Skalenprobleme

Eine Untersuchung von Praktiken der Vermittlung zwischen individueller und kollektiver Wirkebene im Kontext des Anthropozän-Konzepts

Kumulative Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades (Dr. phil.)

Erstgutachterin: Prof*in Dr. Gabriele Dürbeck
Zweitgutachter: Prof. Dr. Martin Doll
Drittgutachter: Prof. Dr. Marco Rieckmann

Vorgelegt von
PHILIP HÜPKES

Vechta, 2023

ABSTRACT

Das Anthropozän-Konzept setzt die menschliche Spezies als Kollektivsubjekt und Protagonistin in das semantische Zentrum einer ganzen geologischen Epoche. Es postuliert einen ‚menschlichen' – d.h. auf die menschliche ‚Spezies' bezogenen – Maßstab als Ausgangspunkt wissenschaftlicher Erklärungsansätze für geologische, biochemische und klimatische Veränderungsprozesse. Damit eröffnet das Anthropozän-Konzept eine systematische geo- und erdsystemwissenschaftliche Analyse der menschlichen Einwirkung auf unterschiedliche, miteinander zusammenhängende Teilsysteme und Phänomene des Erdsystems. Es wirft aber auch die Frage auf, in welcher Weise sich die abstrakte, nur vermittels epistemisch-technischer Verfahren zugängliche Wirkebene eines kollektiven Speziessubjekts zu der Wirk- und Erfahrungsebene von menschlichen Individuen verhält. Denn mit der Priorisierung auf die kumulierten Effekte *menschlicher* Handlungen richtet das Anthropozän-Konzept zugleich ein implizites Appell an jede und jeden Einzelnen, sich der eigenen Verantwortung vor der Folie immenser Größenordnungen bewusst zu werden. Damit rücken Fragen der Vorstellbarkeit, Intelligibilität und sinnlichen Erfahrbarkeit der kumulativen Wirkebene in den Vordergrund, und somit der Aspekt ihrer *Vermittlung*.

Die Ausgangshypothese dieser Dissertationsschrift besagt, dass sich jeder Versuch der Vermittlung einem Problem stellen muss, dass sich als ‚Skalenproblem' fassen lässt. Die Involvierung der menschlichen Spezies in ‚anthropozäne' Phänomene lässt fundamental unterschiedliche Maßstäbe ineinander kollabieren: planetare Veränderungen, deren Beobachtung in den Kompetenzbereich erd- und geowissenschaftlicher Forschung fallen und die demnach erst vermittels technischer, medialer und epistemischer Verfahren erschließbar werden, halten Einzug in die Lebensrealität von Individuen, ebenso wie umgekehrt die Handlungen von Menschen Einfluss auf die Beschaffenheit und Funktionalität planetarer Prozesse nehmen. Der Begriff des Skalenproblems zielt darauf ab, die Ausprägungen und Effekte, die sich aus dem Aufeinanderprallen und Konvergieren scheinbar inkommensurabler Maßstäbe ergeben, als eine Herausforderung für die menschlichen Sinne und die Vorstellungskraft zu fassen.

Das Ziel der Dissertationsschrift besteht darin, in der Untersuchung exemplarischer literarischer, ästhetisch-künstlerischer, epistemisch-wissenschaftlicher und technologischer Praktiken Skalenprobleme freizulegen und darin affirmativ gewendete Artikulationen der Rückkopplung großskaliger ‚anthropozäner' Phänomene an einen menschlichen Individualmaßstab zu identifizieren. Dabei wird darauf abgestellt, das Anthropozän affirmativ als ein an die sinnliche Wahrnehmung und Vorstellungskraft anschlussfähiges Konzept zu fassen – und folglich als eine Möglichkeit, das komplexe geo- und erdsystemwissenschaftliche Fundament der fachlichen Debatten über anthropogene Einflussfaktoren in einen Dialog mit kulturellen, politischen und öffentlichen Diskursen über Individualverantwortung in Anbetracht einer sich verändernden Welt zu bringen.

Inhaltsverzeichnis

Teil I: Dachkapitel **1**

Kapitel 1: Skalenprobleme. Eine Untersuchung von Praktiken der Vermittlung zwischen individueller und kollektiver Wirkebene im Kontext des Anthropozän-Konzepts *2*

1.0. Erörterung der Forschungsfrage, der Hypothesen sowie der Struktur des Dachkapitels 2

1.1. *„Nothing is great or little otherwise than by comparison“*: Von Swift und Galilei zu dem Anthropozän-Konzept 7

1.2. (Anthropo-)Zän 13

1.3. Ökologische Skalenkonzepte und der Aspekt der Beobachtung 21

1.4. Erörterung der Struktur sowie der inhaltlichen Schwerpunkte der Dissertationsschrift 33

1.5 Literaturverzeichnis 39

Anhang **45**

Liste der publizierten Artikel der kumulativen Dissertation 46

Teil I: Dachkapitel

Kapitel 1: Skalenprobleme. Eine Untersuchung von Praktiken der Vermittlung zwischen individueller und kollektiver Wirkebene im Kontext des Anthropozän-Konzepts

1.0. Erörterung der Forschungsfrage, der Hypothesen sowie der Struktur des Dachkapitels

Der kolossale, planetenumspannende Maßstab, in dem anthropogene Aktivitäten im Kontext des Anthropozän-Konzepts wirksam und zugleich beobachtbar geworden sind, führt eine Problemlage herbei, deren Untersuchung Gegenstand der vorliegenden Dissertationsschrift ist. Das Anthropozän, so fasst Bruno Latour dieses Problem konzise zusammen (2017a: 93), stelle die Menschen vor die Herausforderung „to find our place among phenomena, which are at once immensely vaster than we are, and yet subject to our affect." Latour stellt darauf ab, dass sich die Menschheit als kollektives Subjekt des Anthropozän mit hochkomplexen Phänomenen und Ereignissen planetarer Veränderungen konfrontiert sieht, *in deren Existenz sie zugleich involviert ist*. ‚Anthropozäne' Phänomene wie der Klimawandel, das Artensterben oder die Kumulation von Kunststoffen in den Weltmeeren lassen sich nicht aus sicherer Distanz beobachten, weil sie in ihrer räumlichen und zeitlichen Größenordnung und infolge ihrer (Mit-)Verursachung durch menschliche Aktivitäten kein ‚Außen' zulassen. Die Menschheit steht im Sinne Latours vor der Herausforderung, zur Beobachterin von Phänomenen werden zu müssen, deren intrinsischer Bestandteil sie selbst geworden ist – zur Beobachterin ihrer selbst.

Das Anthropozän-Konzept eröffnet zwar eine systematische wissenschaftliche Analyse der menschlichen Einwirkung auf unterschiedliche, miteinander zusammenhängende Teilsysteme und Phänomene des Erdsystems. Es wirft damit aber – an Latour anschließend – auch die Frage auf, in welcher Weise sich die Wirkebene individueller Handlungen zu der in planetarem Maßstab untersuchbaren Ebene eines kollektiven Speziessubjekts verhält. Daher impliziert das Anthropozän mit seiner Priorisierung auf die kumulierten Effekte *menschlicher* Handlungen in letzter Konsequenz ein Appell an jede und jeden Einzelnen, die eigene Rolle und Einbindung in diese Phänomene in Perspektive, in ein Verhältnis zu setzen – sich also der eigenen Verantwortung vor der Folie immenser Größenordnungen bewusst zu werden. Damit rückt wiederum die Frage der Vorstellbarkeit und Intelligibilität der kumulativen Wirkebene in den Vordergrund, und somit der Aspekt ihrer adäquaten *Vermittlung*.

Die Ausgangshypothese dieser Dissertationsschrift besagt, dass sich jeder Versuch der Vermittlung einem Problem stellen muss, das sich als ‚Skalenproblem' fassen lässt. Die Involvierung des Faktors ‚Anthropos' in – die wissenschaftliche Analyse von – Phänomene(n) wie etwa dem Klimawandel lässt fundamental unterschiedliche Maßstäbe ineinander

kollabieren: planetare Veränderungen, deren Beobachtung in den Kompetenzbereich erd- und geowissenschaftlicher Forschung fallen und die demnach erst vermittels technischer, medialer und epistemischer Verfahren erschließbar werden, halten Einzug in die Lebensrealität von Individuen, ebenso wie umgekehrt die Handlungen von Menschen in nicht-linearer Weise Einfluss auf die Beschaffenheit und Funktionalität planetarer Prozesse nehmen. Der Begriff des Skalenproblems zielt darauf ab, die Ausprägungen und Effekte, die sich aus dem Aufeinanderprallen und Konvergieren scheinbar inkommensurabler Maßstäbe ergeben, als eine Herausforderung für die menschlichen Sinne und die Vorstellungskraft zu fassen. Diese sinnliche Dimension wird vor allem auf den Aspekt der Beobachtung zurückgeführt: der großskalige Beobachtungsmaßstab der wissenschaftlichen Analyse des Anthropozän findet kein Korrelat in einem von den Sinnen ausgehenden, phänomenalen Beobachtungspunkt. Skalenprobleme sollen daher vor allem als Probleme der Beobachtung gefasst werden.

Daran anschließend lässt sich eine übergeordnete Forschungsfrage formulieren, die allen Kapiteln der vorliegenden kumulativen Dissertationsschrift zugrunde liegt: welche Potentiale ergeben sich für die Vermittlung der wissenschaftlichen Implikationen des Anthropozän-Konzepts, wenn dessen abstrakter und umfassender Beobachtungsfokus auf Anthropos und seine Involvierung in hochkomplexe Erdveränderungen buchstäblich ‚geerdet' wird, indem er gegen die Folie eines ‚menschlichen Individualmaßstabs' gelesen wird – und folglich gegen den Maßstab all jener Individuen, die sich dem Kollektivsubjekt des Anthropozän potentiell zugehörig fühlen? Lassen sich mittels der Untersuchung von Skalenproblemen zugleich auch Formen der Vermittlung identifizieren, die es erlauben, eine Beziehung zwischen kollektiv-planetarer und individueller Wirkebene, zwischen einem primär epistemisch-technischen und einem primär sinnlichen Erfahrungsbereich offenzulegen? Das Ziel der Dissertationsschrift besteht darin, in der Untersuchung exemplarischer literarischer, ästhetischer, epistemisch-wissenschaftlicher und technologischer Praktiken Artikulationen der Rückkopplung großskaliger ‚anthropozäner' Phänomene an einen menschlichen Individualmaßstab freizulegen. Dabei wird darauf abgestellt, das Anthropozän affirmativ als ein an die sinnliche Wahrnehmung und Vorstellungskraft anschlussfähiges Konzept zu fassen – und folglich als eine Möglichkeit, das komplexe geo- und erdsystemwissenschaftliche Fundament der fachlichen Debatten über anthropogene Einflussfaktoren in einen Dialog mit kulturellen, politischen und öffentlichen Diskursen über Individualverantwortung in Anbetracht einer sich verändernden Welt zu führen. Die Herstellung eines Dialogs steht demnach im Zentrum des Vorhabens; Skalenprobleme – so lässt sich hier hypothetisch festhalten – lassen sich nicht überwinden, sondern können affirmativ als Möglichkeit gefasst werden, vermeintlich

unvereinbare Maßstäbe und Wirkebenen zueinander in dialogische Beziehung zu setzen. Dabei lassen sich drei aufeinander aufbauende Unterhypothesen formulieren, die in den drei Hauptteilen der Dissertation mit ihren insgesamt sechs Kapiteln untersucht werden:

Erstens lässt sich der abstrakte geologische und erdsystemwissenschaftliche Untersuchungs- und Beobachtungsmaßstab des Anthropozän-Konzepts vermittels zweier Denkfiguren – jener der ‚Tiefenzeit' korrelativ zu dem geologischen Zeitmaßstab und dem ‚Gaia'-Begriff korrelativ zu dem erdsystemwissenschaftlichen, vor allem räumlichen Maßstab – an den menschlichen Sinneshorizont zurückkoppeln und damit eine Beziehungshaftigkeit zwischen einem menschlichen und einem geologisch-erdsystemwissenschaftlichen Bezugsrahmen annehmen.

Zweitens ergibt sich aus dieser Beziehungshaftigkeit ein Skalenproblem sowohl auf einer primär räumlichen als auch auf einer primär temporalen Ebene. Dieses Skalenproblem wird durch die Nichtexistenz eines ‚Außen' bzw. eines entsprechenden Beobachtungspunktes hervorgebracht und äußert sich daher vordergründig als ein Problem der Repräsentation bzw. Vermittlung. Als ein solches stellt es gängige Repräsentationsverfahren infrage, erlaubt aber in einer kritischen Lesart auch den Blick auf alternative Repräsentationsverfahren, die eine dialogische Beziehungshaftigkeit zwischen vormals als unvereinbar angenommenen Maßstäben denkbar werden lassen.

Drittens lässt sich in der Untersuchung von Praktiken der Vermittlung der kumulativen Wirkebene des Anthropozän in einer kritischen Lesart die Ebene einer Situierung bzw. ‚Immanenz' herausarbeiten. Diese erlaubt es, die scheinbare Unverfügbarkeit anthropozäner Phänomene als Nebeneffekte der Konstruktion einer transzendenten Ebene auszuweisen und letztere in ein Spannungsverhältnis zu einer situativen Ebene zu stellen. Die Untersuchung der Spannung zwischen Transzendenz und Situierung ermöglicht es, das Paradoxon der Beobachtung – d.i., der Beobachtung von Phänomenen, deren Bestandteil der Beobachtungsvorgang zugleich ist – aufzulösen und affirmativ zu wenden.

Aufgrund der kumulativen Form der vorliegenden Dissertationsschrift bedarf die Untersuchungsthematik jedoch zunächst einer Einordnung. Alle Kapitel wurden vor Einreichung der Dissertationsschrift im Zeitraum 2019–2022 als Fachartikel in Journals oder Sammelbänden publiziert und bilden daher unterschiedliche Zugänge auf die oben skizzierte Forschungsfrage ab, ohne dabei originär einen Anspruch darauf gehabt zu haben, im Sinne der hier festgelegten Kapitelreihenfolge inhaltlich linear aufeinander aufzubauen. Daraus ergeben sich folgende Konsequenzen, auf die hier hingewiesen werden soll: erstens decken die Kapitel einen Forschungsstand ab, der mit dem Zeitraum ihrer Publikation als Fachartikel

übereinstimmt. Zweitens sind die Kapitel teilweise in deutscher, teilweise in englischer Sprache verfasst.[1] Drittens ergeben sich aus der ursprünglichen Publikationsform stellenweise inhaltliche Überschneidungen – dies ist insbesondere im Hinblick auf einführende Bemerkungen zu dem Anthropozän-Konzept der Fall, weiterhin aber auch bei wiederkehrenden Argumenten, Zitaten und vereinzelt bei Analysegegenständen. Die Kapitel sind aus diesem Grund als unterschiedliche Perspektiven und Herangehensweisen auf eine gemeinsame Ausgangsproblematik zu verstehen – und folglich auch als Untersuchungen, denen eine Eigenständigkeit zuzusprechen ist, insofern sie je eigene Forschungsfragen und (Hypo-)Thesen entwickeln. Infolge ihrer ursprünglichen Veröffentlichung in unterschiedlichen Fachpublikationen mit unterschiedlichen inhaltlichen und disziplinären Gewichtungen ergibt sich weiterhin ein heterogenes Spektrum an Untersuchungsgegenständen. Die Dissertationsschrift versteht sich daher keineswegs als Einzelmedienbetrachtung etwa ausschließlich literarischer oder etwa künstlerisch-ästhetischer Praktiken, sondern als intermediale Untersuchung, die davon ausgeht, dass die Untersuchung unterschiedlicher Medien bzw. Praktiken auch einen vielschichtigen Blick auf die zur Disposition stehende Skalenproblematik erlaubt – ein Blick, der deshalb relevant ist, weil sich die Skalenproblematik über die Grenzen einzelner Medien, Praktiken und sinnlichen Zugänge hinwegsetzt und entsprechend einen weiter angesetzten Untersuchungsmaßstab erforderlich macht.

Der innere Zusammenhalt, den das Format einer kumulativen Dissertation erfordert, bedarf einer vertieften Erläuterung – dies zu leisten ist Ziel der vorliegenden Einleitung, die sich in diesem Sinne als ein ‚Dachkapitel' versteht. Das Kapitel zielt in seinem weiteren Verlauf darauf ab, die spezifischen Perspektiven der folgenden Kapitel um eine allgemeine Perspektive auf die Skalenproblematik zu *ergänzen*. So soll den Leserinnen und Lesern der vorliegenden Dissertationsschrift der Zugang auf einen inneren Zusammenhalt der Kapitel – einen Zusammenhalt, der aufgrund ihres ursprünglichen Publikationsformats innerhalb der Kapitel nicht expliziert wird – erleichtert werden. Da sich die Kapitel im Detail in ihrer Analyse verschiedener Implikationen von Skalenproblemen auch bereits mit den jeweils erforderlichen Grundlagen auseinandersetzen, verstehen sich die nachfolgenden Erörterungen wiederum

[1] Daraus ergibt sich die Notwendigkeit einer Bemerkung zu der Berücksichtigung formaler Vorgaben: obgleich englisch- und deutschsprachige Fachartikel in der Regel je eigene formale Vorgaben im Hinblick auf die Angabe von Quellen aufweisen, wurde hier zugunsten der formalen Einheitlichkeit entschieden, sowohl bei textinternen Quellenangaben als auch in der Bibliographie auf ein deutschsprachiges Stylesheet zurückzugreifen. So werden beispielsweise auch in den englischsprachigen Artikeln Paraphrasen via „vgl." gekennzeichnet. Weiterhin wird aber von einheitlichen Regeln immer dann abgesehen, wenn sich aus ihnen das Erfordernis eines Eingriffs in den Text ergeben hätte. Dies betrifft vor allem die unterschiedliche Handhabung im Hinblick auf die Verwendung von Abkürzungen in den jeweiligen Kapiteln. Andererseits wurden formale Aspekte immer dann vereinheitlicht, wenn dies keine Auswirkungen auf syntaktischer oder semantischer Ebene nach sich gezogen hat.

weniger als herkömmliche ‚Einführung' in die Grundlagen der Thematik denn als ‚Rahmung', die den Blick erweiternd auf Aspekte richtet, die in den Folgekapiteln nur implizit oder am Rande behandelt werden. In diesem Sinne bereitet das Dachkapitel nicht nur einführend auf die Lektüre der Folgekapitel vor, sondern ergänzt diese um eine allgemeinere Perspektive. Im Detail werden die folgenden Aspekte diskutiert.

Erstens (Kapitel 1.1): bereits das eingangs angeführte Latour-Zitat verweist auf den Aspekt der *Größe* anthropozäner Phänomene, ohne dass dabei aber schon genuin von einer Problematik des *Maßstabs* die Rede wäre. Um darauf hinzuleiten, dass die Problematik der ‚Größe' immer auch eine ‚Skalenproblematik' ist, wird daher anhand einer exemplarischen Lektüre von Jonathan Swifts Roman *Gulliver's Travels* (1726) in Bezug auf Galileo Galileis Thesen zur Skalierung von Objekten aufgezeigt, inwieweit die Konfrontation mit unvertrauten Größen(-ordnungen) immer eine Frage des Größen*verhältnisses* ist und infolgedessen die menschlichen Sinne involviert – ohne dabei aber notwendigerweise immer für die Sinne zugänglich zu sein. Damit ist eine Überleitung zu der Ausgangsproblematik der Dissertation mit ihrem Fokus auf Skalenprobleme – d.i., auf Probleme des sinnlichen Zugangs zu Verhältnissen zwischen divergierenden Größenordnungen und Maßstäben – geschaffen.

Zweitens (Kapitel 1.2): die Forschungsrelevanz einer Fokussierung auf Skalenprobleme im Zusammenhang mit dem Anthropozän-Konzept lässt sich zwar bereits mit Blick auf dessen konzeptuelle Ebene begründen – nämlich insbesondere mit der konzeptuellen Hinwendung zur menschlichen Spezies als Kollektivakteurin; doch zugleich lässt sich das Anthropozän-Konzept diskursanalytisch in einem weiteren Sinne als Ausprägung eines umfassenderen Interesses an großskaligen Konzepten und Maßstäben fassen. Es soll gezeigt werden, dass dem Anthropozän-Konzept im Lichte dieses allgemeinen Interesses eine Besonderheit, eine Neuheit zu attestieren ist, die in einem spezifischen Zugang auf Fragen des Maßstabs liegt. Daraus resultiert innerhalb des interdisziplinären Anthropozän-Diskurses ein breit angelegtes Interesse an Maßstabfragen, wobei aber differenziert werden muss zwischen geo- und erdsystemwissenschaftlichen Schwerpunktsetzungen einerseits und – im weitesten Sinne – geistes- und kulturwissenschaftlichen andererseits. Die Ausdifferenzierung eines geistes- und kulturwissenschaftlichen Interesses an Maßstabfragen begründet letztlich auch die Forschungsrelevanz der vorliegenden Dissertationsschrift im Rahmen eines interdisziplinären Anthropozän-Diskurses.

Drittens (Kapitel 1.3): wenngleich die geistes- und kulturwissenschaftliche Anthropozän-Forschung dezidiert nicht mit denselben *tools* und Instrumenten arbeiten kann und soll wie die

Geo- und Erdsystemwissenschaften, erfordert die Untersuchung von Maßstabsfragen doch ein Verständnis der wissenschaftlichen, vorrangig *ökologischen* Grundlagen jenes Skalen-Begriffs, der im Verlauf der Untersuchung immer wieder im Vordergrund stehen wird. Daher erfolgt ein interdisziplinärer Exkurs in die ökologische Forschung zu – und mit – Skalen. Ziel ist es hierbei, ein vertieftes Verständnis von den in der ökologisch informierten Anthropozän-Forschung verwendeten Skalenkonzepten zu vermitteln und dabei insbesondere den Aspekt der ‚Beobachtung' zu vertiefen. Das Unterkapitel soll in diesem Sinne weniger als *Grundlage* denn als *Ergänzung* der Erörterungen in den folgenden Kapiteln fungieren – und in diesem Sinne auch als ein ‚Ausblick' darauf, dass die geisteswissenschaftliche Auseinandersetzung mit Skalenproblemen künftig von einer inter- und transdisziplinären Ausweitung ihrer Forschungsperspektiven im Sinne einer stärkeren wissenschaftlichen Fundierung ihrer Methoden und Theorien profitieren kann.

Viertens (Kapitel 1.4): wenngleich die ursprünglich als Fachartikel publizierten sechs Kapitel der vorliegenden Dissertationsschrift ursprünglich nicht als linear aufeinander aufbauende Teile einer umfassenden Untersuchung vorgesehen sind, verfolgt deren Anordnung in einer spezifischen Reihenfolge sowie Gliederung in drei übergeordnete Teile (II, III, IV) den Zweck, thematische Schwerpunktsetzungen auf verschiedene Teilaspekte der ihnen zugrunde liegenden Ausgangsproblematik ausdifferenzieren zu können. Daher wird das Dachkapitel abschließend mittels der Beschreibung der inhaltlichen Schwerpunkte einen roten Faden – einen gemeinsamen, inneren Zusammenhalt – zwischen den einzelnen Teilen und Kapiteln herausarbeiten.

1.1. *„Nothing is great or little otherwise than by comparison"*: Von Swift und Galilei zu dem Anthropozän-Konzept

„[N]othing is great or little otherwise than by comparison", heißt es bereits im Jahre 1726 in Jonathan Swifts berühmtem Roman *Gulliver's Travels* (2019 [1726]: 47). Die Liliputaner und die Brobdingnagianer, denen Gulliver auf seinen literarischen Reisen begegnet, sind nur im direkten Vergleich mit dem Protagonisten außerordentlich groß respektive klein. Mit seinem Eintreffen in Lilliput und Brobdingnag bringt sich Gulliver jeweils selbst als Maßstab in Lebenswelten ein, die trotz ihrer Größe den literarischen Schein des Vertrauten wahren: Einzelne Grashalme wirken zwar auf Gulliver wie Bäume – und doch bleiben sie dabei Grashalme; Einrichtungsgegenstände wie Betten und Stühle sind in Brobdingnag viel zu groß, um von Gulliver benutzt zu werden – und doch sind sie Betten und Stühle; Liliputaner und Brobdingnagianer sind zwar winzig/riesig – aber sie bleiben letztlich verkleinerte/vergrößerte

Versionen von Menschen und sind in dieser Hinsicht im Hinblick auf ihr Erscheinungsbild und ihren Habitus von Menschen nicht unterscheidbar.

Swifts Roman zeigt auf unbeschwerte, satirische Weise auf, dass ‚Größe' nicht als genuin *statische* Kategorie missverstanden werden darf. Vielmehr entsteht Größe im operativen Vollzug und ist in dieser Hinsicht fundamental *relational* und *vermittelt*.[2] Vergleichbar mit dem berühmten Experiment von Schrödingers Katze, die zur Veranschaulichung der Quantenmechanik in einem experimentalen Unbestimmtheitszustand verharren musste, der sich erst Augenblick des Hinzutretens des Beobachtungssubjekts in eine *bestimmte* Richtung hin aktualisiert (Leben oder Tod), nimmt auch die Differenz zwischen Gulliver und den Liliputanern/Brobdingnagianern erst infolge des Aufeinandertreffens ihrer je eigenen, disparaten Lebenswelten eine objektive Gültigkeit an.

Die Bestimmung und Objektivierung von Größe setzt den *Vergleich* mit divergierenden Größen voraus, die ihrerseits auf den Vergleich mit anderen Größen angewiesen sind. In diesem Sinne ist Größe Effekt von Praktiken und Operationen des Größenvergleichs, des Maßnehmens und damit der Übersetzung zwischen verschiedenen Größenordnungen und Maßstäben: d.h., der Skalierung. Über seine Beobachtungsfähigkeit, die zu dem Eindruck eines Größenunterschieds gelangt, der stets an seiner eigenen Körpergröße bemessen bleibt, wird Gulliver selbst zu einem „anthropometrischen" Medium ebenso wie zum Subjekt einer ‚Anthropomedialität'.[3] Denn sein Eintreffen in Liliput/Brobdingnag konstituiert eine ausschließlich über ihre quantitative Differenz zum menschlichen Maßstab funktionierende Form von Alterität der Liliputaner und Riesen, die im Umkehrschluss die Partikularität seines eigenen Menschseins affirmiert. Gullivers Menschsein wird erst infolge der Operation des Vergleichs, deren Subjekt er zugleich ist, zum Maßstab, an dem sich eine anthropomorphisierte Nichtmenschlichkeit kleinerer/größerer Lebewesen bemisst.

---

[2] Diese Bemerkung stützt sich auf den Begriff der ‚operativen Ontologien', welcher der zweiten Förderungsphase des *IKKM* Weimar als thematischer Ausgangspunkt diente, um einer statischen Auffassung von Ontologie entgegenzuwirken und diese als wandelbaren Effekt apriorischer medialer und kulturtechnischer Aushandlungsprozesse zu deuten. Zum Begriff der operativen Ontologien, vgl. das „Editorial" von Engell und Siegert (2017) im gleichbetitelten Schwerpunkt der *Zeitschrift für Medien- und Kulturforschung*.

[3] Den Begriff des ‚anthropometrischen Maßstabs' des Medialen verwendet Schüttpelz (2009) im Anschluss an Bruno Latours Konzept der „immutable mobiles" (1986) und seine Bemerkungen zu den Maßstäben des Sozialen im zweiten Teil von *Eine neue Soziologie für eine neue Gesellschaft* (2007). Kritische Auseinandersetzungen mit Schüttpelz' Thesen zu dem *einen* Maßstab für alle Medien finden sich bei Tristan Thielmann (2009) und bei Jens Schröter (2011). Zum Begriff der „Anthropomedialität", die den Menschen als Effekt, Konsequenz und Bestandteil umfassenderer medialer Operationen begreift, vgl. Voss/Engell (2015) sowie das Forschungsprogramm des *Kompetenzzentrum Medienanthropologie* (*KOMA*) an der Bauhaus-Universität Weimar.

Es erscheint auf den allerersten Blick naheliegend, aus welchem Grund hier eingangs Swifts Roman zur Herleitung der Fragestellung eines Dissertationsvorhabens angeführt wird, das sich im Forschungskontext des Anthropozän-Konzepts ansiedelt und im Besonderen auf eine Problematik des Maßstabs abstellt: Das Anthropozän-Konzept setzt die menschliche Spezies als Kollektivsubjekt und Protagonistin in das semantische Zentrum einer ganzen geologischen Epoche. Es postuliert einen im weitesten Sinne ‚menschlichen' – d.i. auf die menschliche ‚Spezies' bezogenen – Maßstab als Ausgangspunkt wissenschaftlicher Erklärungsansätze für hochkomplexe geologische, biochemische und klimatische Prozesse. Ähnlich wie Gulliver scheint auch Anthropos, das Subjekt des Anthropozän, großskalige Phänomene wie den Klimawandel oder das Artensterben *an sich selbst zu bemessen*.

Doch würde diese Lesart der Komplexität des Anthropozän-Konzepts nicht gerecht werden. Vielmehr bedarf die Zweckmäßigkeit des Rückgriffs auf einen menschlichen Maßstab im Zusammenhang mit komplexen (‚Natur'-)Phänomenen einer Einordnung, die sich anhand von Swifts anthropometrischen Fiktionen einführend leisten lässt. Denn *Gulliver's Travels* knüpft die Vermenschlichung an die eingangs zitierte, relationale Definition von Größe: ‚Nothing is great or little otherwise than by comparison'. Erst aus dieser Verbindung ergeben sich drei aufeinander aufbauende Erkenntnisse, die für die Diskussion von Skalenproblemen im Kontext des Anthropozän von Bedeutung sind.

Erstens legt Swifts Definition von Größe nahe, dass Maßstäbe relativ zu einem *Beobachtungsvorgang* bestimmt werden, der in vielen Fällen – so etwa mit dem Protagonisten Gulliver – ein menschliches Subjekt involviert. Daraus wiederum folgt, dass der Sinneswahrnehmung und der sinnlichen Erkenntnis eine maßgebliche Bedeutung für die Bestimmung von Maßstäben zukommen. Jedoch sind die menschlichen Sinne keineswegs *immer* ausschlaggebend für den Vorgang der Beobachtung.[4] Dies ist besonders evident bei all jenen Phänomenen, die schlicht außerhalb der Reichweite der menschlichen Sinne liegen und die daher eine wissenschaftliche Form des Zugangs erforderlich machen. Es ist in dieser Hinsicht bezeichnend, dass sich Swifts Roman mit seiner anthropomorphen Fiktion mikro- und makroskopischer Lebensumwelten über Erkenntnisse hinwegsetzt, die Galileo Galilei bereits 1638 in seinen *Discorsi* formuliert hatte. Galileis fundamentale Einsicht bestand darin, dass sich Entitäten nicht beliebig in ihrer Größe verändern lassen: technisch gefertigte Entitäten ebenso wie Organismen unterliegen in ihrem Entstehungs- und Werdensprozess Größe-

[4] Der Begriff der Beobachtung ist im gängigen Wortgebrauch üblicherweise mit dem menschlichen Sehsinn verbunden. In der hier zunächst nur angedeuteten Verwendung bedarf er daher einer ausführlicheren Erläuterung, die im weiteren Verlauf des Kapitels erfolgt. Es sei hier zunächst darauf hingewiesen, dass Beobachtung hier vor allem in einem ‚ökologischen' Verständnis verwendet wird.

abhängigen Restriktionen, die sich nicht problemlos überwinden lassen. Wachstum ist demnach physikalisch begrenzt.[5] Als Grundlage für diese Annahme fungiert eine simple Berechnung, die „als Muster für alle nachfolgenden Skalenberechnungen" (West 2019: 46) gelten kann: bei der Vergrößerung einer Entität skaliert die Oberfläche im Quadrat, das Volumen jedoch im Kubik.[6] Daraus folgte für Galilei (1907 [1638]: 4), dass „man nicht ohne Weiteres vom kleinen Maasstab auf den grossen schliessen dürfe; manche Maschine gelingt im Kleinen, die im Grossen nicht bestehen könnte." Demnach erfordert die Berechnung ebenso wie die (technische) Umsetzung quantitativer Veränderungen auch die Berücksichtigung *qualitativer* Unterschiede, sodass Jonathan Swifts Liliputaner/Riesen in einer auf Galileos Berechnung fußenden Welt als linear verkleinerte/vergrößerte Versionen des Menschen physikalisch unmöglich (vgl. West 2019: 49) und mithin gar nicht mehr als menschenähnliche Wesen zu erkennen wären.[7]

Gullivers Travels artikuliert ein Denken in distinkten, hierarchisch angeordneten Größenstufen (Mikro vs. Meso vs. Makro), deren *qualitative* Beschaffenheit sich ganz im Sinne des berühmten Diktums Pythagoras' am *Menschen als Ausgangsmaßstab* orientiert. Dem gegenüber wird die Gültigkeit des menschlichen Maßstabs schon in Galileis *Discorsi* zugunsten eines mathematischen Gesetzes entthront, das Unterscheidungen zwischen Größen nicht mehr auf der Grundlage von vom Menschen abgeleiteten, vermittels der Sinneswahrnehmung erkennbaren Unterschieden trifft, sondern ubiquitär für beliebig große Entitäten berechnet werden kann. Damit wird scheinbar die Idee der Ausrichtung aller Erkenntnis an einem menschlichen Maßstab selbst dezentriert, indem dieser auf eine mathematische Formel

[5] „Hieraus erkennen wir nun, wie weder Kunst noch Natur ihre Werke unermesslich vergrößern können, so dass es unmöglich erscheint, immense Schiffe, Paläste oder Tempel zu erbauen, deren Ruder, Rahen, Gebälk, Eisenverkettung und andere Theile bestehen könnten: wie andererseits die Natur keine Bäume von übermäßiger Größe entstehen lassen kann, denn die Zweige würden schließlich durch das Eigengewicht zerbrechen; auch können die Knochen der Menschen, Pferde und anderer Tiere nicht übergroß sein und ihrem Zweck entsprechen, denn solche Tiere könnten nur dann so bedeutend vergrößert werden, wenn die Materie fester wäre und widerstandsfähiger, als gewöhnlich; sonst müssten bedeutende Verdickungen der Knochen gedacht werden, damit keine Deformationen einträten [...]" (Galilei 2015 [1638]: 108 f.). Das Problem der Größe äußert sich folglich einerseits als eines der physikalischen Einschränkung, an denen sich künstlerische, handwerkliche und technische Fertigungsprozesse ausrichten müssen, und andererseits als eines, das der Natur selbst Grenzen aufzeigt. Größe nimmt in diesem Sinne für Galileo eine ontologische Vermittlungsrolle zwischen ‚Natur' und ‚Kultur' ein.

[6] Gleiches gilt auch für das Verhältnis zwischen Kraft und Gewicht.

[7] Die Konsequenzen der Berücksichtigung qualitativer Veränderungen bei Größenveränderungen führt der Biologe John Tyler Bonner am Beispiel der Einwohner von Liliput vor: „[I]f Gulliver weighed about 150 pounds, then the similarly proportioned Lilliputian would weigh less than a pound. The result would be that he would not be similarly proportioned to Gulliver, for legs like match sticks would be quite sufficient to support him. [...] Because the Lilliputians have smaller vocal chords their voices will be high and squeaky, and they would talk with great rapidity, so much so that it might be difficult for Gulliver to hear and understand them." Vergleichbare Effekte stellt Bonner auch für die gigantischen Bewohner von Brobdingnag heraus: „[T]he Brobdingnagians would require greatly thickened legs and leg bones, so much that they would no longer appear like normal human beings, but more like victims of advanced elephantiasis of the legs" (Bonner 2006: 33-34).

reduziert wird, an der sich das Verhältnis zwischen Größe und Form von weit mehr als nur menschlichen Organismen bemisst.

Der Umstand, dass Swift seinen Roman 100 Jahre nach Galileis *Discorsi* verfasst hat und daher zu anzunehmen ist, dass er von Galileis Erkenntnissen gewusst haben könnte, zeigt auf exemplarische Weise zweitens auf: der Rückgriff auf einen menschlichen Ausgangsmaßstab findet auch oder gerade dann noch Verwendung, wenn seine Praktikabilität aufgrund der Einschränkung der Sinneswahrnehmung im Hinblick auf die Verfügbarkeit betreffender Phänomene sowie trotz der Existenz wissenschaftlich-mathematisch-instrumenteller Ansätze nicht mehr gegeben scheint.

Swifts Liliputaner und Riesen sind in dieser Hinsicht *gerade nicht* als Ignoranz gegenüber wissenschaftlichen Erkenntnissen misszuverstehen. Die Ausrichtung am Menschen als maß(an)gebende Instanz ließe sich stattdessen als literarisch-künstlerische Strategie deuten. Sie besteht in der Affirmation und künstl(er)i(s)chen Expansion dessen, was qua Sinneswahrnehmung zugänglich ist. Die Besonderheit hierbei besteht darin, dass diese Strategie – unter Berücksichtigung von Galileis Thesen – in einer Zeit erfolgt, in der eine gesteigerte epistemische Zugänglichkeit auf Grundlage wissenschaftlicher Erkenntnisse und technischer Supplemente den menschlichen Maßstab und besonders das menschliche Sehen als vermeintlich wichtigste Referenz jedes (Größen-)Vergleichs in eine Krise stürzt. Der Fortschritt der (Natur-)Wissenschaft wird hier zu einer simultanen Krise der Sinneswahrnehmung und der Vorstellungskraft. Sie besteht darin, dass gesteigertes Wissen auch die Anzahl an Phänomenen erhöht, die sich erst mithilfe neuartiger technischer Instrumente erkennen lassen. Der Rückbezug auf das humanistische Erbe des Sehens, das den Menschen an den Beginn jedes Erkenntnisvorgangs setzt, scheint dann mit Swift als Strategie auf, um die anwachsende Zahl zuvor unbekannter Phänomene in der Mikro- oder Makrowelt in einer *vertrauten* Form darzustellen. Daraus lässt sich folgern, dass im Hinblick auf komplexe Phänomene in unvertrauten Größenordnungen der *Vermittlung* dieser Phänomene in den Bereich des Vertrauten – d.i., in einen menschlichen Maßstab – eine fundamentale Bedeutung zukommt, die mit zunehmendem wissenschaftlichen Fortschritt *gerade nicht* abnimmt.

Daran anschließend lässt sich zwischen Swifts Liliputaner/Brobdingnagianern und Galileis skalierbaren Objekten eine fundamentale Gemeinsamkeit feststellen: sie beide haben ihren Ausgangspunkt in einem ‚Original', dem jede vergrößerte oder verkleinerte Version verpflichtet bleibt. Denn die Unterscheidung der Größenordnungen verdankt sich erst einer vermittelnden Referenz, über die sie gleichsam miteinander verbunden – d.h., in eine Einheit

gefasst – sind. Als vermittelnde Referenz bzw. als ‚Drittes' fungiert bei Galileo ein Skalengesetz, bei Swift aber dann wieder ein menschlicher Ausgangsmaßstab, dessen Reichweite sich am Körper und seinen Sinnesorganen bemisst. Die Verwendung eines mathematischen Skalengesetzes ermöglicht die Skalierung eines Objektes – etwa des architektonischen Modells einer Brücke oder eines Schiffs – unter der Voraussetzung, dass dieses Objekt und seine Eigenschaften *bekannt* sind; genauso, wie es bei dem Rekurs auf einen menschlichen Ausgangsmaßstab der Fall ist. Das bedeutet, dass auch bei Galilei selbst die größten Skalierungen letztlich ihren Ursprung im vertrauten Bereich der Sinneswahrnehmung haben – sie basieren nicht weniger als bei Swift auf einem Vergleich, der die entferntesten Größenordnungen auf Grundlage des Vertrauten konstruiert.

Dies führt zu einer gewichtigen Einsicht: es zeigt sich mit Fokus auf Swifts Hervorhebung der Relevanz des *Vergleichens*, dass die Objektivität des Quantitativen (ob räumlich oder auch zeitlich) zwar im Sinne Galileis physikalisch determiniert ist, aber gleichermaßen den spezifischen Weisen unterliegt, *wie* das Quantitative mediatisiert, gedacht, repräsentiert, erkannt, theoretisiert oder fiktionalisiert wird. Die Frage, *was* das Quantitative *ist*, wäre demnach– und nicht ausnahmslos in fiktiven Artikulationen wie bei Swift – an Beobachtungsvorgänge und -subjekte gekoppelt, d.i. an Weisen, *wie* das Quantitative zu dem wird, was es ist.

Diese Ebene der *Vermittlung* ist folglich – gegeben durch den Aspekt der *Beobachtung* – sowohl für Swift als auch für Galilei von Bedeutung. In diesem Sinne lässt sich drittens festhalten, dass die Vermittlung – das *Wie* – grundlegende Komponente *jeder* Maßstabsbestimmung ist, und dass bei dieser Vermittlung der Rückbezug auf einen menschlichen Ausgangsmaßstab eine tragende Rolle spielen kann.

Die drei erörterten Thesen sind gewichtige Grundlagen für die anschließende Diskussion von Skaleneffekten im Kontext des Anthropozän-Konzepts – dies aber gerade nicht, weil sie schablonenartig auf den Anthropozän-Kontext anwendbar wären. Vielmehr lässt sich aus ihnen *ex negativo* eine Besonderheit des Anthropozän herausarbeiten: Im Kontext der vorliegenden Dissertationsschrift tritt zur Frage der Vermittlung eine Komplikation hinzu, die sich aus einer besonderen Problemlage hinsichtlich des Aspekts der Beobachtung ergibt. Denn Swifts Diktum 'Nothing is great or little otherwise than by comparison' trifft zu, wenn die – mathematische, technische, literarische, künstlerische etc. – Operation des Maßnehmens auf ein Original Bezug nehmen kann, von dem sich die Vergrößerung oder Verkleinerung herleitet. In diesem Zusammenhang stellt sich aber dann die *Frage nach dem Umgang mit Phänomenen, die sich*

aufgrund ihrer Komplexität jedem Vergleich verweigern – Phänomene, die für die menschlichen Sinne keinen erkenn- bzw. wahrnehmbaren Ausgangspunkt, kein beobachtbares ‚Original' zu haben scheinen, von dem sich eine größere oder kleinere Version herleiten ließe.

Wie – so ließe sich hier spekulativ fragen – hätte Swift seinen Gulliver durch fremde Welten reisen lassen, wenn seine Riesen klimatische Veränderungen, Artensterben und Diversitätsverlust, und seine Liliputaner mikroskopisch kleine Viren gewesen wären? Wie hätte sich Gulliver Liliput und Brobdingnag über seinen eigenen Maßstab erschließen können, wenn deren Einwohner*innen für ihn schlicht unverfügbar blieben, wenn sie Gulliver letztlich nur kleinteilige Effekte ihres Handelns vor Augen führten, ohne sich ihm in ihrer Gänze erkennen zu geben? In ebendiesem Sinne steht die literarische Figur Gulliver hier sinnbildlich für das menschliche Individuum im Angesicht der Wirkkraft, die ihm als Teil der menschlichen Spezies in wissenschaftlich fundierter Form durch das Anthropozän-Konzept zugesprochen wird.

1.2. (Anthropo-)Zän

Der Begriff des Anthropozän wurde von dem Atmosphärenchemiker Paul Crutzen und dem Biologen Eugene Stoermer (2000) zur Benennung einer neuen geologischen Epoche vorgeschlagen, um den Zusammenhang zwischen anthropogenen Aktivitäten und biogeochemischen Transformationsprozessen wie dem Klimawandel, dem Artensterben, dem Biodiversitätsverlust, der Versäuerung der Ozeane etc. ins Blickfeld der erdwissenschaftlichen Disziplinen zu rücken. Die Grundannahme des Anthropozän-Konzepts besteht darin, dass Anthropos, verstanden als menschliche Spezies, zu einer geophysikalischen Kraft (vgl. ebd.: 18) avanciert ist und damit im energetischen Maßstab von Prozessen wie etwa der Plattentektonik wirksam und analysierbar ist.[8] Dabei deutet Crutzens (2002) Rede von einer „Geologie der Menschheit" auf eine reziproke Transformation des Geologischen durch die Menschheit ebenso wie des Menschlichen durch das Geologische hin – und damit auf das Ineinander-Kollabieren ihrer jeweiligen Größenordnungen sowie auf die Hinfälligkeit einer dichotom gefassten Beziehung zwischen ihnen. Die Spuren anthropogener, industrieller,

[8] Über den Beginn des Anthropozän – und folglich über den Zeitraum, in welchem Anthropos zu einem fundamentalen Einflussfaktor geworden ist – herrschte lange Zeit keine Einigkeit. Aus geostratigraphischer Sicht handelt es sich hierbei um eine Frage der Datierung, die wiederum an eine Debatte über unterschiedliche Datierungsverfahren geknüpft ist. Detaillierte Übersichten zur Abwägung zwischen der Festlegung das Anthropozän als einer physischen Grenze (*Global Boundary Stratotype Section and Point* [*GSSP*]) und einer numerischen Zeiteinheit (*Global Standard Stratigraphical Age* [*GSSA*]) finden sich unter anderem bei Zalasiewicz et al. (2019: 269 f.), Angus (2016: 48 f.), Veland/Lynch (2016) und in den Beiträgen in Waters (2014). In der Entwicklung der stratigraphischen Debatte spielen diverse Publikationen eine tragende Rolle, die auf Mitglieder der *Anthropocene Working Group* zurückgehen (vgl. Waters et al. 2014, 2016, 2018; Zalasiewicz et al. 2008, 2011, 2015; Zalasieciz 2015). Eine kritische, soziologische Analyse der Implikationen der Abwägung leistet z.B. Bronislaw Szerszynski (2017a).

technologischer und kapitalistischer Einwirkung auf planetare Prozesse ‚schreiben' sich buchstäblich in die Erdstrata ein und können infolgedessen aus geostratigraphischer Sicht ‚ausgelesen' werden: lokal auffindbare Artefakte menschlicher Zivilisationstätigkeit, Technofossilien, Mikroplastikbestände oder Radionuklide werden zu Markern und Indexen einer sowohl in zeitlicher wie auch räumlicher Hinsicht umfassenden Transformation, die in den Anspruch einer auf die Menschheit zugeschnittenen geotemporalen Einheit kulminiert (vgl. exemplarisch: Bonneuil/Fressoz 2017: 66).

Obgleich das Anthropozän auf eine distinkt *geologische* Terminologie Bezug nimmt – so wird das Affix ‚-zän' in der geostratigraphischen Forschung grundsätzlich zur Einteilung erdhistorischer Zeitabschnitte wie zuletzt dem ‚Holozän' verwendet, einer relativ stabilen Wärmezeit der vergangenen zehn- bis zwölftausend Jahre – handelt es sich in genealogischer Hinsicht um ein genuin erd*system*wissenschaftliches Konzept (vgl. Hamilton/Grinevald 2015; Hamilton 2016). Die Erdsystemwissenschaften begreifen und analysieren die Erde als ein komplexes System aus ineinandergreifenden positiven wie negativen Rückkopplungsschleifen zwischen verschiedenen Subsystemen und Systemkomponenten. Dieses System läuft gemäß der Anthropozän-Hypothese infolge der Intensität und Kumulation anthropogener Einwirkungen Gefahr, in irreversibler Weise in einen neuen, möglicherweise lebensfeindlichen „Prozesszustand" (Sloterdijk 2015) überzugehen. Als Zeugnis einer systemtheoretisch und kybernetisch informierten Genealogie der Erdsystemwissenschaften artikuliert das Anthropozän die Plausibilität einer *top-down* Perspektive auf die Erde als einem scheinbar holistischen, ganzheitlich untersuchbaren Objekt. Die Problematik dieses kybernetischen Erbes wurde von verschiedener Seite hervorgehoben (vgl. Hui 2017; Hörl 2017; Toepfer 2018).[9] Das Anthropozän-Konzept ließe sich dahingehend als ein „Narrativ" fassen, das die Beziehungen zwischen Anthropos und Erdsystem auf eine spezifische – maßgeblich auf systemtheoretische und kybernetische Prämissen zurückgehende – Weise rahmt.[10] Die Kontingenz dieses Narrativs

[9] Ganz explizit äußert sich ein kybernetisches Erbe im Rückgriff auf Richard Buckminster Fullers Metapher des „spaceship earth" (1969), welche die Erde als ein dysfunktionales, aber mithilfe eines *operating manual* reparables und kontrollierbares System fasst. Diese Metaphorik wird etwa in dem deutschsprachigen Sammelband *Das Raumschiff Erde hat keinen Notausgang* (2011) aufgegriffen, in dem sich unter anderem Beiträge von Paul Crutzen und Peter Sloterdijk finden. Deutlich kommt die Idee einer Kontrollierbarkeit auch in der erdsystemwissenschaftlichen Rede von den Menschen als „stewards of the Earth system" zum Ausdruck (vgl. Steffen et al. 2007: 619), oder in der Konzeptualisierung eines „safe operating space for humanity", dessen Ermöglichungsbedingung in der Einhaltung von „planetary boundaries" liegt (vgl. Rockström et al. 2009).

[10] Die Annahme, dass das Anthropozän sowohl als Hypothese als auch in seinen Ausdifferenzierungen in natur-, geistes- und sozialwissenschaftlichen Publikationen wie ein Narrativ funktioniert, wird im deutschsprachigen Raum prominent durch die Kulturwissenschaftlerin und Germanistin Gabriele Dürbeck vertreten. Ihr Systematisierungsmodell des interdisziplinären Anthropozän-Diskurses entwirft das Anthropozän als ein „Metanarrativ", das verschiedenen Anthropozän-Narrativen „im Hinblick auf Plot, Story, Protagonisten, räumliche und zeitliche Struktur sowie handlungsorientierte Sinnstiftungen" (Dürbeck 2018a: 3) als Bezugspunkt dient. Die Metaebene des Anthropozän ergibt sich daraus, dass es „(a) die Menschheit als geophysikalische Kraft

– das heißt: der Umstand, dass es, wie jedes Narrativ, auch anders sein könnte – führt indes zu der gegenläufigen Annahme, dass das Anthropozän letztlich eine Tendenz artikuliert, die auf weit mehr hinausläuft als nur eine bestimmte Art und Weise, den Planeten epistemisch und narrativ zu erfassen. Denn als Konzept lässt sich das Anthropozän gleichwohl als Manifestation einer wesentlich umfassenderen diskursiven Tendenz verstehen, die Erich Hörl (2017) prominent als „General Ecology", bzw. synonym: als „New Ecological Paradigm" bezeichnet.

Die Proliferation von Begriffen des Ökologischen auf unterschiedlichste Anwendungsgebiete stellt zugleich die Möglichkeit einer Skalierbarkeit von Ökologie in Aussicht – die sich vor allem in Form der Theoretisierung mikrologischer, minoritärer und intensiver Ausprägungen des Ökologischen zeigt, wie sie mitunter in Konzepten der „Affektökologien" (vgl. Angerer 2017), „Ökologien der Praktiken" (vgl. Stengers 2005) oder einer „Ökologie des Geistes" (vgl. Bateson 1972) zum Ausdruck kommt. Doch Ökologie skaliert auch ins großskalige, extensive Spektrum; so lässt sich eine grundsätzliche Hinwendung zu ökologischen Fragen in planetarem Maßstab konstatieren, wobei dem Anthropozän-Konzept in den vergangenen Jahren bei weitem die größte Aufmerksamkeit in wissenschaftlichen und öffentlichen Diskursen zuteil wurde.[11]

---

begreift, (b) eine planetarische Perspektive auf die globale Umweltkrise wirft, (c) eine tiefenzeitliche Zeitdimension aufweist, (d) eine enge Wechselbeziehung, d.h. Nicht-Trennbarkeit von Natur und Kultur annimmt und (e) daraus eine ethische Verantwortung des Menschen für das Erdsystem ableitet" (ebd.: 4). Dürbeck unterscheidet insgesamt 5 Unternarrative, die sich auf die Metaebene des Anthropozän-Narrativs beziehen: das Katastrophennarrativ, das Gerichtsnarrativ, das Narrativ der Großen Transformation, das (bio-)technologische Narrativ sowie das Interdependenznarrativ (vgl. ebd.: 7 f.; Dürbeck 2018b). Weiterhin bildet die Frage der erzählerischen Dimension des Anthropozän den thematischen Ausgangspunkt des durch Dürbeck geleiteten DFG-Forschungsprojekts *Narrative des Anthropozän in Wissenschaft und Literatur. Themen, Strukturen, Poetik*. Die These, dass sich das Anthropozän in unterschiedlichen Narrativen manifestiert, wird auch in der Einleitung des Sammelbandes *The Anthropocene and the Global Environmental Crisis* durch die Herausgeber Clive Hamilton, Christoph Bonneuil und Francois Gemenne (2015: 3) vertreten. Eine alternative Systematisierung schlägt der Mitherausgeber Bonneuil (2015: 18) im selben Sammelband vor, indem er den Anthropozän-Diskurs in ein naturalistisches, ein postnaturalistisches, ein öko-katastrophistisches und ein ökomarxistisches Narrativ aufgliedert.

[11] Die Annahme einer gesteigerten Aufmerksamkeit für großskalige, planetenumspannende Ökologien stützt sich in erster Linie auf die enorme Popularität des Anthropozän-Konzepts auch in den geistes- und sozialwissenschaftlichen Disziplinen, die sich in einer beinahe unüberschaubaren Publikationsdichte zu unterschiedlichsten thematischen Feldern äußert, die unter dem Oberbegriff des Anthropozän verhandelt werden. Besonders deutlich aber wird diese Tendenz mit Blick auf die Herausbildung zahlreicher Konzepte, die ausgehend von einer Kritik am Anthropozän-Konzept alternative, weniger anthropozentrische und universalisierende Formen der Verursachung ins Blickfeld rücken, dabei aber – und das ist entscheidend – trotzdem auf die (großskalige) zän-Terminologie zurückgreifen. Als besonders relevant sind das „Kapitalozän" (Moore 2015) und das „Technozän" (Hornborg 2015), das „Chthuluzän" und das „Plantationocene" (vgl. Haraway 2015, 2016) sowie das „Neganthropozän" (vgl. Stiegler 2018) hervorzuheben. Darüber hinaus, möglicherweise aber auch als Konsequenz dieses Anthropozän-*hypes*, findet sich prominent in den jüngeren Arbeiten Bruno Latours sowie Isabelle Stengers' ein großes Interesse an James Lovelocks und Lynn Margulis' Gaia-Hypothese, die für ihre holistischen, vitalistischen und kybernetischen Implikationen umfassend kritisiert wurde (vgl. vor allem Latour 2017b; Latour/Lenton 2018; Stengers 2015). Zuletzt zeigt sich ein Interesse am Großskaligen auch in der Rede von diversen ‚turns', die sich auf umfassende räumliche oder geozeitliche Zusammenhänge beziehen. So etwa in einem Sammelband der Literaturwissenschaftler*Innen Amy J. Elias und Christian Moraru (2015), die in der im 21. Jahrhundert zunehmenden Hinwendung der Künste und der Literatur zum Planetarischen als einem konzeptuellen und politischen Bezugsrahmen einen „Planetary Turn" ausmachen. Neben dem Fokus auf das Planetarische finden sich auch Plädoyers für einen geologischen ‚turn' in expliziter Form in Aufsätzen (vgl. Yusoff 2013; Ivanchikova

Dennoch gibt die grundlegendere Tendenz hin zum Großskaligen Anlass zu einer These, die über das Anthropozän-Konzept hinausgeht: die epistemische Einsetzung eines planetaren Maßstabs, in dem – je nach Konzept – anthropogene, technologische, mediale oder biokybernetische Prozesse mess-, analysier- und beobachtbar werden, lässt gleichwohl auf eine *ontologische* Dimension dieser Verschiebung schließen: wenn nämlich derartige Begrifflichkeiten und Konzepte ein hohes Maß an Aufmerksamkeit erfahren, dann vor allem deshalb, weil sich eine Konvergenz zwischen dem angesetzten Maßstab der Beobachtung einerseits, und dem durch diese evident werdenden Ausmaß bzw. der Reichweite der beobachteten Prozesse abzeichnet. Damit ist gemeint, dass der angesetzte Beobachtungsmaßstab nicht *eine unter vielen* möglichen Weisen ist, planetare Veränderungsprozesse zu fassen – im Gegenteil machen Störungen und Abweichungen in solchen Prozessen erst evident, dass die Bezugnahme auf einen solch umfassenden Maßstab zu deren Analyse zwingend erforderlich ist.

Die ‚Neuheit' von Konzepten wie dem Anthropozän, die im Affix ‚-zän' (aus dem altgriechischen Wort *kainos/καινός* = ‚das Neue') bereits angelegt ist, besteht in diesem Sinne darin, dass sie eine Verschiebung des Verhältnisses zwischen der Ontologie der Erde und den epistemischen und medientechnischen Verfahren und Operationen ihrer Beobachtung und Analyse implizieren. Diese Neuheit besteht einerseits in der hier angedeuteten Konvergenz zwischen Beobachtungsmaßstab und dem materiell-ontologischem Ausmaß der analysierten Prozesse; andererseits darin, dass die wissenschaftlichen Operationen zur Beobachtung dem Beobachteten nicht – im Sinne eines Harawayschen „god trick" (1988: 581) – äußerlich sind, sondern in materieller Hinsicht zugleich als Teilursachen planetarer Transformationen verstanden werden müssen: Satellitentechnik, *remote sensing*, Datenarchive und Server, Algorithmen und Forschungsinstitute sind keine passiven Instrumente eines Wissens über den Klimawandel oder die chemische Zusammensetzung der Atmosphäre, sondern energie- und ressourcenkonsumierende Agenturen ihrer (ontologischen) Transformation (vgl. z.B. Gärdebo et al. 2017: 49; Dürbeck/Hüpkes 2021). Das ‚Neue' – ‚zän' – der hier skizzierten Situation wäre folglich als ein ontologischer Transformationsprozess der Erde zu verstehen, der nicht mehr

2018), Sammelbänden (vgl. Ellsworth/Kruse 2012) und Veranstaltungen wie *The Geologic Turn: Architecture's New Alliance* (10. Januar 2012; 10-12. Februar 2012), ein von Etienne Turpin kuratiertes Forschungssymposium an der University of Michigan, oder Kunstprojekten wie Gabo Guzzos *The Geological Turn: Art and the Anthropocene* (Banner Repeater, London, 24-30. Mai 2012). Die Frage, ob das Anthropozän selbst einen ‚turn' oder einen kuhn'schen Paradigmenwechsel markiert, wurde eingehend im Rahmen der durch Gabriele Dürbeck und den Verfasser organisierten Konferenz *Anthropocenic Turn?': Interdisziplinäre Perspektiven auf das Anthropozän-Konzept* (11.-13. September 2018) an der Universität Vechta diskutiert, deren Ergebnisse in einem interdisziplinären Sammelband publiziert wurden (vgl. Dürbeck/Hüpkes 2020).

getrennt von den medialen, technischen und epistemischen Bedingungen der Erkenntnis, Wahrnehmung und Erfahrung derartiger Transformationen gedacht werden kann. Ein Neues, das im Begriff des ‚Anthropozän' buchstäblich ‚stratifiziert', d.h. aus seiner temporalen Fluidität und Transformativität entkoppelt und in einer Weise verräumlicht wird, in der ebendiese Transformativität zu einer Ableitung anthropogener Aktivitäten und menschlicher Zwecksetzungen wird.[12] Zugleich amplifiziert das Anthropozän-Konzept mit seiner Fokussierung auf Anthropos die hier skizzierte Situation insofern, als es die menschliche Spezies selber ist, die als Agens des ontologischen Transformationsprozesses der Erde in Erscheinung tritt – und infolgedessen appelliert das Anthropozän-Konzept an all jene, die sich dem Kollektivsubjekt Anthropos zugehörig fühlen, die eigene Einbindung in das Kollabieren anthropogener und planetarer Maßstäbe in eine gemeinsame *top down* Perspektive der Erdsystemwissenschaften zu erkennen und diese Erkenntnis in verantwortungsvolles Handeln zu übersetzen.

Daraus bezieht das Anthropozän-Konzept seine herausgehobene Bedeutung im Vergleich zu anderen Konzepten und Entwicklungen einer ‚Allgemeinen Ökologie'. Gerade aufgrund seiner ambiguen Positionierung gegenüber der Menschheit kann das Anthropozän-Konzept als Ausgangspunkt für ein kritisches und vielschichtiges Nachdenken über jenes Neue dienen, das sich vor allem über das Konvergieren von Maßstäben bestimmt. Dies lässt sich auch mit Blick auf den interdisziplinären Anthropozän-Diskurs argumentieren. So ist von verschiedener Seite hervorgehoben worden, dass das Anthropozän-Konzept die Notwendigkeit artikuliert, für ein wissenschaftliches Theoretisieren von – ebenso wie für ein gesellschaftlich-politisches Nachdenken über – ökologische, planetare und geologische Zusammenhänge insbesondere Konzepte, Fragen und Probleme des Maßstabs zu berücksichtigen.[13]

In der sich vollziehenden Intensivierung von Debatten über Maßstabsfragen– für die im weiteren Verlauf des Dachkapitels vorwiegend der englischsprachige Begriff *scale* verwendet

[12] Vgl. hierzu Georg Toepfers (2018) Auseinandersetzung mit dem „Mediozän", einer in der Zeitschrift für Medien- und Kulturforschung (Schwerpunkt: *Mediocene*) ausbuchstabierten, an den Anthropozän-Begriff angelehnten Wortneuschöpfung, welche die maßgebliche Rolle von Medientechnologien für die Transformation geologischer und planetarer Prozesse hervorhebt. Als einen wichtigen Beitrag zu dieser Debatte lassen sich auch Jussi Parikkas (2015) medientheoretische Erwägungen zu einer ‚Geologie der Medien' anführen. Toepfer setzt sich mit der ‚-zän'-Terminologie auseinander und argumentiert, dass die geologische Analyse von Erdstrata als eine Verräumlichung zeitlicher Prozesse aufgefasst werden kann, als eine Form des „mapping time into space" – so lautet auch der Untertitel seines Artikels.

[13] So konstatieren Eva Horn und Hannes Bergthaller (2019), „[e]in Denken des Anthropozäns [stoße] auf ein wiederkehrendes Problem: die Frage, in welchen räumlichen, quantitativen und zeitlichen Größenordnungen man seine Erscheinungsformen fassen soll". In ähnlicher Form verstehen Astrida Neimanis et al. (2015: 73) das Problem der Skalierung als „one of the stumbling blocks many scholars and citizens alike face in thinking through the environment" (vgl. hierzu auch Estok 2018: 38).

wird[14] – in deren Folge *scale* im äußersten Fall zu einer „question that now begins every conversation in the Humanities“ avanciert (LeMenager 2009: 25), nimmt das Anthropozän-Konzept deshalb die Rolle eines „key impetus“ (Neimanis et al. 2017: 7) ein. Denn „[z]ahlreiche Forschungspositionen zum Anthropozän arbeiten mit Skalierungen“, wie Léa Perraudin in einem gemeinsam mit Petra Löffler und Birgit Schneider geführten Interview mit Kathrin Yusoff und Jennifer Gabrys anmerkt (2020: 141). Wenngleich dies absolut zutreffend ist, bleibt hier offen, dass die spezifische Weise, in der unterschiedliche Forschungspositionen mit Skalierungen arbeiten, nicht homogen ist und in zwei – miteinander verbundene – Pole gegliedert werden kann: einen methodologischen und einen theoretisch-reflexiven.

Obwohl dem Anthropozän-Konzept attestiert wird, eine Fakultäten-übergreifende Form von Inter- und Transdisziplinarität denkbar werden zu lassen,[15] lässt sich doch eine fundamentale Differenz zwischen naturwissenschaftlichen und – im weitesten Sinne – geisteswissenschaftlichen Herangehensweisen darin bemerken, dass erstere, im interdisziplinären Zusammenschluss der Erdsystemwissenschaften, die unterschiedlichen biogeochemischen Prozesse, Transformationen und (Sub-)Systeme des Anthropozän erforschen und damit einen unmittelbaren Beitrag zu einer wissenschaftlichen Fundierung der Anthropozän-Hypothese leisten. Demgegenüber richten sich letztere primär in reflexiver und oft kritischer Weise auf jenes naturwissenschaftliche *Wissen von* derartigen Transformationsprozessen.[16] Dieser Differenz entsprechend variiert auch die Arbeit mit Skalierungen dahingehend, dass die erdsystemwissenschaftliche Forschung zum Anthropozän *scale* primär als theoretisches und methodologisches Rahmenwerk verwendet; dem gegenüber ist die geisteswissenschaftliche Forschung vor allem reflexiv an der methodologischen Verwendung von Skalen und den daraus resultierenden kulturellen, politischen und sozialen, ontologischen und epistemologischen Implikationen interessiert. Entsprechend der in Kapitel 1.1 herausgestellten Beziehung zwischen Galileis Skalenberechnung und Swifts anthropometrischer Fiktion ließe sich festhalten, dass skalare Methodologien nicht als genuin

[14] Die primäre Verwendung des englischsprachigen Begriffs liegt darin begründet, dass im Folgenden überwiegend mit englischsprachiger Forschungsliteratur gearbeitet wird.
[15] Vgl. z.B. Latour (2013a: 78).
[16] In dieser Hinsicht folgen solche Ansätze, die oft den sogenannten ‚neuen Ontologien‘ posthumanistischer, neomaterialistischer, prozessontologischer, spekulativ-realistischer oder anthropologischer Ausprägung verpflichtet sind, einer Forschungstendenz, die Astrid Deuber-Mankowsky (2019) als grundsätzliches Charakteristikum der ‚Neuen Materialismen‘ identifiziert hat. Diese beziehen sich, so Deuber-Mankowsky (ebd.: 32), keineswegs unmittelbar auf die Materie, sondern „auf das von den Natur- und Biowissenschaften bereitgestellte Wissen vom Leben: auf die Quantenphysik, die Neurowissenschaften, das Affective Computing, die Ökologie oder, in jüngster Zeit, die Geologie und Geogeschichte.“ In diesem Sinne wäre auch ein beträchtlicher Teil der geisteswissenschaftlichen Forschung zum Anthropozän als (heterogene) Ausprägungen der Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichem Wissen und seinen ontologischen Implikationen zu verstehen.

‚neutrale' Verfahren der quantitativen Berechnung und objektiven Erfassung verstanden werden können. Vielmehr implizieren (oder explizieren) sie immer auch eine Art ‚skalares Denken'. Dies suggeriert der Anthropozän-Begriff sehr deutlich auf semantisch-etymologischer Ebene, indem er Anthropos eine entscheidende Rolle für den Verlauf eines ganzen geologischen Zeitalters beimisst und somit die gesamte Menschheit zum Maßstab werden lässt, an dem sich nunmehr die Untersuchung geophysikalischer, biochemischer und planetarer Prozesse orientiert.[17]

Eine durchaus relevante Differenz genannter Pole bleibt jedoch bestehen: auf der einen Seite – als analytische Arbeit *mit* Skalierungen in den Erdsystemwissenschaften – wird die Skalierungsfrage eher affirmiert, indem die Existenz von Skalen konzeptuell *vorausgesetzt* werden muss. Auf der anderen Seite – als theoretisch-reflexive Arbeit *am* skalaren Denken der Erdsystemwissenschaften – wird sie tendenziell kritisch behandelt, insofern Skalen als mitunter problematische epistemologische *tools* und/oder sich ontologisierende/materialisierende Raster der Raum/Zeit-Strukturierung reflektiert werden, die kontingent sind und deshalb die Notwendigkeit alternativer (nicht-skalarer) Konzepte ins Blickfeld rücken.[18] Von unterschiedlichen Prämissen ausgehend und in durchaus vielfältiger Weise setzt derartige Kritik zumeist an dem holistischen, scheinbar ubiquitären Maßstab an, der dem Anthropozän-Konzept und der Forschung zugrunde liegt, um den Einfluss anthropogener Aktivität auf die Metastabilität planetarer (positiver und negativer) Rückkopplungsschleifen sowie auf Erdsysteme (Biosphäre, Atmosphäre, Lithosphäre etc.) und geologische Prozesse nachzuweisen. Laut Serpil Opperman (2018: 2) ‚erzählt' das Anthropozän-Konzept eine allzu umfassende „story of scale that stretches from the deepest lithic recesses of the Earth to its unsheltered atmospheric expanses". Der erdsystemische Maßstab des Anthropozän, der dazu fungiert, das planetare Ausmaß anthropogener Aktivitäten kenntlich zu machen, erweise sich aber laut Timothy Clark (2015: 71) als „mockingly useless", sobald es um die Beantwortung von „daily questions of politics, ethics or specific interpretations of history, culture, literature or other areas" gehe. Maßgeblich problematisiert wird die mit diesem Maßstab einhergehende Homogenisierung und Subsumierung heterogener menschlicher Akteure*Innen unter einem

[17] Zur zentralen Rolle des Anthropos im Zusammenhang mit dem Anthropozän-Konzept, vgl. Hannes Bajohrs (2020) vor allem bei der philosophischen Anthropologie ansetzenden Sammelband zur „Wiederkehr des Menschen im Moment seiner vermeintlich endgültigen Verabschiedung" (so der Untertitel des Buchs).

[18] Fundierte Kritik an skalaren Konzepten sowie Vorschläge für Alternativkonzepte finden sich besonders prominent bei Bruno Latour, der mit seinen Thesen zum ‚Zoom'-Effekt (2017a) sowie zu den Maßstäben der Sozialwissenschaften/des Sozialen (Latour 2007) die epistemologische Verwendung eines zusammenhängenden Mikro-Makro-Kontinuums problematisiert. Weiterhin lassen sich Karen Barads Bemerkungen zum Maßstab des „spacetimemattering" (2017) und Anna Lowenhaupt Tsings nicht-skalares Konzept der „Friction" (2004) sowie der „nonscalability" (2012) als starke theoretische Einwände gegen *scale*-Konzepte anführen.

Kollektivsubjekt auf Speziesebene, dem Anthropos (vgl. z.B. Yusoff 2013; Malm/Hornborg 2014; Connolly 2017; Chiro 2016; Bonneuil/Fressoz 2017). Die Annahme, dass derartige epistemologische Einsetzungen eines Maßstabs einerseits kontingent und andererseits auch von ontologischer Brisanz sind, äußert sich in diversen Vorschlägen, geologische Transformationsprozesse ausgehend von einem alternativen Maßstab zu betrachten. Als Beispiel kann hier Donna Haraway (2015: 159) angeführt werden, die ausgehend von einer mikrobiologischen Skalierung nicht Menschen, sondern Bakterien als „the greatest planetary terraformers (and reformers) of all" bezeichnet. Auch Derek Woods (2014: 134) argumentiert ausgehend von einer skalenkritischen Auseinandersetzung mit dem Anthropozän-Konzept, dass nicht die Menschheit Protagonistin planetarer Transformationen sei, sondern „the sum of terraforming assemblages", womit dann nicht nur Menschen, sondern auch technologische, mediale, mineralogische oder bakterielle (etc.) Akteur*Innen eingeschlossen wären.

Die Kapitel der vorliegenden Dissertationsschrift berücksichtigen die hier skizzierte Kritik an Skalenkonzepten, positionieren sich aber mit ihrer Fokussierung auf Skalenprobleme in einer differenzierten Weise ausdrücklich nicht gegen eine grundsätzliche Auseinandersetzung mit Skalen, und in diesem Sinne auch nicht für die Hinwendung zu Alternativkonzepten. Vielmehr wird davon ausgegangen, dass die erdsystemwissenschaftliche Arbeit mit Skalierungen in ihrer Fokussierung auf die menschliche Spezies eine Akteurin ins Spiel bringt, die keineswegs bloß als anthropozentrische Geste der linearen ‚Hochskalierung' des Menschen fehlinterpretiert werden darf. Im Gegenteil: die Berücksichtigung von Anthropos als erdsystemischer Akteurin komplexifiziert letztlich den Begriff des Menschlichen erheblich, ohne dass dabei aber das Menschliche zugunsten von multiplen nichtmenschlichen Akteur*innen gänzlich aus den Augen – bzw. aus dem Diskurs – verschwindet. Anders als etwa die oben angeführten, alternativen konzeptuellen Ausprägungen einer *General Ecology* erlaubt das Anthropozän-Konzept über die Verknüpfung menschlicher und planetar-geologischer Maßstäbe in besonderer Weise, über die Beziehungen zwischen Menschlichem und Nichtmenschlichem nachzudenken, ohne dabei zwingend etwaigen Fehlannahmen zu erliegen, die aus einem problematischen skalaren Denken resultieren würden. Mit ihrer Hinwendung zu Skalenproblemen bleibt die vorliegende Untersuchung ihrer Verankerung in einem geistes- und kulturwissenschaftlichen Forschungskontext trotzdem insofern treu, als sie die geo- und erdsystemwissenschaftlichen Skalierungen reflexiv – d.i., auf den Aspekt der Vermittlung abstellend – untersucht. Darin liegt die Forschungsrelevanz des Vorhabens begründet: in der Entwicklung eines reflexiven Blicks, der die Einsetzung geo- und erdsystemwissenschaftlicher Skalen aber nicht zugunsten von Alternativkonzepten verwirft, sondern sie in ihren

ontologischen und epistemologischen Konsequenzen ernstnimmt und sie somit als konstruktiven Ausgangspunkt für eine Untersuchung der Beziehung zwischen individualer und kumulativer Wirkebene affirmiert.

Zugleich erfordert die nachfolgende Untersuchung ein grundlegendes Verständnis der methodologischen Arbeit mit Skalen(-konzepten). Denn das methodologische Rahmenwerk der anthropozänen Erdsystemwissenschaften bezieht sich maßgeblich auf ökosystem-ökologische Skalentheorien zurück, deren Entwicklung in die 1980er Jahre zurückverfolgt werden kann. Diese *scale*-Konzeption der Ökologie ist nicht nur eine Grundlage erdsystemwissenschaftlicher Skalierungen, sondern zugleich deutet sie auf eine bereits in der methodologischen Arbeit *mit* Skalierung angelegte kritisch-reflexive Ebene an, die mit der Annahme einer Irreduzibilität von Skalen aufs Engste verbunden ist. Der Blick auf die Skalentheorien der Ökologie erlaubt es vor allem zu zeigen, dass dem Aspekt der Beobachtung im Zusammenhang mit dem Rückgriff auf Skalen eine gewichtige Bedeutung zukommt. Das folgende Unterkapitel versteht sich damit in gewisser Hinsicht als ein Exkurs, welcher der interdisziplinären Ausrichtung des Anthropozän-Diskurses Rechnung trägt. Als solcher zielt er darauf ab, die im Laufe der Untersuchung durchgehend verwendete Skalenterminologie in Grundzügen wissenschaftlich zu fundieren und damit einen erweiterten Blick auf die allen Kapiteln gemeine Ausgangsproblematik zu eröffnen.

1.3. Ökologische Skalenkonzepte und der Aspekt der Beobachtung

Obwohl *scale* erst in der zweiten Hälfte des 20 Jahrhunderts, und insbesondere seit den 1980er Jahren, zu einem eigenständigen Gegenstand verschiedener wissenschaftlicher Disziplinen wie der Ökologie und der (Human-)Geographie geworden ist, zieht sich dessen Grundproblematik durch die Geschichte der Wissenschaften mit ihrem Bestreben, Entitäten jenseits des Zugriffs der unmittelbaren Sinneswahrnehmung in den Bereich der Erkenntnis zu überführen (vgl. Bonner 2006: 8). In einer fundamentalen „fascination with size“ (ebd.: 12), die sich an der Entwicklung bedeutender Bezugssysteme, (Medien-)Technologien und Instrumente – von der Metaphysik über die Erfindung von Teleskop und Mikroskop bis hin zur Quantenmechanik – nachzeichnen ließe, äußert sich immer auch implizit ein Bezug zu *scale*. In prominenter und häufig zitierter Form findet sich ein solcher, wie in Kapitel 1.1 gezeigt wurde, bereits im Spätwerk Galileo Galileis. Seine Überlegungen zur Skalierung werden dann zu späteren Zeitpunkt in den Lebenswissenschaften weiterverfolgt. Wie etwa J.B.S. Haldane in seinem Essay „On Being the Right Size“ (1926) gezeigt hat, ist Größe als fundamentale Konstituente der Physiologie biologischer Organismen zu verstehen. Haldanes These besteht – wie der Titel seiner Untersuchung bereits in Aussicht stellt – darin, dass jedem Tier eine seiner spezifischen

Form ideale Größe entspricht, welche als Ermöglichungsbedingung dieser Form gelten kann: „For every type of animal there is a most convenient size“. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass “a large change in size inevitably carries with it a change of form“ (Haldane 1926: 19). „Size matters“, heißt es so auch prominent im Buchtitel von John Tyler Bonners explizit auf Galilei Bezug nehmender evolutionsbiologischer Studie zur Rolle von ‚Größe‘ als „supreme regulator of all things biological“ (Bonner 2006: 2). Damit die Größe einer Entität im epistemologischen Sinne als ‚optimal‘ konstatiert werden kann, ist sie auf das *Verhältnis* zu Entitäten angewiesen, die sich im Hinblick auf ihre quantitative Dimension *unterscheiden* (lassen). In der Terminologie der Ökologie lässt sich diese Relativität der optimalen Größe durch den Begriff der ‚charakteristischen Skalierung‘ (*characteristic scale*) zum Ausdruck bringen. Er legt nahe, dass die Dynamiken ökologischer Muster und Verhaltensweisen, die für ein bestimmtes Phänomen, einen Prozess oder ein System ausschlaggebend sind, meistens einen charakteristischen Maßstab aufweisen, in dem sie untersucht werden können (vgl. Clark 1985; Wu 1999). Während ‚Größe‘ in dem hier erörterten Kontext die Determinierung des Verhaltens und der Form von Entitäten und Prozessen meint, markiert die charakteristische Skalierung diese Determinierung als einen ‚Bruch‘ (*scale break*), das heißt als eine im Hinblick auf ihre spezifischen Charakteristika größen-, zeit- oder organisationsspezifisch isolierbare Domäne (*scale domain*).[19] Diese bringt aber gleichwohl als Bruch auch eine *Differenz*, und damit ein negatives *Verhältnis* zu all jenen quantitativen Parametern zum Ausdruck, in denen diese Charakteristika *nicht* operationalisierbar sind. Brüche ließen sich demnach als *inhärente* Eigenschaft der sich im Hinblick auf ihre Größe unterscheidenden Entitäten und Prozesse selbst fassen. Im Zusammenhang mit der ‚optimalen Größe‘ – sowie im Sinne einer ansatzweise ontologischen Deutung der ‚charakteristischen Skalierung‘ – ließe sich daher zugleich von einer ‚intrinsischen‘ Skalierung (*intrinsic scale*) sprechen, d.h. von einer durch die ‚Natur‘ selbst prädeterminierten Maßstab(*voraus*)setzung, die nicht lediglich die Konsequenz eines Beobachtungsvorgangs wäre (vgl. Wu/Li 2006: 7).[20] Die charakteristische Skalierung leitet zu der Frage hin, welcher Maßstab anzusetzen wäre, um die intrinsische Dynamik eines bestimmten Untersuchungsgegenstandes, (und damit beispielsweise jene Charakteristika, welche evolutionsbiologisch die Rede von einer ‚optimalen Größe‘ erlauben) konzeptuell-analytisch zu erfassen.

[19] „A [scale] domain is separated from neighboring domains by [scale] breaks, which are zones of variability where there is a change in the dominant processes“ (Nash et al. 2014: 655).

[20] Die Annahme, dass keine intrinsischen Skalen existieren, bzw. dass Skalen ausschließlich auf epistemologische Vorgänge zurückzuführen sind, findet sich etwa prominent bei Allen/Starr (2017 [1982]), die *scale* hierarchietheoretisch vor allem als „investigative tool“ fassen (vgl. hierzu Kapitel 12, 301 f.).

Die Annahme von ‚Brüchen', ‚Domänen' und intrinsischen Mustern macht zugleich implizit auf ein Charakteristikum von *scale*-Konzepten aufmerksam. Bei der Konstatierung einer Domäne, die sich aufgrund intrinsischer Charakteristika als Bruch von anderen Domänen unterscheidet, wird implizit ein konzeptuelles Schema vorausgesetzt, das meist hierarchisch funktioniert. Das Mikro-Makro-Kontinuum kann als Beispiel für ein solches Hierarchie-Schema gelten. Skalen, obgleich sie in der Ökologie ebenso wie in anderen Disziplinen isoliert betrachtet werden können und müssen, stehen nicht für sich alleine – sie explizieren auch insofern Größen*verhältnisse*, als sie immer übergeordnete Organisationsschemata voraussetzen, in denen sie lokalisierbar sind.[21] Ein solches Schema, das wiederum in einzelne Skalen unterteilbar ist, die sich im Hinblick auf ihre räumliche oder zeitliche Ausdehnung oder ihre organisatorische Komplexität vom Kleinen zum Großen hin anordnen, kann aus methodologischer Sicht sinnvoll sein, wenn in einem untersuchten System die kleineren Bestandteile in den jeweils größeren enthalten sind (*nested hierarchy*);[22] es kann aber ebenso problematisch sein, wenn das Schema auf Untersuchungsgegenstände/Entitäten angewandt wird, die nicht im Sinne ineinander geschachtelter Ebenen organisiert sind.[23]

Die Lokalisierung einzelner Skalen innerhalb eines aus mehreren – d.h. mindestens zwei – Skalen bestehenden, übergeordneten Schemas (z.B. das Mikro-Makro-Schema) deutet auf eine wesentliche Komplikation hin, die bei der Suche nach der charakteristischen Skalierung berücksichtigt werden muss und bereits durch Galilei vorweggenommen wurde: wenn bestimmten Phänomenen eine charakteristische Skalierung attestiert werden kann, bedeutet dies im Umkehrschluss, dass eine für eine bestimmte Größenordnung *zutreffende* Schlussfolgerung nicht notwendigerweise auch in anderen Größenordnungen gültig ist. Das bedeutet, dass aus ökologischer Perspektive nicht allein die isolierbare größen- bzw. skalenspezifische Verhaltensweise, Form und Morphologie eines beobachteten ökologischen Akteurs oder Systems von Bedeutung sind, sondern gleichermaßen die damit

[21] Bezeichnend ist in diesem Kontext, dass der Ökologe David C. Schneider (2001: 547) in seiner Studie zum Aufkommen des *scale*-Konzepts in der Ökologie einen parallelen Anstieg in der wissenschaftlichen Nutzung der Begriffe *hierarchy theory* und *spatial scale* auf die 1970er Jahre datiert. Schneiders Ergebnis impliziert, dass der *scale*-Begriff – wenigstens in seiner räumlichen Dimensionierung – *grundsätzlich* hierarchietheoretisch gefasst werden kann. Hierbei kann aber zwischen unterschiedlichen hierarchischen Schemata unterschieden werden. Vgl. etwa Herod (2009: 226 f.), der zwischen den Schemata – oder in seiner Formulierung: Metaphern – der ‚hierarchischen Leiter', der ‚Serien konzentrischer Kreise', und der ‚ineinander geschachtelten (*nested*) Hierarchien' unterscheidet.

[22] Ein naheliegendes Beispiel ist das biologische Organisationsprinzip, bei dem organisatorische Ebenen vom Zellulären über das Gewebes und die Organe bis hin zum Organismus hierarchisch strukturiert sind, insofern das Kleinere jeweils Bestandteil des nächstgelegenen Größeren ist.

[23] Ein bekanntes Beispiel findet sich einerseits in der theoretischen Annahme, dass das ‚Lokale' im ‚Globalen' *enthalten* ist, und andererseits in der gegensätzlichen Annahme, dass das Globale als Extension des Lokalen zu beschreiben wäre.

zusammenhängende Frage nach den *Veränderungseffekten* (bzw. der Dynamik), die eine Entität intrinsisch über mehrere Größenlevel hinweg charakterisieren, oder die bei ihrer materiellen Vergrößerung oder Verkleinerung oder jener des Maßstabs, der zu ihrer Beobachtung angesetzt wird, auftreten. Die Herangehensweise an diese Effekte variiert allerdings im Hinblick auf die methodische Prämissensetzung, die ihr – je nach Beschaffenheit der Veränderung und des betreffenden Untersuchungsgegenstandes – zugrunde liegt.

Die Formulierung von *scaling laws* fungiert prinzipiell dazu, dieses Veränderungspotential mathematisch zu fassen. *Scaling laws* beschreiben Beziehungen zwischen Variablenmengen, die sich im Verhältnis zueinander verändern, über mehrere Größenstufen hinweg (vgl. Chave/Levin 2004: 32). In dieser Hinsicht erlauben sie zugleich mit Blick auf technisch-materielle Größenveränderungen (die z.B. bereits bei Galilei, aber natürlich auch grundsätzlich in den Ingenieurswissenschaften oder der Architektur eine zentrale Rolle spielen) die Berechnung der Bedingungen, in deren Rahmen die Dimensionen eines Elements in der Zusammensetzung einer Entität dergestalt verändert werden können, dass sie bei einem Vergrößerungs- oder Verkleinerungsvorgang möglichst erhalten bleiben. Bereits Galileis *scaling law* konnte qualitative Effekte mathematisch erfassen und damit die Unmöglichkeit belegen, Entitäten beliebig in ihrer Größe verändern zu können; doch damit artikulierte er zugleich die Möglichkeit, auf konzeptuell-mathematischer Ebene von einem beliebigen kleinen Maßstab auf einen beliebigen größeren Maßstab zu schließen, insofern es als allgemeingültiges Gesetz zwischen diesen Maßstäben eine quantitative Proportionalität konstatiert. Galileis wegweisendes Argument nimmt zwar bereits eine Reihe zentraler Aspekte gegenwärtiger *scale*-Diskurse vorweg, affirmiert aber auch eine ausdrücklich ‚reduktionistische' Herangehensweise an physische Systeme, die seit René Descartes und bis zum Anfang des 20. Jahrhunderts als dominante naturwissenschaftliche Methode gelten kann (vgl. Mitchell 2009: ix). Der Reduktionismus erlaubt es Galilei, basierend auf beobachtbaren Phänomenen Erkenntnisse zur Mechanik – und demnach zur Dynamik der physikalischen Welt – herzuleiten, die über das Beobachtbare hinaus Allgemeingültigkeit annehmen. Als wissenschaftliche Methode wird der Reduktionismus aber in jenem Moment problematisch, in dem komplexe Phänomene ins Interesse wissenschaftlicher Forschung rücken, deren Effekte und Verhalten nur schwerlich vorhersehbar scheinen.

Die buchstäbliche ‚Komplexifizierung' der Frage nach Größenverhältnissen und -veränderungen steht zweifelsohne im Zusammenhang mit einer grundsätzlichen Hinwendung zu theoretischen Problemen der Komplexität, der Adaption, der Organisation und der Resilienz, und grundsätzlich mit der wachsenden Popularität allgemein systemtheoretischer

Forschungsansätze. Die damit sich ergebenden Konsequenzen für die ökologische Auseinandersetzung mit *scale* lassen sich exemplarisch an dem vielzitierten und einflussreichen Essay „More is Different" aufzeigen, den der Physiker und Nobelpreisträger Philip Warren Anderson im Jahre 1972 publiziert hat. Anderson setzt ausdrücklich mit einer Kritik an der Annahme ein, der Reduktionismus könne universell als Methode angewandt werden. Laut Anderson ergäbe sich aus einer Universalisierung der reduktionistischen Methode unweigerlich eine Hierarchie der wissenschaftlichen Disziplinen und ihrer Anwendungsgebiete, insofern die elementaren Entitäten der einen Disziplin durch die elementaren Entitäten einer anderen erklärbar werden können, die sich mit kleineren Entitäten befasst. So würde etwa das System des ‚Sozialen' als Interaktion zwischen Menschen und als Gebiet der Sozialwissenschaften durch die Gesetze und Prämissen der Psychologie verständlich werden, jene der Psychologie durch die der Physiologie, bis man irgendwann über Mikrobiologie und Chemie bei der Teilchenphysik angelangt, deren Gesetze wiederum im reduktionistischen Verständnis extrapoliert und auf das Gesamtsystem bezogen werden könnten. Verfügt man – in der reduktionistischen Logik – über ein Verständnis der kleinstmöglichen elementaren Entitäten, lassen sich daraus beliebige größerskalige Systeme erschließen, insofern diese aus den elementaren Entitäten zusammengesetzt wären. Anderson richtet sich gegen die dieser Logik inhärente Auffassung, dass letztlich jedes System anhand eines Verständnisses seiner Bestandteile intelligibel werden kann. Er betont ausdrücklich, dass *komplexe* Systeme eine solche Auffassung ad absurdum führen:

> The behavior of large and complex aggregates of elementary particles [...] is not to be understood in terms of a simple extrapolation of the properties of a few particles. Instead, at each level of complexity entirely new properties appear, and the understanding of the new behaviors requires research which I think is as fundamental in its nature as any other. (Anderson 1972: 393)

In den neu entstehenden system-, komplexitäts- und organisationstheoretisch fundierten Disziplinen wird in besonderer Weise dem ‚emergenten Verhalten' komplexer (adaptiver) Systeme Rechnung getragen, auf das Anderson hier hindeutet. Der Begriff der ‚Emergenz' bezeichnet das Auftreten einer Form von spontaner ‚Selbstorganisation',[24] d.h. des übergreifenden Zusammenwirkens eines Netzwerks einzelner Systembestandteile, dessen Verhalten sich weder aus den einzelnen Bestandteilen selbst, noch aus einer übergeordneten Steuerungsinstanz, sondern allein aus dem spontanen Zusammenwirken des Netzwerks ergibt

[24] Prinzipiell können die Begriffe der Emergenz und der Selbstorganisation als synonym verstanden werden. Letzterer Begriff fand in der Terminologie der Kybernetik Verwendung, während von ‚emergentem Verhalten' etwa in der Kognitionswissenschaft, und allgemeiner, in theoretischen Ansätzen zum Verständnis ‚komplexer', ‚dynamischer' oder ‚chaotischer' Systeme die Rede ist.

(vgl. Varela 1990: 62). Das Auftreten von Emergenz ist ausdrücklich als Charakteristikum *nichtlinearer* und damit zumeist komplexer Systeme zu beurteilen, insofern sich derartige Systeme als Makro-Netzwerkstruktur betrachtet qualitativ von der quantitativen Summe ihrer einzelnen Bestandteile unterscheiden.[25] ‚Komplex' sind sie dabei insofern, als dass ihr Verhalten aufgrund des Kontrasts zwischen den relativ *simplen* Operationen einzelner Systembestandteile einerseits, und *komplexen* kollektiven Informationsverarbeitungsprozessen andererseits, in vielen Fällen kaum zu berechnen oder vorherzusagen ist (vgl. Levin 2002: 17).[26]

Bezogen auf die *scale*-Frage, die insbesondere in der Ökologie seit den 1980er Jahren explizit im Zusammenhang mit der Untersuchung komplexer (adaptiver) (Öko-)Systeme diskutiert wird, führt emergentes Verhalten zu einem Induktions- und Deduktionsproblem, das sich nicht problemlos durch *scaling laws* lösen lässt: das ‚Kleine' – d.h. die Komponenten eines beliebigen Systems – ist nicht dazu in der Lage, das ‚Große' – d.h. das System selbst – zum Ausdruck zu bringen. Ebenso wenig lässt sich aber vom Großen auf das Kleine schließen; so kann das Große nicht lediglich als Vergrößerung seiner kleinteiligen Bestandteile gefasst werden, weil auch das Kleine umgekehrt nicht als ‚verkleinertes Großes' begriffen werden kann.[27] Die Herausforderung, der sich unterschiedliche Disziplinen in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts auf theoretischer Ebene stellen müssen, besteht in diesem Sinne darin, das Auftreten emergenten Verhaltens, dessen Untersuchungsrelevanz Anderson postuliert, auch und vor allem als Problem der Skalierung zu fassen.

---

[25] Im Gegensatz dazu entspricht bei linearen Systemen das ‚Ganze' der Summe seiner Teile, sodass in ihrem Fall eine reduktionistische Methode greifen würde, die ausgehend von der Analyse einzelner Teile auf das Ganze schließen möchte. Auch bei physikalischen Systemen, die im mathematischen Sinne komplex sein können, im organisatorischen Sinne aber bei weitem nicht denselben Komplexitätsrad aufweisen wie ökologische, biologische, soziale oder ökonomische Systeme (vgl. Chave/Levin 2004: 31), kann der Reduktionismus fruchtbar sein – so auch bei Galilei. Ein entscheidender Unterschied zwischen Galileis frühen Erkenntnissen zu Veränderungseffekten und deren Diskussion im ökologischen *scale*-Diskurs besteht gerade darin, dass sich Galileis Thesen als Beitrag zur Mechanik verstehen lassen und sich somit auf organisatorisch einfachere physikalische Systeme und Prozesse konzentrieren, deren Gesetzmäßigkeiten mathematisch skalierbar sind. Im Gegensatz dazu beschäftigt sich die Ökologie mit komplexen adaptiven Systemen.

[26] Melanie Mitchell definiert komplexe Systeme entsprechend als Systeme „in which large networks of components with no central control and simple rules of operation give rise to complex collective behavior, sophisticated information processing, and adaption via learning or evolution" (Mitchell 2009: 13). Als prototypisches Beispiel für ein komplexes adaptives System, dessen Untersuchung für die Ökologie von Relevanz ist, nennt Levin (2002: 4) die Biosphäre. Die Untersuchung komplexer adaptiver Systeme ist aber gerade nicht auf biologische, chemische oder physiologische (etc.) Prozesse beschränkt, sondern bildet als Untersuchungsgegenstand eine Schnittstelle zwischen ‚natürlichen' und menschlich bzw. kulturell konstituierten Prozessen. So begreifen Chave und Levin (2004: 31) neben der Biosphäre und Ökosystemen auch Ökonomien und Gesellschaften als prototypische komplexe adaptive Systeme.

[27] Von einem Induktions- sowie Deduktionsproblem lässt sich hier also insofern sprechen, als Induktion vom Partikularen auf das Allgemeine, bzw. von der Tatsache auf die Regel (vgl. Hui 2013: 105) schließen möchte und Deduktion vom Allgemeinen auf das Partikulare. Derartige Vorgänge treten an ihre Grenzen, wenn lokal Beobachtbares einerseits und allgemeine Regel andererseits durch das Auftreten qualitativer Differenzen bei Vorgängen der Größenveränderung keinen kausalen Zusammenhang mehr bilden.

Im *scale*-Diskurs der Ökologie – insbesondere der Landschaftsökologie – wird das Problem der Veränderung innerhalb komplexer ökologischer Systeme in vielschichtiger Weise diskutiert, vor allem unter dem Begriff der ‚Skaleneffekte' (*scale effects*) (vgl. Turner et al. 1989; Wu/Levin 1994; Wu 2004). Wu/Li (2006: 3) bestimmen Skaleneffekte als „the changes in the result of a study due to a change in the scale at which the study is conducted". Skaleneffekte bezeichnen eine Veränderung der Resultate, die jedoch nicht ausschließlich epistemologisch zu verstehen ist. „Patterns change with scale" (Wu 2004: 125, vgl. auch Chave/Levin 2004: 29) – das heißt, ein Wechsel der Skalierung führt zu unterschiedlichen Ergebnissen bei der Ermittlung ökologischer Muster, weil umgekehrt bestimmte Muster ausschließlich in bestimmten Größenordnungen auftreten.[28] Daher sind Skaleneffekte vor allem dann von Relevanz für ökologische Studien, wenn ein untersuchter Prozess *nicht* ‚skaleninvariant' (*scale invariant*) ist, d.h., nicht über unterschiedliche Skalen hinweg gleichbleibend scheint.[29] Stattdessen treten Skaleneffekte insbesondere bei nichtlinearen, ‚skalenvarianten' Prozessen auf, bei denen sich emergente Verhaltensweisen ausgeprägt haben, die in einer bestimmten Skalierung zu beobachten sind.

Aus hierarchietheoretischer Sicht muss zur Ermittlung charakteristischer Muster die intrinsische Skalierung eines Phänomens prinzipiell mit dem Beobachtungs- bzw. Analysemaßstab kompatibel sein (vgl. Allen et al. 1984; O'Neill et al. 1986). Verkompliziert wird dieser Umstand, wenn Muster und Formen der Heterogenität zwar eine Skalierung nahelegen, in der sie optimal untersucht werden können, sich die Ursachen ihrer Emergenz aber wiederum nicht isoliert untersuchen lassen: „Pattern and heterogeneity arise from the interplay among processes taking place on diverse scales of space and time" (Levin 2000: 498; vgl. Levin 2002: 3). Um zu der intrinsischen Skalierung einer Entität und den korrespondierenden charakteristischen Mustern zu gelangen, sind demnach Beobachtungsvorgänge auf multiplen

[28] Im Hinblick auf die Frage etwa, unter welchen morphologischen und materiellen Voraussetzungen Technologien auf der Nanoebene funktionieren können, wird epistemologisch ein Wechsel in den Nanomaßstab erst deshalb erforderlich, weil Technologien in einem solchen *nicht* unter denselben Voraussetzungen funktionieren wie in einem Meso- oder Makromaßstab. Zur Frage, unter welchen Bedingungen Technologien in einem Nanomaßstab zur Anwendung kommen können, vgl. den kanonischen Text von Feynman (1959). Umgekehrt ist es beim Klima(-wandel) erforderlich, von lokalen Wetterereignissen zu abstrahieren und einen globalen Beobachtungsmaßstab anzusetzen, weil das Klima nicht kausal als Summe aller lokalen Wetterereignisse wirksam ist, sondern als eigenständiges System, das emergente Verhaltensweisen ausbildet.

[29] Ein Beispiel für skalenunabhängige Phänomene wurde mit Galileis mathematischem Gesetz bereits benannt: auch wenn hierbei qualitative Veränderungen zum Vorschein treten, ist die Veränderung selbst mathematisch über beliebig viele Größenordnungen hinweg skalierbar. Ein prominentes Beispiel findet sich außerdem im *allometric scaling* sowie der *fractal geometry*, prominent vertreten durch den Physiker Geoffrey West. West stellte prominent die These auf, dass alle Säugetiere prinzipiell als skalierte Versionen voneinander beschreibbar sind. Informationen über die Größe eines Säugetieres würden in diesem Sinne genügen, um spezifische Aussagen über dessen Morphologie und Verhalten zu treffen. Vgl. hierzu die Erörterungen zum „allometric scaling" und zur „fractal geometry" durch West, Brown und Enquist (1997, 1999).

Skalen erforderlich. Das ist ausdrücklich bei komplexen adaptiven Systemen der Fall. Ökosysteme etwa umfassen „biotic and abiotic processes that operate over different spatial and temporal scales“ (Nash et al. 2014: 654), sodass die Ermittlung charakteristischer Muster, bevor diese (wenn überhaupt) als intrinsische, auf eine bestimmte Skalierung begrenzte Eigenschaften beschrieben werden können, *a priori* als „multi-scale pattern“ zu verstehen wären (vgl. ebd.: 654). Ökosysteme lassen sich nicht als statische Ganzheiten untersuchen, sondern als Beziehungsgefüge aus mehreren, dynamisch interagierenden (Sub-)Systemen. Die Untersuchung komplexer (adaptiver) Systeme ist in diesem Sinne eine Auseinandersetzung mit „the interactions among systems with different dominant scales of activity“ (Chave/Levin 2004: 29), d.h. mit den Beziehungen zwischen unterschiedlichen, einander bedingenden charakteristischen Skalen. Die Ermittlung charakteristischer Muster (bzw. charakteristischer Skalen) eines untersuchten Systems ist folglich genuin mit der Frage nach Skaleneffekten – d.h. nach den Konsequenzen des Skalenwechsels – verknüpft, weil Muster einerseits aus multiskalaren Systemoperationen entstehen, und weil darüber hinaus komplexe adaptive Systeme selbst multiskalare Beziehungsgefüge verschiedener Subsysteme sind, die ihrerseits charakteristische Skalen/Muster aufweisen (die wiederum aus multiskalaren Systemoperationen entstehen, etc.). Die multiskalare Beschaffenheit komplexer adaptiver Systeme macht es deshalb erforderlich, den Interaktionen und dem Zusammenhang zwischen räumlich, zeitlich oder organisatorisch unterscheidbaren Prozessen und Mustern analytische Priorität einzuräumen:

> [I]t is critical to understand how patterns and processes observed at finer scales represent those operating over broader spatiotemporal scales, and similarly, how large-scale processes correspond to small-scale phenomena. (Nash et a. 2014: 654)

Die Untersuchung einer solchen Beziehung zwischen groß- und kleinskaligen Prozessen wird in der Ökologie unter dem Begriff des *scaling* (des ‚Skalierens‘) gefasst. *Scaling* bezeichnet – in einer möglichst weitgefassten, breit akzeptierten Definition – die theoretische oder praktische Übertragung bzw. Übersetzung von Information zwischen unterschiedlichen räumlichen, zeitlichen oder organisatorischen Skalen (vgl. Wu/Li 2006: 10).[30] Grundsätzlich lassen sich

[30] Nicht viel weniger geläufig als eine derart allgemeingefasste Bestimmung des ökologischen Skalierens als einer Form der vertikalen Informationsübersetzung räumlicher, zeitlicher oder organisatorischer Art ist die aus der Physik übernommene Definition, der gemäß *scaling* die Untersuchung von Variationen in der Struktur oder dem Verhalten eines Systems im Zusammenhang mit Veränderungen der Größe bezeichnet. Derartige Untersuchungen lassen sich meist in Form von mathematischen Gleichungen zum Ausdruck bringen und kommen bei Systemen zur Anwendung, die ein hohes Maß an skalenunabhängiger Selbstähnlichkeit (z.B. Fraktale) aufweisen. Wird diese *scaling*-Definition auf ökologische Systeme angewandt, ist ökologisches Skalieren letztlich nur eine Form biologischer Allometrie (vgl. zu dieser Auffassung exemplarisch: Brown/West 2000). Demgegenüber impliziert die Definition als Informationsübertragung nicht zwangsläufig eine Veränderung der Größe des Systems, sondern

Informationen von kleineren auf größere Skalen übertragen (*upscaling*) oder *vice versa* (*downscaling*). Die Relevanz von Praktiken und Operationen des Skalierens[31] für die Ökologie rührt daher, dass ökologische Studien konventionell meist lokal durchgeführt und die erfolgreichsten Forschungsergebnisse somit meist im kleinskaligen Bereich erzielt wurden,[32] wohingegen die Zunahme an ökologischen Problemen, die ganze Landschaften, Regionen oder globale Systemzusammenhänge betreffen, die Auseinandersetzung mit wesentlich größeren Skalen erforderlich macht: [33]

> At very fine spatial and temporal scales, stochastic phenomena [...] may make the system of interest unpredictable. Thus we focus attention on larger spatial regions, longer time scales, or statistical ensembles, for which macroscopic statistical behaviors are more regular. [W]e move from unpredictable, unrepeatable individual cases to collections of cases whose behavior is regular enough to allow generalizations to be made. (Levin 1992: 1947)

Die ‚Überbrückung' derartiger *scale gaps* zwischen kleinen und großen Skalen setzt Operationen des Skalierens voraus.[34] *Scaling* lässt sich in diesem Sinne als eine Vermittlungs- und Übersetzungspraktik insbesondere innerhalb nichtlinearer Systeme (bzw. zwischen unterschiedlichen Systemen) verstehen. Es erfüllt insofern eine Konstitutionsleistung: d.h., als Praktik fungiert *scaling* nicht lediglich als ‚neutrale' Mittlerin zwischen Skalen, sondern prozessiert, übersetzt und konstituiert, d.h. verändert Information zwischen diesen auf der Grundlage der spezifischen epistemischen und (medien-)technischen Bedingungen, in deren Rahmen sie erfolgt.[35] *Scaling* setzt unterschiedliche Maßsysteme, unterschiedliche Bestandteile der phänomenalen Welt, unterschiedliche Orte, Zeiten, Quantitäten und Komplexitätsgrade, unterschiedliche epistemologische Rahmungen zueinander in Beziehung, die zuvor oftmals

---

eignet sich auch dazu, das Auftreten von Dynamik und Selbstorganisation innerhalb eines Systems zu untersuchen. Allometrie wäre in diesem Sinne lediglich *eine* von mehreren Formen des *scaling* (vgl. Wu/Li 2006: 10).

[31] Praktiken und Operationen des Skalierens können sowohl in mathematischer bzw. statistischer Form als Gleichungen, als auch – und insbesondere – in Form von prozessualen Simulationen und Modellen auftreten. So bezeichnet Urban (2005: 1997) Modelle als „principle vehicle" für Operationen des ökologischen Skalierens. Wu und Li (2006: 10–11) nennen vier geläufige Operationen, die angewandt werden, um zwischen unterschiedlichen Skalen zu skalieren: *Extrapolation* als Informationstransfer von kleineren hin zu größeren Ausmaßen/Bereichen; *Coarse-Graining* als Informationstransfer mit zunehmender Körnung bzw. abnehmender Pixeldichte (*grain-size*); *Fine-Graning* als Informationstransfer mit abnehmender Körnung bzw. zunehmender Pixeldichte (*grain-size*); und *Interpolation* als den Prozess des Erwägens bislang nicht gemessener Daten auf der Grundlage vorhandener Daten.

[32] ‚Lokal' bzw. ‚kleinskalig' bezeichnet hier einen räumlichen oder zeitlichen Bereich von geringer Ausdehnung (*extent*), der aber in entsprechend hohem Detailgrad (*fine-grain*) untersucht werden kann.

[33] ‚Großskalig' bezeichnet hier einen räumlichen oder zeitlichen Bereich von großer Ausdehnung (*extent*), der in wesentlich gröberem Detailgrad (*coarse-grain*) untersucht wird. Neben o.g. räumlichen Konfigurationen gilt dies in zeitlicher Hinsicht etwa für die Notwendigkeit, deutlich längere Zeiträume zu berücksichtigen, in denen Langzeitprozesse wie die Globale Erwärmung, das Aussterben ganzer Spezies, oder Ressourcenknappheit zu beobachten wären.

[34] „To bridge such scale gaps requires scaling." (Wu/Li 2006: 11)

[35] Als medientechnische Grundlage von *scaling* zwischen kleinen und großen Skalen fungieren in der Ökologie beispielsweise maßgeblich Satellitenbilder und andere *remote sensing* Technologien (vgl. Levin 1992: 1944).

noch inkommensurabel erscheinen.[36] In dem Maße, in dem es auf die Überbrückung einer vorgängigen Kluft (*scale gap*) abzielt, muss *scaling* als (bestmögliche) *Annäherung* an eine räumliche/zeitliche/organisatorische Konstellation verstanden werden, nicht aber als Relationierung eines eigentlich ‚immer schon' zusammenhängenden Beziehungsgefüges. In dieser Hinsicht *abstrahieren* Operationen des Skalierens von der Komplexität des untersuchten nichtlinearen Systems und konstituieren eine *vereinfachte* Repräsentation ihrer räumlichen/zeitlichen/organisatorischen Dimension, anstatt diese Dimension ‚an sich' abzubilden (vgl. Levin 1992: 1944). Eine solche Repräsentation schließt zugunsten der Erforschung allgemeinerer Muster ebenso viele Details aus, wie sie andere hervortreten lässt.[37] Maßgeblich für die Ermittlung charakteristischer Muster vermittels *scaling* ist daher die Wahl der Operationen, die je nach untersuchtem System (bzw. je nach untersuchter Systemkomponente) ausgeführt werden (*Coarse-Graining*, *Fine-Graning*, *Extrapolation*, *Interpolation*). Im Hinblick auf *scaling* bedeutet dies, dass die Auflösung (*grain size*) und die Ausdehnung (*extent*), die für den Beobachtungs- bzw. Analysemaßstab angesetzt werden, mit der charakteristischen Skalierung des untersuchten Systems kompatibel sein müssen.[38] Insofern wiederum eine derartige Kompatibilität nicht *a priori* bekannt ist, müssen bereits im Vorfeld Beobachtungsvorgänge in multiplen Skalen, d.h. mit unterschiedlicher Auflösung und variierender Ausdehnung durchgeführt werden. Dies impliziert, dass das ökologische *scale*-Konzept weder rein epistemologisch ausgerichtet ist (im Sinne eines konzeptuellen Erkenntnis-*tools*), noch auf die Ontologisierung von Skalen abzielt (demnach wäre die intrinsische Skalierung unabhängig vom *scale*-Konzept existent). Die *scale*-Diskurse der Ökologie stimmen

[36] Dazu lässt sich die Historikerin Deborah R. Coen (2016: 312) anführen, die *scaling* als „work of mediating between different systems of measurement, formal or informal, designed to apply to different slices of the phenomenal world [...] in order to arrive at a common standard of proportionality" bestimmt. Diese phänomenale Komponente hebt sie weiter hervor: „Scaling is the process of situating the known world in relation to times or places that are distant or otherwise inaccessible to direct experience. At certain historical junctures, scaling may require an imaginative leap, in order to recalibrate the imagination to encompass phenomena that were previously unimaginably large or small" (ebd.).

[37] Sehr passend bringen Chave und Levin (2004: 30) diesen Aspekt zum Ausdruck: „No sensible scientist would try to build a model of the behavior of an individual organism by accounting for the processes within every cell, tied together in a network of interaction of numbing complexity. Similarly, no sensible scientist should try to build models of ecological systems in which one reproduces the behaviors of every organism, or even every species. The goal rather should be to identify relevant detail, and to describe the dynamics of whole systems in terms of the statistical properties of the units that make them up." Um besagte Dynamik des Gesamtsystems, und das heißt: den Informationstransfer über mehrere Skalen hinweg zu verstehen, ist der Informations*verlust* von nicht geringerer Bedeutung als der Informations*erhalt*, wie Levin (1992: 1950) deutlich macht: „The key to understanding how information is transferred across scales is to determine what information is preserved and what information is lost as one moves from one scale to another."

[38] „[P]rocesses larger than the extent of observation appear as trends or constants in the observation set; on the other hand, processes smaller than the grain size of observation become noise in the data. Thus, the choice of a particular scale for observation, analysis and modeling in terms of grain size and extent directly influences whether or not the intrinsic pattern and scale of a phenomenon can be eventually revealed in the final analysis" (Wu/Li 2006: 8-9).

hingegen weitgehend überein, dass der beobachtbare Maßstab eines (beliebigen) Systems/Phänomens als „interaction between the observer and the inherent scale of the phenomenon“ verstanden werden muss (Wu/Li 2006: 7).

Der ‚Beobachtung‘ kommt folglich Rahmen des ökologischen *scale*-Konzepts eine maßgebliche Rolle, eine *agency* zu, insofern sie – mit ihrem Maßstab und den Bedingungen seiner Realisierung – selbst zu einem konstitutiven, aktiv reflektierten[39] Bestandteil des Systems wird, anstatt diesem lediglich äußerlich zu sein. In seinem kanonischen *MacArthur Award Lecture* bringt Simon Levin die vielschichtige Bedeutung zum Ausdruck, welche die Beobachtung im Rahmen des *scale*-Konzepts einnimmt:

> When we observe the environment, we necessarily do so on only a limited range of scales; therefore, our perception of events provides us with only a low-dimensional slice through a high-dimensional cake. In some cases, the scales of observation may be chosen deliberately to elucidate key features of the natural system; more often, the scales are imposed on us by our perceptual capabilities, or by technological or logistical constrains. In particular, the observed variability of the system will be conditional on the scale of description. (Levin 1992: 1945)

Die Verfasstheit beobachteter Systeme durch den Beobachtungsvorgang selbst impliziert demnach nicht ausschließlich, dass deren spezifische Beschaffenheit Ergebnis eines intentional angewandten perzeptuellen ‚Filters‘ wäre, dessen forschungsdienlicher Zweck die Vereinfachung der Systemkomplexität wäre. Dieser Zweckgerichtetheit steht der Umstand gegenüber, dass Filter stets ein Ausgeschlossenes hervorbringen, das durch das visuelle Raster gefallen ist: „[O]bservations made at fine scales may miss important patterns and processes operating on broader scales. Conversely, broad-scale observations may not have enough details necessary to understand fine-scale dynamics“ (Wu/Li 2006: 12). Beobachtung ist folglich nicht lediglich ein nützliches *tool*, sondern auch eine potentielle Fehlerquelle. In diesem Sinne wäre die beobachtbare multiskalare Variabilität ebenso wie die Musterbildung eines Systems auch in dem Sinne *Effekt* von Beobachtungs-, Analyse- und Beschreibungsvorgängen, dass diese ihrerseits im Hinblick auf die Funktionalität der ihr zur Verfügung stehenden perzeptuellen, technischen, logistischen und institutionellen Voraussetzungen Einschränkungen unterliegen (können).[40]

---

[39] Die Bedeutung der Anerkennung und Reflektion der Rolle von Beobachtung heben etwa Chave und Levin (2004: 29) hervor: „It is thus of fundamental importance to recognize how our perceptual scales condition the way we describe systems.“

[40] So merken Wu und Li (2006: 4) an, dass Skaleneffekte nicht zuletzt auch als Artefakte auftreten können, die „due to errors in sampling and measurements, distortions in data resampling, and flaws in statistical analysis and modeling“ entstehen.

Das *scale*-Konzept der Ökologie verschränkt in diesem Sinne eine epistemologische und eine ontologische Bedeutungsdimension. Bestimmte charakteristische Muster und Verhaltensweisen, skalenabhängige oder multiskalare Variation, physikalische Größenunterschiede, Symmetrien und skalenunabhängige Muster sind nicht von medialen und epistemischen Operationen der Beobachtung, Beschreibung, Messung, Berechnung, Unterscheidung, des Sampling und der Modellierung zu trennen. Solche Operationen – das reflektiert der Ökologie-Diskurs zur Beobachtung ausdrücklich mit – sind keine neutralen Vorgänge, sondern konstituieren und verdichten das spezifische Sein des Beobachteten mit. Umgekehrt verfestigt erst dieses epistemologische *a priori* die Einsicht, dass quantitative Unterschiede sowie damit einhergehende qualitative Aspekte auch *unabhängig* von menschlichen Wahrnehmungs-, Erkenntnis- und Schaffensprozessen eine *existentielle* Rolle für die Beschaffenheit der physischen und biologischen (Lebens-)Welt spielen können.[41] Ökologische Skalen haben demnach sowohl eine ontologische (v.a. in Form der intrinsischen Skalierung) und eine epistemologische (v.a. durch die Beobachtung) Dimension, ohne dass eine dieser beiden Seiten der je anderen notwendigerweise vorgängig wär. Eine selbstreflexive Ebene ist also in der ökologischen Arbeit mit Skalierung in Form der Berücksichtigung der Beobachtung vorhanden. Von der Ökologie lernen wir, die zentrale Bedeutung von

[41] Dieser stärker ontologische Aspekt äußert sich in der Bedeutung, die der ‚intrinsischen Skalierung' in der Ökologie zukommt. Die intrinsische Skalierung geht gerade nicht erst auf Erkenntnisoperationen zurück. Vielmehr sind Beobachtung (bzw. Beobachtungsmaßstab) und intrinsische Skalierung wechselseitig aufeinander angewiesen. Aber nicht nur in ökologischen (komplexen adaptiven) Systemen, sondern auch in der stärker allometrisch-biologischen Perspektive auf Lebenswelten sind epistemologische und ontologische *scale*-Auffassungen nicht zwangsläufig strikt voneinander getrennt. So könnte man argumentieren, dass die Beschaffenheit der Größenverhältnisse, welche die Evolution etwa zwischen einer Mikrowelt (jener der Mikroorganismen, der Viren, der Teilchen etc.) und einer Meso- oder Makrowelt (Pflanzen, Tiere etc.) in Form einer biologischen Wechselwirkung zwischen diesen beiden Welten einzieht, auch unabhängig von epistemischen Operationen gegeben und wirksam sein muss – in Form unüberwindbarer existentieller/ontologischer Differenzen, die sich maßgeblich auf die Möglichkeiten ihrer Reziprozität auswirken. So konstatiert John Tyler Bonner (2006: 39) am Beispiel der Schwerkraft, es gebe einen „fundamental rift between the living world of the very large and very small". Nicht nur Größe, sondern das Größen*verhältnis* selbst hat hier eine ontologische Dimension, insofern die spezifische Beschaffenheit des Verhältnisses zwischen Mikro- und Makrowelt durch physikalische Faktoren prädeterminiert wäre. Andererseits konstatiert Bonner in diesem Zusammenhang, dass die Unterscheidbarkeit der ontologisch fundamental differenten Lebenswelten auf eine *artifiziell* eingezogene Grenze zurückgeht, während zugleich ‚Mikro-' und ‚Makrowelt' prinzipiell als Teile eines Kontinuums mit unzähligen Zwischenstufen verstanden werden müssten. Die (ontologischen und physikalischen) Unterschiede zwischen beiden Größenwelten sind folglich groß genug, um deren strikte (epistemische) Dichotomisierung erforderlich zu machen (vgl. ebd.: 39). Unabhängig von dieser Dichotomisierung gibt es keinen strikten Unterschied zwischen Mikro und Makro, aber – paradoxerweise – ohne einen Unterschied zwischen Mikro- und Makrolebenswelt gibt es keinen Anlass zur Dichotomisierung. Auch bei Bonner ließe sich *scale* einerseits *epistemologisch* fassen, insofern Mikro/Makro nicht unabhängig von der Berechnung von Skalierungsgesetzen, der Einsetzung von Messverfahren und -techniken sowie – allgemeiner – epistemischen Operationen des Vergleichs und der Unterscheidung spezifischer, relationierbarer Größenstufen zu erschließen ist; andererseits aber auch als *ontologisch*, insofern man die Differenz, den ‚fundamental rift' zwischen Mikro und Makro gleichermaßen als eine negative Form des Verhältnisses, der Nichtkonstituierung (im Sinne einer reziproken Beschränkung von Potentialitäten des Werdens) deuten könnte, die paradoxerweise den Operationen des Vergleichs vorgängig ist.

Skaleneffekten anzuerkennen, die einerseits variant bzw. auf einen spezifischen Maßstab begrenzt sind, andererseits aber mit den epistemischen Bedingungen des Maßstabswechsels zutiefst verschränkt sind. Gleichwohl führt diese Ebene nicht zu einem kritischen Diskurs darüber, wie die Einsetzung bestimmter Skalierungen letztlich an ein skalares Denken rückgekoppelt ist; in der Ökologie bleibt *scale* in erster Linie ein epistemisches *tool*, insofern dessen Zweck für die Analyse von Ökosystemen trotz der Reflexion der Beobachtung nicht kritisch hinterfragt wird.

Wenngleich die nachfolgenden Kapitel der Dissertationsschrift die hier in stark verdichteter Form dargelegte Komplexität ökologischer, und damit auch erdsystemwissenschaftlicher, Skalenkonzepte nicht vertiefen werden – im Gegenteil versteht sich das aktuelle Unterkapitel als vertiefende Erörterung der im weiteren Verlauf aufgegriffenen Skalenterminologie –, setzen sie an ebenjener Leerstelle an, welche die ökologische Forschung noch hinterlässt: denn im Fokus steht gerade die Frage, welche Konsequenzen die erdsystemwissenschaftliche Arbeit mit Skalierungen und die damit korrespondierenden Beobachtungsvorgänge im Kontext der Anthropozän-Forschung auf der Ebene individueller sinnlicher Erfahrung haben.

1.4. Erörterung der Struktur sowie der inhaltlichen Schwerpunkte der Dissertationsschrift

Die kumulative Dissertationsschrift gliedert sich in drei Teile, die mit ihren jeweiligen inhaltlichen Schwerpunktsetzungen je zwei Kapitel unter sich vereinen. Die Schwerpunkte der Teile sowie der einzelnen Kapitel soll im Folgenden erläutert werden.

<u>Teil II: ‚Tiefenzeit' und ‚Gaia': Geologische und erdsystemwissenschaftliche Denkfiguren</u>

Das Anthropozän-Konzept macht die menschliche Spezies zu einem Analysegegenstand sowohl geologischer als auch erdsystemwissenschaftlicher Forschungsansätze. Damit wird das kollektive Subjekt des Anthropozän einerseits aus geologischer Sicht zu einem Faktor, der im Maßstab einer geologischen Zeitskala beobachtet werden kann und muss. Andererseits werden anthropogene Aktivitäten infolge ihrer Einbeziehung in erdsystemwissenschaftliche Analysen zugleich verräumlicht – denn das Anthropozän-Konzept impliziert, dass Anthropos ähnlich wie etwa geophysische Teilsysteme zu einem gewichtigen Faktor im Erdsystem, und folglich zu einer Art ‚Teilsystem' wird. Diese immensen Größenordnungen sind es, mit denen sich die Vorstellungskraft in der Auseinandersetzung mit dem Anthropozän-Konzept konfrontiert sieht. Der Blick in die Genealogie des Anthropozän-Konzepts soll es ermöglichen, Denkfiguren zu identifizieren, die diese räumlichen und zeitlichen Maßstäbe in ihrer Rückbindung an einen menschlichen Maßstab und an damit zusammenhängende, das Individuum betreffende Fragen offenlegen. Damit soll eine Grundlage für eine Beschreibung der Skalenprobleme gelegt

werden, die sich aus der Diskrepanz zwischen menschlichem Maßstab und planetarem Maßstab ergeben.

In Kapitel 2: Tiefenzeit[42] soll anhand des Konzepts der ‚Tiefenzeit' von John McPhee aufgezeigt werden, dass das Aufeinandertreffen von menschlichen und geologischen Zeitskalen eine zutiefst subjektive, ‚sinnliche' Komponente hat. Das Kapitel, das sich in seiner ursprünglichen, publizierten Form als ein Beitrag zu dem Open Access Lexikon *Grundbegriffe des Anthropozän* versteht und demnach auch als Grundlagenkapitel gelesen werden muss, verschränkt eine historische Analyse ausgewählter Stationen in der geologischen Erforschung der Erdzeitskala mit einer Analyse des als Denkfigur verstandenen Tiefenzeit-Konzepts und gibt darauf aufbauend einen Überblick über mögliche tiefenzeitliche Lesarten des Anthropozän-Konzepts.

In Kapitel 3: Die Gaia-Hypothese[43] wird dann dem Umstand Rechnung getragen, dass das Anthropozän zwar schon auf terminologischer Ebene einen geologischen Zeitmaßstab nahelegt, es sich aber in genealogischer Hinsicht um ein erdsystemwissenschaftliches Konzept handelt. Das Kapitel stellt daher – die Erörterungen des ‚Tiefenzeit'-Konzepts im vorherigen Kapitel ebenfalls im Format eines Grundlagenkapitels ergänzend – mit ‚Gaia' ein weiteres Konzept vor, das sich produktiv als Denkfigur wenden lässt. Anhand einer historischen Analyse der zentralen Meilensteine der Gaia-Theorie wird verdeutlicht, dass das Anthropozän-Konzept aufgrund seiner erdsystemwissenschaftlichen Fundierung auf die Entwicklung der Gaia-Hypothese sowie -Theorie zurückzuführen ist. Lektüren der Gaia-Theorie durch zeitgenössische Denker*innen sollen daran anschließend aufzeigen, dass das kollektive Subjekt der erdsystemwissenschaftlichen Analyse nicht nur ein abstrakter Faktor im Erdsystem ist. Vielmehr eröffnet Gaia als Denkfigur die Möglichkeit, über die Implikationen nachzudenken, die sich daraus auch auf einer individuellen Ebene für die Menschheit ergeben.

Teil III: Anthropozäne Skalenprobleme

Nachdem in Teil II die räumlichen und zeitlichen Maßstäbe des Anthropozän-Konzepts im Vordergrund standen, steht in Teil III nun die Figur des Anthropos im Fokus der Untersuchung – und mit ihm Skalenprobleme, die sich aus einer scheinbaren Diskrepanz zwischen den Zugriffsbereichen der sinnlichen Wahrnehmung einerseits und der wissenschaftlichen

[42] Das Kapitel 2 ist in publizierter Form erschienen als: Hüpkes, Philip (2020): „Tiefenzeit." In: *Grundbegriffe des Anthropozän. Ein interdisziplinäres Lexikon des DFG-Forschungsprojekts ‚Narrative des Anthropozän in Wissenschaft und Literatur'*. doi: http://dx.doi.org/10.23660/voado-233.

[43] Das Kapitel 3 ist in publizierter Form erschienen als: Hüpkes, Philip (2020): „Die Gaia-Hypothese." In: *Grundbegriffe des Anthropozän. Ein interdisziplinäres Lexikon des DFG-Forschungsprojekts ‚Narrative des Anthropozän in Wissenschaft und Literatur'*. doi: http://dx.doi.org/10.23660/voado-230.

Erkenntnis andererseits ergeben. Sie resultieren in besonderem Maße aus der Involvierung der menschlichen Spezies in ein planetenumspannendes Problem, das folglich kein ‚Außen' mehr gestattet. Daraus ergibt sich die Frage, wie die Figur des Anthropos an einen menschlichen Maßstab zurückgekoppelt werden kann – und in diesem Sinne nach Praktiken, die zwischen den scheinbar unvereinbaren Maßstäben eine Vermittlungsebene denkbar werden lassen. Teil III untersucht, welche Rolle Skalenprobleme für die Bestimmung und Vorstellbarkeit des Anthropos einnehmen, und daran anschließend, was eine Vermittlungsebene leisten muss, um menschliche und planetar-geologische Maßstäbe zueinander in Beziehung zu setzen. Dabei wird argumentiert, Skalenprobleme als eine produktive Möglichkeit zu fassen, um die scheinbare Unvereinbarkeit divergierender Skalen gerade nicht aufzulösen, sondern in ein dialogisches Verhältnis zu überführen.

Kapitel 4: 'A New Political Body Yet to Emerge': Zur Darstellbarkeit des Anthropos in Bruno Latours Kosmokoloss. Eine Tragikomödie über das Klima und den Erdball[44] nimmt seinen Ausgangspunkt in einer Problematisierung des dichotomen Oszillierens der Figur des Anthropos zwischen einer modernistischen und einer ökologischen Lesart. Ausgehend von der Analyse beider Lesarten wird das Argument entwickelt, dass sich im Nachdenken über Anthropos nicht nur Fragen nach der Verursachung und Verschuldung von globalen Umweltphänomenen stellen. Vielmehr wird darin zugleich ein Konflikt zwischen der Reichweite der menschlichen Wahrnehmung und dem Maßstab der planetaren Phänomene des Anthropozän ausgetragen. Die Konsequenz ist ein Skalenproblem auf der Ebene der Repräsentation, der in diesem Kapitel als ‚Unlesbarkeit' der Welt gefasst wird. Ausgehend von einer Analyse des Latourschen Theaterstücks und Hörspiels *Kosmokoloss: Eine Tragikomödie über das Klima und den Erdball* (2011, 2013b) wird unter Berücksichtigung der theoretischen Erwägungen Latours zu der Gaia-Theorie ein alternatives Verfahren der Repräsentation herausgestellt, das es erlaubt, die unvereinbaren Lesarten des Anthropos sowie den in ihm zum Ausdruck kommenden Maßstabkonflikt dialogisch zu fassen.

Das fünfte Kapitel – Der Anthropos im Anthropozän[45] – nähert sich der Problematik des Anthropos nunmehr aus einer tiefenzeitlichen Perspektive und theoretisiert die wissenschaftliche Suche nach anthropogenen Spuren in den Strata als eine fundamentale

[44] Kapitel 4 ist in publizierter Form erschienen als: Hüpkes, Philip (2019): „‚A new political body yet to emerge': Zur Darstellbarkeit des *anthropos* in Bruno Latours *Kosmokoloss. Eine Tragikomödie über das Klima und den Erdball (*2011)." In: Dürbeck, Gabriele/ Nesselhauf, Jonas (Hg.): *Repräsentationsweisen des Anthropozän in Literatur und Medien*. Berlin: Peter Lang, S. 167–186.

[45] Kapitel 5 ist in publizierter Form erschienen als: Hüpkes, Philip (2020): „Der Anthropos als Skalenproblem." In: Bajohr, Hannes (Hg.): Der Anthropos im Anthropozän. Die Wiederkehr des Menschen im Moment seiner vermeintlich endgültigen Verabschiedung. Berlin/Boston: De Gruyter, S. 115–130.

Herausforderung für die menschliche Vorstellungskraft. Es wird die Frage aufgeworfen, wie sich individuelle Menschen als Teile eines kollektiven Subjekts begreifen können, das sich mit seinen Handlungen buchstäblich in die Erde einschreibt und dessen Effekte in geologischen Zeitspannen wirksam sind. In der Auseinandersetzung mit dieser Frage wird das Argument entwickelt, dass in der Bestimmung des Anthropos als tiefenzeitlicher Akteur ein Skalenproblem zu identifizieren ist. Es besteht darin, dass Anthropos in einer tiefenzeitlichen Perspektive letztlich mit der Möglichkeit seiner eigenen, zukünftigen Nicht-Existenz – oder genauer: mit der Abwesenheit eines Subjekts, das die anthropogenen Spuren in der Zukunft ausliest – konfrontiert wird. Diese Potentialität des Aussterbens hat – wie anhand einer Analyse von theoretischen Auseinandersetzungen mit der Zukunft des Anthropozän gezeigt wird – fundamentale Auswirkungen auch auf jedes gegenwärtige Nachdenken über individuelle Verantwortung für das Anthropozän.

Teil IV: Epistemische, technologische und ästhetische Praktiken der Situierung

In Teil III wurde argumentiert, dass die Identifikation und Untersuchung von Skalenproblemen unvereinbar scheinende Wirkebenen in einen Dialog zu stellen vermag. Ein ebensolcher Dialog wird in Teil IV anhand epistemisch-technischer sowie ästhetischer Praktiken erprobt, die genau darauf abzielen, die komplexe Wirkebene des Anthropozän der Individualerfahrung zugänglich zu machen. Die zur Disposition stehenden Praktiken werden einer kritischen Analyse unterzogen, im Zuge derer sie sich zwar jeweils als auf den ersten Blick naheliegende und besonders dominante Vermittlungsformen anthropozäner Komplexität erweisen – jedoch zugleich als problematische, insofern sie den großskaligen Wirk- und Beobachtungsmaßstab des Anthropozän zwar zugänglich werden lassen, seine Komplexität aber im Zuge der Vermittlung unterminieren. Es zeigt sich in diesem Sinne, dass die dominanten Vermittlungspraktiken die in Teil II skizzierte Skalenproblematik nicht affirmativ im Sinne einer dialogischen Vermittlung lösen, sondern diese letztlich nur ‚überbrücken'. Ausgehend von diesen kritischen Beobachtungen wird dann aber eine Vermittlungsebene herausgelesen, die es ermöglichen soll, die Problematik der Involvierung der Beobachtungsperspektive als eine Form der *Situierung* zu fassen, d.i., als eine Möglichkeit, den Maßstab anthropozäner Phänomene einerseits und den Maßstab sinnlicher Erfahrung andererseits auf einer gemeinsamen Ebene zu betrachten. Dabei wird gezeigt, dass diese Form der Vermittlung nicht als Alternative zu einer als transzendent angenommenen Ebene zu verstehen ist, sondern beide Ebenen als parallel wirksam und miteinander verschränkt gedacht werden müssen. Erst die Parallelisierung von Transzendenz- und Immanenzebene ermöglicht es, das Paradoxon der Beobachtung als Gleichzeitigkeit von Innen- und Außenperspektive aufzulösen und damit ein

affirmatives Denken von Skalenproblemen – d.i., von Kollisionen divergierender Maßstäbe und Wirkebenen – freizulegen.

Kapitel 6: The technical non-reproducibility of the Earth system: Scale, Biosphere 2 and T.C. Boyle's *Terranauts*[46] wendet sich mit der Untersuchung der ‚Technosphäre' einer technischen Infrastruktur zu, die einen signifikanten Einfluss auf die Funktionalität des Erdsystems übt und daher als maßgebliche Ausprägung anthropogener Einwirkung im Fokus erdsystemwissenschaftlicher Analysen steht. Gleichzeitig rückt die Technosphäre in dem in der vorliegenden Untersuchung angesetzten Untersuchungsfokus auch Fragen nach der *Situierung* in den Vordergrund. Denn der großskalige Maßstab, der zur Beobachtung einer Sphäre technischer Autonomie weit jenseits des Zugriffs menschlicher Erfahrung erforderlich ist, steht in deutlichem Kontrast zu den materiellen und ontologischen Implikationen, die sich aus der Technosphäre ergeben und einen Bezug auch zur Lebenswirklichkeit von Individuen unterhalten. Diese Implikationen werfen die Frage auf, inwieweit sich großskalige Systeme wie die Technosphäre und der für deren Beobachtung erforderliche Maßstab mit Blick auf ihre konkrete Verankerung in der materiellen Welt letztlich *selbst vermitteln*, das heißt, sich in ihrer Situierung in, und konkreten Auswirkung auf, individuelle Lebenswirklichkeiten dem Zugriff der sinnlichen Erfahrung öffnen. Eine solche Form von (Selbst-)Vermittlung muss jedoch in der Analyse offengelegt werden. Dafür wird zunächst eine kritische Lesart auf Haffs Technosphären-Theorie vorgeschlagen, die insbesondere auf den Aspekt des Maßstabs sowie die Idee einer ‚Umweltlichkeit' von Technologie abstellt. Von dieser Analyse ausgehend wird das Biosphere-2-Experiment exemplarisch als Versuch einer technologischen Reproduktion des Erdsystems in kleinerem Maßstab – und folglich als Praktik der Vermittlung eines großskaligen, hochkomplexen Systems qua *downscaling* – untersucht. Die Praktik des *downscaling* erweist sich als zwar naheliegende, aber problematische epistemische Vermittlungsform, weil sie die Komplexität skalarer Dynamiken reduziert und so das zur Disposition stehende Skalenproblem letztlich umgeht. Daher wird in einem weiteren Untersuchungsschritt das Biosphere-2-Experiment mit seiner literarischen Reflexion in T.C. Boyles Roman *The Terranauts* (2016) konfrontiert. In der Analyse zeigen sich Fluchtlinien einer Verschränkung von Transzendenz und Immanenz qua der Offenlegung einer Ebene einer

[46] Kapitel 6 ist in publizierter Form erschienen als: Hüpkes, Philip/ Dürbeck, Gabriele (2022): „The technical non-reproducibility of the Earth system: Scale, Biosphere 2 and T.C. Boyle's *Terranauts*." *The Anthropocene Review* 9 (1), 161–174. doi: https://doi.org/10.1177/20530196211048935. Aufgrund der Ko-Autorschaft von Gabriele Dürbeck möchte ich darauf zur klaren Abgrenzung meines eigenen Beitrags zu dem Artikel kenntlich machen, worin Gabriele Dürbecks Beitrag spezifisch bestand: als Ko-Autorin hat sie im vierten Unterabschnitt die ersten beiden Abschnitte zum literaturwissenschaftlichen *scale*-Diskurs verantwortet; weiterhin hat sie mich in Form mehrerer Gespräche über den Artikel bei der inhaltlichen Ausgestaltung der Argumente unterstützt und den Artikel mehrfach korrekturgelesen.

Materialität. Diese gestattet es, transzendente und situierte Wirkebenen in ihrer Verschränkung und wechselseitigen Abhängigkeit *trotz irreduzibler Unterschiede im Maßstab* herauszustellen.

Kapitel 7: Aesthetics in a Changing World – Reflecting the Anthropocene Condition Through the Works of Jason deCaires Taylor and Robert Smithson[47] wendet sich als letztes Kapitel der vorliegenden Dissertationsschrift wie bereits Kapitel 6 dem Aspekt der Situierung zu – diesmal jedoch nicht mit Blick auf primär technisch-epistemische, sondern auf ästhetische Praktiken. Ausgehend von der kritischen Analyse eines dominanten Verfahrens der sinnlichen Vermittlung großskaliger anthropozäner Zusammenhänge – nämlich dem ästhetischen Einsatz einer 'view from above' – wird dafür argumentiert, die fundamentale Situierung innerhalb materieller Zusammenhänge als ein Charakteristikum jedes Verfahrens der Vermittlung zu berücksichtigen. Das Kapitel zielt dahingehend darauf ab, die Implikationen eines Denkens der Situierung bzw. der Immanenz anhand zweier ausgewählter ästhetisch-künstlerischer Positionen exemplarisch auf ihr Potential zu untersuchen, ein affirmatives Denken skalarer Unvereinbarkeiten qua der ästhetischen Konstruktion einer nicht-transzendenten, situierten Vermittlungsebene zu denken: erstens Jason DeCaires Taylors Skulpturen *Anthropocene* und *La Gardinera de la Esperanza*, und zweitens Robert Smithsons *The Spiral Jetty*. Die Analysen zeigen, dass die Skalenproblematik, die im Zentrum der Untersuchung steht, auf ‚aisthetischer' – und d.i. sinnlich-perzeptueller – Ebene in letzter Konsequenz als ein ästhetisches Phänomen verstanden werden kann. In einer Verschiebung der Perspektive auf das Anthropozän von einer geologischen Zeiteinheit hin zu einer Wahrnehmungskondition, die durch die Aufhebung einer kantianischen Subjekt-Objekt-Dichotomie gekennzeichnet ist, hebt sich letztlich auch die Unüberwindbarkeit der skalaren Kluft zwischen individueller und kumulativer Wirkebene auf: einerseits in der Erfahrung einer sich verändernden Welt, die sich der Objektivierung im Urteil des Subjekts entzieht, andererseits – und damit in paradoxer Form verbunden – im sinnlichen Zugang auf jene Prozesse, in denen sich die Materialität der Erde in geologischen Zeitmaßen verändert.

[47] Das Kapitel ist in publizierter Form erschienen als: Hüpkes, Philip/ Dürbeck, Gabriele (2021): „Aesthetics in a Changing World—Reflecting the Anthropocene Condition through the Works of Jason deCaires Taylor and Robert Smithson." *Environmental Humanities* 13 (2): S. 414–432. doi: https://doi.org/10.1215/22011919-9320222. Aufgrund der Ko-Autorschaft von Gabriele Dürbeck möchte ich darauf zur klaren Abgrenzung meines eigenen Beitrags zu dem Artikel Beitrag kenntlich machen, worin Gabriele Dürbecks Beitrag spezifisch bestand: als Ko-Autorin hat sie den Unterabschnitt „Jason deCaires Taylor's submarine sculptures" verantwortet. Weiterhin hat sie mich in Form mehrerer Gespräche über den Artikel bei der inhaltlichen Ausgestaltung der Argumente unterstützt und den Artikel mehrfach korrekturgelesen.

1.5 Literaturverzeichnis

Allen, Timothy F.H./ Starr, Thomas B. (2019): *Hierarchy: perspectives for ecological complexity*. Chicago, IL: University of Chicago Press.

Anderson, Philip W. (1972): „More is different.“ *Science* 177 (4047), 393–396.

Angerer, Marie-Luise (2017): *Affektökologie: intensive Milieus und zufällige Begegnungen*. Lüneburg: meson press.

Angus, Ian (2016): *Facing the anthropocene. Fossil capitalism and the crisis of the earth system*. New York: Monthly Review Press.

Bajohr, Hannes (2020): „Keine Quallen: Anthropozän und negative Anthropologie.“ In: Ders. (Hg.): *Der Anthropos im Anthropozän. Die Wiederkehr des Menschen im Moment seiner vermeintlich endgültigen Verabschiedung*. Berlin: De Gruyter, S. 1–16.

Barad, Karen (2017): „No small matter: Mushroom clouds, ecologies of nothingness, and strange topologies of spacetimemattering.“ In: Tsing, Anna L./ Swansson, Heather A./ Gan, Elaine/ Bubandt, Nils (Hg.): *Arts of living on a damaged planet: Ghosts and monsters of the anthropocene*. Minneapolis, MN: University of Minnesota Press, S 103–120.

Bateson, Gregory (1972): *An ecology of mind*. New York: Ballentine.

Bonner, John Tyler (2011): *Why size matters: from bacteria to blue whales*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Bonneuil, Christophe (2015): „The geological turn: narratives of the anthropocene.“ In: Hamilton, Clive/ Bonneuil, Christophe/ Gemenne, François (Hg.): *The anthropocene and the global environmental crisis. Rethinking modernity in a new epoch*. London/ New York: Routledge, S. 17–31.

Bonneuil, Christophe/ Fressoz, Jean-Baptiste (2017 [2016]): *The shock of the anthropocene. The earth, history and us*. New York: Verso Books.

Boyle, Tom C. (2016): *The terranauts*. London et al.: Bloomsbury.

Brown, James H./ West, Geoffrey B. (Hg.) (2000): *Scaling in biology*. Oxford/ New York: Oxford University Press.

Chave, Jérôme/ Levin, Simon (2004): „Scale and scaling in ecological and economic systems.“ In: Dasgupta, Partha/ Mäler, Karl-Göran (hg.): *The economics of non-convex ecosystems*. Dordrecht: Springer, S. 29–59.

Chiro, Giovanna Di (2017): „Welcome to the white (m)anthropocene?: A Feminist-environmentalist critique.“ In: MacGregor, Sherilyn (Hg.): *Routledge handbook of gender and environment*. London: Routledge, S. 487–505.

Clark, Timothy (2015): *Ecocriticism on the edge. The anthropocene as a treshold concept*. London et al.: Bloomsbury Academic.

Clark, William C. (1985): „Scales of climate impacts.“ *Climatic Change* 7 (1), S. 5–27.

Coen Deborah R. (2016): „Big is a thing of the past: Climate change and methodology in the history of ideas.“ *Journal of the History of Ideas* 77 (2), S. 305–321.

Connolly, William E. (2017): *Facing the planetary: Entangled humanism and the politics of swarming*. Durham, NC: Duke University Press.

Crutzen, Paul J./ Stoermer, Eugene (2000): „Anthropocene." *IGBP Newsletter* 41, S. 17–18.

Crutzen, Paul J. (2002): „Geology of Mankind." *Nature* 415, S. 23.

Crutzen Paul J. et al. (2011): *Das Raumschiff Erde hat keinen Notausgang*. Berlin: Suhrkamp.

Deuber-Mankowsky, Astrid (2019): „Das Szenarium, in dem sich Medienanthropologie und Neue Materialismen treffen." In: Voss, Christiane/ Krtilova, Katerina/ Engell, Lorenz (Hg.): *Medienanthropologische Szenen*. Paderborn: Brill, S. 31–42.

Dürbeck, Gabriele (2018a): „Narrative des Anthropozän. Systematisierung eines interdisziplinären Diskurses." *Kulturwissenschaftliche Zeitschrift* 3 (1), S. 1–20.

Dürbeck, Gabriele (2018b): „Das Anthropozän erzählen: Fünf Narrative." *Aus Politik und Zeitgeschichte (ApuZ)* 68, S. 21–23.

Dürbeck, Gabriele/ Hüpkes, Philip (Hg.) (2020): *The anthropocenic turn. The interplay between disciplinary and interdisciplinary responses to a new age*. New York/ London: Routledge.

Dürbeck, Gabriele/ Hüpkes, Philip (2021): *Narratives of scale in the anthropocene. Rethinking responsibility in an age of scalar complexity*. New York/ London: Routledge.

Elias, Amy/ Moraru, Christian (Hg.) (2015): *The planetary turn: Relationality and geoaesthetics in the twenty-first century*. Evanston, IL: Northwestern University Press.

Ellsworth, Elisabeth/ Kruse, Jamie (2012): *Making the geologic now: Responses to material conditions of contemporary life*. Santa Barbara, CA: punctum books.

Engell, Lorenz/ Siegert, Bernhard (2017): „Editorial." *Zeitschrift für Medien- und Kulturforschung (Schwerpunkt: Operative Ontologien)* 8 (2), S. 5–9.

Estok Simon C. (2018): „Hollow ecology and anthropocene scales of measurement." *Mosaic: an interdisciplinary critical journal* 51 (3), S. 37–52.

Feynman, Richard P. (1959): „There's plenty of room at the bottom." *Engineering and science* 23 (5).

Gärdebo, Johan, Marzecova, Agata/ Knowles, Scott G. (2017): „The orbital technosphere: The provision of meaning and matter by satellites." *The Anthropocene Review* 4 (1), S. 44–52.

Galilei, Galileo (1907 [1638]): *Unterredungen und mathematische Demonstrationen über zwei neue Wissenszweige, die Mechanik und die Fallgesetze betreffend*. Leipzig: Verlag von Wilhelm Engelmann.

Galilei, Galileo (2015 [1638]): *Unterredungen und mathematische Beweisführung zu zwei neuen Wissensgebieten*. Hamburg: Felix Meiner Verlag.

Haldane John B.S. (1926): „On being the right size." *Harper's Magazine* 152, S. 424–427.

Hamilton, Clive (2016): „The anthropocene as rupture." In: *The Anthropocene Review* 3 (2), S. 93–106.

Hamilton, Clive/ Bonneuil, Christophe/ Gemenne, François (2015): „Thinking the anthropocene.“ In: Dies. (Hg.): *The anthropocene and the global environmental crisis. Rethinking modernity in a new epoch*. London/ New York: Routledge, S. 1–13.

Hamilton, Clive/ Grinevald, Jacques (2015): „Was the anthropocene anticipated?“ In: *The Anthropocene Review* 2 (1), S. 59–72.

Haraway, Donna (1988): „Situated knowledges: The science question in feminism and the privilege of partial perspective.“ *Feminist Studies* 14 (3), S. 575–599.

Haraway, Donna (2015): „Anthropocene, capitalocene, plantationocene, chthulucene: Making kin.“ *Environmental Humanities* 6, S. 159–165.

Haraway, Donna (2016): *Staying with the trouble: Making kin in the chthulucene. Experimental futures*. Durham, NC: Duke University Press.

Herod, Andrew (2009): „Scale: the local and the global.“ *Key concepts in geography* 229, S. 217–235.

Hörl, Erich (2017): „Introduction to general ecology.“ In: Hörl, Erich/ Burton James E. (Hg.) *General ecology. The new ecological paradigm*. London: Bloomsbury, S. 1–73.

Horn, Eva/ Bergthaller, Hannes (2019): *Das Anthropozän: Zur Einführung*. Hamburg: Junius.

Hornborg, Alf (2015): „The political ecology of the technocene.“ In: Hamilton, Clive/ Bonneuil, Christophe/ Gemenne, François (Hg.): *The anthropocene and the global environmental crisis. Rethinking modernity in a new epoch*. London: Routledge, S. 177–183.

Hui, Yuk (2013): „Deduktion, Induktion und Tranduktion. Über Medienästhetik und digitale Objekte.“ *Zeitschrift für Medienwissenschaft* 8 (1), S. 101–115.

Hui, Yuk (2017): „On cosmotechnics: For a renewed relation between technology and nature in the anthropocene.“ *Techné: Research in Philosophy and Technology* 21 (2–3), S. 319–341.

Ivanchikova, Alla (2018): „Geomediations in the anthropocene: Fictions of the geologic turn.“ *C21 Literature: Journal of 21st-Century Writings* 6 (1), S. 3.

Latour, Bruno (1986): „Visualization and cognition.“ *Knowledge and society* 6 (6), S. 1-40.

Latour, Bruno (2007): *Eine neue Soziologie für eine neue Gesellschaft: Einführung in die Akteur-Netzwerk-Theorie*. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.

Latour, Bruno (2011): *Kosmokoloss. Eine Tragikomödie über das Klima und den Erdball*. (Online-Theaterskript). http://www.bruno-latour.fr/sites/default/files/downloads/KOSMOK-ROSEN-DE.pdf.

Latour, Bruno (2013a): *Facing gaia. Six lectures on the political theology of nature.* (Gifford Lectures), Draft.

Latour, Bruno (2013b): *Kosmokoloss. Eine Tragikomödie über das Klima und den Erdball.* (Hörspiel). *Bayrischer Rundfunk* (06. Dezember 2013).

Latour, Bruno (2017a): „Anti-zoom.“ In: Tavel C., Michael/ Wittenberg, David (Hg.): *Scale in literature and culture*. Basingstoke: Palgrave Macmillan, S. 93–101.

Latour, Bruno (2017b): *Kampf um Gaia. Acht Vorträge über das neue Klimaregime*. Berlin: Suhrkamp.

Latour, Bruno/ Lenton, Timothy (2019): „Extending the domain of freedom, or why gaia is so difficult to understand.“ *Critical Inquiry* 157, S. 1–21.

LeMenager, Stephanie (2009): „Infrastructure again, and always.“ *Energy Humanities* 6 (3), S. 25–29.

Levin Simon A. (1992): „The problem of pattern and scale in ecology: the Robert H. MacArthur award lecture.“ *Ecology* 73 (6): S. 1943–1967.

Levin, Simon A. (2000): „Multiple scales and the maintenance of biodiversity.“ *Ecosystems* 3 (6), S. 498–506.

Levin, Simon A. (2002): „Complex adaptive systems: exploring the known, the unknown and the unknowable.“ *Bulletin of the American Mathematical Society* 40 (1), 3–19.

Löffler, Petra et al. (2020): „Dinge anders machen. Ein Gespräch über feministische Anthropozän-Kritik, Dekolonisierung der Geologie und ‚sensing‘ in Medien-Umwelten.“ *Zeitschrift für Medienwissenschaft* 12 (2), S. 138-152.

Malm, Andreas/ Hornborg, Alf (2014): „The geology of mankind? A critique of the anthropocene narrative.“ Th*e Anthropocene Review* 1 (1), S. 62–69.

Mitchell, Melanie (2009): *Complexity. A guided tour*. Oxford, UK: Oxford University Press.

Moore, Jason (2015): *Capitalism in the web of life. Ecology and the accumulation of capital*. New York: Verso Books.

Nash, Kirsty L. et al. (2014): „Discontinuities, cross-scale patterns, and the organization of ecosystems.“ *Ecology* 95 (3), S. 654–667.

Neimanis, Astrida/ Åsberg, Cecilia/ Hedrén, Johan (2015): „Four problems, four directions for environmental humanities: Toward critical posthumanities for the anthropocene.“ *Ethics & the environment* 20 (1), S. 67–97.

O'Neill, Robert V. et al. (1986): *A hierarchical concept of ecosystems*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Oppermann, Serpil (2018): „The scale of the anthropocene: Material ecocritical reflections.“ *Mosaic: a Journal for the Interdisciplinary Study of Literature* 51 (3), S. 1–17.

Rockström, Johan et al. (2009): „A safe operating space for humanity.“ *Nature* 461, S. 472–475.

Schneider, David C. (2001): „The rise of the concept of scale in ecology: The concept of scale is evolving from verbal expression to quantitative expression.“ *BioScience* 51 (7), S. 545–553.

Schneider, Stephen H./ Londer, Randi (1984): *The coevolution of climate and life*. San Francisco, CA: Sierra Club Books.

Schröter, Jens (2011): „Maßstäbe und Medien. Ein kurzer Diskussionsbeitrag.“ *Sprache und Literatur* 42, S. 112–119.

Schüttpelz, Erhard (2009): „Diskussionsbeitrag: Ein Maßstab für alle Medien? Eine anthropometrische These im Anschluss an Bruno Latour.“ *Sprache und Literatur* 40, S. 79–90.

Sloterdijk, Peter (2015): „Das Anthropozän – ein Prozess-Zustand am Rande der Erd-Geschichte?” In: Renn, Jürgen/ Scherer, Bernd (Hg.): *Das Anthropozän. Zum Stand der Dinge*. Berlin: Matthes & Seitz, S. 25–44.

Steffen, Will/ Crutzen, Paul/ McNeill, John (2007): „The anthropocene: Are humans now overwhelming the great forces of nature?“ *Ambio* 36 (8), S. 614–621.

Stengers, Isabelle (2005): „Introductory notes on an ecology of practices.“ *Cultural Studies Review* 11 (1), S. 183–196.

Stengers, Isabelle (2015): *In catastrophic times. Resisting the coming barbarism*. London: Open Humanities Press.

Stiegler, Bernard (2018): *The neganthropocene*. London: Open Humanities Press.

Swift, Gulliver (2019 [1726]): *Gulliver's travels into several remote nations of the world*. Berlin: Papermill Press.

Szerszynski, Bronislaw (2017): „The anthropocene monument.“ *European Journal of Social Theory* 20 (1), S. 111–131.

Thielmann, Tristan (2009): „‚Wir schreiben Texte, wir schauen nicht durch eine Fensterscheibe‘: Wie maßvoll und maßlos die Akteur-Netzwerk-Theorie Medien flach und tief hält.“ *Sprache und Literatur* 40, S. 91–108.

Toepfer, Georg (2018): „From anthropocene to mediocene? On the use and abuse of stratifying the earth's crust by mapping time into space.“ *Zeitschrift für Medien- und Kulturforschung* 9 (1), S. 73–84.

Tsing, Anna L. (2005): *Friction: An ethnography of global connection*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Tsing, Anna L. (2012): „On nonscalability. The living world is not amenable to precision-nested scales.“ *Common Knowledge* 18 (3), S. 505–524.

Turner, Monica G. et al. (1989):„Effects of changing spatial scale on the analysis of landscape pattern.“ *Landscape Ecology* 3 (4), S. 153–162.

Urban, Dean L. (2006): „Modeling ecological processes across scales.“ *Ecology* 86 (8), S. 1996–2006.

Veland, Siri/ Lynch, Amanda H. (2016): „Scaling the anthropocene. How the stories we tell matter.“ *Geoforum* 72, S. 1–5.

Voss, Christiane/ Engell, Lorenz (Hg.) (2015): *Mediale Anthropologie*. Paderborn: Wilhelm Fink.

Waters, Colin N. et al. (2014): „A stratigraphical basis for the anthropocene?“ *Geological Society, London, Special Publications* 395 (1), S. 1–21.

Waters, Colin N. et al. (2016): „The anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the holocene.“ *Science* 351 (6269), S. 137.

Waters, Colin N. et al. (2018): „Global boundary stratotype section and point (GSSP) for the anthropocene series. Where and how to look for potential candidates.“ *Earth-Science Reviews* 178, S. 379–429.

West, Geoffrey B. (2019): *Scale: Die universalen Gesetze des Lebens von Organismen, Städten und Unternehmen*. München: C.H. Beck.

West, Geoffrey B./ Brown, James H./ Enquist, Brian J. (1997): „A general model for the origin of allometric scaling laws in biology.“ *Science* 276 (5309), S. 122–126.

West, Geoffrey B./ Brown, James H./ Enquist, Brian J. (1999): „The fourth dimension of life: fractal geometry and allometric scaling of organisms.“ *Science* 284 (5420), S. 1677–1679.

Woods, Derek (2014): „Scale critique for the anthropocene.“ *Minnesota Review* 83, S. 133–142.

Wu, Jianguo (1999): „Hierarchy and scaling: extrapolating information along a scaling ladder.“ *Canadian journal of remote sensing* 25 (4), S. 367–380.

Wu, Jianguo (2004): „Effects of changing scale on landscape pattern analysis: scaling relations.“ *Landscape ecology* 19 (2), S. 125–138.

Wu, Jianguo/ Levin, Simon A. (1994): „A spatial patch dynamic modeling approach to pattern and process in an annual grassland.“ *Ecological monographs* 64 (4), S. 447–464.

Wu, Jianguo/ Li, Harbin (2006): „Concepts of scale and scaling.“ In: Wu, Jianguo/ Jones, K. Bruce/ Li, Harbin/ Loucks, Orie L. (Hg.): *Scaling and uncertainty analysis in ecology. Methods and applications.* Dordrecht: Springer, S. 3–15.

Yusoff, Kathryn (2013): „Geologic life: Prehistory, climate, futures in the anthropocene. *Environment and Planning D: Society and Space* 31 (5), S. 779–795.

Zalasiewicz, Jan et al. (2008): „Are we now living in the anthropocene?“ *GSA Today* 18 (2), S. 4.

Zalasiewicz, Jan et al. (2011): „The anthropocene: a new epoch of geological time?“ *Philosophical transactions. Series A, Mathematical, physical, and engineering sciences* 369 (1938), S. 835–841.

Zalasiewicz, Jan et al. (2015): „When did the anthropocene begin? A mid-twentieth century boundary level is stratigraphically optimal.“ *Quaternary International* 383, S. 196–203.

Zalasiewicz, Jan et al. (2019): *The anthropocene as a geological time unit: a guide to the scientific evidence and current debate*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Anhang

Liste der publizierten Artikel der kumulativen Dissertation

Im Folgenden werden die sechs publizierten Artikel aufgelistet, die zusammen mit dem „Dachkapitel“ (Teil I, Kapitel 1) die kumulative Dissertation bilden. Die hier abgebildete Reihenfolge entspricht dem im Rahmen der Prüfungsversion der kumulativen Dissertation vorgelegten Kapitel-Zusammenhang gemäß ihrer Einteilung in die Hauptteile II–IV.

Teil II: ‚Tiefenzeit‘ und ‚Gaia‘: Geologische und erdsystemwissenschaftliche Denkfiguren

1. Hüpkes, Philip (2020): „Tiefenzeit.“ In: *Grundbegriffe des Anthropozän. Ein interdisziplinäres Lexikon des DFG-Forschungsprojekts ‚Narrative des Anthropozän in Wissenschaft und Literatur‘*. doi: http://dx.doi.org/10.23660/voado-233

2. Hüpkes, Philip (2020): „Die Gaia-Hypothese.“ In: *Grundbegriffe des Anthropozän. Ein interdisziplinäres Lexikon des DFG-Forschungsprojekts ‚Narrative des Anthropozän in Wissenschaft und Literatur‘*. doi: http://dx.doi.org/10.23660/voado-230

Teil III: Anthropozäne Skalenprobleme

3. Hüpkes, Philip (2019): „‚A new political body yet to emerge‘: Zur Darstellbarkeit des *anthropos* in Bruno Latours *Kosmokoloss. Eine Tragikomödie über das Klima und den Erdball* (2011).“ In: Dürbeck, Gabriele/ Nesselhauf, Jonas (Hg.): *Repräsentationsweisen des Anthropozän in Literatur und Medien*. Berlin: Peter Lang, S. 167–186.

4. Hüpkes, Philip (2020): „Der Anthropos als Skalenproblem.“ In: Bajohr, Hannes (Hg.): Der Anthropos im Anthropozän. Die Wiederkehr des Menschen im Moment seiner vermeintlich endgültigen Verabschiedung. Berlin/Boston: De Gruyter, S. 115–130.

Teil IV: Epistemische, technologische und ästhetische Praktiken der Situierung

5. Hüpkes, Philip/ Dürbeck, Gabriele (2022): „The technical non-reproducibility of the Earth system: Scale, Biosphere 2 and T.C. Boyle’s *Terranauts*.” *The Anthropocene Review* 9 (1), 161–174.[48] doi: https://doi.org/10.1177/20530196211048935

6. Hüpkes, Philip/ Dürbeck, Gabriele (2021): „Aesthetics in a Changing World—Reflecting the Anthropocene Condition through the Works of Jason deCaires Taylor and Robert Smithson.“ *Environmental Humanities* 13 (2): S. 414–432.[49] doi: https://doi.org/10.1215/22011919-9320222

[48] Aufgrund der Ko-Autorschaft von Gabriele Dürbeck möchte ich darauf zur klaren Abgrenzung meines eigenen Beitrags zu dem Artikel kenntlich machen, worin Gabriele Dürbecks Beitrag spezifisch bestand: als Ko-Autorin hat sie im vierten Unterabschnitt die ersten beiden Abschnitte zum literaturwissenschaftlichen *scale*-Diskurs verantwortet; weiterhin hat sie mich in Form mehrerer Gespräche über den Artikel bei der inhaltlichen Ausgestaltung der Argumente unterstützt und den Artikel mehrfach korrekturgelesen.

[49] Aufgrund der Ko-Autorschaft von Gabriele Dürbeck möchte ich darauf zur klaren Abgrenzung meines eigenen Beitrags zu dem Artikel kenntlich machen, worin Gabriele Dürbecks Beitrag spezifisch bestand: als Ko-Autorin hat sie den Unterabschnitt „Jason deCaires Taylor’s submarine sculptures” verantwortet. Weiterhin hat sie mich in Form mehrerer Gespräche über den Artikel bei der inhaltlichen Ausgestaltung der Argumente unterstützt und den Artikel mehrfach korrekturgelesen.