

Allgemeine Zustandsveränderungstheorie

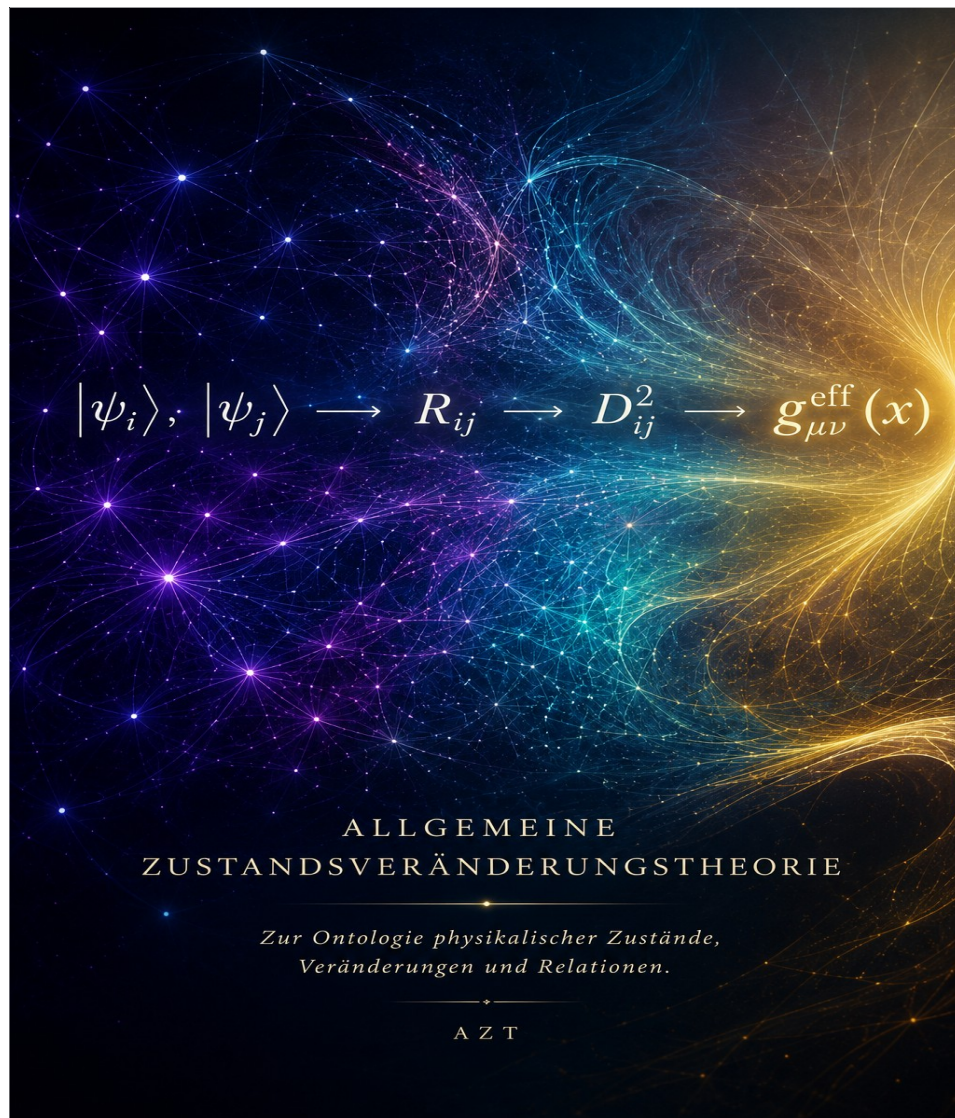
*Zur Ontologie physikalischer Zustände, Veränderungen
und Relationen.*

Philosophisches Essay

Autor: Herwig Kerscher, B.A.

Datum: 11.08.2026

Version: 1.0



Impressum

Veröffentlichung & Repository

© 2026 Herwig Kerscher, B.A. Alle Rechte vorbehalten, soweit nicht ausdrücklich durch die angegebene Creative-Commons-Lizenz eingeräumt.

Diese Fassung ist als wissenschaftliches Manuskript im Open-Access-Repository Zenodo veröffentlicht und unter der Lizenz Creative Commons Namensnennung – Nicht kommerziell – Keine Bearbeitungen 4.0 International (**CC BY-NC-ND 4.0**) zugänglich.

Veröffentlicht unter der Marke **ReConVista®**, die reflektierte und resonanzorientierte Publikationen fördert.

Methodische Vorbemerkung

Diese Arbeit ist eine eigenständige philosophische Weiterentwicklung der in *Inconditum* (2026) entwickelten Ontologie. Die mathematischen Überlegungen dienen nicht der Rekonstruktion eines bestehenden Forschungsstands, sondern der Untersuchung, ob und in welcher Weise sich die ontologischen Grundannahmen in eine konsistente formale Struktur überführen lassen.

Die mathematische Formalisierung der aus der Ontologie entwickelten Struktur wurde in kollaborativer Zusammenarbeit mit dem KI-Modell **GPT-5.6 Luna** ausgearbeitet. Da der Verfasser Gesellschaftswissenschaftler und kein theoretischer Physiker ist, versteht sich die resultierende Strukturkette als ein eigenständiges physikalisch-ontologisches Postulat und nicht als bereits etablierte oder empirisch bestätigte physikalische Theorie.

Für Fragen und Anregungen an den Autor:

✉ rcv-speyer@gmx.net, www.reconvista.org

Abstract

Die **moderne** Physik beschreibt physikalische Phänomene mit hoher mathematischer Präzision und außerordentlicher empirischer Genauigkeit. Insbesondere die Relativitätstheorie hat sich bei der Beschreibung gravitativer und dynamischer Phänomene in vielfacher Weise experimentell bestätigt. Dieser Essay stellt diese empirischen und mathematischen Erfolge nicht infrage. Er untersucht vielmehr eine ihnen vorgelagerte ontologische Frage: Was wird durch die mathematisch und empirisch bestätigten Beziehungen der Physik über die Wirklichkeit selbst ausgesagt?

Ausgangspunkt ist die Überlegung, dass physikalische Messungen stets an konkrete physikalische Zustände, Veränderungen und Relationen gebunden sind. Eine Uhr misst keinen abstrakten Zeitstoff, sondern einen physikalischen Prozess; auch gravitative Messungen erfassen Veränderungen und Relationen zwischen physikalischen Systemen. Daraus ergibt sich die Frage, ob Größen wie Zeit, Raumzeit und geometrische Krümmung als fundamental existierende Bestandteile der Wirklichkeit verstanden werden müssen oder ob sie vielmehr als mathematische Beschreibungen tieferliegender physikalischer Relationen interpretiert werden können.

Der Essay untersucht hierzu die Arbeitshypothese, dass Zeit keine fundamental vorausgesetzte Entität oder Dimension sein muss, sondern als Ordnung und Quantifizierung von Veränderungen und Relationen zwischen physikalischen Zuständen verstanden werden kann. Nicht die Zeit würde demnach die Möglichkeit von Veränderung konstituieren; vielmehr könnte die physikalisch beschreibbare Zeitordnung aus Veränderungen und deren relationaler Struktur hervorgehen.

Diese Perspektive wird auf den Raum- und Raumzeitbegriff ausgeweitet. Insbesondere wird untersucht, welchen ontologischen Status die Raumzeit und ihre geometrische Krümmung innerhalb der Allgemeinen Relativitätstheorie besitzen. Dabei ist zwischen der mathematischen Funktion einer geometrischen Struktur und der wei-

tergehenden ontologischen Behauptung zu unterscheiden, dass diese Struktur selbst einen fundamental existierenden Bestandteil der Wirklichkeit darstellt.

Der Essay unterscheidet daher drei Ebenen: (1) die empirische Ebene beobachteter Zustände, Veränderungen und Relationen, (2) die mathematische Ebene ihrer formalen Beschreibung und (3) die ontologische Ebene der Frage, was diese Beschreibung über die Wirklichkeit selbst aussagt. Die empirische Bestätigung einer mathematischen Theorie bestätigt die von ihr erfassten physikalischen Zusammenhänge und ihre Vorhersagefähigkeit; sie entscheidet jedoch nicht allein darüber, welchen ontologischen Status die verwendeten mathematischen Strukturen besitzen.

Die zentrale Arbeitsthese lautet, dass Wirklichkeit nicht angemessen als bloßes Vorhandensein isolierter und statischer Zustände verstanden werden kann. Physikalische Zustände stehen vielmehr in tatsächlichen und möglichen Relationen zueinander, wobei Veränderung eine grundlegende Form dieser Relationalität darstellt. Die fundamentale Perspektive wäre damit nicht primär „Zustand in der Zeit“, sondern „Zustand in Relation zu Zustand durch Veränderung“.

Der Essay entwickelt diese Perspektive als ontologische Untersuchung und nicht als Widerlegung der etablierten Physik. Sein Ziel ist es, die begriffliche Differenz zwischen physikalischer Beschreibung und ontologischer Interpretation offenzulegen und zu prüfen, ob eine relationale Ontologie von Zuständen und Veränderungen eine alternative Grundlage für das Verständnis von Zeit, Raum und Raumzeit liefern kann. Im abschließenden mathematischen Teil wird diese Ontologie formalisiert, indem Relationen zwischen quantenphysikalischen Zuständen als Ausgangspunkt einer relationalen Distanz- und möglichen Geometriestruktur untersucht werden.

Abstract – englisch

Modern physics describes physical phenomena with a high degree of mathematical precision and extraordinary empirical accuracy. In particular, the theory of relativity has been experimentally confirmed in numerous ways in its description of gravitational and dynamical phenomena. This essay does not challenge these empirical and mathematical achievements. Rather, it examines an ontological question that precedes them: What do the mathematically and empirically confirmed relationships of physics actually tell us about reality itself?

The starting point is the consideration that physical measurements are always tied to concrete physical states, changes, and relations. A clock does not measure an abstract substance called time; it registers a physical process. Likewise, gravitational measurements capture changes and relations between physical systems. This raises the question of whether quantities such as time, spacetime, and geometric curvature must be understood as fundamentally existing components of reality, or whether they can instead be interpreted as mathematical descriptions of deeper physical relations.

The essay therefore examines the working hypothesis that time need not be a fundamentally presupposed entity or dimension, but may instead be understood as the ordering and quantification of changes and relations between physical states. On this view, time would not constitute the possibility of change; rather, the physically describable ordering of time could emerge from changes and their relational structure.

This perspective is extended to the concepts of space and spacetime. In particular, the essay examines the ontological status of spacetime and its geometric curvature within General Relativity. A distinction must be made between the mathematical function of a geometric structure and the stronger ontological claim that this structure itself constitutes a fundamentally existing component of reality.

The essay therefore distinguishes three levels: (1) the empirical level of observed states, changes, and relations; (2) the mathematical level of their formal description; and (3) the ontological level of asking what this description tells us about reality itself. The empirical confirmation of a mathematical theory confirms the physical relationships captured by the theory and its predictive capacity; it does not, by itself, determine the ontological status of the mathematical structures employed.

The central working thesis is that reality cannot be adequately understood as merely the existence of isolated and static states. Physical states instead stand in actual and possible relations to one another, with change constituting a fundamental form of this relationality. The fundamental perspective would therefore not primarily be “state in time,” but rather “state in relation to state through change.”

The essay develops this perspective as an ontological investigation rather than as a refutation of established physics. Its aim is to expose the conceptual distinction between physical description and ontological interpretation and to examine whether a relational ontology of states and changes can provide an alternative foundation for understanding time, space, and spacetime. In the concluding mathematical section, this ontology is formalized by investigating relations between quantum-physical states as the starting point for a relational distance structure and a possible emergent geometric structure.

§1. Einleitung

§1.1 Ausgangspunkt: Wirklichkeit als Zustände und Beziehungen.

Eine mögliche ontologische Ausgangsbeschreibung der physikalischen Wirklichkeit lässt sich zunächst in einer einfachen Form ausdrücken:

Universum = [aktuelle Zustände + ihre Beziehungen]

Diese Darstellung ist zunächst keine vollständige physikalische Theorie und erhebt auch nicht den Anspruch, die etablierte Physik durch eine neue Gleichung zu ersetzen. Sie formuliert vielmehr eine ontologische Arbeitshypothese, von der aus die Begriffe untersucht werden sollen, mit denen die moderne Physik Wirklichkeit beschreibt.

Der Ausgangspunkt ist dabei bewusst nicht die Zeit. Es wird zunächst von physikalischen Systemen ausgegangen, die sich in bestimmten Zuständen befinden und in Beziehungen zu anderen physikalischen Systemen stehen. Zustände können sich verändern, und diese Veränderungen stehen wiederum in Relationen zu anderen Veränderungen und Zuständen. Aus der Perspektive eines solchen relationalen Ausgangspunkts stellt sich die Frage, ob Zeit tatsächlich als fundamentale Voraussetzung dieser Vorgänge vorausgesetzt werden muss – oder ob das, was wir als Zeit beschreiben, möglicherweise erst aus der Ordnung und Quantifizierung von Veränderungen hervorgeht.

Damit verschiebt sich zugleich der ontologische Status der Vergangenheit. In dieser Perspektive wird zunächst nicht von einem kosmischen Zeitstrahl ausgegangen, auf dem vergangene Abschnitte der Wirklichkeit weiterhin als physisch existierende Bereiche „hinter“ der Gegenwart bestehen. Ausgangspunkt sind vielmehr physikalische Systeme in ihren jeweiligen Zuständen. Ein vergangener Zustand bezeichnet dabei einen Zustand, der nicht mehr aktuell ist, dessen frühere Existenz jedoch durch gegenwärtige Zustände, Spuren und physikalische Relationen beschrieben werden kann. Unsere Beobachtung kann dabei durch die endliche Ausbreitung physikalischer Wechselwirkungen und insbesondere elektromagnetischer Signale auf Informationen über frühere Zustände beschränkt sein.

Dass wir beispielsweise eine weit entfernte Galaxie in einem Zustand beobachten, der für uns aufgrund der endlichen Lichtlaufzeit in der Vergangenheit liegt, bedeutet daher zunächst, dass wir Informationen über einen früheren Zustand dieses Systems empfangen. Daraus folgt nicht ohne Weiteres, dass sich das beobachtete System selbst ontologisch „in der Vergangenheit“ befindet. Die beobachtete Information und der aktuelle Zustand des beobachteten Systems sind zwei unterschiedliche physikalische Sachverhalte.

Diese Unterscheidung führt zu einer grundsätzlichen Frage nach dem Verhältnis von physikalischer Beschreibung, mathematischer Struktur und ontologischer Interpretation. Die physikalische Theorie beschreibt beobachtbare und theoretisch erschlossene Zusammenhänge mit mathematischen Strukturen. Die Frage, welchen ontologischen Status diese Strukturen besitzen und ob sie selbst als fundamental existierende Bestandteile der Wirklichkeit verstanden werden müssen, ist davon zu unterscheiden.

Der vorliegende Essay setzt an dieser Unterscheidung an. Er untersucht nicht die empirische Gültigkeit der etablierten physikalischen Theorien als solche, sondern die ontologischen Voraussetzungen und Interpretationen, die mit ihrer mathematischen Beschreibung verbunden werden können.

§1.2 Von der Messung zur Ontologie.

Die physikalische Erkenntnis beginnt nicht mit der ontologischen Behauptung, dass Zeit, Raum oder Raumzeit als physische Entitäten existieren. Sie beginnt mit Beobachtungen, Messungen und der theoretischen Beschreibung physikalischer Zusammenhänge. Physikalische Systeme verändern ihre Zustände, beeinflussen einander und stehen in messbaren Beziehungen. Aus diesen Beobachtungen werden Größen bestimmt, verglichen und mathematisch beschrieben.

Die moderne Physik hat hierfür mathematische Modelle entwickelt, deren Vorhersagekraft teilweise von außerordentlicher Präzision ist. Gerade die Relativitätstheorie ist ein herausragendes Beispiel dafür, wie erfolgreich eine mathematische Beschreibung physikalischer Beziehungen sein kann.

Problematisch wird die Situation erst dann, wenn die verschiedenen Ebenen der Beschreibung miteinander verwechselt oder ihre Aussagen ontologisch überinterpretiert werden. Zwischen:

Messung → mathematisches Modell → physikalische Sprache → Ontologie

besteht keine logische Identität.

Eine mathematische Struktur kann eine physikalische Relation außerordentlich erfolgreich beschreiben, ohne dass daraus unmittelbar folgt, dass diese mathematische Struktur selbst als physische Entität existiert. Aus der Aussage:

„Die gemessenen Beziehungen werden mathematisch durch eine gekrümmte Raumzeit beschrieben“

kann sprachlich sehr leicht die weitergehende Aussage:

„Der Raum ist gekrümmt“

werden. Diese sprachliche Verkürzung kann jedoch eine zusätzliche ontologische Interpretation enthalten, die über die mathematische Beschreibung selbst hinausgeht.

Ebenso kann aus der mathematischen Parametrisierung physikalischer Veränderungen durch eine Variable (t) die ontologische Vorstellung entstehen, Zeit sei eine eigenständige Dimension oder ein physisches Medium, innerhalb dessen sich die Welt bewegt.

Genau an diesem Übergang liegt das Problem, das dieses Essay untersucht.

Die mathematische Beschreibung kann dabei vollständig korrekt sein. Ihre empirische Bestätigung kann ebenso vollständig gegeben sein. Offen bleibt dennoch eine andere Frage:

Was existiert eigentlich – und was ist die mathematische Form, in der wir die Beziehungen des Existierenden beschreiben?

Die Frage richtet sich damit nicht gegen die Mathematik der Physik, sondern auf deren ontologische Interpretation.

§1.3 Wenn die Landkarte zur Landschaft wird.

Das Verhältnis lässt sich durch eine einfache Metapher verdeutlichen: Eine Landkarte kann außerordentlich präzise sein. Sie kann Entfernungen, Höhen, Straßen, Grenzen und geographische Beziehungen korrekt darstellen. Ihre Brauchbarkeit hängt gerade davon ab, dass die dargestellten Beziehungen mit der Landschaft übereinstimmen.

Daraus folgt jedoch nicht, dass die Symbole auf der Karte selbst Bestandteile der Landschaft sind.

Übertragen auf die Physik bedeutet dies: Eine mathematische Struktur kann die Relationen der physikalischen Wirklichkeit mit außergewöhnlicher Genauigkeit beschreiben, ohne dass damit bereits entschieden ist, ob die mathematischen Elemente dieser Beschreibung ontologisch fundamental sind.

Die Karte funktioniert. Die Frage ist, ob unsere Ontologie anschließend behauptet, die Symbole auf der Karte seien Bestandteile der Landschaft.

Hier liegt der mögliche Abstand zwischen *Formalismus*, *Messpraxis* und *Ontologie*.

Die Physik verfügt über hochentwickelte mathematische Formalismen und über eine außerordentlich erfolgreiche empirische Messpraxis. Die ontologische Interpretation der dabei verwendeten Begriffe ist jedoch nicht automatisch durch den empirischen Erfolg des Formalismus entschieden. Ein mathematischer Begriff kann für die Beschreibung eines physikalischen Sachverhalts unverzichtbar sein, ohne deshalb selbst ein physisches Objekt oder eine fundamentale Substanz bezeichnen zu müssen.

In diesem Sinne kann eine Spannung zwischen physikalischer Beschreibung und ontologischer Interpretation entstehen: Wir messen Zustände, Veränderungen und Relationen; wir entwickeln mathematische Strukturen, um diese Beziehungen zu beschreiben; anschließend übertragen wir die Begriffe des mathematischen Modells in eine Sprache, die ihnen möglicherweise einen ontologisch stärkeren Status zuschreibt, als durch die physikalische Beschreibung allein gerechtfertigt ist.

Der vorliegende Essay untersucht, ob und in welchem Umfang ein solcher ontologischer Überschuss *tatsächlich besteht*.

§1.4 Eine andere ontologische Ausgangsrichtung.

Der hier vorgeschlagene Ansatz setzt deshalb nicht mit (t) als vorausgesetzter Dimension ein, sondern mit physikalischen Zuständen.

Nicht:

Zeit → Veränderung

sondern:

Veränderung → Zeit

Nicht:

Raumzeitkrümmung → physikalische Realität

sondern zunächst:

gemessene physikalische Relationen → mathematische Beschreibung

Und nicht primär:

„Was passiert in der Zeit?“

sondern:

„Wie verändert sich ein physikalischer Zustand, und in welchen Beziehungen steht diese Veränderung zu anderen Zuständen und Veränderungen?“

Diese Umkehrung der Betrachtungsrichtung bedeutet zunächst keine Ablehnung der bestehenden mathematischen Physik. Sie ist vielmehr der Versuch, die ontologische Reihenfolge der Begriffe neu zu bestimmen.

Die zentrale Arbeitshypothese lautet daher, dass *Zustände, Veränderungen und Relation* den ontologischen Ausgangspunkt bilden können, während Begriffe wie Zeit, Raum, Raumzeit und Krümmung als mathematische Strukturen verstanden werden können, die diese Beziehungen beschreiben.

Damit verschiebt sich auch die zentrale Frage des Essays. Es geht nicht darum, die empirisch erfolgreiche Physik durch eine vermeintlich „richtigere“ Sprache zu ersetzen. Es geht darum, zu untersuchen, ob ihre mathematische Beschreibung möglicherweise ontologisch anders gelesen werden kann.

Vielleicht ist die Physik mathematisch bereits weiter als ihre eigene Sprache.

Vielleicht beschreibt ihr Formalismus Beziehungen, deren ontologische Bedeutung mit Begriffen interpretiert wird, die historisch aus einer anderen Vorstellung von Wirklichkeit stammen.

Die Frage lautet daher nicht primär, ob die mathematische Beschreibung funktioniert.

Sie funktioniert.

Die Frage lautet:

Was sagt ihr Erfolg über die Wirklichkeit selbst aus?

Der vorliegende Essay untersucht diese Frage ausgehend von einer relationalen Ontologie, in der nicht die Zeit als fundamentale Voraussetzung von Veränderung den Ausgangspunkt bildet, sondern Zustand, Veränderung und Relation.

§2. Prätemporale Resonanz und Differenz.

Zeitliche Ordnung setzt unterscheidbare Zustände voraus. Wo zwei physische Zustände in keiner physisch relevanten Weise voneinander unterschieden werden können, gibt es keine empirische Grundlage, zwischen ihnen eine zeitliche Differenz zu bestimmen. Zeitliche Differenz ist damit keine vorausgesetzte Eigenschaft, die den Zuständen bereits anhaftet. Sie wird vielmehr durch die Differenz und Relation physischer Zustände bestimmbar.

Damit beginnt die physikalische Beschreibung nicht mit der Zeit, sondern mit der *Unterscheidbarkeit physischer Zustände*.

Erst wenn physische Zustände unterscheidbar sind, kann eine Zustandsdifferenz festgestellt werden. Wird diese Differenz durch eine physikalische Relation mit Zuständen desselben Systems oder mit anderen physikalischen Zuständen verknüpft, kann Veränderung beschrieben werden. Erst wenn Veränderungen miteinander in Beziehung gesetzt werden, entsteht eine Ordnung dieser Veränderungen. Und erst diese geordnete Veränderung wird als Zeit beschrieben und quantifiziert.

Die grundlegende Abfolge lautet daher:

Unterscheidbarkeit → Zustandsdifferenz → Relation → Veränderung → Ordnung → Zeitbeschreibung.

Diese Reihenfolge ist ontologisch entscheidend. Sie kehrt die übliche Vorstellung um, nach der sich physische Zustände in einer bereits existierenden Zeit verändern.

Nicht:

Zeit → Veränderung

sondern:

Veränderung → Zeitbeschreibung

Zeit wird dabei nicht als fundamentale Voraussetzung angenommen. Die *Zeitbeschreibung* entsteht vielmehr aus der relationalen Ordnung von Veränderung.

Dabei geht es nicht um die triviale Behauptung, dass Menschen Zeit mithilfe von Veränderungen messen. Die These reicht tiefer: Die physikalische Bedeutung von Zeit selbst könnte aus der relationalen Ordnung physischer Veränderungen hervorgehen. Eine Uhr erzeugt keine Zeit. Sie stellt einen physikalischen Prozess bereit, dessen Zustandsveränderungen mit anderen Veränderungen verglichen und dadurch zeitlich geordnet werden können.

Zeit ist damit in dieser Perspektive kein unabhängiger Taktgeber der Wirklichkeit. Sie bezeichnet vielmehr die Form, in der geordnete Veränderung quantitativ beschrieben werden kann.

§2.1 Zeit kondensiert.

Die klassische Sprache sagt: „Die Zeit beginnt.“

Aus der hier entwickelten Ontologie ist diese Formulierung bereits eine begriffliche Verschiebung. Sie behandelt Zeit wie etwas, das als eigenständige Größe vorhanden ist und zu einem bestimmten Zeitpunkt einsetzt.

Zeit beginnt jedoch nicht wie ein Gegenstand.

Zeit kondensiert aus physischer Veränderung.

Der Begriff bezeichnet hier die Herausbildung einer stabilen und quantifizierbaren relationalen Ordnung aus einer physischen Dynamik. Wo physische Zustände hinreichend differenziert sind und ihre Veränderungen in reproduzierbare Beziehungen treten, entsteht eine zeitliche Ordnung, die gemessen, verglichen und mathematisch parametrisiert werden kann.

„Kondensiert“ bezeichnet dabei keinen bereits vorausgesetzten physikalischen Mechanismus, durch den eine eigenständige Substanz namens Zeit entsteht. Der Begriff bezeichnet vielmehr die ontologische Arbeitshypothese, dass sich die zeitlich beschreibbare Ordnung aus der relationalen Struktur physischer Veränderungen ergibt.

Damit erhält Zeit einen grundsätzlich anderen ontologischen Status.

Sie ist nicht der Ursprung der Dynamik.

Sie ist ihr Maß.

Sie ist nicht die Ursache des Werdens.

Sie ist die Beschreibung des Werdens.

Diese Perspektive verändert auch die Bedeutung der Aussage, ein physikalischer Prozess „finde in der Zeit statt“. Ontologisch lässt sich derselbe Sachverhalt umkehren: Ein physikalischer Prozess besteht aus Zustandsveränderungen und ihren Relationen; die zeitliche Beschreibung ist die Ordnung, in der diese Veränderungen zueinander bestimmt werden.

Zeit ist somit nicht das Behältnis der Veränderung.

Zeit ist die relationale Ordnung der Veränderung.

§2.2 Der Zeitpfeil als Veränderungsasymmetrie.

Wenn Zeit nicht als fundamental fließende Entität vorausgesetzt wird, stellt sich die Frage, warum physische Prozesse dennoch eine eindeutige Richtung erkennen lassen. Warum unterscheiden wir Vergangenheit und Zukunft? Warum erscheinen zahlreiche makroskopische Prozesse irreversibel?

Für die weitere Argumentation ist zunächst eine begriffliche Unterscheidung notwendig. Die Begriffe *Zeit*, *Zeiteinheit*, *Zeitmessung* und *Eigenzeit* dürfen nicht miteinander gleichgesetzt werden.

Zeit

→ die ontologisch zu untersuchende Größe bzw. relationale Ordnung physischer Veränderungen.

Zeiteinheit

→ eine definierte Einheit, mit der zeitliche Größen quantitativ angegeben werden, beispielsweise die Sekunde.

Zeitmessung

→ der physikalische Vorgang, bei dem ein Prozess oder eine Uhr mit einem definierten Maßstab verglichen wird, um eine zeitliche Größe zu bestimmen.

Eigenzeit

→ die entlang der Weltlinie eines physikalischen Systems bestimmte Zeitgröße innerhalb der relativistischen Beschreibung.

Daraus folgt:

Zeit ≠ Zeiteinheit ≠ Zeitmessung ≠ Eigenzeit

Diese Begriffe bezeichnen unterschiedliche Ebenen der Beschreibung. Insbesondere folgt aus der Tatsache, dass zeitliche Größen durch physikalische Prozesse gemessen und in definierten Einheiten angegeben werden, noch nicht, welchen ontologischen Status Zeit selbst besitzt. Ebenso ist die relativistische Eigenzeit nicht ohne Weiteres mit dem allgemeinen ontologischen Begriff der Zeit gleichzusetzen. Diese Unterscheidung wird im weiteren Verlauf insbesondere dort relevant, wo die mathematische Beschreibung der Relativitätstheorie betrachtet wird.

Die Frage nach dem Zeitpfeil ist davon nochmals zu unterscheiden. Selbst wenn eine zeitliche Größe physikalisch definiert und mathematisch beschrieben werden kann, bleibt die Frage offen, warum physische Prozesse eine ausgezeichnete Richtung erkennen lassen.

Die Antwort liegt in dieser Perspektive nicht in einem zusätzlichen physikalischen Prinzip namens „Zeitfluss“. Die beobachtete Richtung ergibt sich vielmehr aus der asymmetrischen Struktur bestimmter physischer Veränderungen.

Thermodynamische und statistische Prozesse zeigen, dass physische Zustände auf makroskopischer Ebene nicht in beliebiger Weise symmetrisch ineinander übergehen. Makroskopische Systeme können charakteristische Asymmetrien ihrer Zustandsentwicklung aufweisen. Prozesse hinterlassen Spuren. Informationen werden in physischen Strukturen erhalten und weitergetragen. Bestimmte makroskopische Veränderungen erscheinen irreversibel, obwohl die zugrunde liegenden mikroskopischen Bewegungsgesetze unter geeigneten Bedingungen zeitlich symmetrisch formuliert werden können.

Aus dieser Perspektive ist der Zeitpfeil keine zusätzliche Substanz und kein unabhängiges physisches Prinzip.

Der Zeitpfeil ist eine Asymmetrie der Veränderungsstruktur.

Die Unterscheidung zwischen Vergangenheit und Zukunft bezeichnet dann keine Bewegung entlang einer unabhängig existierenden Zeitachse. Sie bezeichnet vielmehr eine gerichtete Ordnung physischer Zustandsveränderungen, die sich insbesondere in thermodynamischen und statistischen Asymmetrien ausdrückt.

Vergangenheit bezeichnet die Relation zu Zuständen, deren physische Aktualität nicht mehr gegeben ist, deren Wirkungen und Spuren jedoch in gegenwärtigen Zuständen fortbestehen können.

Zukunft bezeichnet entsprechend nicht notwendig einen bereits existierenden Abschnitt der Wirklichkeit, der irgendwo „vor uns“ liegt. Sie bezeichnet vielmehr die Menge physisch möglicher beziehungsweise durch gegenwärtige Zustände bedingter weiterer Zustandsrelationen.

Damit verliert der Zeitpfeil seinen Status als eigenständiger kosmischer Strom. Er wird zu einer *Eigenschaft der physikalischen Veränderungsstruktur selbst*.

§2.3 Entropie und Resonanzkohärenz.

Aus dieser Perspektive muss auch der Begriff der Entropie ontologisch neu betrachtet werden. Entropie ist in diesem Modell nicht die fundamentale „Ursache“ der Zeit. Die thermodynamische Zeitrichtung erscheint vielmehr als makroskopischer Ausdruck bestimmter statistischer Veränderungsstrukturen.

Hier setzt der Begriff der *Resonanzkohärenz* an. Resonanzkohärenz bezeichnet in diesem Essay zunächst das Ausmaß der strukturellen und relationalen Abstimmung zwischen den Komponenten eines physikalischen Systems. Hohe Resonanzkohärenz bedeutet eine dichte und stabile gegenseitige Abhängigkeit der Zustände und Prozesse eines Systems. Veränderungen einzelner Komponenten stehen dabei in enger Beziehung zu den Veränderungen anderer Komponenten.

Die Arbeitshypothese lautet, dass Veränderungen dieser relationalen Kohärenz mit Veränderungen der möglichen mikroskopischen Zustandskonfigurationen eines Systems in Beziehung stehen können. Eine sinkende Resonanzkohärenz kann dabei mit einer Erweiterung der möglichen mikroskopischen Konfigurationen und einer stärkeren statistischen Auffächerung der Zustandsrelationen verbunden sein. Ob und in welcher mathematisch bestimmbar Form dieser Zusammenhang besteht, muss im weiteren Verlauf untersucht werden.

Entropie wäre in dieser Perspektive nicht ein kosmisches Gesetz, das der Wirklichkeit einen Zeitfluss vorschreibt. Sie ist vielmehr eine quantitative physikalische Beschreibung statistischer Eigenschaften von Zuständen und ihrer möglichen Veränderungen. Die thermodynamische Zeitrichtung ergibt sich dabei aus der beobachtbaren Asymmetrie bestimmter Veränderungsprozesse.

Gerade das klassische Beispiel des zerbrochenen Glases macht diese Unterscheidung deutlich.

Ein unversehrtes Glas befindet sich in einer bestimmten, makroskopisch hochgeordneten Zustandskonfiguration. Durch den Aufprall verändern sich seine physikalischen Zustände und Relationen. Das Glas zerbricht. Seine Bestandteile befinden sich anschließend in einer Vielzahl neuer räumlicher, mechanischer und thermischer Relationen.

Was wir dabei unmittelbar physikalisch vorfinden, ist keine messbare Substanz namens „Zeitfluss“, die das Glas von einem Zustand in den nächsten transportiert. Wir finden eine *Zustandsveränderung*:

intaktes Glas → Wechselwirkung → zerbrochenes Glas.

Die thermodynamische Beschreibung erfasst dabei, dass der spätere makroskopische Zustand mit einer außerordentlich großen Zahl möglicher mikroskopischer Konfigurationen vereinbar ist. Die Wahrscheinlichkeit, dass sich sämtliche relevanten mikroskopischen Freiheitsgrade spontan genau so reorganisieren, dass das ursprüngliche makroskopische Glas wieder entsteht, ist extrem gering.

Gerade darin liegt die physikalisch beobachtbare Asymmetrie.

Das Glas zeigt uns keinen Zeitfluss. Es zeigt uns eine *gerichtete Veränderung physischer Zustandsrelationen*. Die Entropie quantifiziert dabei bestimmte statistische Eigenschaften dieser Zustände und ihrer möglichen Konfigurationen. Sie ist damit nicht notwendig die Ursache einer unabhängig existierenden Zeitrichtung, sondern kann als quantitative Beschreibung einer Veränderungsasymmetrie verstanden werden.

Der entscheidende Punkt ist dabei die Unterscheidung zwischen physikalischem Befund und ontologischer Interpretation. Die Physik beobachtet und beschreibt, dass ein Glas zerbricht und dass die spontane Rückkehr zum ursprünglichen makroskopischen Zustand praktisch nicht zu erwarten ist. Daraus folgt jedoch nicht logisch, dass zusätzlich ein ontologisch eigenständiger Zeitstrahl existieren muss, auf dem sich das Glas von „Vergangenheit“ zu „Zukunft“ bewegt.

Das Beispiel des Glases ist deshalb mehr als eine bloße Illustration. Es zeigt in besonders anschaulicher Form, dass eine gerichtete physische Veränderung beschrieben werden kann, ohne den Begriff eines unabhängig fließenden Zeitmediums vorauszusetzen.

Die thermodynamische Beschreibung liefert damit einen empirisch und mathematisch fassbaren Zugang zu einer gerichteten Veränderungsstruktur. Sie liefert den physikalischen Befund der statistischen Asymmetrie. Die hier vorgeschlagene Ontologie interpretiert diesen Befund dahingehend, dass der Zeitpfeil als Eigenschaft der Veränderungsstruktur verstanden werden kann, anstatt als eigenständige physische Entität.

Daraus ergibt sich für die hier entwickelte Ontologie:

Es ist nicht notwendig, einen Zeitstrahl als eigenständiges physisches Objekt vorauszusetzen, um die beobachtete Richtung makroskopischer Veränderungen zu beschreiben.

Ebenso muss Zukunft nicht als ein bereits existierender physischer Ort verstanden werden, auf den sich ein System zubewegt. Im Rahmen dieser Arbeit kann Zukunft zunächst als Menge physisch möglicher beziehungsweise durch den gegenwärtigen Zustand bedingter weiterer Zustandsrelationen verstanden werden.

Die Idee der Resonanzkohärenz führt diesen Gedanken weiter. Sie soll nicht „eine andere Zeit“ bezeichnen, sondern eine mögliche strukturelle Grundlage dafür, unterschiedliche Gra-

de relationaler Bindung, Stabilität und statistischer Auffächerung physischer Zustände zu beschreiben.

Damit entsteht eine gemeinsame begriffliche Perspektive:

Zustände → Differenzen → Veränderungen → Relationen → statistische Asymmetrien → zeitliche Ordnung.

Entropie und Zeitrichtung wären in dieser Perspektive keine voneinander unabhängigen Grundbegriffe, sondern könnten unterschiedliche quantitative und strukturelle Beschreibungen derselben relationalen Dynamik darstellen. Ob Resonanzkohärenz dabei tatsächlich eine eigenständige physikalisch-mathematische Größe begründen kann, ist eine offene Frage und muss durch die nachfolgende formale Entwicklung geklärt werden.

Hinweis für die abschließende ontologische Synthese:

An dieser Stelle wird eine weitere begriffliche Unterscheidung relevant. Wenn ein Beobachter den Zeitpunkt des Zerbrechens eines Glases als einen Ausgangspunkt mit ($t=0$) beschreibt, bedeutet dies zunächst nicht, dass eine universelle physische Zeit bei diesem Ereignis den Wert Null erreicht. Vielmehr wird ein bestimmter physischer Zustand oder ein bestimmtes Ereignis als Referenzpunkt einer zeitlichen Beschreibung gewählt.

Für den Beobachter ergibt sich daraus eine relationale Ordnung:

Vergangenheit: das Glas war intakt.

Gegenwärtiger Referenzzustand: das Glas zerbricht.

Zukunft: weitere physisch mögliche Zustände, beispielsweise das Liegen der Scherben oder eine spätere Rekonstruktion des Systems.

Die Bezeichnung ($t=0$) beschreibt dabei nicht den ontologischen „Nullpunkt der Zeit“. Sie markiert einen Zustand innerhalb einer gewählten Beschreibung.

Dies verdeutlicht erneut die notwendige Unterscheidung:

Zeit ≠ Zeiteinheit ≠ Zeitmessung ≠ Eigenzeit.

Die relativistische Eigenzeit bezeichnet eine physikalisch definierte Größe entlang einer Weltlinie. Die philosophisch weitergehende Frage dieses Essays lautet jedoch, ob hinter solchen zeitlichen Größen eine eigenständige, universell existierende Zeitentität vorausgesetzt werden muss.

Die hier entwickelte Ontologie schlägt stattdessen vor, zwischen der *lokalen zeitlichen Beschreibung eines physikalischen Systems* und der *universellen ontologischen Grundlage von Veränderung* zu unterscheiden.

Für die konkrete Person beziehungsweise das konkrete physikalische System kann eine Eigenzeit die relationale Abfolge seiner Zustände parametrisieren. Ontologisch fundamentaler wäre jedoch nicht die Eigenzeit selbst, sondern die *Zustandsveränderung und ihre Relation zu anderen Zuständen*.

Damit lässt sich die Perspektive dieses Essays in einer einfachen Gegenüberstellung ausdrücken:

Für das physikalische System:

Eigenzeit kann die Zustandsentwicklung parametrisieren.

Für die ontologische Betrachtung:

Zustandsveränderung und Relation bilden den Ausgangspunkt.

Lokal: zeitliche Beschreibung.

Fundamental: Zustandsveränderung.

Die Zeitbeschreibung entsteht damit nicht als universeller Strom, der allen physikalischen Systemen gleichermaßen vorausgeht. Sie entsteht vielmehr aus der Möglichkeit, Zustände, Veränderungen und deren Relationen zu ordnen und quantitativ zu beschreiben.

§2.4 Von der Veränderungsordnung zur kosmologischen Frage.

Die bisherige Betrachtung hat Zeit nicht als vorausgesetzte physische Entität behandelt, sondern als eine aus der Ordnung physischer Veränderungen hervorgehende Beschreibung. Zustände können sich unterscheiden, Veränderungen können miteinander in Beziehung stehen, und bestimmte Veränderungsprozesse weisen statistische Asymmetrien auf. Aus diesen Strukturen kann eine zeitliche Ordnung bestimmt und quantitativ beschrieben werden.

Damit stellt sich zwangsläufig eine weiterreichende Frage: Gilt diese ontologische Perspektive nur für einzelne physikalische Systeme, oder lässt sie sich auch auf die kosmische Entwicklung als Ganze anwenden?

Wenn Zeit nicht als unabhängiger Behälter der physikalischen Dynamik vorausgesetzt wird, kann auch die Entwicklung des Universums nicht ohne Weiteres als eine Bewegung innerhalb einer bereits vorhandenen kosmischen Zeit verstanden werden. Vielmehr wäre zu untersuchen, welche physikalischen Zustände, Veränderungen und Relationen die Entstehung einer zeitlich geordneten Dynamik überhaupt ermöglichen.

Damit verschiebt sich die kosmologische Fragestellung. Nicht eine bereits existierende Zeitlinie steht am Anfang, auf der das Universum seinen Ursprung besitzt. Ausgangspunkt ist vielmehr die physikalische Ordnungsstruktur selbst und die Frage, wie aus ihr unterscheidbare Zustände, Veränderungen und relationale Dynamiken hervorgehen können.

Diese Perspektive führt unmittelbar zur Frage nach dem kosmologischen Anfang. Insbesondere die moderne Kosmologie beschreibt das frühe Universum unter Bedingungen, unter denen die gewohnten Begriffe von Raum, Zeit und physikalischer Entwicklung an ihre Grenzen gelangen.

Der Urknall wird damit für die hier entwickelte Ontologie zu einem besonders aufschlussreichen Grenzfall. Die entscheidende Frage lautet nicht allein, *wann* das Universum begonnen hat, sondern vielmehr, welche Bedeutung es überhaupt hat, von einem „Beginn der Zeit“ zu sprechen, wenn Zeit selbst als abgeleitete Ordnung physischer Veränderungen verstanden wird. Diese Frage bildet den Übergang zur kosmologischen Betrachtung des Urknalls.

2.5 Der Urknall als Übergang.

In der Standardkosmologie wird der Urknall häufig als Beginn von Raum und Zeit beschrieben. Diese Formulierung bedarf jedoch einer ontologischen Unterscheidung. Wenn Zeit keine fundamental vorausgesetzte Größe der physikalischen Dynamik darstellt, kann der Urknall nicht einfach als gewöhnliches Ereignis innerhalb einer bereits vorhandenen Zeit verstanden werden.

Im Rahmen der hier entwickelten Arbeitshypothese wird der Urknall daher nicht als der „erste Moment einer Uhr“ verstanden. Er kann vielmehr als ein möglicher Übergang der physikalischen Ordnungsstruktur interpretiert werden: von einem Bereich, in dem eine gewöhnliche zeitliche Ordnung nicht ohne Weiteres vorausgesetzt werden kann, zu einer physikalischen Dynamik, in der Zustände, Veränderungen und ihre Relationen eine zeitlich beschreibbare Ordnung hervorbringen.

Der Urknall wäre in dieser Perspektive kein Punkt auf einer bereits existierenden Zeitlinie.

*Er wäre eine **Transition der Ordnungsstruktur**.*

Nicht:

„Hier beginnt die Zeit.“

sondern:

„Hier entsteht eine physikalische Dynamik, aus deren Relationen eine zeitliche Ordnung hervorgehen kann.“

Damit verändert sich auch die Bedeutung der Frage nach einem „Davor“.

Wenn Zeit eine aus der Ordnung physischer Veränderungen hervorgehende Größe ist, kann ein „Davor“ nicht ohne Weiteres einen früheren Zeitpunkt bezeichnen. Ein früherer Zeitpunkt setzt bereits jene zeitliche Ordnung voraus, deren ontologischer Status hier untersucht wird.

*Das „Davor“ wäre daher nicht notwendig ein früherer Abschnitt einer kosmischen Zeitlinie. Es könnte vielmehr auf eine **andere physikalische beziehungsweise ontologische Beschreibungsebene** verweisen.*

Die Frage nach dem Ursprung des Universums verschiebt sich damit von der Frage

„Was geschah vor dem Anfang der Zeit?“

zu der grundsätzlicheren Frage:

„Welche physikalische Struktur ging der Entstehung einer zeitlich geordneten Dynamik voraus?“

Diese Formulierung behauptet dabei nicht, dass eine solche prätemporale Struktur bereits physikalisch bekannt oder empirisch nachgewiesen wäre. Sie bezeichnet vielmehr die ontologische Konsequenz der hier entwickelten Arbeitshypothese und damit eine Frage, die durch eine weiterführende physikalische und mathematische Untersuchung geklärt werden müsste.

Der Urknall erscheint in dieser Perspektive somit nicht notwendig als Beginn einer bereits definierten Zeit, sondern als möglicher Übergang, in dem sich eine neue Form physikalischer Ordnungsfähigkeit konstituiert.

Damit wird die kosmologische Anfangsfrage zugleich zu einer ontologischen Frage:

*Nicht primär, **wann** die Wirklichkeit begann, sondern **wie aus einer grundlegenden physikalischen Struktur eine Wirklichkeit hervorgehen konnte, in der Zustände unterscheidbar, Veränderungen relational erfassbar und schließlich zeitlich strukturierbar werden.***

§3. Zeit als Moment des Geschehens.

§3.1 Zeit als relationaler Ausdruck des Geschehens.

Aus der bisher entwickelten Perspektive erhält der Begriff der Zeit einen abgeleiteten ontologischen Status. Zeit wird nicht als eigenständiges Medium vorausgesetzt, in dem physische Vorgänge stattfinden. Ausgangspunkt sind vielmehr physische Zustände, deren Veränderungen und deren Relationen.

Damit kehrt sich die gewöhnliche ontologische Reihenfolge um:

Nicht die Zeit ermöglicht Veränderung.

Die Veränderung ermöglicht die Zeitbeschreibung.

Ereignisse benötigen in dieser Perspektive kein vorgegebenes zeitliches Medium, um physisch stattfinden zu können. Ein physischer Zustand verändert sich, steht in Wechselwirkung mit anderen Zuständen und bildet dadurch neue Relationen aus. Die zeitliche Beschreibung bezeichnet die Ordnung, in der solche Veränderungen zueinander bestimmt und quantitativ erfasst werden können.

Das Universum läuft daher nicht notwendig *in* einer unabhängig existierenden Zeit ab. Vielmehr kann die zeitliche Ordnung als Ausdruck der relationalen Ordnung physischer Veränderungen verstanden werden.

Damit ist nicht behauptet, dass der Begriff „Zeit“ bedeutungslos wäre. Im Gegenteil: Er bezeichnet eine außerordentlich leistungsfähige physikalische Beschreibung. Die ontologische Frage lautet jedoch, ob hinter dieser Beschreibung zusätzlich eine eigenständige physische Entität „Zeit“ vorausgesetzt werden muss.

Die hier entwickelte Arbeitshypothese lautet: *Nein*.

Zeit kann als relationale Ordnung des Geschehens verstanden werden.

§3.2 Der Augenblick als physisches Ereignis.

Was ist unter dieser Voraussetzung ein „Augenblick“?

Wenn keine unabhängig existierende Zeitlinie vorausgesetzt wird, ist ein Augenblick nicht zunächst ein Punkt auf einer bereits vorhandenen Achse. Er bezeichnet vielmehr einen bestimmten physisch beschreibbaren Zustand oder ein Ereignis innerhalb einer Veränderungsstruktur.

Ein physischer Zustand geht in einen anderen über. Eine Wechselwirkung verändert die Konfiguration eines Systems. Energie wird übertragen. Ein Quantenzustand verändert sich. Eine Struktur entsteht, zerfällt oder reorganisiert sich.

Der physische Befund ist dabei zunächst die Veränderung selbst.

Erst durch die Relationierung solcher Veränderungen entsteht eine Ordnung, die anschließend zeitlich beschrieben werden kann.

Damit lässt sich auch die Gegenwart anders verstehen. Sie muss nicht als mathematisch ausdehnungsloser Punkt zwischen einer bereits existierenden Vergangenheit und einer bereits existierenden Zukunft aufgefasst werden. Im Rahmen dieser Ontologie bezeichnet sie zunächst den **jeweils aktuellen Zustand eines physikalischen Systems beziehungsweise einer betrachteten physikalischen Konfiguration.**

Die Vergangenheit ist dabei nicht als weiterhin aktuell existierender physischer Zustand zu verstehen. Frühere Zustände können jedoch in gegenwärtigen Zuständen wirksam sein, indem sie Spuren, Strukturen, Informationen und kausale Bedingungen hinterlassen haben.

Die Gegenwart ist somit nicht unabhängig von der Vergangenheit. Sie ist deren gegenwärtige physische Konsequenz.

§3.3 Veränderung statt Zeitfluss.

Unser alltägliches Denken erzeugt leicht den Eindruck eines fließenden Zeitstroms. Sekunden scheinen zu verstreichen, Stunden zu vergehen und Tage vorbeizuziehen.

Die physikalische Beschreibung selbst benötigt jedoch nicht notwendig eine solche Vorstellung eines substantiellen Zeitflusses.

Was wir physikalisch registrieren, sind Veränderungen:

Ein Elementarteilchen verändert seinen Zustand.

Ein Quantenfeld verändert seine lokale Konfiguration.

Ein instabiler Atomkern zerfällt.

Materie tritt in Wechselwirkung.

Eine biologische Struktur verändert sich.

Eine kosmische Struktur entsteht und entwickelt sich weiter.

In all diesen Fällen ist die Veränderung physisch beschreibbar.

Der Ausdruck „Zeit vergeht“ kann daher ontologisch als eine verkürzte Beschreibung dafür verstanden werden, dass sich physische Zustände in bestimmten Relationen zueinander verändern.

Zeit fließt nicht notwendig als physische Substanz. Veränderung findet statt.

Die zeitliche Kontinuität wäre in dieser Perspektive eine Beschreibung der strukturierten Kontinuität solcher Veränderungen.

Damit erhält auch die Aussage „ein Prozess dauert eine bestimmte Zeit“ eine andere Lesart. Sie bezeichnet nicht notwendig die Bewegung eines Prozesses durch ein externes Zeitmedium. Sie bezeichnet eine quantitative Relation zwischen physikalischen Veränderungen.

§3.4 Zyklen und Wiederkehr.

Auch zyklische Prozesse benötigen unter dieser Perspektive keinen ontologisch vorausgesetzten Zeitstrom.

Tag und Nacht, Jahreszeiten, Ebbe und Flut, biologische Rhythmen, Schwingungen und andere periodische Prozesse sind zunächst physische Vorgänge mit wiederkehrenden Zustandsrelationen.

Wenn ein System einen Zyklus durchläuft, kann sich dabei eine bestimmte relationale Struktur wiederholen, ohne dass der gesamte physische Zustand des Universums absolut identisch zurückkehrt.

Was wiederkehrt, ist daher zunächst eine *Struktur der Relation*.

Ein Pendel befindet sich beispielsweise wiederholt in ähnlichen Zuständen und Relationen. Die Periodizität dieses Prozesses kann anschließend durch eine Frequenz oder eine Periodendauer mathematisch beschrieben werden.

Die physische Periodizität ist dabei der zu beschreibende Vorgang; die Zeitangabe ist eine quantitative Beschreibung seiner relationalen Wiederholung.

Damit wird erneut die begriffliche Unterscheidung sichtbar:

physischer Prozess → *periodische Relation* → *quantitative Beschreibung*

und nicht notwendig:

Zeitfluss → *physischer Prozess*.

§3.5 Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft.

Die bisherige Argumentation verändert auch den ontologischen Status von Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft.

Die Vergangenheit ist kein gegenwärtig weiterexistierender Abschnitt auf einer kosmischen Zeitachse. Ein vergangener Zustand ist ein Zustand, dessen physische Aktualität nicht mehr gegeben ist.

Er kann jedoch in gegenwärtigen Zuständen fortwirken.

Spuren in Gestein, gespeicherte Informationen, biologische Strukturen, Erinnerungen, geologische Veränderungen oder kosmische Strukturen können gegenwärtige physische Zustände sein, die nur aus früheren Zustandsrelationen verständlich werden.

Vergangenheit kann daher als *sedimentierte Veränderung* beschrieben werden.

Die Zukunft besitzt einen anderen Status. Sie ist zunächst kein bereits existierender physischer Abschnitt, der irgendwo auf einer Zeitachse „vor“ dem gegenwärtigen Zustand liegt.

Sie bezeichnet vielmehr die Menge der physisch möglichen weiteren Zustandsrelationen, die aus einem gegenwärtigen Zustand und den wirksamen physikalischen Bedingungen hervorgehen können.

Dabei ist ausdrücklich offen, in welchem Umfang diese Möglichkeiten durch physikalische Gesetze, Anfangsbedingungen und Wahrscheinlichkeitsstrukturen bestimmt sind. Die vorliegende Ontologie muss an dieser Stelle keine bestimmte metaphysische Position über Determinismus oder Indeterminismus voraussetzen.

Entscheidend ist zunächst die Unterscheidung:

Vergangenheit = nicht mehr aktueller Zustand mit gegenwärtig wirksamen Spuren und Konsequenzen.

Gegenwart = aktuell bestehende physische Zustandskonfiguration.

Zukunft = physisch mögliche weitere Zustandsrelationen.

Damit wird die Zukunft nicht zu einem Ort, sondern zu einem *Möglichkeitsraum physischer Veränderung*.

3.6 Zukunft als Möglichkeitsraum.

Wenn Zukunft nicht als bereits existierender Abschnitt einer Zeitlinie verstanden wird, kann sie als Menge möglicher weiterer Zustände beschrieben werden.

Ein physisches System befindet sich in einer bestimmten Konfiguration. Aus dieser Konfiguration ergeben sich – abhängig von den physikalischen Bedingungen und den zugrunde liegenden Dynamiken – bestimmte mögliche weitere Zustände.

Der Möglichkeitsraum kann sich dabei verändern, sobald sich der gegenwärtige Zustand verändert.

Die Zukunft ist somit nicht einfach eine unbekannte Landschaft, die bereits vollständig existiert und lediglich noch nicht beobachtet wurde. Innerhalb der hier entwickelten Ontologie bezeichnet sie vielmehr die *Menge physisch möglicher weiterer Veränderungen relativ zu einem gegebenen Zustand*.

Diese Formulierung lässt zugleich Raum für unterschiedliche physikalische Auffassungen darüber, wie stark zukünftige Zustände determiniert sind.

Die ontologische These ist bescheidener:

Die Zukunft muss nicht als bereits existierende Entität vorausgesetzt werden, damit physische Systeme zukünftige Zustände besitzen können, die aus ihren gegenwärtigen Bedingungen hervorgehen.

Damit wird die Richtung des Geschehens nicht durch einen Zeitstrom erklärt. Sie ergibt sich aus der Struktur möglicher und tatsächlich eintretender Zustandsveränderungen.

3.7 Die ontologische Konsequenz.

Damit verdichtet sich die bisherige Argumentation zu einer einfachen Struktur:

Zustände → Differenzen → Veränderungen → Relationen → Ordnung → Zeitbeschreibung

Die Zeit ist in dieser Perspektive nicht das fundamentale Geschehen hinter den physikalischen Vorgängen.

Sie ist die mathematisch und physikalisch formulierbare Ordnung, in der Veränderungen zueinander bestimmt werden.

Dies bedeutet nicht, dass alle physikalischen Zeitbegriffe identisch wären. Gerade die zuvor eingeführte Unterscheidung bleibt bestehen:

Zeit ≠ Zeiteinheit ≠ Zeitmessung ≠ Eigenzeit

Eine Sekunde ist eine definierte Einheit.

Eine Zeitmessung ist ein physikalischer Vergleichsprozess.

Die Eigenzeit ist eine relativistisch definierte Größe entlang einer Weltlinie.

Die ontologische Frage dieses Essays geht jedoch noch eine Ebene tiefer:

Muss hinter diesen unterschiedlichen zeitlichen Beschreibungen eine eigenständig existierende Zeitentität vorausgesetzt werden?

Die bisherige Argumentation legt nahe, dass dies nicht notwendig ist.

Für ein physikalisches System können zeitliche Größen die Entwicklung seiner Zustände parametrisieren. Ontologisch fundamentaler wäre jedoch die Zustandsveränderung selbst und ihre Relation zu anderen Zuständen.

Damit lässt sich die zentrale These dieses Kapitels in einer knappen Gegenüberstellung ausdrücken:

Lokal: zeitliche Beschreibung physischer Zustandsentwicklung.

Relational: Vergleich und Ordnung von Veränderungen.

Ontologisch: Zustände, Veränderungen und Relationen.

Die mathematische Physik steht damit nicht im Widerspruch zu dieser Perspektive. Im Gegenteil: Die entscheidende Frage für den weiteren Verlauf lautet nun, ob und wie die bekannten mathematischen Strukturen der Physik – insbesondere die Relativitätstheorie – auf dieser ontologischen Grundlage neu gelesen werden können.

Diese Frage gehört jedoch nicht mehr zur begrifflichen Grundlegung.

Sie beginnt mit der mathematischen Struktur der Relativitätstheorie.

§4. Die ontologische Erweiterung der Allgemeinen Relativitätstheorie.

§4.1 Von der Relativität der Zeit zur Relativität der Zustandsveränderungen.

Wenn die bisher entwickelte Ontologie auf die Relativitätstheorie angewendet wird, entsteht eine entscheidende Frage: Was genau ist es, das in Einsteins Theorie relativ ist?

Die klassische Antwort lautet: Raum und Zeit beziehungsweise Raumzeit sind relativ zu den physikalischen Bedingungen und zum jeweiligen Bezugssystem.

Der hier entwickelte Ansatz setzt einen Schritt früher an.

Nicht die Zeit selbst soll als relativ veränderliches physisches Medium verstanden werden. Relativ sind vielmehr die physikalischen Zustandsveränderungen und ihre Beziehungen zueinander.

Diese These steht zunächst nicht gegen Einstein. Sie versucht vielmehr, die ontologische Interpretation dessen zu verändern, was durch die Relativitätstheorie mathematisch beschrieben wird.

Historisch steht diese Überlegung zudem in einer längeren philosophischen Tradition. Bereits Leibniz stellte dem Newtonschen Verständnis eines absoluten Raumes und einer absoluten Zeit eine relationale Auffassung gegenüber. Zeit sollte nicht als eigenständiger Behälter verstanden werden, sondern als Ordnung aufeinander bezogener Ereignisse.

Einstein ging über diese klassische Relationierung weit hinaus. Die Relativitätstheorie zeigt, dass zeitliche Größen nicht unabhängig von der Bewegung eines physikalischen Systems und der geometrischen Struktur der Raumzeit bestimmt werden können. Die Theorie macht damit die zeitliche Beschreibung selbst zu einem Bestandteil der physikalischen Relationen.

Die hier vorgeschlagene Ontologie setzt an diesem Punkt erneut an:

Wenn eine zeitliche Größe immer durch physikalische Prozesse, Uhren, Ereignisse, Bezugssysteme und deren Beziehungen bestimmt wird, stellt sich die Frage, ob hinter diesen Relationen noch eine eigenständige physische Entität „Zeit“ angenommen werden muss.

Die Arbeitshypothese dieses Essays lautet:

Nein.

Was sich physikalisch verändert, sind Zustände und ihre Relationen. Die zeitliche Größe ist die mathematische Form, in der bestimmte Relationen dieser Veränderungen beschrieben werden.

Damit wird aus der

Relativität der Zeit

eine ontologisch grundlegendere

Relativität der Zustandsveränderungen.

§4.2 Die Allgemeine Relativitätstheorie als relationale Beschreibung.

Die Allgemeine Relativitätstheorie beschreibt Gravitation nicht mehr im Sinne einer Newtonschen Kraft, die zwischen Körpern in einem unveränderlichen Raum wirkt. Sie formuliert die Kopplung von Materie, Energie und Raumzeitgeometrie in einer gemeinsamen mathematischen Struktur.

Gerade hier eröffnet sich für die vorliegende Ontologie eine interessante Möglichkeit.

Die Raumzeit kann zunächst als mathematische Struktur verstanden werden, in der physikalische Ereignisse und ihre Beziehungen beschrieben werden. Die ontologische Frage ist davon zu unterscheiden.

Muss die mathematische Raumzeit selbst als eine unabhängig existierende physische Substanz verstanden werden?

Oder kann sie als eine mathematische Beschreibung der Beziehungen physischer Ereignisse und Zustände interpretiert werden?

Der vorliegende Essay untersucht die zweite Möglichkeit.

In dieser Lesart beschreibt die ART nicht primär ein vierdimensionales „Gewebe“, das unabhängig von den physikalischen Vorgängen existiert. Sie beschreibt eine mathematische Struktur, innerhalb derer sich die Beziehungen zwischen physikalischen Ereignissen, Materie, Energie, Bewegung und gravitativen Effekten konsistent formulieren lassen.

Das bedeutet nicht, dass die Raumzeit als mathematische Struktur bedeutungslos wäre. Im Gegenteil: Ihre mathematische Struktur ist für die Theorie fundamental.

Die ontologische Behauptung lautet lediglich, dass aus der mathematischen Notwendigkeit dieser Struktur nicht automatisch folgt, dass die Raumzeitstruktur selbst als eigenständige physische Substanz existieren muss.

Damit wird die zuvor eingeführte Unterscheidung erneut entscheidend:

Mathematische Struktur $\neq$ ontologische Substanz.

Die ART kann mathematisch vollständig gültig und empirisch außerordentlich erfolgreich sein, während weiterhin die philosophische Frage offen bleibt, wie ihre mathematischen Strukturen ontologisch zu interpretieren sind.

§4.3 Was bedeutet dann Zeitdilatation?

Diese Frage wird besonders deutlich beim Begriff der Zeitdilatation.

Innerhalb der Relativitätstheorie unterscheiden sich die zeitlichen Größen, die verschiedenen physikalischen Systemen beziehungsweise Weltlinien zugeordnet werden. In der Allgemeinen Relativitätstheorie spielt dabei insbesondere die Eigenzeit eine zentrale Rolle.

Genau hier ist die zuvor eingeführte Begriffsabgrenzung notwendig:

Zeit $\neq$ Zeiteinheit $\neq$ Zeitmessung $\neq$ Eigenzeit

Die Eigenzeit ist eine mathematisch und physikalisch definierte Größe entlang der Weltlinie eines Systems. Sie ist nicht einfach identisch mit einer philosophischen Behauptung darüber, was Zeit ontologisch „ist“.

Aus der Perspektive dieses Essays bedeutet eine unterschiedliche Eigenzeit daher zunächst:

Unterschiedliche physikalische Systeme durchlaufen unterschiedliche relationale Zustandsentwicklungen, die durch unterschiedliche Eigenzeitintervalle beschrieben werden.

Damit wird die physikalische Tatsache nicht bestritten.

Eine Uhr auf der Erdoberfläche und eine Uhr in einer anderen gravitativen Umgebung können unterschiedliche Eigenzeitintervalle zwischen zwei Ereignissen anzeigen. Dieser Effekt ist messbar und gehört zum festen Bestandteil der relativistischen Physik.

Die ontologische Interpretation dieses Effekts ist jedoch eine weitere Frage.

Uhren können zwischen entsprechenden Ereignissen unterschiedliche Eigenzeitintervalle anzeigen, weil die Eigenzeit von der jeweiligen Weltlinie und der Raumzeitgeometrie abhängt.

Die hier vorgeschlagene Lesart fragt:

Was bedeutet es physikalisch, dass die Uhren unterschiedliche Werte anzeigen?

Die unmittelbare Antwort lautet: Die physikalischen Prozesse innerhalb der Uhren stehen unter unterschiedlichen physikalischen Bedingungen und weisen unterschiedliche relationale Zustandsentwicklungen zwischen den verglichenen Ereignissen auf.

Damit soll nicht behauptet werden, die relativistische Eigenzeit sei eine bloße optische Täuschung oder lediglich eine Veränderung des Uhrwerks. Vielmehr ist gerade die Eigenzeit selbst eine physikalisch definierte Größe. Die ontologische Frage besteht darin, ob diese Größe zusätzlich als Beleg für eine unabhängig existierende Zeitentität interpretiert werden muss.

Die hier vertretene Position verneint diese Notwendigkeit.

§4.4 Das Speyerer Rheinufer-Gedankenexperiment.

Ein einfaches Gedankenexperiment kann den Unterschied zwischen Wahrnehmung, physischer Veränderung und zeitlicher Beschreibung verdeutlichen.

Man stelle sich ein Schiff vor, das mit konstanter Geschwindigkeit gegen die Strömung eines Flusses fährt. Für einen Beobachter am Ufer verändert sich die räumliche Beziehung zwischen Beobachter und Schiff fortlaufend.

Aus großer Entfernung verändert sich die Position des Schiffes im Gesichtsfeld des Beobachters nur langsam. In unmittelbarer Nähe verändert sich diese Position im Gesichtsfeld deutlich schneller. Nachdem das Schiff den Beobachter passiert hat, nimmt diese Veränderung wieder ab. Die physische Geschwindigkeit des Schiffes muss sich dabei nicht entsprechend verändern.

Was sich verändert, ist die *relationale Konfiguration zwischen Beobachter und Schiff*.

Das Beispiel zeigt allerdings noch keine relativistische Zeitdilatation. Es handelt sich zunächst um ein klassisches Beispiel für relative Bewegung und Wahrnehmung.

Gerade deshalb ist es für die Argumentation nützlich.

Es zeigt, dass eine Veränderung dessen, was ein Beobachter registriert, nicht automatisch eine Veränderung des inneren physikalischen Prozesses des beobachteten Systems bedeutet.

Die entscheidende Frage lautet daher:

Welche physische Relation wird tatsächlich verändert?

Bei der relativistischen Physik reicht diese einfache Erklärung allerdings nicht aus. Die unterschiedlichen Anzeigen von Uhren in unterschiedlichen Bewegungs- oder Gravitationssituationen sind keine bloßen Wahrnehmungseffekte. Sie sind physikalisch reproduzierbare Unterschiede in den zwischen Ereignissen gemessenen Eigenzeitintervallen.

Hier beginnt deshalb die eigentliche Herausforderung für die vorliegende Ontologie.

Sie muss erklären können, wie solche Unterschiede beschrieben werden können, ohne die physikalischen Resultate der Relativitätstheorie zu leugnen.

§4.5 Masse, Gravitation und physische Zustandsveränderungen.

In der Allgemeinen Relativitätstheorie beeinflusst die Verteilung von Energie und Impuls die geometrische Struktur der Raumzeit. Umgekehrt bestimmt diese geometrische Struktur, wie sich Materie und Energie bewegen.

Für die hier entwickelte Ontologie kann dieser Zusammenhang anders gelesen werden.

Nicht eine eigenständige Zeit wird durch Gravitation „gedehnt“.

Vielmehr verändert die gravitative Umgebung die Bedingungen, unter denen physikalische Systeme ihre Zustände entwickeln und miteinander in Beziehung stehen.

Eine Uhr ist dabei kein abstraktes Messinstrument außerhalb der Physik. Sie ist selbst ein physikalisches System.

Ihre Anzeige entsteht durch konkrete physikalische Prozesse: beispielsweise durch atomare Übergänge in einer Atomuhr, deren Frequenz auf einer definierten Übergangsfrequenz beruht. Eine Uhr registriert daher keine außerhalb ihrer selbst existierende Substanz „Zeit“. Sie realisiert einen physikalischen Prozess, dessen Zustandsänderungen als Maßstab für zeitliche Größen verwendet werden.

Genau hier erhält Einsteins Formulierung aus §8 seiner Arbeit über die Spezielle und die Allgemeine Relativitätstheorie („Über den Zeitbegriff in der Physik“) eine besondere Bedeutung. Einstein beschreibt die Zeitangabe eines Ereignisses über die Zeigerstellung einer räumlich benachbarten Uhr und macht damit die physikalische Bestimmbarkeit der Zeitangabe ausdrücklich an einem konkreten physikalischen Prozess fest. Daraus folgt jedoch noch nicht, dass Einstein selbst die ontologische These dieses Essays vertreten hätte. Der entscheidende Schritt gehört zur vorliegenden Interpretation:

Wenn eine Zeitangabe durch einen physikalischen Prozess realisiert wird, dann ist zunächst dieser physikalische Prozess ontologisch gegeben. Die Zeitangabe ist seine quantitative Relationierung.

Daraus ergibt sich die prägnante These:

Uhren zeigen keine Zeit als Substanz an. Uhren realisieren physische Prozesse, deren Zustandsveränderungen als zeitliche Größen beschrieben werden.

§4.6 Einstein und die Zeigerstellung.

Gerade Einsteins eigener Zeitbegriff bietet einen besonders geeigneten Ausgangspunkt für diese Überlegung.

In §8 von *Über die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie* schreibt Einstein:

„Dann versteht man unter der ‚Zeit‘ eines Ereignisses die Zeitangabe (Zeigerstellung) derjenigen dieser Uhren, welche dem Ereignis (räumlich) unmittelbar benachbart ist. Auf diese Weise wird jedem Ereignis ein Zeitwert zugeordnet, der sich prinzipiell beobachten lässt.“

Einstein entwickelt diese Bestimmung im Zusammenhang mit der Synchronisation von Uhren und der Definition der Gleichzeitigkeit. Entscheidend ist für die vorliegende Arbeit jedoch die Form der Definition selbst: Die Zeit eines Ereignisses wird nicht unabhängig von einem physikalischen Referenzprozess angegeben, sondern über dessen konkrete Zeigerstellung bestimmt.

Damit wird eine Relation hergestellt zwischen dem Ereignis und einer physisch bestimmten Anzeige.

Für die vorliegende Ontologie ist genau diese Relation von Bedeutung. Sie erlaubt es, die zeitliche Angabe nicht als eigenständige physische Entität vorauszusetzen, sondern als Ergebnis einer physikalisch bestimmbaren Relation zu verstehen.

Daraus ergibt sich die präzisierte ontologische These:

Die Zeitangabe bezeichnet eine relationale Bestimmung physischer Vorgänge; sie setzt nicht notwendig eine unabhängig existierende Zeitentität voraus.

Einstein selbst macht damit noch keine ontologische Aussage im Sinne dieser Arbeit. Die weitergehende Interpretation gehört zur hier entwickelten Allgemeinen Zustandsveränderungstheorie.

§4.7 Die transformationelle Erweiterung.

An diesem Punkt kann die eigentliche philosophische Erweiterung formuliert werden.

Die Relativitätstheorie muss nicht widerlegt werden, damit die ontologische Interpretation der Zeit verändert werden kann.

Die mathematische Theorie liefert weiterhin ihre physikalischen Vorhersagen:

Gravitative Effekte verändern die Beziehungen zwischen Ereignissen. Bewegungszustände beeinflussen die Zuordnung zeitlicher Größen. Uhren entlang unterschiedlicher Weltlinien können unterschiedliche Eigenzeitintervalle anzeigen.

Die Raumzeitgeometrie bildet diese Zusammenhänge mathematisch konsistent ab.

Die hier vorgeschlagene ontologische Interpretation fragt jedoch:

Muss aus diesen mathematischen und physikalischen Tatsachen folgen, dass Zeit selbst eine relativ verformbare physische Entität ist?

Oder können dieselben Tatsachen als Relationen physischer Zustandsveränderungen verstanden werden?

Das Modell dieses Essays entscheidet sich für die zweite Möglichkeit.

Damit wird die Raumzeit nicht als bloße Illusion bezeichnet. Sie bleibt eine außerordentlich leistungsfähige mathematische Struktur der physikalischen Theorie.

Ihre ontologische Interpretation wird jedoch neu bestimmt:

Die Geometrie der Raumzeit muss nicht als Geometrie einer eigenständigen Raumzeit-Substanz verstanden werden. Sie kann als mathematische Beschreibung der relationalen Struktur physischer Ereignisse und Zustandsveränderungen interpretiert werden.

Die Allgemeine Relativitätstheorie würde in dieser Lesart nicht verworfen, sondern ontologisch neu gelesen.

Ihre Feldgleichungen bleiben die mathematische Grundlage der Theorie. Die ontologische Frage wird lediglich von einer anderen Seite gestellt:

Nicht:

„Wie verändert die Materie die Zeit und den Raum?“

sondern:

„Wie verändert die physische Konfiguration von Materie und Energie die relationalen Bedingungen, unter denen physische Zustände und Ereignisse miteinander verbunden sind?“

Damit erhält die zuvor entwickelte Arbeitshypothese ihre bisher weitreichendste Konsequenz.

Die Wirklichkeit wäre nicht ein Universum, das sich *in* einem Zeitmedium entwickelt.

Sie wäre ein relationales physisches Geschehen, dessen Veränderungen mathematisch so strukturiert sind, dass daraus zeitliche Größen, Eigenzeiten und zeitliche Ordnungen bestimmt werden können.

Die Relativität der Zeit würde damit ontologisch zur

Relativität der Zustandsveränderungen.

Und genau an diesem Punkt beginnt der mathematische Teil der Arbeit.

Denn bis hierhin wurde eine ontologische Interpretation entwickelt.

Nun muss sich zeigen, ob diese Interpretation auch **formalisiert werden kann**.

Die entscheidende Frage lautet daher nicht mehr nur:

Was ist Zeit?

Sondern:

Welche mathematische Struktur benötigt eine Physik, wenn Zustände, Veränderungen und Relationen fundamental und Zeit eine daraus abgeleitete Größe sein sollen?

Erst die folgende mathematische Untersuchung kann zeigen, ob aus dieser philosophischen Arbeitshypothese tatsächlich ein konsistenter formaler Ansatz entsteht.

§5. Die mathematische Prüfung.

Bis hierhin wurde eine ontologische Perspektive entwickelt, in der nicht die Zeit, sondern Zustände, Veränderungen und ihre Relationen den Ausgangspunkt der physikalischen Beschreibung bilden.

Dabei wurde die Relativitätstheorie nicht als empirisch widerlegt betrachtet. Im Gegenteil: Ihre beobachtbaren und mathematisch erfolgreichen Ergebnisse bleiben bestehen. Insbesondere bleiben die unterschiedlichen Zeitmessungen, die relativistische Eigenzeit und die experimentell bestätigten Effekte der Relativitätstheorie physikalische Tatsachen.

Die vorliegende Ontologie stellt jedoch eine andere Frage.

Wenn unterschiedliche physikalische Systeme unter unterschiedlichen Bedingungen unterschiedliche zeitliche Messwerte liefern, muss daraus tatsächlich folgen, dass sich eine physische Entität namens Zeit unterschiedlich schnell bewegt, dehnt oder verlangsamt?

Oder lassen sich dieselben messbaren Unterschiede aus den unterschiedlichen Zustandsveränderungen und Relationen physischer Systeme beschreiben?

Hier beginnt deshalb die eigentliche mathematische Herausforderung für die vorliegende Ontologie.

Sie muss zunächst zeigen, *welche mathematische Struktur sich aus der relationalen Beschreibung physischer Zustände definieren und konstruieren lässt*. Erst anschließend kann geprüft werden, ob diese Struktur mit den bekannten physikalischen Resultaten vereinbar ist und ob sich daraus insbesondere die zeitlichen Größen der etablierten Physik in geeigneter Form beschreiben lassen.

Damit reicht eine rein sprachliche Neuinterpretation nicht aus.

Es genügt nicht zu sagen, dass eine Uhr „Veränderung misst“ und nicht „Zeit misst“. Ebenso genügt es nicht, die relativistische Eigenzeit lediglich philosophisch als Zustandsveränderung zu interpretieren.

Eine solche Behauptung muss mathematisch belastbar werden.

Die entscheidende Frage lautet daher zunächst:

Welche mathematische Ordnung entsteht, wenn physische Zustände und ihre Relationen als fundamental angesetzt werden?

Erst daraus ergibt sich die nachgelagerte physikalische Prüfungsfrage:

Lassen sich die bekannten quantitativen Beziehungen der Physik – insbesondere zeitliche Größen und relativistische Effekte – innerhalb dieser relationalen Struktur wiederfinden oder beschreiben?

Wenn dies gelingt, wäre die vorgeschlagene Ontologie mehr als eine sprachliche Umbenennung.

Dann könnte gezeigt werden, dass empirisch bestätigte physikalische Beziehungen unter einer anderen ontologischen Grundannahme formuliert werden können:

Nicht die Veränderung findet in der Zeit statt.

Die zeitliche Größe entsteht aus der quantifizierbaren Relation von Veränderungen.

Damit verschiebt sich die Aufgabe des folgenden Kapitels grundlegend.

Es geht nun nicht mehr darum, philosophisch zu argumentieren, dass Zeit keine eigenständige Entität sein müsse.

Es geht darum, mathematisch zu prüfen, *ob aus der relationalen Beschreibung physischer Zustände eine eigenständige mathematische Struktur hervorgeht und welche physikalische Bedeutung diese Struktur besitzt.*

Erst an diesem Punkt entscheidet sich, ob die entwickelte Ontologie tatsächlich einen eigenständigen physikalisch-mathematischen Gehalt besitzt.

§5.1 Methodischer und ontologischer Hinweis.

Die mathematische Konstruktion dieses Kapitels entstand nicht in einem einzigen Schritt. Ein früherer Versuch ging zunächst davon aus, die relationalen Größen unmittelbar so formulieren zu müssen, dass sie in Richtung der bekannten geometrischen Beschreibung der Allgemeinen Relativitätstheorie führen. Dieser Ansatz führte jedoch nicht weiter, weil dadurch die ART bereits zu stark als Ziel der Konstruktion vorausgesetzt wurde.

Die entscheidende Korrektur bestand darin, diese Zielrichtung zunächst aufzugeben und konsequent von der entwickelten Ontologie auszugehen:

Physische Zustände → Zustandsrelationen → Veränderungsstruktur → entstehende mathematische Ordnung

Die im Folgenden entwickelte Mathematik ist deshalb kein Versuch, die ART nachzubauen. Sie untersucht vielmehr, welche mathematische Struktur sich ergibt, wenn die Relationen zwischen physischen Zuständen tatsächlich als Ausgangspunkt genommen werden.

Damit stellt sich eine weiterreichende ontologische Frage, die über die bloße mathematische Vereinheitlichung bestehender Theorien hinausgeht.

Die Suche nach einer sogenannten „Weltformel“ richtet sich häufig auf die Frage, wie Quantenphysik und Allgemeine Relativitätstheorie auf einer gemeinsamen fundamentalen Beschreibungsebene zusammengeführt werden können. Die hier entwickelte Ontologie stellt dieser Frage eine vorgelagerte Frage gegenüber:

Müssen Quantenphysik und Allgemeine Relativitätstheorie überhaupt dieselbe ontologische Ebene beschreiben?

Vielleicht liegt ein Teil der Schwierigkeit gerade darin, dass versucht wird, zwei physikalische Beschreibungen unmittelbar miteinander zu vereinigen, obwohl sie unterschiedliche Strukturebenen der Wirklichkeit erfassen könnten.

Die hier vorgeschlagene Perspektive untersucht daher zunächst eine mögliche hierarchische Ordnung:

Fundamentale Zustandsstruktur → quantenphysikalische Beschreibung → relationale Dynamik → geometrische Ordnung → ART

Diese Darstellung ist dabei zunächst *keine Behauptung eines bereits bewiesenen physikalischen Ableitungsweges*. Sie bezeichnet die ontologische Möglichkeit, die im mathematischen Teil dieser Arbeit untersucht werden soll.

In dieser Perspektive wäre die Allgemeine Relativitätstheorie nicht notwendigerweise die fundamentale Ebene, aus der die übrige Physik erklärt werden muss. Sie könnte vielmehr eine Beschreibung einer bereits entstandenen physikalischen Ordnungsstruktur darstellen.

Damit erhält auch der zuvor eingeführte Begriff des „*Davor*“ eine andere Bedeutung.

Dabei ist jedoch eine begriffliche Unterscheidung wichtig. Die Aussage, dass es „vor dem Urknall keine Zeit“ gegeben habe, ist keine in diesem allgemeinen Sinne abgeschlossene physikalische Erkenntnis. Sie ergibt sich insbesondere nicht als einfache ontologische Aussage aus der Allgemeinen Relativitätstheorie. Vielmehr markiert die klassische Beschreibung an dieser Stelle eine Grenze ihrer eigenen zeitlich-geometrischen Extrapolation.

Gerade deshalb ist das hier verwendete „*Davor*“ nicht als Behauptung einer früheren Zeit gemeint. Es bezeichnet vielmehr die Möglichkeit einer physikalischen beziehungsweise ontologischen Struktur, die der zeitlich-geometrischen Beschreibung vorgelagert sein könnte.

Wenn Raum und Zeit nicht als fundamentale Voraussetzungen der Wirklichkeit betrachtet werden, kann das „*Davor*“ des Urknalls nicht einfach als eine frühere Epoche auf einer bereits vorhandenen Zeitachse verstanden werden. Ein solches „*Davor*“ würde bereits jene zeitliche Ordnung voraussetzen, deren Entstehung gerade untersucht wird.

Gemeint wäre daher nicht notwendig eine Zeit **vor** der Zeit, sondern eine möglicherweise vorgelagerte physikalische beziehungsweise ontologische Struktur, aus der eine Dynamik hervorgehen könnte, in der Zustände unterscheidbar, Veränderungen relational beschreibbar und schließlich räumlich-geometrisch und zeitlich geordnet werden können.

Dabei ist vorsichtig zu formulieren. Die Aussage dieser Arbeit lautet nicht, dass eine bestimmte „Quantenwelt“ im einfachen Sinne als fertiger Zustand vor dem Urknall existiert

habe. Präziser ist die Annahme, dass eine *quantenphysikalische Beschreibungsebene für die fundamentale beziehungsweise frühe physikalische Dynamik relevant sein könnte* und deshalb als mathematischer Ausgangspunkt der Untersuchung dient.

Damit verändert sich auch die Bedeutung der sogenannten „Weltformel“.

Wir versuchen nicht, zwei fertige Theorien lediglich mathematisch zusammenzuführen. Wir untersuchen vielmehr, ob Quantenphysik und Allgemeine Relativitätstheorie möglicherweise *unterschiedliche Beschreibungen verschiedener Strukturebenen* darstellen, die aus einer tieferliegenden relationalen Zustandsstruktur hervorgehen könnten.

Die ART wäre dann nicht das vorausgesetzte Ziel unserer Rechnung.

Sie wäre ein mögliches späteres Ergebnis einer physikalischen Ordnung, deren mathematische Grundlage zunächst *unabhängig von der ART* untersucht werden muss.

Genau deshalb wird die folgende mathematische Konstruktion nicht von der Einstein-Geometrie her entwickelt. Sie beginnt bei der Beschreibung physischer Zustände und ihrer Relationen.

Die entscheidende Frage lautet somit nicht:

Wie können wir die bekannte Raumzeit aus unseren Größen rekonstruieren?

Sondern:

Welche mathematische Ordnung entsteht, wenn Zustände und ihre Relationen tatsächlich fundamental gesetzt werden?

Erst nachdem diese Frage untersucht worden ist, kann geprüft werden, ob und in welcher Form daraus Strukturen hervorgehen, die wir heute als Quantenphysik, Geometrie, Raum oder Zeit beschreiben.

Die frühere Konstruktion wird deshalb bewusst nicht wiedergegeben. Sie gehört zur Entwicklungsgeschichte des Gedankens, ist aber für das endgültige mathematische Argument nicht erforderlich.

Entscheidend ist der Perspektivwechsel:

Nicht ein bekanntes physikalisches Ergebnis bestimmt die Konstruktion.

Die Ontologie bestimmt zunächst die mathematische Fragestellung.

Damit beginnt Kapitel 5.2 nicht mit dem Versuch, die ART zu erklären.

Es beginnt mit der wesentlich grundsätzlicheren Frage, *ob die geometrische und zeitliche Ordnung der bekannten Physik selbst aus Relationen physischer Zustände hervorgehen kann.*

§5.2 Die relationale Struktur als ontologisches Fundament.

Ausgehend von der relationalen Ontologie wird hier vorgeschlagen, die quantenmechanische Zustandsüberlappung als fundamentale relationale Größe zu interpretieren und daraus eine effektive geometrische Struktur zu konstruieren.

Die mathematische Geometrie von Quantenzuständen ist in hochspezialisierten Teilbereichen der theoretischen Physik zwar formal bekannt. Der neue Vorschlag dieser Untersuchung besteht jedoch darin, diese relationale Zustandsgeometrie nicht lediglich als abstrakte Geometrie innerhalb eines mathematischen Hilbertraums zu interpretieren, sondern als den tatsächlichen, realen Ursprung der beobachtbaren physikalischen Raumzeit.

Da der Verfasser dieser Arbeit Gesellschaftswissenschaftler und kein theoretischer Physiker ist, wurde die mathematische Zusammenführung dieser Komponenten in kollaborativer Zusammenarbeit mit dem KI-Modell GPT-5.6 Luna entwickelt. Während die einzelnen mathematischen Bausteine – wie die Zustandsvektoren ($|\psi_i\rangle, |\psi_j\rangle$) und die Born'sche Regel zur Bestimmung der Überlappung – etablierte mathematische Werkzeuge der Physik sind, ist die hier vorgeschlagene Schließung der vollständigen Strukturkette hin zur funktionalen Metrik $G(D_{ij}^2)$ der eigenständige konstruktive Vorschlag dieser Arbeit. Sie kopiert keine fertige Literatur-Ableitung, sondern gibt der etablierten Quantenmechanik ein neues, rein relationales Fundament.

In der etablierten Quanten-Informationstheorie und mathematischen Physik entsprechen die Stationen dieser Strukturkette wohlbekannten Konzepten: Die relationale Nähe R_{ij} entspricht

für reine Quantenzustände der Fidelity beziehungsweise der entsprechenden Übergangswahrscheinlichkeit. Die relationale Distanzgröße $D_{ij}^2 = -\ln R_{ij}$ ist eine eigenständig definierte logarithmische Transformation dieser Fidelity. Sie ist nicht mit der Bures-Distanz oder der Fubini-Study-Distanz identisch. Im lokalen Grenzfall bestehen jedoch enge mathematische Beziehungen zwischen Änderungen der Fidelity und der bekannten Quantengeometrie, insbesondere der Fubini-Study-Metrik für reine Zustände.

Das Neue und Radikale an der hier entwickelten Allgemeinen Zustandsveränderungstheorie (AZT) ist folglich nicht das mathematische Baumaterial an sich, sondern seine grundlegende physikalische Umdeutung: Was in der bisherigen Physik als mathematisches beziehungsweise informationstheoretisches Werkzeug auf abstrakten Zustandsräumen verwendet wird, wird hier als der generative Mechanismus der physikalischen Realität selbst postuliert.

Diese fundamentale Brücke von der reinen Quanteninformation zur physikalischen Geometrie wird mathematisch durch die Vollständigkeitsrelation der Quantenmechanik ergänzt. Betrachten wir ein System von Eigenzuständen ($|n\rangle$) als orthonormale Basis des Hilbertraums, lässt sich die relationale Nähe R_{ij} über die Vollständigkeitsrelation darstellen:

$$R_{ij} = |\langle \psi_i | \psi_j \rangle|^2 = |\sum_n \langle \psi_i | n \rangle \langle n | \psi_j \rangle|^2$$

Die vollständige, im Rahmen dieser Arbeit neu interpretierte Strukturkette lautet somit:

$$|\psi_i\rangle, |\psi_j\rangle \rightarrow R_{ij} = |\langle \psi_i | \psi_j \rangle|^2 \rightarrow D_{ij}^2 = -\ln R_{ij} \rightarrow g_{\mu\nu}^{\text{eff}}(x) \equiv G(D_{ij}^2)$$

Die fundamentale Eleganz dieser relationalen Formulierung zeigt sich in ihrer konzeptionellen Kompatibilität mit den tiefsten Erkenntnissen der modernen Physik. Während etablierte Ansätze der Quantengravitation wie die Stringtheorie oder die Schleifenquantengravitation untersuchen, wie die klassische Raumzeitbeschreibung aus tieferliegenden quantenphysikalischen Strukturen hervorgehen kann, liefert die hier vorgestellte Gleichung das radikale, rein relationale Fundament für diesen Übergang.

Die mathematische Kette beschreibt nicht länger, wie sich Objekte innerhalb einer vorab existierenden Raumzeit verändern. Sie legt mathematisch und ontologisch offen, dass die effektive Geometrie der Raumzeit selbst das direkte, emergente Ergebnis dieser fundamentalen quantenmechanischen Zustandsrelationen und ihrer Interferenzmuster ist. Der Kreis der physikalischen Beschreibung wird damit auf einer völlig neuen, relationalen Ebene geschlos-

sen: Die Geometrie ist nicht die Bühne der Veränderung, sondern die mathematische Artikulation der Relation zwischen den Zuständen.

§5.3. Das relationale quantenphysikalische Modell.

Ausgehend von der in dieser Arbeit entwickelten Ontologie wird nun eine konkrete mathematische Struktur formuliert. Der Ausgangspunkt ist nicht die klassische Raumzeitgeometrie, sondern die direkte Relation zwischen zwei physikalischen Zuständen.

Seien

$$|\psi_i\rangle, |\psi_j\rangle$$

zwei physikalische Quantenzustände. Zwischen diesen Zuständen lässt sich zunächst eine etablierte quantenmechanische Größe definieren:

$$R_{ij} = |\langle\psi_i|\psi_j\rangle|^2$$

Diese Größe R_{ij} entspricht für normierte reine Quantenzustände sowohl der Fidelity als auch der entsprechenden Übergangswahrscheinlichkeit. Ontologisch lässt sich diese mathematische Größe als Maß für die Zustandsähnlichkeit interpretieren. Für identische physikalische Zustände nimmt sie den Wert 1 an; mit zunehmender Unterscheidbarkeit der Zustände nimmt ihre Überlappung ab. Damit erhält die ursprünglich rein ontologisch formulierte Relation $(S_i, S_j \rightarrow R_{ij})$ eine konkrete physikalisch-mathematische Entsprechung:

$$S_i = |\psi_i\rangle, S_j = |\psi_j\rangle \Rightarrow R_{ij} = |\langle\psi_i|\psi_j\rangle|^2$$

Der entscheidende nächste Schritt besteht darin, diese relationale Nähe in eine Distanzgröße zu überführen. Dafür wird im vorliegenden Modell definiert:

$$D_{ij}^2 = -\ln R_{ij} = -\ln |\langle\psi_i|\psi_j\rangle|^2$$

Diese Definition bildet das zentrale mathematische Postulat des vorliegenden Modells. Sie wird hier bewusst nicht aus der Allgemeinen Relativitätstheorie abgeleitet. Ebenso wird nicht vorausgesetzt, dass D_{ij}^2 bereits eine mathematische Metrik oder eine Raumdistanz im gewöhnlichen geometrischen Sinne darstellt; sie fungiert zunächst als eine definierte relationale Distanzgröße. Vielmehr wird die allgemeinere Frage aufgeworfen: Kann aus der quan-

tenphysikalischen Relation zwischen Zuständen eine Distanzstruktur entstehen, die eine weiterführende geometrische Beschreibung ermöglicht?

Die logarithmische Transformation besitzt dabei eine fundamentale Eigenschaft. Für zwei hinreichend nahe Zustände liegt die Fidelity bei $R_{ij} \approx 1 - \delta$, mit einem infinitesimal kleinen δ . Über die Taylor-Entwicklung des natürlichen Logarithmus gilt dann näherungsweise:

$$-\ln R_{ij} \approx \delta$$

Diese relationale Distanzgröße beschreibt damit für nahe Zustände die Abweichung von ihrer maximalen Überlappung. In der lokalen Beschreibung parametrierter Quantenzustände bestehen enge mathematische Beziehungen zwischen Änderungen der Fidelity und der Fubini-Study-Metrik beziehungsweise dem quantengeometrischen Tensor. Damit ergibt sich die folgende konzeptionelle Kette:

$$R_{ij} \rightarrow D_{ij}^2 = -\ln R_{ij} \rightarrow \text{mögliche lokale Geometrie.}$$

Im Rahmen des Modells wird untersucht, ob aus dieser relationalen Distanzgröße eine lokal definierte, effektive geometrische Struktur als mögliche Konsequenz konstruiert werden kann:

$$g_{\mu\nu}^{\text{eff}}(x) \equiv G(D_{ij}^2)$$

Dabei bezeichnet $G(D_{ij}^2)$ zunächst eine formale Zuordnung zwischen der relationalen Distanzstruktur und einer möglichen effektiven geometrischen Beschreibung. Ihre konkrete mathematische Form ist Gegenstand der weiteren Untersuchung. Genau an dieser Stelle muss die mathematische Überprüfung ansetzen, um zu zeigen, ob die hier entwickelte Ontologie trägt. Die logische Richtung der Konstruktion bleibt dabei strikt erhalten:

$$|\psi_i\rangle, |\psi_j\rangle \rightarrow R_{ij} \rightarrow D_{ij}^2 \rightarrow \text{mögliche lokale Geometrie } g_{\mu\nu}^{\text{eff}}(x)$$

Der entscheidende Unterschied zu früheren physikalischen Konstruktionen liegt darin, dass die geometrische Struktur hier nicht als Ziel oder Randbedingung vorausgesetzt wird. Ausgangspunkt ist ausschließlich die Relation zweier physischer Quantenzustände. Erst wenn sich aus dieser Relation eine konsistente lokale Geometrie bestimmen lässt, stellt sich die Frage, ob diese Geometrie mit bekannten makroskopischen Kräften in Verbindung gebracht werden kann.

Damit lässt sich die ursprüngliche philosophische Formel ($S_i, S_j \rightarrow R_{ij} \rightarrow g_{\mu\nu}^{\text{eff}}$) mathematisch präzisieren:

- Zustände: $S_i = |\psi_i\rangle, S_j = |\psi_j\rangle$
- Relationale Nähe (Fidelity): $R_{ij} = |\langle\psi_i|\psi_j\rangle|^2$
- Relationale Distanzgröße: $D_{ij}^2 = -\ln R_{ij}$
- Geometrische Emergenz: $D_{ij}^2 \rightarrow g_{\mu\nu}^{\text{eff}}(x)$

Nicht ein vorgegebener Raum bestimmt die Relation zwischen den Zuständen. Die Relation zwischen den Zuständen wird zum Ausgangspunkt der Frage, ob eine geometrische Ordnung überhaupt entstehen kann. Die Raumzeit wird in dieser Perspektive daher nicht als fundamentale Bühne physischer Prozesse vorausgesetzt. Sie erscheint vielmehr als emergente geometrische Beschreibung relationaler Zustandsstrukturen. Ob diese Konstruktion im letzten Schritt zu einer konsistenten makroskopischen Metrik führt, bleibt der formalen Überprüfung der noch zu bestimmenden Zuordnung $G(D_{ij}^2)$ vorbehalten.

§5.4 Glossar der Allgemeinen Zustandsveränderungstheorie (AZT).

1. Physikalische Zustände.

- **Formel:** $|\psi_i\rangle, |\psi_j\rangle$
- **Definition:** Zwei physikalische Zustände eines Systems, die in der Standard-Quantenmechanik durch Zustandsvektoren in einem mathematischen Hilbertraum beschrieben werden.
- **Ontologische Bedeutung:** Die Theorie setzt keine fundamentale Raumzeit voraus. Nicht der isolierte Zustand, sondern die Relation zwischen Zuständen bildet den Ausgangspunkt der ontologischen Betrachtung. Ausgangspunkt sind unterscheidbare physikalische Zustände selbst.
- **Hilbertraum:** Ein mathematischer Vektorraum mit einer definierten inneren Struktur, in dem Zustände eines quantenmechanischen Systems formal beschrieben werden. Der Hilbertraum ist dabei kein physischer Raum und nicht mit dem dreidimensionalen Raum oder der Raumzeit gleichzusetzen.

2. Relationale Nähe.

- **Formel:** $R_{ij} = |\langle\psi_i|\psi_j\rangle|^2$
- **Definition:** In der Standard-Quantenmechanik entspricht dieser Ausdruck für normierte reine Zustände der Wahrscheinlichkeit, bei einer Messung bzw. Projektion auf den Zustand $|\psi_j\rangle$ ein entsprechendes Ergebnis zu erhalten, wenn sich das System im Zustand $|\psi_i\rangle$ befindet. Dies entspricht der Born-Regel.
- **Ontologische Bedeutung:** Diese reelle Zahl im Intervall $0 \leq R_{ij} \leq 1$ misst innerhalb der AZT die direkte relationale Nähe zwischen zwei Zuständen.
 - **$R_{ij} = 1$:** Die beiden normierten Zustände sind bis auf eine globale Phase identisch.
 - **$R_{ij} \approx 1$:** Die Zustände sind relational sehr nahe.
 - **$R_{ij} \approx 0$:** Die Zustände sind stark voneinander unterscheidbar.

3. Von relationaler Nähe zu relationaler Distanz.

- **Formel:** $D_{ij}^2 = -\ln R_{ij} = -\ln |\langle\psi_i|\psi_j\rangle|^2$
- **Definition:** Die aus der relationalen Nähe konstruierte mathematische Distanzgröße.

- **Ontologische Bedeutung:** Dies markiert den entscheidenden Übergang der Theorie. Die relationale Nähe der Zustände wird durch die negative Logarithmierung in eine relationale Distanzgröße überführt. Die Logarithmierung wandelt dabei Produkte von Überlappungswerten in Summen um; ob die resultierende Größe die Eigenschaften einer mathematischen Metrik erfüllt, bleibt der weiteren Untersuchung vorbehalten. Je geringer die Überlappung der Zustände ist, desto größer wird D_{ij}^2 . Für vollständig übereinstimmende Zustände gilt $R_{ij} = 1 \Rightarrow D_{ij}^2 = 0$.
- **Weiterführende Konsequenz:** Die relationale Distanzstruktur bildet den Ausgangspunkt für die Untersuchung, ob und in welcher mathematischen Form daraus eine effektive Geometrie hervorgehen kann. Eine konkrete Zuordnung G wird dabei nicht vorausgesetzt.

4. Effektive Metrik.

- **Formel:** $g_{\mu\nu}^{\text{eff}}(x) \equiv G(D_{ij}^2)$
- **Definition:** Die makroskopische geometrische Struktur, die aus der relationalen Distanzstruktur hervorgehen könnte und deren konkrete mathematische Zuordnung (G) noch zu bestimmen ist
- **Ontologische Bedeutung:** Die Metrik wird nicht als Hintergrund vorausgesetzt. Sie wird als geometrisches Resultat der zugrundeiegenden Beziehungen zwischen physikalischen Zuständen verstanden ($D_{ij}^2 \rightarrow g_{\mu\nu}^{\text{eff}}$)

5. Die vollständige AZT-Strukturkette.

Der gesamte mathematische und konzeptionelle Ansatz der :

Allgemeinen Zustandsveränderungstheorie (AZT)

lässt sich auf eine einzige, geschlossene Kette reduzieren:

$$|\psi_i\rangle, |\psi_j\rangle \rightarrow R_{ij} = |\langle\psi_i|\psi_j\rangle|^2 \rightarrow D_{ij}^2 = -\ln R_{ij} \rightarrow g_{\mu\nu}^{\text{eff}}(x) \equiv G(D_{ij}^2)$$

Oder in rein struktureller Form:

Zustände $\rightarrow$ Relationale Nähe $R_{ij} \rightarrow$ Relationale Distanz $D_{ij}^2 \rightarrow$ Geometrie $g_{\mu\nu}^{\text{eff}}(x)$

$G(D_{ij}^2) \rightarrow$ postulierte Zuordnung zur Geometrie

$g_{\mu\nu}^{\text{eff}}(x) \rightarrow$ effektive metrische Geometrie

Das $\equiv$ sagt hier: Wir bezeichnen die durch diese Zuordnung bestimmte effektive geometrische Beschreibung mit $g_{\mu\nu}^{\text{eff}}(x)$. Es sagt **nicht**, dass wir die konkrete Form von G bereits kennen.

6. Die ontologische Kernaussage.

Der fundamentale Paradigmenwechsel gegenüber einer klassischen, substanzorientierten Physik lautet:

- **Nicht:** Eine fundamentale Raumzeit existiert vorab, und physikalische Zustände verändern sich innerhalb dieser Bühne.
- **Sondern:** Fundamentale Zustände und deren inhärente Relationen erzeugen über relationale Distanzen eine effektive Geometrie. Die Raumzeit ist nicht der Ausgangspunkt, sondern das emergente Ergebnis einer zugrundeliegenden relationalen Ordnung.

7. Raumzeit.

In diesem Modell ist der metrische Tensor $g_{\mu\nu}^{\text{eff}}$ kein a priori existierendes Feld. Er bildet die effektive geometrische Beschreibung, die erst aus der relationalen Struktur der physikalischen Zustände hervorgeht. Raum und Zeit besitzen damit keinen eigenständigen substantiellen Status, sondern sind die makroskopische Manifestation relationaler Zustandsveränderungen.

8. Die zentrale AZT-Hypothese.

Die gesamte Arbeit kulminiert in dieser zentralen These:

Physikalische Geometrie ist keine fundamentale Voraussetzung von Veränderung; sie entsteht als mathematische Beschreibung der Relationen zwischen physikalischen Zuständen.

Relation geht der Geometrie voraus.

Die Raumzeit wird in der Zustandsveränderungstheorie nicht als fundamentale Bühne physikalischer Prozesse vorausgesetzt. Sie erscheint vielmehr als mögliche emergente Geometrie der Relationen zwischen physikalischen Zuständen. Die Quantenmechanik liefert mit der Zustandsüberlappung eine konkrete mathematische Relation, aus der über eine relationale Distanz eine metrische Struktur konstruiert werden könnte. Damit wird die ontologische Richtung umgekehrt: Nicht die Veränderung findet in einer vorausgesetzten Raumzeit statt; die Raumzeit ist die geometrische Beschreibung der relationalen Veränderung physischer Zustände.

§5.5 Einordnung als eigenständiges Resultat.

Die durch die Strukturkette konstruierte relationale Distanzstruktur ist das direkte mathematische Abbild der relationalen Ontologie. Sie wird explizit nicht eingeführt, um bestehende mathematische Schablonen der klassischen Raumzeit nachträglich zu validieren oder passfähig zu machen.

Aus der Perspektive der *Allgemeinen Zustandsveränderungstheorie* verschiebt sich die theoretische Einordnung der klassischen Geometrie: Die Allgemeine Relativitätstheorie wird hier nicht als fundamentale Letztbegründung vorausgesetzt, sondern erscheint als eine mögliche emergente, makroskopische Beschreibungsebene. Die klassische vierdimensionale Raumzeitgeometrie ist in diesem Rahmen nicht die primäre Bühne der Natur, sondern wird als mögliche effektive Beschreibung einer tieferliegenden relationalen Ordnung physikalischer Zustände und ihrer Veränderungen verstanden. Die klassische Gravitationsphysik beschreibt die geometrischen Strukturen der Makrowelt, während die hier präsentierte Strukturkette die zugrundeliegende relationale Ordnung als Ausgangspunkt nimmt. Beide Beschreibungen schließen einander nicht aus, sondern können unterschiedliche Stufen einer emergenten Ordnung repräsentieren.

Wenn aus der konsequenten mathematischen Beschreibung von Zuständen und Relationen eine eigenständige geometrische Ordnung hervorgeht, so ist diese Struktur als eigenständiges theoretisches Resultat dieser neuen physikalischen Überlegung zu betrachten. Sie steht als theoretisches Konstrukt für sich selbst. Nicht die erzwungene Übereinstimmung mit einer *a priori* vorausgesetzten Lorentz-Raumzeit ist der Maßstab dieser Untersuchung, sondern die innere logische und ontologische Konsistenz der evolutionären Kette:

Relation vor Geometrie.

„In nihilo, antequam nihil cogitaretur, erat Inconditum.“

*(Im Nichts, noch bevor das Nichts überhaupt gedacht werden konnte,
existierte das Unbedingte / das Ungeformte.)*