

Grenzfragen



| 47

Barth | Hoff [Hrsg.]

# Umweltethik in christlicher Perspektive

VERLAG KARL ALBER



Grenzfragen

Veröffentlichungen des Instituts für  
Interdisziplinäre Forschung der Görres-Gesellschaft  
zur Pflege der Wissenschaft

(Naturwissenschaft – Philosophie – Theologie)

Herausgegeben von  
Gregor Nickel

Band 47

Martin Barth | Gregor Maria Hoff [Hrsg.]

# Umweltethik in christlicher Perspektive

VERLAG KARL ALBER





Onlineversion  
Nomos eLibrary

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

ISBN 978-3-495-99284-5 (Print)

ISBN 978-3-495-99285-2 (ePDF)

1. Auflage 2024

© Verlag Karl Alber – ein Verlag in der Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG, Baden-Baden 2024. Gesamtverantwortung für Druck und Herstellung bei der Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG. Alle Rechte, auch die des Nachdrucks von Auszügen, der fotomechanischen Wiedergabe und der Übersetzung, vorbehalten. Gedruckt auf alterungsbeständigem Papier (säurefrei). Printed on acid-free paper.

Besuchen Sie uns im Internet  
[verlag-alber.de](http://verlag-alber.de)

## Abstract:

Angesichts weltweit dramatisch steigender mittlerer Temperaturen, die mit Extremwetterereignissen einhergehen, zunehmendem Landverbrauch, der Bedrohung von Ökosystemen, einem immer weiter um sich greifenden Artensterben und zahlreicher weiterer Entwicklungen, wie der Überfischung und Vermüllung der Ozeane, ist es mehr als berechtigt, von einer tiefgreifenden globalen ökologischen Krise zu sprechen. Der Planet Erde ist in seiner Gesamtheit bedroht.

Die Auseinandersetzung mit diesen Fragestellungen findet im christlichen Kontext seit vielen Jahren und mittlerweile wieder zunehmend unter dem Schlagwort „christliche Umweltethik“ statt. Im Jahre 2015 widmete Papst Franziskus seine Enzyklika „Laudato Si“ der „Sorge für das gemeinsame Haus“. Diese Enzyklika hat weltweite Verbreitung gefunden und rückte u.a. den Zusammenhang von ökologischer und sozialer Krise ins Bewusstsein. „Alles ist miteinander verbunden“, so lautet eine zentrale Botschaft dieses Schreibens. Die Thematik wurde im Oktober 2023 mit dem Apostolischen Schreiben „Laudate Deum“ wieder aufgegriffen.

Mit dem vorliegenden Sammelband soll das Feld der Umweltethik aus einer christlichen Perspektive heraus betrachtet und aus unterschiedlichen Richtungen interdisziplinär beleuchtet werden. Neben normativen christlichen Fragestellungen in diesem Feld sollen auch verschiedene andere Argumentationsräume für die Umweltethik eröffnet werden. Eine wahrhaftige Transformation kann nur im Zusammenspiel mit anderen Disziplinen, exemplarisch Umweltrecht und Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, erfolgen und auch wirken. Nicht wenig Hoffnung ruht hierbei zum einen auf Innovationen und zum anderen auf Bildungsprozessen für nachhaltige Entwicklung. Und ganz grundsätzlich braucht es die Reflexion auf religiöse Ressourcen zur Bearbeitung der Krise – besonders schöpfungstheologische und anthropologische Impulse.

Im ersten Beitrag des Bandes wirft der Klimaforscher Prof. Dr. Stephan Borrmann in seinem Beitrag „*Anthropozän und Umwelt-*

Abstract:

*ethik*“ einen grundsätzlichen Blick auf den Zustand unseres Planeten.

Im darauf folgenden ersten Block stehen normative Aspekte im Vordergrund. Es geht darum darzustellen, wie in unterschiedlichen Wissenschaftsgebieten ökologische Erkenntnisse in konkretes Handeln übersetzt werden – beispielhaft in der Wirtschaft und im Rechtswesen.

Prof Dr. Hermann Held beschreibt in seinem Beitrag *„Klimawandel als Beispiel globaler Bedrohungsszenarien – und Lösungen“* u.a., dass die volkswirtschaftlichen Kosten zur Erreichung des 2-Grad-Ziels verglichen mit den Risiken, die ein weiterer Anstieg der globalen Temperaturen bedeuten würden, eher klein sind.

Prof. Dr. Andrea Edenharter legt in ihrem Aufsatz *„Umweltrecht als Beitrag zur Lösung der ökologischen Krise?“* dar, dass der ökologische Gedanke zunehmend Eingang in die Rechtswissenschaften und die Rechtsprechung genommen habe, wobei es zu Konkurrenzsituationen zwischen Klima- und Naturschutz kommen kann.

Sarah Lange und Prof. Dr. Nils Goldschmidt betonen in ihrem Beitrag *„Schlanker, strenger, sozialer. Die Weiterentwicklung der Sozialen Marktwirtschaft angesichts planetarer Belastungsgrenzen“*, dass „eine Besinnung auf das ethische Fundament der Sozialen Marktwirtschaft das Potenzial hat, den ökologisch gebotenen Politik- und Gesellschaftswandel umzusetzen und im Sinne individueller Lebenschancen zu gestalten.“

Im zweiten Hauptteil des Buches geht es um philosophisch-ethische Perspektiven auf die Umweltethik.

In seinem Beitrag *„Philosophische Umweltethik“* stellt Prof. Dr. Christoph Horn die Historie der Umwelt- oder Naturethik dar, die seit den 1970er Jahren, spätestens seit den 1990er Jahren zu einem zentralen Thema innerhalb der „Angewandten Ethik“ geworden ist.

Eine *„Einführung in die christliche Umweltethik“* gibt Prof. Dr. Markus Vogt, der mit seinem Grundlagenwerk *„Christliche Umweltethik“*<sup>1</sup> einen wesentlichen Impuls für die Beschäftigung mit diesem Thema und den Sammelband gegeben hat. In seinem Beitrag fasst Markus Vogt zentrale Erkenntnisse zur „christlichen Umweltethik“ zusammen.

---

1 Markus Vogt, *Christliche Umweltethik: Grundlagen und zentrale Herausforderungen*, Herder Verlag, 2. Auflage 2022

Abgeschlossen werden die philosophisch-ethischen Perspektiven durch den Aufsatz von Prof. Dr. Dirk Lanzerath zum Thema „*Die Inklusion nichtmenschlicher Lebensformen in eine Ethik als Lebenswissen: Zur metabolischen und ästhetischen Einbettung des Subjekts in die vielfältige Natur*“. Unter anderem geht es dabei um den Schutz der biologischen Vielfalt im Kontext einer Ethik als Lebenswissen.

Abgeschlossen wird der Band durch theologische Reflexionen angesichts der ökologischen Krise.

Der Theologe und Biologe Prof. Dr. Ulrich Lüke macht im Beitrag „*Schöpfung. – Zur Vereinbarkeit von Creatio ex nihilo und Creatio continua mit Naturwissenschaft*“ auf ein zentrales Problem an der Schnittstelle von moderner Naturwissenschaft und Theologie aufmerksam.

Die Theologin PD. Dr. Raphaela zu Hörste-Bührer beschreibt im Beitrag „*Schöpfungsidylle und Weltuntergang*“ theologische Motive im umweltethischen Diskurs und stellt diese in den Zusammenhang mit einer Umwelt-Apokalyptik.

Abschließend widmen sich Teresa Emanuel und Prof. Dr. Kerstin Schlögl-Flierl im Beitrag „*Transformative Bildung – mit Paulo Freire?!*“ der Frage nach einer Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) und stellen diese in den Kontext einer theologischen Ethik.

Der Band ist ein Ergebnis der 66. Jahrestagung des Instituts für Interdisziplinäre Forschung der Görres-Gesellschaft, die im September 2022 in Berlin stattfand. Die Görres-Gesellschaft begreift sich als eine Vereinigung interdisziplinär orientierter Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die von einem christlichen Hintergrund ausgehend aktuelle Debatten an der Schnittstelle von Politik, Wissenschaft und Religion mitgestalten wollen.

Das „Interdisziplinäre Institut“ der Görres-Gesellschaft wurde im Jahr 1957 gegründet. Gegenstand seiner jährlichen Tagungen sind Themen aus den Grenzbereichen von Naturwissenschaft / Medizin, Philosophie und Theologie. Mitglieder des Instituts sind rund 30 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus den o.g. Fachbereichen.





# Inhaltsverzeichnis

*Stephan Borrmann*

## **Anthropozän und Umweltethik**

Eine Einführung zum Zustand unseres Planeten . . . . . 11

*Hermann Held*

## **Klimawandel als Beispiel globaler**

**Bedrohungsszenarien – und Lösungen** . . . . . 51

*Sarah Lange und Nils Goldschmidt*

## **Schlanker, strenger, sozialer**

**Die Weiterentwicklung der Sozialen Marktwirtschaft angesichts  
planetarer Belastungsgrenzen** . . . . . 67

*Andrea Edenharter*

## **Umweltrecht als Beitrag zur Lösung der ökologischen Krise?** . . . . . 83

*Christoph Horn*

**Philosophische Umweltethik** . . . . . 111

*Markus Vogt*

**Einführung in die christliche Umweltethik** . . . . . 129

*Dirk Lanzerath*

## **Die Inklusion nichtmenschlicher Lebensformen in eine Ethik als Lebenswissen:**

**Zur metabolischen und ästhetischen Einbettung des Subjekts in  
die vielfältige Natur** . . . . . 149

*Ulrich Lüke*

<b>Schöpfung – Zur Vereinbarkeit von Creatio ex nihilo und Creatio continua mit Naturwissenschaft . . . . .</b>	<b>181</b>
---	------------

*Raphaela Hörste-Bührer*

<b>Schöpfungsidylle und Weltuntergang Theologische Motive im umweltethischen Diskurs . . . . .</b>	<b>199</b>
--	------------

*Teresa Emanuel, Kerstin Schlögl-Flierl*

<b>Transformative Bildung – mit Paulo Freire?!</b>	
<b>Anstöße für eine BNE aus der theologischen Ethik. . . . .</b>	<b>223</b>

<b>Autorenprofile . . . . .</b>	<b>241</b>
---------------------------------	------------

Stephan Borrmann

# Anthropozän und Umweltethik

## Eine Einführung zum Zustand unseres Planeten

Institut für Physik der Atmosphäre, Johannes Gutenberg Universität, Mainz  
Abteilung Partikelchemie, Max-Planck-Institut für Chemie, Mainz

### 1. Einleitung zur Eingrenzung der Thematik

Zu Beginn einer Tagung mit dem Thema „Christliche Umweltethik“ sollte eine kurze Übersicht über einige der wesentlichen, gegenwärtigen Probleme der Umwelt gegeben werden, mit denen die Menschheit zum Teil schnell zunehmend und verschärft konfrontiert ist. Dies wird im vorliegenden Beitrag versucht. Ein zentraler Begriff ist der des „Anthropozäns“, den der Atmosphärenforscher und Nobelpreisträger Paul Crutzen (1933–2021) vorgeschlagen hatte. Er schrieb im Jahr 2002 in der wissenschaftlichen Fachzeitschrift *Nature* (Crutzen, 2002): „It seems appropriate to assign the term ‘anthropocene’ to the present, in many ways human-dominated, geological epoch, supplementing the Holocene — the warm period of the past 10–12 millennia.“ Er exemplifizierte die angesprochenen Veränderungen an Hand der Entwicklungen der Konzentrationen für verschiedene atmosphärische Treibhausgase, sowie des anthropogenen Ozonlochs.

Zunächst wird deswegen nach dieser Einleitung im zweiten Abschnitt der Begriff des „Anthropozäns“ und die Kontroverse darum vorgestellt. Gegenstände des dritten Abschnitts sind die globale Bevölkerungsentwicklung, die Urbanisierung, und das Phänomen der „Megacities“. Als Beispiel für die damit einhergehenden Auswirkungen bezüglich des rapide anwachsenden Ressourcenverbrauchs wird im Abschnitt 4 der steigende Wasserverbrauch, der weltweite Rückgang der Grundwasserspiegel und des Wassers in der Kryosphäre ausführlicher beschrieben. Die Schwerpunkte dieses Beitrags bilden

der fünfte Abschnitt zum Klimawandel, sowie der sechste zur Situation der Ozeane im Kontext des Klimawandels. Eine kurze Zusammenfassung folgt dann im Abschnitt 7.

Die in diesem Beitrag getroffenen Aussagen sind größtenteils hinterlegt mit peer-reviewten Publikationen aus der wissenschaftlichen Fachliteratur, sowie neueren, etablierten Lehrbüchern der Studiengänge Meteorologie und Atmosphärenphysik. (Deshalb ist das Literaturverzeichnis am Ende recht umfangreich.) Die Auswahl der Themen durch den Autor und der jeweiligen Aussagen dazu reflektieren dennoch einen subjektiven Blickwinkel.

Sicherlich ist es unmöglich, hier die gegenwärtige Situation der globalen Umwelt unseres Planeten umfassend oder auch nur einigermaßen vollständig zu charakterisieren. So bleiben etwa der Rückgang der Artenvielfalt, die Degradation der Böden und die Desertifikation ebenso unberücksichtigt, wie der Zustand wesentlicher Ökosysteme (z.B. der Korallenriffe und Wälder) oder Themen im Zusammenhang mit der Luftqualität und dem Smog. Vielmehr sollen mit diesem Kapitel –stark limitiert– einführende Grundlagen und Hintergründe aus der Sicht eines Naturwissenschaftlers für die Diskussion der „Christlichen Umweltethik“ in den folgenden Beiträgen dieses Bandes vorgestellt werden.

## 2. Das Anthropozän – ein kontroverser Begriff

Im Nachhinein gesehen markieren die Veröffentlichungen des Club of Rome (*Meadows et al., 1972*) und des, vom damaligen US-amerikanischen Präsidenten Jimmy Carter in Auftrag gegebenen Berichts „Global 2000 – Report to the President“ (*Council on Environmental Quality, 1980*) einen der Kippunkte für die Wahrnehmung des Zustands der globalen Umwelt in der breiten Öffentlichkeit. (Auch für den Verfasser dieses Beitrags stellten diese beiden Werke einen „biografischen Kippunkt“ dar, weil sie ausschlaggebend zur Entscheidung beitrugen, die Diplomstudiengänge Physik/Meteorologie und Biologie aufzunehmen.) Seit den Achtziger Jahren stieg und steigt der wissenschaftliche Erkenntnisgewinn auf Seiten der Umweltforschung rapide an. Als Folge etablierte sich eine ganze Reihe von

neuen und zunehmend interdisziplinär agierenden Forschungs- und Fachrichtungen.

Wegen der Sorge um den Zustand der Umwelt wurde der Begriff des „Anthropozäns“ vorgeschlagen, um die gegenwärtige „geochronologische Epoche“ zu charakterisieren, in der die Menschheit die dominierende, verändernde Einflussgröße auf das Erdsystem ist. Hierfür hatte es in der Vergangenheit schon andere Begriffe gegeben, wie „Anthropozoikum“ oder „Noosphäre“, aber ab der Jahrtausendwende setzte sich der vom Atmosphärenchemiker und Nobelpreisträger Paul J. Crutzen (1933–2021) zusammen mit Eugene F. Stoermer erstmals publizierte Begriff des „Anthropozäns“ durch (Crutzen und Stoermer, 2000; Crutzen, 2002). Das „Anthropozän“ wird demnach oft mit dem Beginn der industriellen Revolution im 18. Jahrhundert in Verbindung gebracht, als der Einsatz von fossilen Brennstoffen im großen Umfang begann. So schrieb Paul J. Crutzen (2002): „... The Anthropocene could be said to have started in the latter part of the eighteenth century, when analyses of air trapped in polar ice showed the beginning of growing global concentrations of carbon dioxide and methane. This date also happens to coincide with James Watt’s design of the steam engine in 1784.“ Die Auswirkungen des Anthropozäns sind vielfältig und reichen von der Umweltverschmutzung über den Verlust der Biodiversität, sowie den Veränderungen der Hydrosphäre und Kryosphäre hin bis zu urbaner Luftverschmutzung und Klimawandel. Wie in dem 2021 erschienenen Buch „Paul Crutzen and the Anthropocene: A New Epoch in Earth’s History“ von Benner et al. (Hrsg.) detailliert beschrieben ist, begründet Paul J. Crutzen seinen Ansatz mit den starken Zunahmen der Treibhausgase Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>) und Distickstoffoxid (das sog. „Lachgas“, N<sub>2</sub>O) seit 1850, dem Auftreten der rein anthropogenen antarktischen und arktischen Ozonlöcher seit den siebziger Jahren des 20. Jahrhunderts, sowie dem rapiden Anwachsen der Werte verschiedener Variablen. Beispiele hierzu sind in der Tabelle 1 aus Benner et al. (2021), gelistet.

Item	Increase Factor, 1890s-1990s
World Population	4
Total world urban population	13

Item	Increase Factor, 1890s-1990s
World economy	14
Industrial output	40
Energy use	16
Coal production	7
Carbon dioxide emissions	17
Sulfur dioxide emissions	13
Lead emissions	~8
Water use	9
Marine fish catch	35
Cattle population	4
Pig population	9
Irrigated area	5
Cropland	2
Forest area	20 % decrease
Blue whale population (Southern Ocean)	99.75 % decrease
Fin whale population	97 % decrease
Bird and mammal species	1 % decrease

*Tabelle 1: Aus Benner et al. (Hrsg), 2021, mit der Tabellenüberschrift: „A partial record of growths and impacts of human activities during the 20th century“.*

Ein ganz anderer Hinweis für den Umfang menschlicher Aktivitäten und deren Einfluss auf die planetare Biosphäre kommt von der Betrachtung der reinen Masse an Materialien, die der Mensch produziert, wenn man diese mit dem Gewicht der lebendigen Biomasse in der Natur vergleicht. Einer Studie von *Elhacham et al. (2020)* zufolge hat sich die anthropogen produzierte Masse in der Vergangenheit alle zwanzig Jahre etwa verdoppelt. Heute ist der Punkt erreicht, bei dem die absolute, durch den Menschen produzierte Gesamtmasse,

die der lebenden Biosphäre übersteigt. (Beide Werte sind bei etwa 1.1 Teratonnen.) Die Autoren resümieren: „On average, for each person on the globe, anthropogenic mass equal to more than his or her bodyweight is produced every week. This quantification of the human enterprise gives a mass-based quantitative and symbolic characterization of the human-induced epoch of the Anthropocene.“

Implizit wird durch den Begriff des „Anthropozäns“ dem Einfluss des Menschen auf das gesamte Erdsystem eine Wirkmacht zugeschrieben, die der von natürlichen geologischen und erdsystemischen Prozessen vergleichbar ist. Dies ist allerdings - besonders unter Geowissenschaftlern - nicht unumstritten. Trotzdem war nach intensiver Debatte ein formeller Prozess mit dem Ziel der zur offiziellen Einführung des „Anthropozäns“ als neuer geologischer Epoche in Gang gekommen (Nestler, 2023). Nach einer Abstimmung im März 2024 wurde der Begriff von der zuständigen International Commission on Stratigraphy (ICS) jedoch nicht offiziell für eine neue geologische Zeiteinheit anerkannt. Als Begründung wurde angeführt, es gäbe keine ausreichende geologische Evidenz für ein „Anthropozän“, der Zeitpunkt des Beginns sei nicht klar genug definiert, und die bisherige Dauer mit ca. 150 Jahren sei im Vergleich zu anderen geologischen Epochen erheblich zu kurz. Trotzdem bedeutet das Votum der ICS keine explizite Ablehnung zum jetzigen Zeitpunkt. Vielmehr handelt es sich um einen laufenden Prozess der Bewertung und Diskussion innerhalb der geologischen Fachgemeinschaft. So wurde zum Beispiel vorgeschlagen, das „Anthropozän“ als „ongoing geological event“ zu bezeichnen (Gibbard et al., 2022). Derzeit bleibt „Anthropozän“ also ein informeller Begriff im wissenschaftlichen und öffentlichen Diskurs, weiterhin jedoch ohne offiziell anerkannten Status in der Systematik der geologischen Zeitskalen.

Das Konzept des Anthropozäns hat immerhin zu einer erheblichen Intensivierung der Debatte über die Verantwortung des Menschen für den Zustand des Planeten geführt. Ein prominenter, weltweit beachteter Beitrag hierzu kam von Papst Franziskus, der im Jahr 2015 seine Enzyklika „Laudato Si – Über die Sorge um das gemeinsame Haus“ der Weltöffentlichkeit vorstellte. In dieser Enzyklika betont Papst Franziskus den Zusammenhang zwischen Umweltfragen, sozialer Gerechtigkeit und Armut. Deutlich kritisiert er exzessiven Konsum, Wegwerfkultur und die ungebremste Ausbeutung der natürlichen Ressourcen und fordert eine ökologische Umkehr, bei

der ökonomische und technologische Fortschritte mit dem Schutz der Umwelt in Einklang gebracht werden sollen. Er betont die Verantwortung jedes Einzelnen, nachhaltige Lebensweisen zu fördern und sich für den Schutz der Umwelt einzusetzen und ruft zu einer ökologischen Bildung, politischen Maßnahmen, internationaler Zusammenarbeit und interreligiösem Dialog auf, um die Umweltkrise zu bewältigen. Die Resonanz auf die Veröffentlichung von Laudato Si war sehr positiv, auch von Seiten der Wissenschaft (siehe z.B., *McNutt, 2015; Schiermeier, 2015; Brulle und Antonio, 2015*).

Paul J. Crutzen war gegen Ende seines Lebens zutiefst besorgt über den Zustand des Planeten und die Lebensgrundlage der Menschheit (*Müller et al., 2023*), eine Sorge, die er offenbar mit Papst Franziskus - und vielen Menschen weltweit - teilte.

### 3. Die demographische Entwicklung und Urbanisierung der Weltbevölkerung

Einer der wichtigsten Einflussfaktoren für Umwelt und Ressourcenverbrauch ist die Größe der Weltbevölkerung. Im zwanzigsten Jahrhundert wuchs diese um einen Faktor von 3.7 von etwa 1.65 Milliarden im Jahr 1900 auf 6.1 Milliarden Menschen im Jahr 2000. Dem Weltbevölkerungsbericht der Vereinten Nationen zu Folge überschritt die globale Population im November 2022 dann den Wert von 8 Milliarden. Nach Schätzungen der UN DESA (United Nations Department of Economic and Social Affairs) von 2019 werden unter Annahme eines mittleren Bevölkerungswachstums bis 2050 9.7 Milliarden Menschen den Planeten bewohnen und bis 2100 etwa 10.4 Milliarden. (Details siehe: *Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung, 2021*, oder *UN/DESA, 2022*.) Diese auf Modellrechnungen beruhenden Prognosen deuten zudem darauf hin, dass sich das Wachstum ab Mitte des Jahrhunderts verlangsamt und dann auf hohem Niveau stagniert.

Zwischen den Kontinenten gibt es bezüglich der Bevölkerungsentwicklung erhebliche Unterschiede. Afrika hat die höchsten Wachstumsraten und die Bevölkerung ist dort von etwa 800 Millionen Menschen im Jahr 2000 auf über 1,4 Milliarden Menschen in 2024 angewachsen. Da mehr als die Hälfte der Afrikaner jünger als 25 Jahre ist, wird davon ausgegangen, dass bis zur Mitte des Jahr-



hundreds 2.5 Milliarden Menschen auf dem Kontinent leben. Demgegenüber hat sich das Bevölkerungswachstum in Asien trotz hoher Bevölkerungszahlen im 21. Jahrhundert deutlich verlangsamt (vor allem in China und Japan). Indien hat 2023 China als bevölkerungsreichstes Land der Welt übertroffen und in beiden Ländern wächst die Bevölkerung weiterhin bis zur Jahrhundertmitte, wenn auch mit rückläufigen Raten. Vor allem in China stellt die Altersstruktur eine demografische Herausforderung dar, denn bevor das Land das Pro-Kopf-Einkommensniveau hoch entwickelter Volkswirtschaften erreicht ist seine Bevölkerung bereits signifikant gealtert. Dies wird in dem Epigramm "They get old before they get rich" des Ökonomen und Demografen David Bloom pointiert zum Ausdruck gebracht (z.B. *Bloom et al., 2010*).

Von Bedeutung ist in diesem Kontext die Verteilung der Bevölkerung auf urbane und ländliche Regionen. Auf Modellsimulationen der UN beruhende Angaben des Statistischen Bundesamtes (*DESTATIS, 2023*) deuten darauf hin, dass die globale Stadtbevölkerung bis zum Jahr 2030 5,2 Milliarden Menschen beträgt. Das wären etwa 600 Millionen Menschen mehr, als heute. Während Mitte 2023 ca. 57 % der Menschen in Städten lebten, also 4,6 der 8 Milliarden, steigt dieser Anteil bis 2030 auf geschätzte 60 %. Den Prognosen zufolge könnten bis 2050 bereits zwei Drittel der Menschheit in urbanen Regionen leben. Schon heute gibt es weltweit 34 sogenannte Megastädte, also städtische Großräume mit mehr als 10 Millionen Einwohnern. Einundzwanzig davon befinden sich in Asien, sechs in Lateinamerika und drei in Afrika. Die größten Städte sind derzeit die Urbanregionen Tokio mit 37,2 Millionen, Delhi mit 32,9 Millionen und Shanghai mit 29,2 Millionen Einwohnern. (Die region parisienne hat etwa 12,3 Millionen Einwohner und mit 3,6 Millionen liegt die größte Stadt Deutschlands, Berlin, an 141. Stelle der weltweiten Liste.) Die Vereinten Nationen gehen davon aus, dass die Zahl der Megastädte bis 2050 voraussichtlich auf 43 steigt, und es wird erwartet, dass Delhi dann mit knapp 39 Millionen Einwohnern die größte Stadt der Welt ist. Bis zum Jahr 2100 wird jedoch voraussichtlich Lagos in Nigeria mit dann 80 Millionen Menschen (2024: 21 Millionen) diesen Platz einnehmen (*Global Change Data Lab, 2024*).

Neben der Problematik der Bereitstellung einer funktionierenden Infrastruktur und der allgemeinen Governance besteht ein Aspekt

dieser zunehmenden Urbanisierung in der irregulären Ausbreitung der Slums (siehe *Davis, 2006*), die wesentlich durch die Landflucht und Binnenmigration angetrieben wird.

Die in diesem Abschnitt angesprochenen Zusammenhänge sind Gegenstand einer vertieften Diskussion bei der 68. Jahrestagung des Instituts für Interdisziplinäre Forschung der Görres-Gesellschaft mit dem Thema "Demografische Herausforderungen" im September 2024 in Berlin.

Im folgenden Abschnitt wird nur eines der vielen u.a. mit der Urbanisierung einher gehenden Problemfelder aufgegriffen, das der Wasserversorgung. Es zeigt sich allerdings, dass die Verfügbarkeit sauberen Wassers nicht nur auf urbane Regionen beschränkt, sondern mittlerweile ein Problem von globaler Dimension ist.

## 4. Die Krise der globalen Wasserversorgung

### 4.1 Entwicklung des Wasserverbrauchs im 21. Jahrhundert

Während im zwanzigsten Jahrhundert die Weltbevölkerung etwa um einen Faktor von 3.7 bis vier anstieg, versieben- bis verneunfachte sich der globale Verbrauch<sup>1</sup> an Süßwasser. In den vergangenen 50 Jahren vervierfachte sich der Wasserverbrauch bei gleichzeitiger Verdopplung der globalen Bevölkerung. Der damalige Generalsekretär der Vereinten Nationen, Kofi Annan, bezeichnete 2003 das Wasser als „den Konfliktstoff des 21. Jahrhunderts“. *Verstraete et al. (2009)* fassen im Abstract ihrer Publikation zusammen: „Global poverty defined in almost every way, is disproportionately concentrated in the arid, semiarid and dry subhumid regions –the drylands– of the world..., where people living in such areas are trapped in a downward spiral of environmental degradation and loss of well-being.“ Dies wird sich wegen des Klimawandels in Zukunft nicht zum Besseren wenden, wie *Kerr (2012)* in seinem Beitrag mit dem Titel „The

---

1 Der häufig verwendete Begriff des „Verbrauchs“ im Zusammenhang mit der Wassernutzung ist irreführend, weil das Wasser(molekül) durch diese nicht „zerstört“ wird. Es wird vielmehr in einen, für den Menschen nicht mehr direkt genießbaren Zustand überführt (z.B. durch Verschmutzung, Versalzung, Erwärmung, radioaktive Belastung, Abfluss in die Meere etc.). Deswegen wird in der Fachliteratur anstelle des „Verbrauchs“ der Begriff des „Wassergebrauchs“ verwendet.)

greenhouse is making the water-poor even poorer“ in der Fachzeitschrift *Science* ausführt. Abhängig von der verwendeten Definition bestehen zwischen 38 % und 47 % der Landfläche des Planeten aus solchen „subhumiden“ Regionen, in denen derzeit etwa ein Drittel der Menschheit lebt. Die als „Desertifikation“ bezeichnete Wüstenausbreitung schreitet auf den meisten betroffenen Kontinenten kaum gebremst voran.

Um die Wichtigkeit des Wassers für die globale Entwicklung der menschlichen Zivilisation weiß man natürlich auch schon lange in der Wirtschaft. Beispielsweise hieß es in der Werbung für den weltweit ersten Wasser-Aktienfonds der Schweizer Privatbank „Pictet&Cie“: „Ich investiere in Wasser, weil es das flüssige Gold des 3. Jahrtausends sein wird“. Am 19.5.2009 gab es eine Erklärung von Seiten des Sprechers der Europäischen Kommission, in der er sagte: „Wasser ist eine Ware, wie alles andere auch.“ (zitiert nach *Franke und Lorenz, 2010*). Hiermit bekundete die EU Kommission ihre, von den meisten europäischen Regierungen auch unterstützte Absicht, eine Ausschreibungspflicht für alle öffentlichen Wasserversorger einzuführen mit dem Ziel privaten Anbietern Zugang zum Wassermarkt zu ermöglichen. Am 25.6.2013 wurde dieses Thema jedoch vom damaligen Binnenkommissar Michel Barnier aus einer umstrittenen EU Konzessionsrichtlinie herausgenommen, nachdem sich über 1.5 Millionen Menschen aus sieben Ländern für die erste europaweite Bürgerinitiative „Right2Water“ eingesetzt hatten (siehe auch *Gleick et al., 2002*). Am 28. Juli 2010 war der Anspruch auf reines Wasser von den vereinten Nationen in die Erklärung der allgemeinen Menschenrechte aufgenommen worden.

In Wirklichkeit jedoch ist die Menschheit von einer ausreichenden, für alle gut zugänglichen Wasserversorgung weit entfernt. So ist in dem United Nations Water Development Report (*UN WWDR, 2024*) von 2024 zu lesen: „Roughly half of the world’s population currently experiences severe water scarcity for at least part of the year. One quarter of the world’s population face ‘extremely high’ levels of water stress, using over 80 % of their annual renewable freshwater supply.“ Etwa 2.2 Milliarden Menschen haben keinen Zugang zu sauberem Wasser und etwa 2.5 Milliarden keinen zu hygienischen Sanitäreinrichtungen. Besonders stark betroffen sind Indien und China, wie aus dem Artikel „Four billion people facing water scarcity“ von *Mekonnen und Hokstra (2016)* hervor geht.

## 4.2 Aquifere – die sinkenden Grundwasserspiegel

Über allgemeine Daten zum hydrologischen Zyklus, die auf Publikationen der wissenschaftlichen Fachliteratur beruhen, sowie den grundlegenden Zusammenhang zum Klimawandel gibt der Beitrag: „Globaler Wandel und Konfliktpotenzial: Die Klimaänderung als Hintergrund von Verteilungskämpfen und Kriegen um Wasser“ (Borrmann, 2013) Auskunft. Obwohl dieser Beitrag schon vor zwölf Jahren erschien, sind die Basisdaten auch heute noch weitgehend aktuell. Das gleiche trifft auf die darin beschriebenen Regionen zu, in denen es bereits zu Konflikten um die Ressource Wasser kommt. In manchen ergab sich in der Zwischenzeit sogar eine Verschärfung (z.B. in Darfur, dem Nahen Osten, Äthiopien/Ägypten u.a.). Bezüglich der Entwicklung der Grundwasserreservoirs (siehe auch UNW-WDR, 2022) gibt es jedoch neuere, wesentlich verbesserte Daten, die auf Messungen der GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) Satelliten (NASA und Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, DLR) zurück gehen. In einer Reihe bemerkenswerter Artikel der Fachzeitschriften *Nature Climate Change* und *Science* beschreibt der Hydrologe *Jay Famiglietti* die Veränderungen der, in den wichtigsten globalen Grundwasserreservoirs gespeicherten Wassermengen (z.B. *Famiglietti et al., 2014, 2021; Rodell et al., 2018*). Diese haben für mehr als die Hälfte der beobachteten Grundwasserreservoirs seit Beginn der Messungen im Jahr 2002 stark abgenommen. Besonders von diesem Rückgang betroffen sind das „North China Plain“ Reservoir oder das „Tarim Basin“ in West-China, aber auch das „Guarani-Aquifer“ (Südamerika), sowie das „Southern Ogallala-Aquifer“ in den USA. Einer Studie von *Jasechko et al. (2024)* zufolge haben sich die Grundwasserrückgänge der letzten vier Jahrzehnte in 30 % der regionalen Aquifere weltweit signifikant beschleunigt. Weitere, rasche Grundwasserrückgänge – mit Werten für das Absinken der Grundwasserspiegel von mehr, als 0,5 m pro Jahr – sind auch im 21. Jahrhundert verbreitet, besonders in trockenen Regionen mit ausgedehnten Ackerflächen. Aber auch eine positive Veränderung wird in der Studie aufgezeigt, nämlich dass sich bei manchen Aquiferen (z.B. USA, Thailand, Saudi-Arabien, Iran) die Trends nach politischen Veränderungen, gesteuerten Grundwasserauffüllungen und Oberflächenwasserumleitungen verlangsamt oder sogar umgekehrt haben. Die irreversible Entleerung der betroffenen Grundwasserre-

servoires erscheint also nicht überall als unvermeidlich und es besteht durchaus Potenzial für die Erholung erschöpfter Grundwassersysteme. Trotzdem kommentieren *Famiglietti et al. (2021)* die Ergebnisse sehr deutlich: “Jasechko and Perrone implicitly deliver a timely warning that universal access to groundwater is fundamentally at risk. As groundwater levels decline around the world, only the relatively wealthy will be able to afford the cost of drilling deeper wells and paying for the additional power required to pump groundwater from greater depths. .... Beyond dwindling access to groundwater, the consequences of millions of wells running dry, and perhaps millions more in the decades to come, would be severe and unparalleled at such a scale in human history. They include major threats to food production, the health and livelihoods of the millions to billions of people affected, and the environment. Disappearing groundwater resources may act as a trigger for violent conflicts and have the potential to generate waves of climate refugees.” In gewissem Sinne wird ein erheblicher Anteil des Grundwassers also doch in Analogie zu Erdgas und -öl “verbraucht“, etwa wenn es aus den Aquiferen zur Oberfläche gefördert, verwendet und dann letztendlich in die Meere fließt oder in die Atmosphäre verdunstet.

Eine naheliegende, direkte Folge der sinkenden Grundwasserspiegel ist die Vertrocknung von Brunnen zur Trinkwasserversorgung und für die Bewässerung landwirtschaftlicher Flächen. Hierzu haben *Jasechko und Perrone (2021)* vorliegende Daten zu weltweit 39 Millionen Grundwasser-Brunnen aus 40 Ländern untersucht. Sie zeigen, dass 6 bis 20 % der Brunnen nicht mehr als 5 Meter tiefer, als der jeweilige Grundwasserspiegel reichen. Dies impliziert, dass Millionen von Brunnen Gefahr laufen, trocken zu fallen, wenn die Grundwasserspiegel weiterhin auch nur um wenige Meter sinken. Die zunehmende Vertrocknung der Brunnen geht also hauptsächlich darauf zurück, dass die Grundwasserspiegel der meisten Aquifere kontinuierlich absinken. Weitere Auswirkungen des Absinkens der Grundwasserspiegel meeresnaher Aquifere ist deren zunehmende Versalzung (i.e. die sogenannte „Meerwasserintrusion“), denn mit dem Rückzug des Grundwassers dringt Meerwasser in die Süßwasser tragenden Bodenschichten ein. In der oben zitierten, neueren Studie (*Jasechko et al., 2024*) analysieren die Autoren Trends der Grundwasserspiegelveränderung für 170.000 Brunnen und 1.693 Aquifere in den Ländern, die etwa 75 % der globalen Grundwasser-

entnahmen verursachen. Demnach werden neuere Brunnen in einigen Gebieten, in denen erhebliche Rückgänge des Grundwasserspiegels zu verzeichnen sind, nicht tiefer als die älteren Brunnen gebaut. Neu angelegte Brunnen werden also mit sinkendem Grundwasser ebenso wahrscheinlich trockenfallen, wie die vorhandenen.

Der in Zukunft immer wichtiger werdende Themenkomplex „Wasser und Migration“ ist in mehreren Publikationen der Weltbank (z.B. *Kumari et al., 2018; Zaveri et al., 2021*) ausführlich diskutiert. Im Jahr 2023 gab es weltweit etwa 117,3 Millionen Menschen – Flüchtlinge und intern vertriebene Binnenflüchtlinge –, die aufgrund von Verfolgung, Konflikten, Gewalt, Menschenrechtsverletzungen oder anderen gravierenden Störungen der öffentlichen Ordnung zur Flucht gezwungen wurden (*UNHCR, 2024*). Die Weltbank schätzt, dass durch die zunehmenden Auswirkungen des Klimawandels über 216 Millionen Menschen zu Binnenflüchtlingen werden, davon bis 2050 geschätzte 86 Millionen in der Subsahara, 40 Millionen in Südasien, und 17 Millionen in Südamerika (siehe auch *Clement et al., 2021*). Es ist davon auszugehen, dass die großen urbanen Zentren die Hauptdestination der Migranten sind.

### 4.3. Die Kryosphäre

Besonders stark vom Klimawandel betroffen ist die Kryosphäre unseres Planeten. Dies bezieht sich auf das sich rapide reduzierende, arktische Meereis (*Thoman et al., 2023*), das Festlandeis in Grönland und der Antarktis, sowie das Gletschereis in den weltweiten Gebirgsregionen.

Nach Daten der GRACE Satelliten (s. Abschnitt 4.2) verlor das grönländische Kontinentaleis im Zeitraum zwischen 2002 und 2020 etwa 5000 Gt (Gigatonnen) an Masse (von insgesamt etwa 2.6 Millionen Gt vorhandenem Eis), während das antarktische Festlandeis um fast 3000 Gt (von insgesamt 24.4 Millionen Gt) abnahm. Gegenwärtig haben die nahezu linearen Raten der Eismassenabnahme Beträge von 274 Gt pro Jahr für Grönland und 151 Gt/a für die Antarktis (siehe *Otosaka et al., 2023*, sowie *Klages et al., 2024*). Mit Blick auf die Gletscher der Welt schreiben *Rounce et al., 2023*, in *Science*: „Glaciers are projected to lose 26 %  $\pm$  6 % (+1.5°C) to 41 %  $\pm$  11 % (+4°C) of their mass by 2100, relative to 2015, .... This .... will

cause 49 %  $\pm$  9 % to 83 %  $\pm$  7 % of glaciers to disappear. Mass loss is linearly related to temperature increase and thus reductions in temperature increase reduce mass loss. Based on climate pledges from the Conference of the Parties (COP26), global mean temperature is projected to increase by +2.7°C, which would lead to a sea level contribution of 115  $\pm$  40 millimeters and cause widespread deglaciation in most mid-latitude regions by 2100." Die Zahlen in Klammern, also "(+1.5°C)" und "(+4°C)", geben hierbei die Anstiege der globalen mittleren, oberflächennahen Temperatur bis zum Jahrhundertende an, die den, für die Studie verwendeten Modellrechnungen zu Grunde liegen (also zum Beispiel das bekannte 1.5 Grad Ziel). Die 26. UN-Klimakonferenz COP26 fand im November 2021 in Glasgow statt.

Für die Trinkwasserversorgung sind Schnee und Gletschereis essenziell. Die dafür wichtigsten Gebirgsregionen sind die Anden, der Himalaya, die Rocky Mountains, die Gebirgszüge Zentralasiens, sowie die Alpen. Diese Gebirgsregionen werden auch als "Wassertürme der Welt" bezeichnet, da sie in der Lage sind, große Mengen Schnee und Eis zu speichern, die dann während der warmen Monate langsam schmelzen und kontinuierliche Wasserflüsse gewährleisten. Zum Beispiel wird in einer Studie von *Immerzeel et al. (2010)* ausgeführt, dass etwa 1.4 Milliarden Menschen für ihr Trinkwasser von Indus, Ganges, Brahmaputra, Yangtse, und dem Gelben Fluss abhängen, eine Zahl, die heute sicherlich noch höher ist. Die Flüsse werden ihrerseits von den Niederschlägen und dem gespeicherten Wasser im Himalaya und dem Tibetischen Hochplateau gespeist. Weltweit sind heute etwa 1.9 Milliarden Menschen auf Wasser der Gletscher angewiesen (*Rounce et al., 2023*).

Die Masse des Gebirgseises nimmt als Folge des Klimawandels also kontinuierlich ab. Für den Zeitraum von 2006 bis 2015 ist dazu im *SROCC Special Report* des IPCC (2019) ausgeführt: „Regionally averaged mass budgets were likely most negative (less than -850 kg m<sup>-2</sup> yr<sup>-1</sup>) in the southern Andes, Caucasus and the European Alps/Pyrenees, and least negative in High Mountain Asia (-150  $\pm$  110 kg m<sup>-2</sup> yr<sup>-1</sup>) but variations within regions are strong." Besonders wichtig sind die Regionen des Himalaya und des Hindukusch, zu deren Situation zwei bemerkenswerte Studien publiziert wurden: die von *Kraaijenbrink et al. (2017)*, und der Bericht "The Hindu Kush Himalaya Assessment" von *Wester et al. (2019)*. Nach *Kraaijenbrink et al.*

(2017) würde der Anstieg der globalen Mitteltemperatur um  $1.5\text{ °C}$  zu einer Erwärmung in der Himalaya-Hindukush Region von  $2.1\text{ °C} \pm 0.1\text{ °C}$  führen. Demzufolge verschwinden bis zum Jahrhundertende  $36\% \pm 4\%$  der gegenwärtigen Eismasse. Steigt die globale Mitteltemperatur jedoch, dem sogenannten RCP4.5 Szenario des IPCC (siehe Abschnitt 5.3) entsprechend, um  $1.8\text{ °C}$  bis  $2.6\text{ °C}$  im Vergleich zum vorindustriellen Niveau an, so ergeben die Rechnungen der Autoren einen Eisverlust von  $49\% \pm 7\%$ . Dem Assessment von *Wester et al. (2019)* zu Folge würde die Region bei den gegenwärtigen Emissionsraten für Treibhausgase einen Temperaturanstieg von  $5.5\text{ °C} \pm 1.5\text{ °C}$  erfahren (bezogen auf die Mitteltemperatur zwischen 1976 und 2005, also nicht auf die des vorindustriellen Niveaus), und als Folge bis 2100 etwa  $2/3$  (sic) ihres Eises verloren haben. Sollten die Ergebnisse dieser Studien zutreffen, und tatsächlich zwei Drittel des Eises der Himalaya-Region bis 2100 abschmelzen, wird die Menschheit vor äußerst gravierenden Herausforderungen stehen.

Auch der Rhein ist von den abnehmenden Schnee- und Eismassen in den Alpen betroffen. Diese sind Thema einer, auf Satellitenmessungen basierten Publikation von *Sommer et al. (2020)*, aus der hervorgeht, dass die Alpen pro Jahr etwa  $39\text{ km}^2$  pro Jahr an Gletscherfläche (bei unterschiedlichen Eisdicken) verlieren. Analysen der GRACE Daten von *Jay Famiglietti* zu Folge, die in einem TV-Interview am 30.8.2022 in der ARD gezeigt, d.h. nicht in der wissenschaftlichen Fachliteratur publiziert wurden, nahm die Flussrate des Wassers durch den Rhein zwischen 2002 und 2022 jährlich um  $1.2\text{ Gt}$  pro Jahr ab. Mittel- bis langfristig wird sich dies auch für unsere Wasserversorgung auswirken.

## 5. Klimawandel und die Ozeane

### 5.1 Grundlegende Betrachtungen

Es gibt wohl mittlerweile kein Ökosystem mehr auf der Erde, das nicht vom Klimawandel betroffen ist, selbst nicht in der Tiefsee.

Das Statement „Climate change is unequivocal“ aus dem vierten *IPCC Assessment Report 2007* bedeutet, dass der Klimawandel zweifelsfrei wissenschaftlich nachgewiesen ist. Neben mittlerweile vielen anderen Studien ergab eine umfassende Untersuchung von *Cook et*