



# "DIE ERDE WIE EINE STIFTUNG BEHANDELN" – RESSOURCENSCHUTZ UND ROHSTOFFEFFIZIENZ IM ANTHROPOZÄN

**Reinhold Leinfelder, Berlin**

## 1. Einleitung

Der Eingriff des Menschen in die Umwelt hat Ausmaße erreicht, die schwer vorstellbar sind – Quantitative Abschätzungen dazu eröffnen die Dimension: so hat der Mensch bislang mehr als drei Viertel der eisfreien festen Erde umgestaltet – eine "Urnatur" ist hier nicht mehr vorhanden [Ellis & Ramankutty 2008, Ellis *et al.* 2010, Ellis 2011]. Die Unterscheidungen zwischen Natur und Kultur funktioniert nicht mehr. Heutige Naturlandschaften sind überwiegend auch Kulturlandschaften. Ähnlich sieht es in den Meeren aus, in denen die Überfischung gewaltige Ausmaße erreicht und auch Meereseerwärmung, Versauerung, Überdüngung sowie andere Schadstoffe Korallenriffe und Plankton gefährden. Eine ganz besondere Rolle spielt auch das Ausmaß der Nutzung nicht nachwachsender Ressourcen – so verwendet der Mensch nicht nur fossile Energieträger, deren Verbrennung den anthropogenen Klimawandel bedingen, sondern auch Unmengen anderer Rohstoffe, wie Sand, Kalk, Eisenerze oder seltene Erden, um daraus Gebäude, Infrastrukturen, Geräte und Maschinen zu produzieren, deren Erstellung und Betrieb dann wiederum Energie benötigt. Eine aktuelle wissenschaftliche Abschätzung besagt, dass die Menschheit bislang die unvorstellbare Menge von 30 Billionen Tonnen an Technosphäre hergestellt hat, 40% dieser Technosphäre befinden sich in und unter den Städten dieser Welt [Zalasiewicz *et al.* 2017a]. Andere technische Produkte, wie insbesondere Kunststoffe verteilen sich über die ganze Erde. So hat der Mensch insgesamt etwa 8,3 Milliarden Tonnen Kunststoffe erstellt [Geyer *et al.* 2017]. Während die Vorkriegsproduktion minimal war und 1950 erst etwa 1,5 Millionen Tonnen produziert wurden, stieg die jährliche Produktion auf nunmehr über 320 Millionen Tonnen, was schon fast der Biomasse aller lebenden Menschen entspricht [Zalasiewicz *et al.* 2016, Leinfelder & Ivar do Sul, *im Druck*]. 2,5 Milliarden Tonnen des insgesamt produzierten Plastiks sind immerhin derzeit noch in Gebrauch, weltweit betrachtet wird allerdings nur ein sehr kleiner Teil recycelt oder verbrannt, während etwa 4,9 Milliarden Tonnen, also ca. 60% allen bislang produzierten Plastiks in die Umwelt gelangt sind, sei es in geologisch nicht dauerhaften Deponien oder direkt in die Umwelt auf Land und im Meer [Geyer *et al.* 2017]. Bau und Betrieb technischer Maschinen aus Naturressourcen ermöglicht wiederum, andere Ressourcen, darunter Phosphate abzubauen und in Form von Kunstdüngern auf landwirtschaftliche Flächen zu bringen oder für die Nahrungsmittelproduktion in anderer Weise zu verwenden. Eine aktuelle Studie trug die verfügbaren Daten zusammen [Williams *et al.* 2016, auch für weitere Literatur]: Zwischen 1910 und 2005 verdoppelte sich hiernach der menschengemachte Anteil an der pflanzlichen Nettoprimärproduktion (NPP) von 13 auf 25% der globalen Vegetation, was auch eine Verdoppelung



### 3. Kongress: Phosphor - Ein kritischer Rohstoff mit Zukunft - am 22. und 23. November 2017 im Kursaal Stuttgart Bad Cannstatt

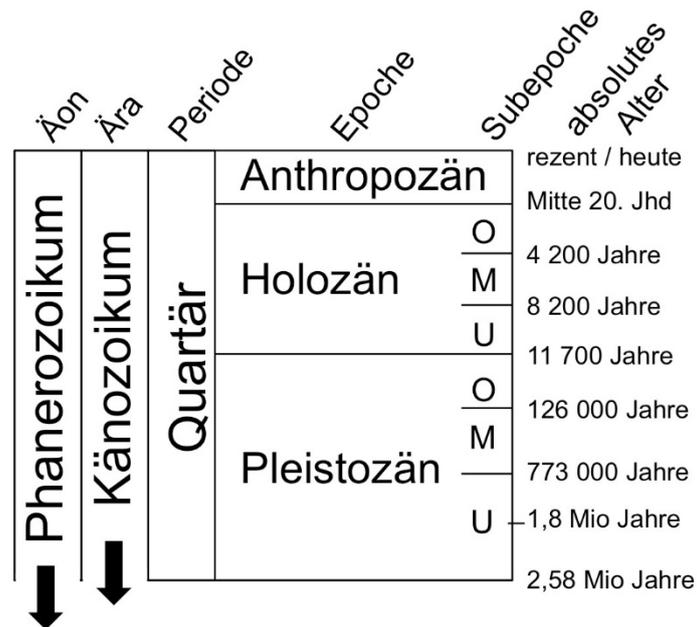
des Eintrags an reaktivem Stickstoff und Phosphor in die Umwelt bewirkte sowie gewaltige Anteile an fossiler Energie für die landwirtschaftliche Produktion erfordert. 2014 wurden 225 Millionen Tonnen fossiler Phosphate abgebaut, für 2018 werden 258 Millionen Tonnen prognostiziert. Die Szenarien für den Anteil des Menschen an der gesamten pflanzlichen Primärproduktion bis zum Jahr 2050 belaufen sich auf 27 bis 44% NPP.

In einer gewissen Geschwindigkeit in Form von Guano grundsätzlich nachwachsendes Phosphat ist längst abgebaut. Ganze Inseln wurden dazu umgestaltet und teilweise entvölkert [zur tragischen Geschichte des Phosphatabbaus auf den Pazifikinseln Banaba und Nauru siehe z.B. Ellis 1936, Folliet 2011, Jaramillo 2016, Teaiwa, 2015, 2017]. Insbesondere die Landwirtschaft benötigt heute enorme Mengen an Phosphaten, welche fast ausschließlich aus wenigen fossilen und endlichen Vorkommen der Kreide und Alttertiärzeit abgebaut werden, mit einer gewaltigen geopolitisch bedeutsamen Monopolstellung in der heute an Marokko angegliederten Westsahara [USGS 2016]. Der Abbau dieser Vorkommen ist technisch aufwendig und wegen der vielen assoziierten Schwermetalle enorm umweltkritisch [e.g. BGR 2013, PotashCorp 2014, Benjelloun 2016]. Obwohl also Phosphat eine sehr endliche geologische Ressource darstellt, bringt der Mensch zwischenzeitlich mehr in den Phosphatkreislauf ein, als die Natur an Phosphat aus Verwitterung und natürlichen Recyclingprozessen zur Verfügung stellt. Somit gelangt nun also mehr als das Doppelte des vorindustriellen Werts an reaktivem Phosphor in die Umwelt, womit die planetarische Grenze für den Phosphorkreislauf [*sensu* Rockström *et al.* 2009 und Steffen *et al.* 2015] bereits überschritten sind. In Deutschland gingen zwar die Phosphatkonzentrationen in Fließgewässern durch den Stopp der Verwendung von Phosphaten für im Privathaushalt verwendete Waschmittel sowie verbesserte Kläranlagen deutlich zurück, allerdings nahmen die Ausflüsse aus der Landwirtschaft weiter zu. Insgesamt haben aber landwirtschaftliche Prozesse den größten Anteil an den Phosphateinträgen in die Umwelt [Meier 2017]. Da Phosphate, wie auch viele andere, bislang vor allem aus fossilen Ressourcen hergestellte technische Produkte für unsere heutigen Gesellschaften essenziell sind, erscheint ein näherer Blick auf die Gesamtproblematik der Eingriffe des Menschen in die Umwelt angebracht. Das Anthropozän-Konzept bietet hier eine neue Sicht sowohl auf die Vernetztheit und das Ausmaß von Umweltproblematiken, als auch auf mögliche Lösungsansätze an.

## 2. Das Anthropozän-Konzept – Ein Mehrebenenansatz

Der Begriff Anthropozän – wörtlich übersetzt das „menschlich Neue“ oder auch „menschengemachte Neue“ – steht begrifflich in einer Linie mit der geochronologischen Unterteilung der jüngeren Erdgeschichte, reichend vom Paläozän (dem „alten Neuen“) über Eozän (dem „aufgehenden Neuen“), Oligozän (dem „etwas Neuen“), Miozän (dem „kleineren Neuen“), Pliozän (dem „mehr Neuen“),

Pleistozän (dem „am meisten Neuen“) bis zum Holozän (dem „völlig Neuen“) (Abb. 1). Der Begriff soll zum Ausdruck bringen, dass wir die erdgeschichtlich relativ stabile Epoche des Holozäns hinter uns gelassen haben und in eine neue Epoche eingetreten sind, in welcher der Mensch zu einer dominanten Kraft des Erdsystems geworden ist [Crutzen 2002, Steffen *et al.* 2007, Zalasiewicz *et al.* 2008, Leinfelder 2012].

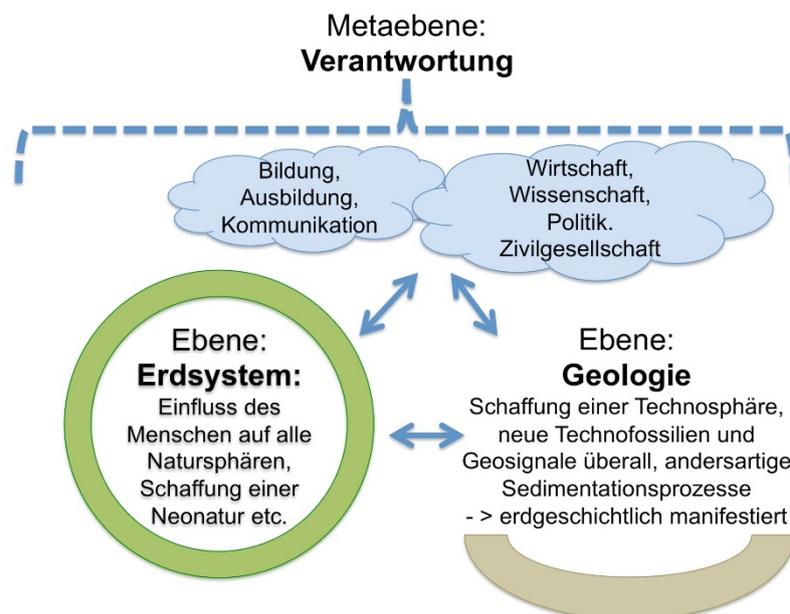


**Abb. 1:** Die von der "Working Group on the 'Anthropocene' vorgeschlagene geochronologische Neugliederung des Quartärs. Die Anthropozän-Epoche beginnt danach in der Mitte des 20. Jahrhunderts [nach Zalasiewicz *et al.* 2017b, vereinfacht].

Als Geburtsstunde des Anthropozän-Begriffs und darauf aufbauend des Anthropozän-Konzepts wird allgemein eine Tagung der Erdsystemwissenschaftler im Jahr 2000 in Mexiko angesehen [Crutzen & Stoermer 2000]. Erdsystemwissenschaftler versuchen die Prozesse des Erdsystems und damit das Zusammenspiel von Lithosphäre, Pedosphäre, Hydrosphäre, Biosphäre und Atmosphäre zu verstehen, dabei wird auch der Einfluss des Menschen (Soziosphäre bzw. Anthroposphäre) auf diese Natursphären und damit auf die Stabilität des Erdsystems bewertet. Die *Erdsystemanalyse* bildet damit die *erste konzeptionelle Ebene* des Anthropozän-Konzepts (Abb. 2). Die von den Erdsystemwissenschaftlern festgestellten menschlichen Eingriffe sind inzwischen geradezu von gigantischem Ausmaß: Der Mensch ist zu einem ganz wesentlichen Erdsystemfaktor geworden, indem er die feste Erdoberfläche, die Ozeane und die Atmosphäre massiv verändert und regionale wie globale Wasser-, Sediment-, Klima- und Stoffkreisläufe dominiert sowie die biologische Vielfalt enorm dezimiert und die Organismen durch Dominanz der von ihm gezüchteten Nutzpflanzen und Nutztiere homogenisiert

[e.g. Barnosky *et al.* 2012, Brown *et al.* 2013, Ellis 2011, Ellis *et al.* 2013, Leinfelder 2017, Leinfelder *et al.* 2012, Steffen *et al.* 2016, Waters *et al.* 2016, Williams *et al.* 2016].

Obwohl also die Umwelteingriffe durch den Menschen zwar grundsätzlich gut untersucht und allgemein bekannt sind, werden deren globale Auswirkungen und vor allem auch die Unumkehrbarkeit der meisten dieser Prozesse jedoch immer noch weitgehend verdrängt. Dabei ist es schlichtweg eine Tatsache, dass die umweltstabile Zeit des Holozäns bereits hinter uns liegt. Das Erdsystem verändert sich rasant, die Gefahr eines Kippens in einen völlig neuen Status ist groß, insbesondere wenn es nicht gelingt, die anthropogene Klimaerwärmung auf global höchstens 2°C zu begrenzen, wobei selbst eine Erwärmung um „nur“ 2°C bereits deutlich außerhalb der Spannweite des Holozäns liegt [Leinfelder & Haum 2016a]. Die Hypothese des Anthropozän-Konzeptes besagt, dass die Menschheit das Erdsystem bereits in einer Weise verändert hat, welche diese Veränderungen unumkehrbar macht. Durch alle vorliegenden Daten scheint dies inzwischen leider bestätigt. Wie weit sich das neue Erdsystem von dem des Holozän entfernt, wird jedoch durchaus noch von unserem zukünftigen Handeln abhängen [Steffen *et al.* 2016].



**Abb. 2:** Das komplexe, viele Aspekte umfassende, integrative Anthropozän-Konzept lässt sich in verschiedene konzeptionelle Ebenen gliedern (nach Leinfelder 2016a, 2017).

Daraus ergibt sich eine *zweite konzeptionelle Ebene*, die wiederum an einer Hypothese festzumachen ist. Diese besagt, dass sich die Veränderungen des Erdsystems auch dauerhaft niederschlagen, das



### 3. Kongress: Phosphor - Ein kritischer Rohstoff mit Zukunft - am 22. und 23. November 2017 im Kursaal Stuttgart Bad Cannstatt

heißt, *geologisch überlieferungsfähige Signaturen* in den heutigen und zukünftigen Sedimenten liefern werden (Abb. 2). In der von der Internationalen Kommission für Stratigraphie eingesetzten *Working Group on the 'Anthropocene'* untersuchen derzeit Geologen gemeinsam mit Erdsystemwissenschaftlern sowie mit Unterstützung vieler weiterer Fachdisziplinen, inwieweit die Veränderungen des Erdsystems sich auch in veränderten und damit für das Anthropozän charakteristischen sedimentären Signaturen manifestieren. Dem Vorschlag von Nobelpreisträger Paul Crutzen folgend würde dann die bislang letzte erdgeschichtliche Epoche, das nacheiszeitliche, global so umweltstabile Holozän also auch formal von einem Anthropozän abgelöst werden. Der aktuelle Diskussionsvorschlag der Arbeitsgruppe (zu der auch der Autor gehört) zieht die Grenze zwischen beiden Erdzeitaltern in der Mitte des 20. Jahrhunderts und charakterisiert sie durch den radioaktiven Fallout der Atombombentests sowie der seit 1950 stark beschleunigten Zunahme von „Technofossilien“ wie Plastik, elementarem Aluminium ( - welches in der Natur in dieser Form so gut wie nicht vorkommt - ), industriellen Asche-Teilchen, Betonfragmenten sowie vielen weiteren geologisch überlieferungsfähigen Relikten unserer Wachstums- und Wegwerfgesellschaften, die dauerhaft in die Sedimente eingebettet werden [e.g. Waters *et al.* 2014, 2016, Leinfelder & Haum 2016b, Williams *et al.* 2016, Zalasiewicz *et al.* 2014, 2015a, 2015b, 2016]. Aber nicht nur Geowissenschaftler, sondern auch Ökologen, Historiker, Soziologen, Kulturwissenschaftler und Künstler verwenden den Begriff des Anthropozäns immer häufiger und bezeichnen damit übergreifend sämtliche Aspekte der teils zerstörerischen Umweltveränderung durch den Menschen (anthropos) [e.g., Beiträge in Möllers *et al.* 2015 sowie in Renn & Scherer 2015, siehe auch Hamann *et al.* 2014, Leinfelder *et al.* 2016],

Dies führt zur *dritten konzeptionelle Ebene* des Anthropozäns, die wiederum an einer Hypothese festgemacht werden könnte (Abb. 2). Diese würde auf die Hoffnung hinauslaufen, dass die zur immensen geologischen Kraft gewordene Menschheit, die das Erdsystem an den Rand eines möglichen Kippens gebracht hat, auf der Basis ihres Wissens auch in der Lage sein sollte, die Erde gleichsam „wissensgärtnerisch“ und das Vorsorgeprinzip beachtend so zu gestalten, dass wir Menschen zu einem integrativen Teil eines funktionsfähigen anthropozänen Erdsystems werden. Im besten Falle wäre damit die Grundlage gerechter Entwicklungschancen für gegenwärtige und künftige Generationen geschaffen. Diese Hypothese beruht auf der Einsicht, dass die Menschheit sich zwingend als dem Erdsystem zugehörig begreifen muss. Wir können nicht *vom* Erdsystem, sondern nur *mit* dem Erdsystem leben. Als Metapher ausgedrückt: Erträge einer gut geführten Stiftung kann man dauerhaft nutzen; sobald man allerdings das eingelegte Stiftungskapital angreift, wird die Stiftung über kurz oder lang finanziell kollabieren. Auch das Erdsystem wirft genügend viel an verwendbaren Ressourcen ab, um damit auch ein gutes Leben für die Menschheit zu ermöglichen, allerdings nur, wenn die "Stiftung Erde" gut geführt und nicht übernutzt wird. Aus diesem Verständnis heraus ergibt sich ein Imperativ zu anthropozänem (Um-)Denken und Handeln: Politik oder Wirtschaft alleine können eine erdsystemische Integration der Menschheit nicht gewährleisten, da gerade auch individuelles Handeln in der Summe globale Auswirkungen hat. Daher sind alle zu einer verträglichen,



### 3. Kongress: Phosphor - Ein kritischer Rohstoff mit Zukunft - am 22. und 23. November 2017 im Kursaal Stuttgart Bad Cannstatt

nachhaltigen Nutzung der Erde verpflichtet. Der derzeitige »Parasitismus« des Menschen an der Natur müsste sich wandeln zu einer echten Symbiose von Mensch und Natur, im Sinne eines gegenseitigen Nutzens [Leinfelder 2013, 2015, 2016a, 2017].

## 3. Ressourcenschutz und Rohstoffeffizienz im Anthropozän

Zur Analyse und zur Etablierung des Anthropozäns sind aus geographischer Sicht globale Bestandsaufnahmen und Monitoring etwa zur Geschwindigkeit der Abholzung tropischer Regenwälder, zu den Ausmaßen von Umweltschäden aus dem Bergbau, zum Flächenverbrauch der Landwirtschaft und der Städte notwendig. Aus geologischer Sicht tragen wir ganze Berge ab, schneiden neue Täler, erschaffen neue Seen, legen andere trocken, fangen das Sediment hinter Staudämmen ab, lassen damit auch Deltas schrumpfen, ändern das Klima und heben sogar den Meeresspiegel an. Dies alles entspricht nicht mehr den vorhersagbaren natürlichen Erosions-, Strömungs- und Sedimentationsprozessen, wie es Geologen in ihrer Ausbildung gelernt haben, so dass auch Erosions-, Sedimentations- und Gesteinsbildungsprozesse neu definiert werden müssen. Aus biologischer Sicht sind wir heute nicht mehr von Biomen umgeben, also von borealen oder tropischen Wäldern, Tundren, Savannen, Steppen, Buschland, Bergwälder oder Wüsten, sondern wir haben die Welt ganz überwiegend in Anthrome, also menschengemachte, von uns genutzte Kulturlandschaften umgewandelt. Dies alles ändert nicht nur unsere geographischen Landkarten, in denen klassischerweise natürliche Vegetationszonen eingezeichnet waren, sondern auch unser Denken. Der Dualismus zwischen Natur und Kultur hat sich aufgelöst, es macht nicht mehr Sinn, von einer - unsere kulturell veränderten Regionen – umgebenden Umwelt („environment“) zu sprechen, wir könnten stattdessen den Begriff „Unswelt“ [Leinfelder 2011, Leinfelder *et al.* 2012] verwenden, in die wir uns bestenfalls symbiotisch integrieren können. Dazu müssten wir allerdings viel besser verstehen lernen, dass nicht nur der dieser Menschheit zur Verfügung stehende Platz begrenzt ist, sondern dass wir eben auch ausschließlich von den Ressourcen dieser Welt abhängen. Diese sind nur zum Teil nachwachsend (biologische Ressourcen für Kleidung, Nahrungsmittel, Holz, etc), sofern wir die Bedingungen für das Nachwachsen, also Bodenqualität, Wasserverfügbarkeit, Nährstoffverfügbarkeit, Klima nicht aushebeln, oder, wie eben bei der Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit, durch Bewässern und Düngen nachhelfen. In sehr weiten Teilen bestehen die von uns verwendeten Stoffe aber aus einmaligen (bzw. nicht in der nur unter erdgeschichtlichen Skalen erneuerbaren) Ressourcen, darunter eben auch Phosphaten [cf. Steffen *et al.* 2016].

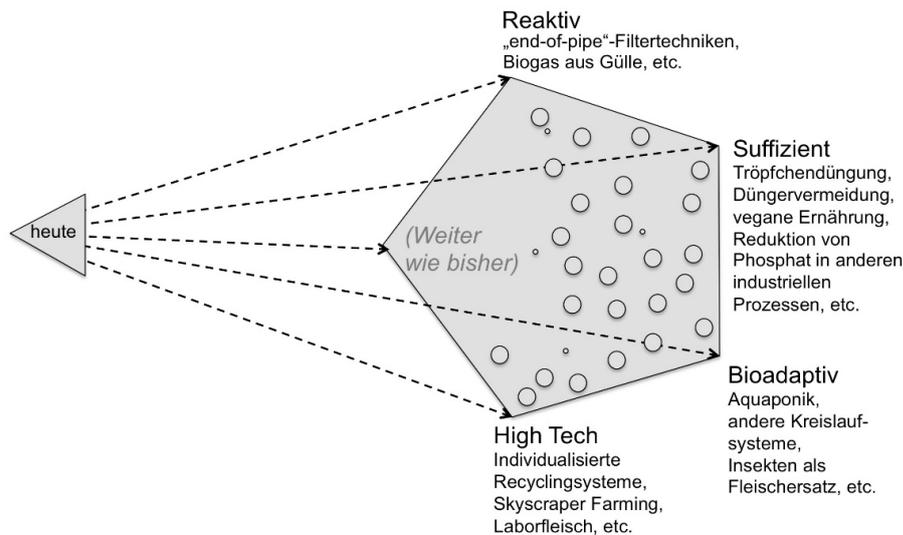


## 4. Fazit und Ausblick

Das wissenschaftliche Anthropozän-Konzept zeigt neben der erdsystemisch-geologischen Analyse des derzeitigen Zustands des Planeten insbesondere auch die vielfältigen Wechselwirkungen auf, welche zwischen allen Lebensbereichen (bspw. Ernährung, Wohnen, Gesundheit, Energie, Arbeiten und Wirtschaften) bestehen. Darüber hinaus eröffnet es auf einer Metaebene eine neue Sicht auf die Welt, ohne selbst weltanschaulich zu sein. Das Konzept bedeutet keine Engführung in der Entwicklung von Zukunftsoptionen. Die Erdsystem- und Sozialwissenschaften geben lediglich gemeinsam den dringenden Hinweis darauf, dass wir zur Erreichung globaler Entwicklungsziele, wie Gerechtigkeit, Nahrungssicherheit, Gesundheit, Frieden und weiterer Ziele für nachhaltige Entwicklung [UN-SDGs 2015] auch weiterhin „einschätzbare“ Bedingungen des Erdsystems benötigen [Steffen *et al.* 2016]. Um die relative Stabilität des Holozän nicht gegen unwägbar Risiken vollständig einzutauschen, sondern in ein dauerhaft habitables Anthropozän zu überführen, wird es notwendig im Sinne des Anthropozän-Konzepts planetarische Grenzen [*sensu* Rockström *et al.* 2009, Steffen *et al.* 2015] nicht zu überschreiten. Dazu ist zum einen das kontinuierliche Monitoring des Zustands des anthropozänen Erdsystems unabdingbar. Nur dann können sowohl Schutz- als auch Gestaltungsspielräume für das Anthropozän gewährleistet bleiben. Innerhalb dieses Rahmens kann dann je nach Region, je nach Kulturkreis sowie je nach gesellschaftlichen Erfordernissen und gesellschaftspolitischen Zielen sehr frei verhandelt werden, wohin die Zukunftsreise im Einzelnen gehen soll.

Business as Usual ist in der Regel keine Option, dies gilt auch beim Thema Phosphornutzung [*cf.* Scholz *et al.* 2014]. Lösungsansätze können jedoch in einem Optionsfeld möglicher "Zukünfte", also verschiedener Zukunftspfade wie "*reaktives Handeln*", "*weniger ist mehr*", "*bioadaptive Kreislaufwirtschaft*" oder auch "*innovative Hightech-Lösungen*" prototypisiert und ausverhandelt werden, wobei daraus sicherlich gemischte Handlungsportfolios entstehen können [Leinfelder 2016b].

Auch für die Phosphorproblematik könnten ein derartiger Ansatz des Ausprobierens und der Verhandlung "idealtypischer" Lösungen Anregungen geben, denn auch hier gilt, dass technische Lösungsansätze auch mit sozialen Lösungsansätzen verschränkt sein sollten, um nachhaltig erfolgreich sein zu können (Abb. 3):



**Abb. 3: Das "Zukünfte"-Konzept, basierend auf Leinfelder [2016b], hier versuchsweise angewandt auf Phosphor-Management, insbesondere am Beispiel der Landwirtschaft. Ein Weiter-wie-bisher erscheint nicht als Alternative. Die anderen idealtypischen Szenarien können aber helfen, ein räumlich und zeitlich differenziertes Lösungsportfolio (kleine Kreise) zu erarbeiten und zur Anwendung zu bringen.**

- Als "*reaktive Lösungen*" wären viele "end of pipe"-Strategien zu sehen, die mit derzeit vorhandenen Technologien eine Verbesserung der Phosphatentfernung aus Abwässern und Fließgewässern erreichen (Filterlösungen) oder Abwässer direkt weiterverwenden (z.B. Biogasproduktion aus Gülle).
- Unter "*Suffizienzlösungen*" könnten Effizienzsteigerungen, etwa durch Tröpfchenbewässerung mit Nährlösungen nach israelischem Vorbild, sowie starke Reduzierung oder gar Stopp der Verwendung fossiler Phosphate, etwa im Biolandbau erreicht werden. Auch verringerter Fleischkonsum (ggf. auch Umstieg auf vegetarische oder vegane Ernährung, mit geringeren ökologischen Fußabdrücken auch hinsichtlich Phosphateinsatz), ggf. auch Verzicht auf Phosphatzusätze in der Nahrungsmittelindustrie sowie insbesondere auch bei industriellen Waschvorgängen wären hier einzugruppiert.
- "*Bioadaptive Lösungen*" umfassen geschlossene Kreislaufsysteme, wie sie etwa bei Aquaponic-Techniken angewendet werden, bei denen Abwasser aus der Fischzucht wieder für die Düngung von Gemüse verwendet wird, wobei das Wasser wieder gereinigt wird [e.g. Kuhleemann 2017]. Aber auch Kreislaufsysteme, die aus dem Abwasser Phosphat in wieder verwendbarer Weise zurückgewinnen, wären hier aufzulisten [für eine Übersicht siehe Scholz

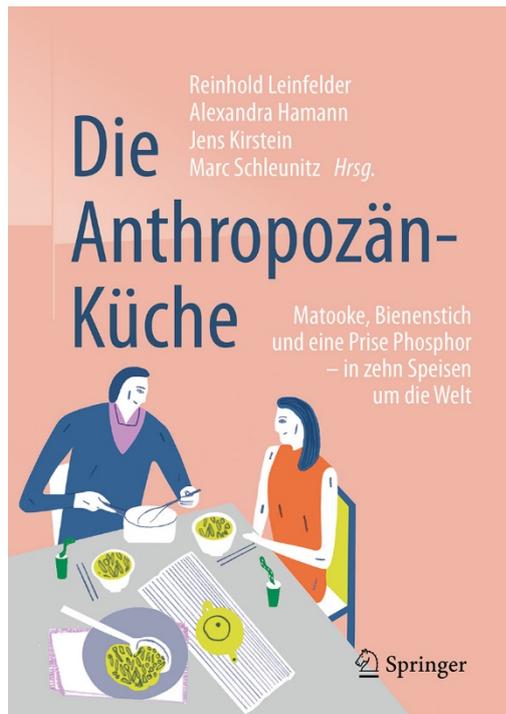


### 3. Kongress: Phosphor - Ein kritischer Rohstoff mit Zukunft - am 22. und 23. November 2017 im Kursaal Stuttgart Bad Cannstatt

*et al.* 2014, siehe auch Kabbe *et al.* 2014, DPP 2017]. Auch Umstieg auf insektenbasierte Ernährung als Fleischersatz innerhalb eines Recyclingssystems wäre hier einzugruppiert [e.g. van Huis 2017].

- "*Innovative HighTech-Lösungen*" könnten zum Beispiel der zukünftige standardmäßige Einbau von Phosphatrecyclingssystemen nicht nur in jedem Industriebetrieb, sondern auch in jedem Privathaushalt sein. So scheidet ein Mensch täglich etwa 1,7 g Phosphor aus, davon ca. 60% im Urin [Imhasly 2010], insgesamt könnte die Hälfte allen für Getreidefelddüngung benötigten Phosphors direkt aus Urin gewonnen werden [Cordell 2009]. Auch könnte die landwirtschaftliche Gemüse-, Getreide- und ggf. auch Insektenfleischproduktion dorthin verlagert werden, wo Leben und Arbeiten der Zukunft sowieso überwiegend stattfindet: in die Stadtareale. Durch "Farmscrapers" könnten hier komplett geschlossene Kreisläufe errichtet werden, die wegen ihres geschlossenen Charakters auch noch komplett ohne Insektizide auskommen. Auch Laborfleischlösungen, bei denen die für die Proteinproduktion und Fleischkonsistenz notwendigen Phosphorverbindungen direkt zugeführt würden, könnten hier aufgelistet werden [cf. Leinfelder 2016b].

Zwischen diesen "idealtypischen" Lösungsszenarien existieren vielfältige Übergänge und Mischformen. Auch hat keiner dieser Lösungsansätze einen prinzipiellen Vorteil über den anderen, da sie auch in ihrer Zeitlichkeit unterschiedlich sind. Reaktive Lösungen sind rascher umsetzbar, während komplette Kreislaufwirtschafts- und andere innovative Hightech-Systeme nicht nur wegen technischer, sondern auch sozialen, juristischer und kultureller Herausforderungen nur langsam umsetzbar sind (so lehnen etwa Biobauern Phosphatdünger, die durch Recycling aus Kläranlagen gewonnen wurden, bislang überwiegend ab). Andererseits dürfen heute rasch verfügbare reaktive Lösungen die weitere Entwicklung komplexer Kreislaufwirtschaftssystemen auch nicht verhindern. Sowohl aus Umwelt- und Naturschutzerwägungen, als auch wegen der nur sehr begrenzten Verfügbarkeit fossiler Phosphatvorkommen zeigt der Kompass der zukünftigen Phosphornutzung insgesamt auf Minimierung des Phosphatverbrauchs in Kombination mit kompletten Recyclingssystemen, wobei sowohl biologische als auch technische Kreislaufsysteme hohes Potential und ggf. auch Verknüpfbarkeit haben.



**Abb. 4:** Der Phosphor ist Hauptprotagonist in einem partizipativen, interkulturellen Wissenschaftscomics zu Ressourcenfragen und Ernährungsstilen im Anthropozän (Leinfelder *et al.* 2016). Er entstand im inter- und transdisziplinären Projekt 'Die Anthropozän-Küche' am Exzellenzcluster 'Bild-Wissen-Gestaltung' an der Humboldt-Universität zu Berlin, mit dem Ziel komplexe Wechselwirkungen und Verknüpfungen von Natur-, Kultur- und Gesellschaftsaspekten beim Thema Ernährung in multimodaler Weise zu vermitteln (vgl. Leinfelder *et al.* 2017).

Das Anthropozän hebt also die Möglichkeit einer Zukunftsgestaltung entlang verhandelbarer gesellschaftlicher Wünschbarkeiten hervor, die allerdings hinsichtlich potentieller Nebenwirkungen durchdacht sein und regional wie global durch Monitoringsysteme überwacht werden müssen.

Essenziell gerade auch für die soziale und kulturelle Legitimierung von sozialen und technischen Zukunftslösungen ist allerdings auch eine umfassende Kommunikation mit der Öffentlichkeit, bei der Umweltproblematiken sowie kulturelle, soziale, politische und technische Herausforderungen diskutiert werden, aber auch Beteiligungsmöglichkeiten und Einsichten in die eigene Selbstwirksamkeit geschaffen werden. So hat jeder einzelne im Anthropozän in der Küche nicht nur den Kochlöffel, sondern auch den Schalthebel der Globalisierung in der Hand und entscheidet damit auch über den Phosphatverbrauch und die Art der Phosphatnutzung mit [cf. Leinfelder *et al.* 2017] (Abb. 4). Nur durch eine Diskussion nicht nur der Wahrscheinlichkeiten, sondern auch der Möglichkeiten und darauf basierend der Wünschbarkeiten [cf. Leinfelder 2016b] kann es gelingen, dass die neue Zeit des Anthropozäns tatsächlich zu einer langen erdgeschichtlichen Epoche wird, in der menschliche Gesellschaften in ein funktionsfähiges Erdsystem integriert sind.



3. Kongress: Phosphor - Ein kritischer Rohstoff mit Zukunft -  
am 22. und 23. November 2017 im Kursaal Stuttgart Bad Cannstatt

## Literatur

Barnosky, A.D., Hadly, E.A., Bascompte, J., Berlow, E.L., Brown, J.H., Fortelius, M., Getz, W.M., Harte, J., Hastings, A., Marquet, P.A., Martinez, N.D., Mooers, A., Roopnarine, P., Vermeeij, G., Williams, J.W., Gillespie, R., Kitzes, J., Marshall, C., Matzke, N., Mindell, D.P., Revilla, R., Smith, A.B. [2012]: Approaching a state-shift in the biosphere. *Nature*, 486, 52-56.

Benjelloun, Z. [2016]: Marokko. In: Leinfelder, R., Hamann, A., Kirstein, J. & Schleunitz, M. (Hrsg.). *Die Anthropozän-Küche. Matooke Bienenstich und eine Prise Phosphor – in 10 Speisen um die Welt*, 42-59, Berlin, Heidelberg (Springer).

BGR [2013]: Phosphat – Mineralischer Rohstoff und unverzichtbarer Nährstoff für die Ernährungssicherheit weltweit. Bundesanstalt für Geowissenschaften (BGR).

Brown, A., Toms, P., Carey, C., Rhodes, E. [2013]: Geomorphology of the Anthro-pocene: time-transgressive discontinuities of human-induced alluviation. *Anthropocene*, 1, 3-13.

Cordell, D., Drangert, J.-O. & White, S. [2009]: The story of phosphorus: Global food security and food for thought. *Global Environmental Change*, 19 (2009), 292–305.

Crutzen, P.J. [2002]: Geology of mankind. *Nature* 415, 23.

Crutzen, P.J. & Stoermer, E.F. [2000]: The “Anthropocene”. *Global Change Newsletter*, 41, 17-18.

DPP [2017]: Einweihung der ExtraPhos®-Pilotanlage zur Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlamm. Deutsche Phosphor Plattform, 19.7.2017, <http://www.deutsche-phosphor-plattform.de/extraphos-einweihung/> (zuletzt abgefragt am 19.10.2017).

Ellis, A.F. [1936]: *Ocean Island and Nauru: Their Story*. Sidney (Angus & Robertson).

Ellis, E.C. [2011]: Anthropogenic transformation of the terrestrial biosphere. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, A369, 1010-1035.

Ellis, E. C. & Ramankutty, N. [2008]: Putting people in the map: anthropogenic biomes of the world. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6, 439– 447.

Ellis, E.C., Klein Goldewijk, K, Siebert, S., Lightman, D. & Ramankutty, N. [2010]: Anthropogenic transformation of the biomes, 1700 to 2000. *Global Ecology and Biogeography*, 19 (5), 589–606, DOI: 10.1111/j.1466-8238.2010.00540.x

Ellis, E.C., Kaplan, J.O., Fuller, D.Q., Vavrus, S., Klein Goldewijk, K., Verburg, P.H. [2013]: Used planet: a global history. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110 (20), 7978-7985.

Folliet, L. [2011]: *Nauru, die verwüstete Insel – Wie der Kapitalismus das reichste Land der Erde zerstörte*. Berlin (Wagenbach).

Geyer, R., Jambeck, J.R. & Law, K.L. [2017]: Production, use, and fate of all plastics ever made. *Sci. Adv.*, 3 (7), e1700782, DOI: 10.1126/sciadv.1700782

Hamann, A., Leinfelder, R., Trischler, H. & Wagenbreth, H. (Hrsg.) [2014]: *Anthropozän. 30 Meilensteine auf dem Weg in ein neues Erzeitalter. Eine Comic-Anthologie*. In Kooperation mit einer Seminarklasse der Universität der Künste Berlin. 80 S., München (Verlag Deutsches Museum).



### 3. Kongress: Phosphor - Ein kritischer Rohstoff mit Zukunft - am 22. und 23. November 2017 im Kursaal Stuttgart Bad Cannstatt

Imhasly, P. [2010]: Die Zukunft liegt im Urin. Neue Zürcher Zeitung, 7.10.2010, [https://www.nzz.ch/die\\_zukunft\\_liegt\\_im\\_urin-1.8293066](https://www.nzz.ch/die_zukunft_liegt_im_urin-1.8293066) (letztmals abgefragt am 19.10.2017).

Jaramillo, S. [2016]: Kiribati und Fidschi. In: Leinfelder, R., Hamann, A., Kirstein, J. & Schleunitz, M. (Hrsg.). Die Anthropozän-Küche. Matooke Bienenstich und eine Prise Phosphor – in 10 Speisen um die Welt, 114-131, Berlin, Heidelberg (Springer).

Kabbe, C., Bäger, D. & Mancke, R. [2014]: Abschlussbericht: Phosphorpotenziale im Land Berlin. Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH, 42 S., [https://www.berlin.de/senuvk/umwelt/abfallwirtschaft/de/p-pot/download/P-POT\\_Bericht\\_UEP2.pdf](https://www.berlin.de/senuvk/umwelt/abfallwirtschaft/de/p-pot/download/P-POT_Bericht_UEP2.pdf)

Kuhlemann, A.-K. [2017]: Food production in the Anthropocene: The role of AgTech in Urban Spaces. In: Leinfelder, R., Hamann, A., Kirstein, J. & Schleunitz, M. (Hrsg.), Science meets Comics. Proceedings of the Symposium on Communicating and Designing the Future of Food in the Anthropocene, 80-97, Berlin (Ch. Bachmann Verlag), doi: 10.5281/zenodo.556383

Leinfelder, R. [2011]: Von der Umweltforschung zur Unsweltforschung. Frankfurter Allgemeine Zeitung, Forschung und Lehre, S. N5, 12.10.2011.

Leinfelder, R. [2012]: Paul Joseph Crutzen, The „Anthropocene. In: Leggewie, C., Zifonun, D., Lang, A., Siepman, M. & Hoppen, J. (Hrsg.), Schlüsselwerke der Kulturwissenschaften, Edition Kulturwissenschaft, 7, 257-260, Bielefeld (Transcript-Verlag).

Leinfelder, R. [2013]: Verantwortung für das Anthropozän übernehmen. Ein Auftrag für neuartige Bildungskonzepte. In: Vogt, M., Ostheimer, J. & Uekötter, F. (Hrsg.), Wo steht die Umweltethik? Argumentationsmuster im Wandel. Beiträge zur sozialwissenschaftlichen Nachhaltigkeitsforschung, 5., 283-311, Marburg (Metropolis Verlag).

Leinfelder, R. [2015]: »Die Zukunft war früher auch besser« Neue Herausforderungen für die Wissenschaft und ihre Kommunikation. In: Möllers, N. & Schwägerl, C. (Hrsg.), Willkommen im Anthropozän. Unsere Verantwortung für die Zukunft der Erde. Der Ausstellungskatalog, 99-104, München (Verlag Deutsches Museum).

Leinfelder, R. [2016a]: Vom Parasitismus zur Symbiose. Zu den drei Hauptebenen des Anthropozäns. Politik & Kultur 3/16, S. 20 (Deutscher Kulturrat).

Leinfelder, R. [2016b]: Das Haus der Zukunft (Berlin) als Ort der Partizipation. In: Popp, R. (Hrsg.), Einblicke, Ausblicke, Weitblicke. Aktuelle Perspektiven der Zukunftsforschung, 74-93, Berlin, Wien etc. (LIT-Verlag).

Leinfelder, R. [2017]: Das Zeitalter des Anthropozäns und die Notwendigkeit der großen Transformation - Welche Rollen spielen Umweltpolitik und Umweltrecht? - Zeitschrift für Umweltrecht (ZUR), 28, 5, 259-266 (Nomos-Verlag).

Leinfelder, R. & Haum, R. [2016a]: Die Reise ins Anthropozän. In: Sommer, Jörg & Müller, Matthias (Hrsg.), Unter 2 Grad? Was der Weltklimavertrag wirklich bringt, 133-141, Stuttgart (Hirzel-Verlag).

Leinfelder, R. & Haum, R. [2016b]: Ozeane. In: Kersten, J. (Hrsg): Inwastement. Abfall in Umwelt und Gesellschaft, 153-179, Bielefeld (Transcript-Verlag).

Leinfelder, R. & Ivar do Sul, J. [im Druck]: The stratigraphy of plastics and their preservation in geological records. In: Zalasiewicz, J., Waters, C.N., Williams, M., Summerhayes, C.P. (Hrsg.), The Anthropocene as a geological time unit: an analysis. Cambridge (Cambridge University Press).

Leinfelder, R., Schwägerl, C., Möllers, N. & Trischler, H. [2012]: Die menschengemachte Erde. Das Anthropozän sprengt die Grenzen von Natur, Kultur und Technik. Kultur & Technik, 2/2012, 12-17,



### 3. Kongress: Phosphor - Ein kritischer Rohstoff mit Zukunft - am 22. und 23. November 2017 im Kursaal Stuttgart Bad Cannstatt

München (Verlag Deutsches Museum).

Leinfelder, R., Hamann, A., Kirstein, J. & Schleunitz, M. [2016]: Die Anthropozän-Küche. Matooke, Bienenstich und eine Prise Phosphor - in zehn Speisen um die Welt. Künstler\*innen: José Aguiar, Sarnath Banerjee, Zineb Benjelloun, Joëlle Ebongue, Martin Ernstsens, Sophie Goldstein, Samuel Jaramillo, Sylvain Mazas, Ulrich Scheel, Maki Shimizu, Ruohan Wang, Martyna Żalalyte, 236 S., Berlin, Heidelberg (Springer-Spektrum Verlag).

Leinfelder, R., Hamann, A., Kirstein, J. & Schleunitz, M. [2017]. Epilogue: Eating Anthropocene, Merging Science and Comics. In: Leinfelder, R., Hamann, A., Kirstein, J. & Schleunitz, M. (Hrsg.), Science meets Comics. Proceedings of the Symposium on Communicating and Designing the Future of Food in the Anthropocene, 111-116, Berlin (Ch. Bachmann Verlag), doi: 10.5281/zenodo.556383

Meier, T. [2017]: Planetary Boundaries of Agriculture and Nutrition – an Anthropocene Approach. In: Leinfelder, R., Hamann, A., Kirstein, J. & Schleunitz, M. (Hrsg.), Science meets Comics. Proceedings of the Symposium on Communicating and Designing the Future of Food in the Anthropocene, 68-78, Berlin (Ch. Bachmann Verlag), doi: 10.5281/zenodo.556383

Möllers, N., Schwägerl, C., Trischler, H. (Hrsg.) [2015]: Willkommen im Anthropozän. Unsere Verantwortung für die Zukunft der Erde, 203 S., München (Deutsches Museum-Verlag).

PotashCorp [2014]: How phosphate fertilizers and other products are produced. <http://www.potashcorp.com/overview/nutrients/phosphate/overview/simplified-flow-diagram> (letzter Zugriff 19. Okt. 2017).

Renn, J. & Scherer, B. (Hrsg) [2015]: Das Anthropozän. Ein Zwischenbericht. 268 S., Berlin (Matthes & Seitz).

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., Karlberg, L., Corell,

R.W., Fabry V.J., JHansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P. & Foley, J.A. [2009]: A safe operating space for humanity. *Nature* 461, 472-475 doi:10.1038/461472a

Scholz, R.W., Roy, A.H., Brand, F.S, Hellums, T.H. & Ulrich, A.E. (Hrsg.) [2014]: Sustainable Phosphorus Management. A Global Transdisciplinary Roadmap. 299 S., Berlin, Heidelberg (Springer).

Steffen, W., P. J. Crutzen, & McNeill, J.R. [2007]: The Anthropocene: are humans now overwhelming the great forces of Nature? - *Ambio*, 36, 614–621.

Steffen, W., Leinfelder, R., Zalasiewicz, J., Waters, C. N., Williams, M., Summerhayes, C., Barnosky, A. D., Cearreta, A., Crutzen, P., Edgeworth, M., Ellis, E. C., Fairchild, I. J., Galuszka, A., Grinevald, J., Haywood, A., Sul, J. I. d., Jeandel, C., McNeill, J.R., Odada, E., Oreskes, N., Revkin, A., Richter, D. d. B., Syvitski, J., Vidas, D., Wagreich, M., Wing, S. L., Wolfe, A. P. and Schellnhuber, H.J. [2016]: Stratigraphic and Earth System Approaches to Defining the Anthropocene. *Earth's Future*, 4 (8), 324-345, DOI:10.1002/2016EF000379

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*, Vol. 347, Issue 6223, DOI: 10.1126/science.1259855.

USGS [2016]: Mineral Commodities Summaries, 2016, U.S. Geological Survey (USGS), USA.

UNSDGs [2015]: Sustainable Development Goals. UN-Sustainable Development Platform,



3. Kongress: Phosphor - Ein kritischer Rohstoff mit Zukunft -  
am 22. und 23. November 2017 im Kursaal Stuttgart Bad Cannstatt

<https://sustainabledevelopment.un.org/sdgs> (zuletzt abgefragt am 19.10.2017).

Teaiwa, K. [2015]: *Consuming Ocean Island – Stories of People and Phosphate from Banaba, Indiana, USA* (Indiana University Press).

Teaiwa, K. [2017]: Interview with Katerina Teaiwa by Teresia K. Teaiwa for Microwomen. In: Leinfelder, R., Hamann, A., Kirstein, J. & Schleunitz, M. (Hrsg.), *Science meets Comics. Proceedings of the Symposium on Communicating and Designing the Future of Food in the Anthropocene*, 98-109, Berlin (Ch. Bachmann Verlag), doi: 10.5281/zenodo.556383

Van Huis, Arnold [2017]: Insects, the new food? In: Leinfelder, R., Hamann, A., Kirstein, J. & Schleunitz, M. (Hrsg.), *Science meets Comics. Proceedings of the Symposium on Communicating and Designing the Future of Food in the Anthropocene*, 80-89, Berlin (Ch. Bachmann Verlag), doi: 10.5281/zenodo.556383

Waters, C.N., Zalasiewicz, J., Williams, M., Ellis, M.A., Snelling, A. (Hrsg.) [2014]: *A Stratigraphical Basis for the Anthropocene*. Geological Society, London, Special Publications, 395 S.

Waters, C.N., Zalasiewicz, J., Summerhayes, C., Barnosky, A.D., Poirier, C., Galuszka, A., Cearreta, A., Edgeworth, M., Ellis, E.C., Ellis, M., Jeandel, C., Leinfelder, R., McNeill, J.R., Richter, D., de B., Steffen, W., J.Syvitski, J., Vidas, D., Wapreisch, M., Williams, M., Zhisheng, A., Grinevald, J., Odada, E., Oreskes, N., Wolfe, A.P. [2016]: The Anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the Holocene. - *Science*, 8 January 2016: Vol. 351 no. 6269, DOI: 10.1126/science.aad2622

Williams, M., Zalasiewicz, J., Waters, C. N., Edgeworth, M., Bennett, C., Barnosky, A. D., Ellis, E. C., Ellis, M. A., Cearreta, A., Haff, P. K., Ivar do Sul, J. A., Leinfelder, R., McNeill, J. R., Odada, E., Oreskes, N., Revkin, A., Richter, D. d., Steffen, W., Summerhayes, C., Syvitski, J. P., Vidas, D., Wapreisch, M., Wing, S. L., Wolfe, A. P. and Zhisheng, A. [2016]: The Anthropocene: a conspicuous stratigraphical signal of anthropogenic changes in production and consumption across the biosphere. *Earth's Future*, 4, 34-53 (Wiley) doi: 10.1002/2015EF000339

Zalasiewicz, J., Williams, M., Smith, A., Barry, T.L., Coe, A.L., Bown, P.R., Brenchley, P., Cantrill, D., Gale, A., Gibbard, P., Gregory, F.J., Hounslow, M., Kerr, A.C., Pearson, P., Knox, R., Powell, J., Waters, C., Marshall, J., Oates, M., Rawson, P., Stone, P. [2008]: Are we now living in the Anthropocene? - *Geological Society of America Today* 18, 4e8.

Zalasiewicz, J., Williams, M., Waters, C.N., Barnosky, A.D. & Haff, P. [2014]: The technofossil record of humans, *Anthropocene Rev.*, 1/2014, 34–43.

Zalasiewicz, J., Waters, C.N., Williams, M., Barnosky, A.D., Cerreata, A., Crutzen, P., Ellis, E., Ellis, M.E., Fairchild, I.J., Grinevald, J., Haff, P.K., Hajdas, I., Leinfelder, R., McNeill, J., Odada, E.O., Poirier, C., Richter, D., Steffen, W., Summerhayes, C., Syvitski, J.P.M., Vidas, D., Wapreisch, M., Wing, S.L., Wolfe, A.P., An, Z. & Oreskes, N. Published online. When did the Anthropocene begin? A mid-twentieth century boundary is stratigraphically optimal. *Quaternary International*, 383 [2015a], 196-203. DOI: 10.1016/j.quaint.2014.11.045

Zalasiewicz, J., Waters, C.N., Barnosky, A.D., Cearreta, A., Edgeworth, M., Ellis, E.C., Galuszka, A., Gibbard, P.L., Grinevald, J., Hajdas, I., Ivar do Sul, J., Jeandel, C., Leinfelder, R., McNeill, J.R., Poirier, C., Revkin, A., Richter, D. deB., Steffen, W., Summerhayes, C., Syvitski, J.P.M., Vidas, D., Wapreisch, M., Williams M., & Wolfe, A.P. (Members of the Anthropocene Working Group) [2015b]: Colonization of the Americas, 'Little Ice Age' climate, and bomb- produced carbon: Their role in defining the Anthropocene. *The Anthropocene Review* August 2015 2: 117-127, doi:10.1177/2053019615587056



3. Kongress: Phosphor - Ein kritischer Rohstoff mit Zukunft -  
am 22. und 23. November 2017 im Kursaal Stuttgart Bad Cannstatt

Zalasiewicz, J., Waters, C.N., Ivar do Sul, J., Corcoran, P.L., Barnosky, A.D., Cearreta, A., Edgeworth, M., Galuszka, A., Jeandel, C., Leinfelder, R., McNeill, J.R., Steffen, W., Summerhayes, C., Wapreisch, M., Williams, M., Wolfe A.P. & Yonan, Y. [2016]: The geological cycle of plastics and their use as a stratigraphic indicator of the Anthropocene. *Anthropocene*, 13, 4–17, DOI: 10.1016/j.ancene.2016.01.002

Zalasiewicz, J., Williams, M., Waters, C.N., Barnosky, A.D., *Palmesino, J., Rönnskog, A.S., Edgeworth, M.,* Neil, C., Cearreta, A., Crutzen, E., Fairchild, I.J., Grinevald, J., Haff, P., Ivar do Sul, J.A., Jeandel, C., Leinfelder, R., McNeill, J.R., Odada, E., Oreskes, N., Price, S.J., Revkin, A., Steffen, W., Summerhayes, C., Vidas, D., Wing, S., & Wolfe, A.P. [2017a]: Scale and diversity of the physical technosphere: A geological perspective. *The Anthropocene Review*, 4 (1), 9-22 doi:10.1177/2053019616677743

Zalasiewicz, J., Waters, C.N., Summerhayes, C.P., Wolfe, A.P., Barnosky, A.D., Cearreta, A., Crutzen, P., Ellis, E., Fairchild, I.J., Galuszka, A., Haff, P., Hajdas, I., Head, M.J., Ivar do Sul, J.A., Jeandel, C., Leinfelder, R., McNeill, J.R., Neal, C., Odada, E., Oreskes, N., Steffen, W., Syvitski, J., Vidas, D., Wapreisch, ;M. & Williams, M. [2017b]: The Working Group on the Anthropocene: Summary of evidence and interim recommendations. *Anthropocene*, doi:10.1016/j.ancene.2017.09.001

-----  
Adresse:

Prof. Dr. Reinhold Leinfelder  
Leiter der AG Geobiologie und Anthropozänforschung  
Freie Universität Berlin  
Institut für Geologische Wissenschaften  
Maltenserstraße 74 - 100, Haus D  
12249 Berlin

reinhold.leinfelder@fu-berlin.de  
www.reinhold-leinfelder.de

*(korrigiertes, finales Manuskript, bis auf kleine Umbruchunterschiede unverändert gedruckt)*