belastbarkeitsgrenzen,
- c) Identifikation von starken Überschreitungen des naturverträglichen Masses und Analyse langfristiger Trends der aggregierten Werte, d.h. relative Unterschiede über Zeiträume von 5-10 Jahren.

Die erzeugten Indikatoren und Werte sind *nicht* ausreichend, um

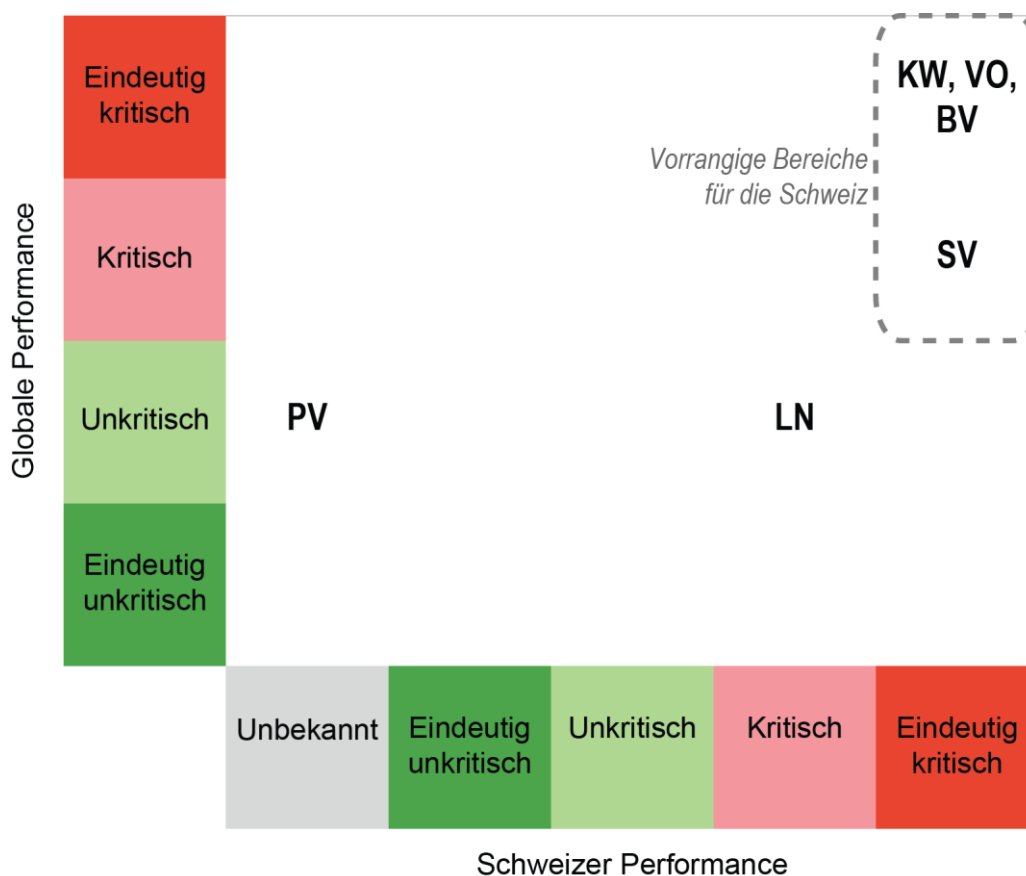
- d) genaue Werte zu überwachen,
- e) geringfügige Überschreitungen des naturverträglichen Masses zu erkennen, und kleine Veränderungen (z.B. 10%) über kurze Zeiträume (z.B. jährliche Veränderungen) zu identifizieren.

Sie sind beispielsweise nicht angemessen um operationale Zielwerte für die Einfuhr von

Palmöl zu setzen. Für solche Zwecke müssten weiter aufgeschlüsselte Daten und Modelle, ein engerer Fokus auf bestimmte Produkte, und die Konzentration auf treibende Kräfte („driving forces“) verwendet werden.

Empfehlungen

Aufgrund der vorstehenden Beurteilung kann empfohlen werden, dass **Klimawandel, Versauerung der Ozeane, Biodiversitätsverlust und Stickstoffverluste** aus globaler Umweltsicht mit höchster Priorität behandelt werden (Abbildung 5): Bei diesen kritischen bzw. eindeutig kritischen Planetarischen Belastbarkeitsgrenzen besteht auf globaler Ebene eindeutiger Handlungsbedarf. Die gegenwärtigen Fussabdrücke sind über einem ökologisch nachhaltigen Niveau, sowohl global als auch für die Schweiz. Internationale Diskussionen und wissenschaftliche Entwicklungen in diesen Fragen sollten weiter gefördert werden. Nationale Massnahmen sollten ergriffen bzw. intensiviert werden, um die Schweizer Fussabdrücke zu reduzieren.



BV: Biodiversitätsverlust, **KW:** Klimawandel, **LN:** Landnutzung, **SV:** Stickstoffverluste, **VO:** Versauerung der Ozeane, **PV:** Phosphorverluste (unbekannt Schweizer Performance wegen fehlende Daten).

Für die vier anderen Planetarische Grenzen – stratosphärischer Ozonabbau, atmosphärische Aerosolbelastung, Süsswassernutzung und chemische Verschmutzung – liegt uns keine Evidenz für eine Überschreitung der Belastungsgrenzen auf *globaler* Ebene vor; ihre globalen Performances werden als in der grünen Zone liegend angesehen. Die Schweizer Performances wurden nicht untersucht.

Abbildung 5. Priorität Planetarische Grenzen, basierend auf globalen und schweizerischen Performances

Landnutzung und Phosphorverluste: Diese Planetarischen Belastbarkeitsgrenzen, für die die Performances der Schweiz (möglicherweise für Phosphor) problematisch sind, jedoch auf globaler Ebene keine Überschreitung festgestellt wurde, sollten besser verstanden werden, um mögliche Risiken einer zukünftigen globalen Überlastung zu identifizieren. Die

vorliegende Studie zeigt eine langsame Entwicklung auf globaler Ebene: Das Konzept der Planetarischen Belastbarkeitsgrenzen bietet keine Begründung für eine kurzfristige Senkung der nationalen Fussabdrücke. Jedoch zeigt die Studie, dass die Schweiz sich schnell ihren nationalen Schwellenwerten nähert. Wenn angenommen wird, dass nationale Schwellenwerte in allen Ländern eingehalten werden sollten, müsste die Schweiz Massnahmen zur Senkung ergreifen.

Atmosphärische Aerosolbelastung, Nutzung von Süsswasser und chemische Verschmutzung: Dies sind Planetarische Belastbarkeitsgrenzen, für die ein Schwellenwert für die Fussabdrücke nicht identifiziert werden konnte, die aber auf die Forschungsagenda gesetzt werden sollten.

Eine neue Perspektive für Umweltberichte und Strategien

Die vorliegende Studie bestätigt die bereits erkannte Bedeutung, in Fragen des Klimawandels und des Biodiversitätsverlusts zu handeln. Sie fügt die Versauerung der Ozeane und die Verluste von Stickstoff der Liste der globalen Schlüsselthemen hinzu.

Der angewendete Ansatz kombiniert Planetarische Belastbarkeitsgrenzen mit der Errechnung von Fussabdrücken des Konsums. Das Interesse an diesem Ansatz als *ergänzende* Sichtweise auf bestehende Analysen liegt in folgenden Punkten:

- a) einer Multi-Kriterien-Analyse, welche über den aktuellen Fokus auf den Klimawandel hinaus geht;
- b) globalen Prioritäten, welche auf verschiedenen Handlungsebenen angewendet werden können, z.B. Länder, subnational oder Städte, sowie auf das Niveau von Unternehmen, Produkten oder Technologien;
- c) absoluten Schwellenwerte, mit denen die Performances gemessen werden können.

Schliesslich ist hervorzuheben, dass der vorliegende Bericht sich nur auf globale Umweltprozesse konzentriert. Die regionale Natur anderer Umweltprobleme schliesst nicht aus, dass dennoch Massnahmen in einer globalen Politikperspektive notwendig sind: Regionale Schadstoffe können über weite Strecken reisen oder (aufgrund von Handel) transportiert werden und grenzüberschreitend sein und aus solchen Gründen ein globales Thema sein.

Für einige dieser regionalen Umweltthemen gibt es deshalb internationale Protokolle wie das Übereinkommen vom 13. November 1979 über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigungen. Darüber hinaus können Themen, die in der vorliegenden Analyse nicht als erste Priorität eingestuft werden, eine hohe Priorität aus anderen Gründen einnehmen, wie z.B. Phosphor als ein entscheidender Faktor für das Agrar-Industrie-System, oder z.B. Quecksilber für die lokale Gesundheit.

Die Studie öffnet den Weg, auf der Grundlage der Anerkennung globaler ökologischer Belastbarkeitsgrenzen, die entsprechenden Schwellenwerte sowie die Fussabdrücke der Nationen zu quantifizieren. Diese Perspektive hat das Potenzial, die Art, wie wir Umweltbeurteilungen ausführen und Umweltpolitik gestalten sowohl auf globaler als auch auf nationaler Ebene zu verändern.

Bibliografie

- Cardinale B. J., Duffy J. E., Gonzalez A., Hooper D. U., Perrings C., Venail P., Narwani A., Mace G. M., Tilman D., Wardle D. A., Kinzig A. P., Daily G. C., Loreau M., Grace J. B., Larigauderie A., Srivastava D. S. & Naeem S. (2012) Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature* **486**: 59–67
- Estes J. A., Terborgh J., Brashares J. S., Power M. E., Berger J., Bond W. J., Carpenter S. R., Essington T. E., Holt R. D., Jackson J. B. C., Marquis R. J., Oksanen L., Oksanen T., Paine R. T., Pickett E. K., Ripple W. J., Sandin S. A., Scheffer M., Schoener T. W., Shurin J. B., et al. (2011) Trophic Downgrading of Planet Earth. *Science* **333**: 301–306
- Friot D. (2009) *Environmental Accounting and globalisation. Which models to tackle new challenges? Applying Economics-Environment-Impacts models to evaluate environmental impacts induced by Europe in China, and EU carbon tariffs* [WWW document]. Paris: Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris URL <https://pastel.archives-ouvertes.fr/pastel-00527496>
- Handoh I. C. & Lenton T. M. (2003) Periodic mid-Cretaceous oceanic anoxic events linked by oscillations of the phosphorus and oxygen biogeochemical cycles. *Global Biogeochemical Cycles* **17**: 1092
- Hooper D. U., Chapin F. S., Ewel J. J., Hector A., Inchausti P., Lavorel S., Lawton J. H., Lodge D. M., Loreau M., Naeem S., Schmid B., Setälä H., Symstad A. J., Vandermeer J. & Wardle D. A. (2005) Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecological Monographs* **75**: 3–35
- Nykvist B., Persson Å., Moberg F., Persson L., Cornell S. & Rockström J. (2013) *National Environmental Performance on Planetary Boundaries. A study for the Swedish Environmental Protection Agency* [WWW document]. URL <http://www.naturvardsverket.se/Om-Naturvardsverket/Publikationer/ISBN/6500/978-91-620-6576-8/>
- Rockström J., Steffen W., Noone K., Persson Å., Chapin F. S. III, Lambin E., Lenton T. M., Scheffer M., Folke C., Schellnhuber H. J., Nykvist B., Wit C. A. de, Hughes T., Leeuw S. van der, Rodhe H., Sörlin S., Snyder P. K., Costanza R., Svedin U., Falkenmark M., et al. (2009a) Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society* **14**: article 32
- Rockström J., Steffen W., Noone K., Persson Å., Chapin 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., et al. (2009b) A safe operating space for humanity. *Nature* **461**: 472–475
- Steffen W., Richardson K., Rockström J., Cornell S. E., Fetzer I., Bennett E. M., Biggs R., Carpenter S. R., de Vries W., de Wit C. A., Folke C., Gerten D., Heinke J., Mace G. M., Persson L. M., Ramanathan V., Reyers B. & Sörlin S. (2015) Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. *Science* **347**: 1259855
- De Vries W., Kros J., Kroeze C. & Seitzinger S. P. (2013) Assessing planetary and regional nitrogen boundaries related to food security and adverse environmental impacts. *Current Opinion in Environmental Sustainability* **5**: 392–402