Zeppelin Universität

Humboldt-Arbeit (B.A.)

Wie das Fundament zum Treibsand wurde

Ist die wissenschaftstheoretische Annahme der „Relationalität“ eine Grundlage für neues Denken?

Nils Henning

[redacted]

3. August 2020

Geschrieben bei: Dr. Manuela Spindler

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung **1**

2 Theoretische Grundlagen **4**

2.1 Quantenphysik . . . 4

2.1.1 Grundlage der klassischen Physik . . . 4

2.1.1.1 Materialismus & Determinismus . . . 4

2.1.1.2 Reduktionismus & Atomismus . . . 5

2.1.1.3 Welle & Teilchen . . . 6

2.1.2 Grundlage der modernen Physik . . . 7

2.1.2.1 Anfänge der Quantenphysik . . . 7

2.1.2.2 Doppelspaltexperiment . . . 8

2.1.2.3 EPR-Experiment . . . 12

2.1.3 Philosophische Erkenntnisse aus der Quantenphysik . . . 16

2.2 Whiteheads Prozessphilosophie . . . 19

2.2.1 Grundlage der organismischen Philosophie . . . 20

2.2.1.1 Facettenreichtum der Grundbegriffe . . . 21

2.2.1.2 Kategorienschema der Metaphysik . . . 22

2.2.2 Philosophische Erkenntnisse aus der organismischen Philosophie . . . 24

2.3 Nāgārjunas Lehre der Mitte . . . 25

2.3.1 Grundlage des Wirklichkeitsverständnisses . . . 26

2.3.1.1 Facettenreichtum der Grundbegriffe . . . 26

2.3.1.2 Prinzipien des Mittleren Weges . . . 30

2.3.2 Philosophische Erkenntnisse aus der Lehre der Mitte . . . 32

3 Wissenschaftstheoretische Annahme der Relationalität **34**

3.1 Historische Entwicklung von der Substanz zur Relation . . . 34

3.2 Relationalität als ontologische Grundlage . . . 37

3.2.1 Übereinstimmungen . . . 38

3.2.2 Kontroversen . . . 39

3.3 Relationales Denken im 21. Jahrhundert . . . 40

3.4 Exkurs: Was ist Wirklichkeit? . . . 42

4 Fazit **43**

Literatur **46**

Abbildungsverzeichnis **48**

„Die Grundlage ist das Fundament der Basis.“

(Le Corbusier)

1 Einleitung

Die vorliegende Arbeit ist der Beginn eines lebenslangen Forschungsprojekts, das die Formulierung einer wissenschaftlich fundierten Utopie zum Ziel hat. Das Forschungsprojekt soll in trüben Zeiten der Ungewissheit als hoffnungsschimmernder Lichtblick eine Orientierung hinter die dichte Nebelwand der gegenwärtigen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts werfen. Dabei wird eine dem Menschen dienende Sichtweise eingenommen und unter Berücksichtigung der „offensichtlichen Verbundenheit des Universums“ soziale und gesellschaftliche Bedingungen herausgearbeitet, die ein gesundes Miteinander als Spezies Mensch auf dem Planeten Erde gewährleisten. Jeder Mensch soll seine individuellen Potentiale frei entfalten, ein erfülltes Leben führen und täglich das tun können, was er wirklich möchte. An der Stelle möchte ich anmerken, dass es bei der Destillation von Grundbedingungen für ein gesundes Miteinander und der Beschreibung normativer Gesellschaftsstrukturen weder um einen zu erreichenden Endzustand von Gesellschaft á la Hegel und Marx geht noch um eine konkrete Ausformulierung institutioneller Gebilde. Mir ist aufgrund des prozesshaften Charakters der Welt bewusst, dass keine Gesellschaftsform für ewig währt. Vielmehr geht es um einen Korridor lebenswerter Möglichkeiten bzw. Rahmenbedingungen oder Leitplanken, die uns als Spezies eine Orientierung im unaufhörlichen Fluss des Lebens geben und ungesunde Gesellschaftsentwicklungen ausschließen. Um das Theoriegebäude auf ein festes Fundament - oder wie wir später sehen werden, auf lockeren Sand - zu stellen, wird in der vorliegenden Arbeit die wissenschaftstheoretische Annahme der Relationalität auf ihre Brauchbarkeit geprüft. Erweisen sich die Forschungsergebnisse als plausibel, stellen sie den Ausgangspunkt künftiger Arbeiten dar. Ziel des gesamten Forschungsprojekts ist es, die gesammelten Erkenntnisse nicht in einem alten Bibliotheksraum des Elfenbeinturms verstauben zu lassen, sondern sie auf den Boden der Gesellschaft zu holen. Aus diesem Grund wird die Arbeit von einem narrativen Schreibstil ein- und ausgeleitet.

Sowohl in den Natur- als auch in den Sozialwissenschaften differenzierten sich im Laufe der Wissenschaftsgeschichte diverse Disziplinen mit dem Anspruch heraus, die natürlichen und gesellschaftlichen Gegebenheiten unserer Welt zu erklären. Bildlich geschrieben, gleichen die sich ausdifferenzierenden Wissenschaftsdisziplinen mitsamt ihren hervorgegangenen Schulen mittelalterlichen Fachhandwerksbetrieben der Augenoptik, die in Schmuckwerkstätten Schaugläser - oder im heutigen Sprachgebrauch Brillen - herstellen. In der gleichen Weise wie Wissenschaftler in der Tradition bestimmter Denkschulen Theorien formulieren, stellen Optiker bestimmter Handwerksbetriebe unterschiedliche Arten von Brillen her. Demgemäß konstruiert jeder forschende Wissenschaftlicher auf Grundlage seiner Handwerkstradition unterschiedliche Brillenmodelle, mit denen er die Dinge der Welt erklärt. Die Vertreter der verschiedenen Handwerksbetriebe nutzen neue Technologien und Verfahren, um sowohl ihre alten Modelle weiterzuentwickeln als auch neue zu bauen. Mit jedem weiterentwickelten

Brillenmodell sollen die Dinge noch exakter und noch aussagekräftiger erklärt werden. Mit der Zeit wuchs das Kellergeschoss des wissenschaftlichen Elfenbeinturms zu einem Sammelsurium alt- und neuglasiger Brillen an. Während die altbewährten, zuverlässigsten und neuartigsten Brillenmodelle in den schwindelerregenden Höhen des Elfenbeinturms zum Tragen kommen, taugen wiederum andere Modelle nicht mehr für den Gebrauch und werden als Reliquien vergangener Zeit im Keller aufbewahrt. Der Grund für das Ausrangieren liegt weniger im Ästhetischen als im Funktionalen. Die ausrangierten Brillen sind aufgrund ihres verwendeten Materials, also der Bedingungen bzw. Voraussetzungen ihrer Beschaffenheit unbrauchbar. Während ältere Brillenmodelle mit trüben und beschlagenen Gläsern ausgestattet sind, ermöglichen innovative Bearbeitungstechniken das Schleifen immer feinerer Gläser, die die Dinge der Welt vermeintlich noch klarer, noch substanzieller erscheinen lassen. Mit alten Brillenmodellen gefestigte, liebgewonnene Vorstellungen über die Welt, besonders wenn sie lange fortdauerten, wurden allerdings nur in zähen und langwährenden Übergangsprozessen durch ein neues Wirklichkeitsverständnis abgelöst. Nikolaus Kopernikus, Johannes Kepler und Isaac Newton brauchten rund zwei Jahrhunderte, um die 1800 Jahre alte Brille des geozentrischen Weltbilds von der versteinerten Nase der Antike zu nehmen und dem entsteinerten Gesicht der Renaissance die zur blühenden Frühlingszeit angemessene Sonnenbrille des heliozentrischen Weltbilds aufzusetzen. Sie lehren uns noch heute, die altbewährten und festsitzenden Brillen unnachgiebig zu hinterfragen und stets für neue Sichtweisen offen zu sein. Trotz solcher paradigmatischen Veränderungen der Geschichte stellt es Wissenschaftler zu jeder Zeit vor große Herausforderungen, sich von den lang ansitzenden Sichtweisen zu lösen. Nicht zuletzt Albert Einstein tat sich schwer damit. Obwohl er mit seinen genialen Beiträgen der speziellen und allgemeinen Relativitätstheorie unser Verständnis von Raum und Zeit revolutionierte, konnte selbst er nicht die materialistisch-deterministische Brille des 19. Jahrhunderts ablegen und sich den „spukhaften“ Sichtweisen öffnen, die die vorliegende Forschungsarbeit thematisiert. Ironischerweise konnte er die neuen Brillenmodelle nicht annehmen, gleichwohl er mit der Deutung des photoelektrischen Effekts, für die er seinen Nobelpreis erhielt, die theoretische Grundlage für die quantenphysikalischen Brillenkonstrukteure bereitete.

Genau an dieser Stelle der Wissenschaftsgeschichte setzt die vorliegende Arbeit an. Sie fordert die mechanische Sichtweise der im 18. und 19. Jahrhundert etablierten Brille heraus und geht der These nach, dass sich momentan, während unserer Lebzeiten ein ähnlich zäher und langwieriger Brillenwechsel vollzieht, wie ihn einst Kopernikus, Kepler und Newton durchlebten. Aus diesem Grund dient der historisch-philosophische Verlauf der klassischen Physik als Ausgangspunkt für die Darlegung der theoretischen Grundlagen und skizziert die Übergangskonturen zur modernen Physik hinsichtlich der quantenphysikalischen Erkenntnisse und ihren Beschreibungen der Wirklichkeit. Wir werden die Sprengkraft der theoretisch formulierten und experimentell nachgewiesenen Beschreibungen anhand einschlägiger Experimente (Doppelspaltexperiment und EPR-Experiment) verdeutlichen

und sehen, wie die Vertreter der klassischen Physik an die Grenzen ihres Erklärungshorizonts stießen. Anschließend wird die Diskrepanz zwischen der klassischen und modernen Physik von Alfred North Whiteheads Prozessphilosophie und Nāgārjunas Lehre der Mitte verdeutlicht. Beide Ansätze bilden mitsamt der philosophischen Erkenntnisse der Quantenphysik[1] eine umfangreiche Diskussionsgrundlage. Unter der Einbeziehung Whiteheads Prozessphilosophie und Nāgārjunas Lehre der Mitte wird der Kern des von der Quantenphysik abgegrenzten mechanischen Wissenschaftsweltbilds freigelegt. Hinter der dingfesten Materie und den zugrunde liegenden Gesetzen offenbart sich eine aus sich selbst heraus existierende, völlig unabhängige und unveränderliche Substanz. Da die Quantenphysik, die Prozessphilosophie sowie die Lehre der Mitte auf ontologischer Ebene relationale Aspekte aufweisen, wird in der Diskussion das Relationale der Substanz gegenübergestellt und der Frage nachgegangen, ob die wissenschaftstheoretische Annahme der Relationalität eine Grundlage für neues Denken ist.

[1] Im Folgenden wird nicht zwischen den Theorien der Quantenmechanik und der Quantenfeldtheorie unterschieden. Stattdessen wird der umfassendere Begriff Quantenphysik verwendet.

2 Theoretische Grundlagen

2.1 Quantenphysik

Werner Heisenberg, einer der einflussreichsten Quantenphysiker des 20. Jahrhunderts, schrieb einst: „Die Quantentheorie ist so ein wunderbares Beispiel dafür, dass man einen Sachverhalt in völliger Klarheit verstanden haben kann und gleichzeitig doch weiß, dass man nur in Bildern und Gleichnissen von ihm reden kann“ (Filk, 2019, S. 374). Die Quantenphysik befasst sich u.a. mit Atomen, Elektronen, Photonen, Quarks und liefert Erklärungsansätze für deren von unserem Alltagsverständnis abweichenden Verhalten. Grundsätzlich werden Phänomene, die den Eindruck unscharfer, unbestimmter und scheinbar zufälliger Eigenschaften von Dingen erwecken, im mikroskopisch Kleinen untersucht. Um ein Verständnis der quantenphysikalischen Phänomene ausreichend zu entwickeln, werden zunächst die Grundlagen der klassischen Physik und der Quantenphysik dargelegt.

2.1.1 Grundlage der klassischen Physik

Die klassische Physik hat viele wichtige Beiträge in den Disziplinen der klassischen Mechanik, Elektrodynamik und Wärmelehre geleistet (Honerkamp und Römer, 2012, S. 1f.). Die entsprechenden Theorien wurden ab dem 17. Jahrhundert formuliert und bis heute kontinuierlich weiterentwickelt (ebd., S. 6ff.). Sie führten zu grundlegenden Erkenntnissen unserer makroskopisch physikalischen Welt und trugen im erheblichen Maße zum Verständnis unserer heutigen Welt bei. Die Theorien der klassischen Physik basieren auf Annahmen des Materialismus, Determinismus, Reduktionismus und Atomismus.

2.1.1.1 Materialismus & Determinismus

Die klassische Physik geht von einer materialistischen determinierten Welt aus. Alle Phänomene lassen sich auf Materie und den zugrunde liegenden Gesetzmäßigkeiten zurückführen (Bunge und Kálnay, 1975, S. 29). In dieser Perspektive wird die Welt als objektive Realität (lat. *res* ’Ding’, ’Gegenstand’ oder ’etwas’) (PONS, 2020) verstanden, die aus Raum und Zeit besteht. Isaac Newton ging zu Beginn des 18. Jahrhunderts davon aus, dass sich alle materiellen Dinge in einem absolut unveränderlichen, dreidimensionalen Raum (Länge, Breite, Höhe) befinden (Honerkamp und Römer, 2012, S. 3ff.). Die Zeit vergeht unabhängig vom Raum und wird in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft unterteilt. Nach Newton ist die Zeit ebenfalls absolut. Da uns die dinghafte Welt nur im unmittelbaren Jetzt zugänglich ist, nehmen wir die Dinge in einer Abfolge von Momenten wahr (ebd., S. 3). Messungen der aufeinanderfolgenden Momente legten nah, dass die realen Vorgänge kausal durch das Ursache-Wirkung-Prinzip miteinder verknüpft sind (Weber, 2007, S. 31ff.). Demnach bestimmen wirkende Kräfte, wie sich Objekte im Raum verhalten. Diese Wirkungsmächte bezeichnen

wir heute als Naturgesetze. Da alle materiellen Dinge den Naturgesetzen unterliegen, müssen die zukünftig eintretenden Ereignisse determiniert und folglich vorhersagbar sein (Dürr, 2002, S. 16f).[2] Im Licht des Materialismus und Determinismus erscheint die Welt wie ein mechanisches Uhrwerk (ebd., S. 16). Den Erkenntnissen aus der klassischen Mechanik, Elektrodynamik und Wärmelehre verdanken wir Erfindungen, wie die der Dampfmaschine, Heizung, des Thermometer oder Blitzableiter, die für den rasanten technologischen Fortschritt in der Moderne sorgten (Physik Cosmos-Direkt, 2020).

2.1.1.2 Reduktionismus & Atomismus

Je mehr wir von der mechanischen Welt verstanden, desto besser konnten wir von ihren Regelmäßigkeiten Gebrauch machen. Mit einem reduktionistischen Erklärungsansatz untersuchten die Naturwissenschaftler die gegebenen Objekte auf ihre Bestandteile hin. Anhänger der reduktionistischen Methode gingen davon aus, dass ein System vollständig durch seine einzelnen Bestandteile bestimmt werden kann (Dürr, 2002, S. 17). Wenn sich alle biologischen, chemischen und physikalischen Systeme hinsichtlich ihrer Bestandteile erklären lassen, so folgerten sie, muss es elementare Bausteine geben, aus denen das Universum aufgebaut ist. Schon in der Antike fragten sich die Naturphilosophen, aus welchen elementaren Teilen die Welt zusammengesetzt ist.[3] Schließlich war es Demokrit, der die Ideen seines Lehrers Leukipp im 5. Jahrhundert vor Christus systematisierte und den Begriff 'Atom' ('unteilbar') prägte (Melsen, 2004, S. 19). Am Anfang des 20. Jahrhunderts glaubten wir, diese kleinsten, unteilbaren Bausteine des Universums gefunden zu haben; sie erhielten den Namen Atome. Zu der Zeit wurde der Aufbau des Atoms stark diskutiert. 1911 beschrieb unter anderen Ernest Rutherford das Atom noch auf Grundlage der klassischen Mechanik, indem er dem bis dahin vorherrschenden Thomsonschen Atommodell (1903) einen Atomkern hinzufügte (ebd., S. 167). Das Atom bestand im Rutherfordschen Atommodell folglich aus einem kleinen, positiv geladenen Atomkern, der fast die gesamte Masse des Atoms ausmachte, und einer Atomhülle von Elektronen (ebd., S. 167). Das nachfolgende Bohrsche Atommodell (1913) bestand der Atomkern aus positiv geladenen Protonen und die Atomhülle aus in Kreisbahn bewegenden, negativ geladenen Elektronen.[4] Damit konnte das bei Rutherford ungelöste Spektrallinien-Problem durch die Zuordnung unterschiedlicher Energieniveaus der Elektronen gelöst (ebd., S. 170). Trotzdem blieb die Frage ungeklärt, warum die Elektronen nicht in den Atomkern stürzen. Denn nach der Elektrodynamik strahlen die sich bewegenden Elektronen ständig elektromagnetische Wellen und damit Energie aus (Melsen,

[2] Es soll an der Stelle erwähnt werden, dass der Determinismus konsequent zu Ende gedacht, mit einem freien Willen des Menschen unvereinbar ist. Der Mensch hat sich in der Tradition des Christentums mit seiner geistigen Ebene von der materiellen Welt unterschieden und sich außerhalb der deterministischen Wirkungsmächte verstanden. Vielmehr sah er sich im Stande, seine materielle Umwelt nach den gegebenen Gesetzmäßigkeiten zu manipulieren. Dies sorgte für die Trennung von Mensch und Natur. Bis heute sind sich Wissenschaftler nicht einig, ob es einen freien Willen gibt oder das menschliche Bewusstsein vollständig determiniert ist. Vgl. (Dürr, 2002, S. 17)

[3] Die Frage nach formloser Materie. Vgl. (ebd., S. 17)

[4] Die neutral geladenen Neutronen im Atomkern werden für die Veranschaulichung des Problems vernachlässigt.

2004, S. 167ff.). Nach dem Energieerhaltungsgesetz müsste diese Energie dem Atom entzogen werden, wodurch es seine Stabilität nicht halten könnte. Daraufhin müssten die Bewegung der Elektronen allmählich abnehmen und schließlich ganz aufhören (ebd., S. 167ff.). Genauso wie die Theorien der klassischen Elektrodynamik weder die Kreisbahnen der Elektronen noch die damit einhergehende Stabilität eines Atoms erklären konnten, gab es Unvereinbarkeiten mit dem Gravitationsgesetz und der Anziehung ungleichnamiger Ladungen (Lesch, 2020).

Die Modellvorschläge des Atomaufbaus sollen exemplarisch zeigen, wie die Erklärungsversuche der klassischen Physik Anfang des 20. Jahrhunderts aufhörten zu greifen. Im Kapitel 2.1.2.1 wird auf den Argumentationsstrang erneut Bezug genommen und mit der quantentheoretischen Lösung erweitert. Um den Bruch von der klassischen zur modernen Physik ausreichend nachzuziehen, wird abschließend auf den Welle-Teilchen-Dualismus eingegangen, auf den im Diskussionsteil der Arbeit noch einmal Bezug genommen wird.

2.1.1.3 Welle & Teilchen

Der Dualismus (lat. *duo* 'zwei', 'beide') (PONS, 2020) vertritt die Auffassung, dass „das Seiende auf zwei nicht voneinander ableitbare bzw. sich ausschließende Prinzipien oder Substanzen zurückführbar ist." (Prechtl und Burkard, 2008, S. 122). Mit anderen Worten schreiben wir allen mentalen Schemata, die von zwei unterschiedlichen und voneinander unabhängigen Grundelementen ausgehen, eine dualistische Position zu. Das dualistische Denken sorgt für eine Vereinfachung bzw. Komplexitätsreduktion der Wirklichkeit, indem wir sie in polare, einander ausschließende Gegensätze teilen (Depner, 2020). In der Menschheitsgeschichte lassen sich von jeher dualistische Konzepte finden; sei es bei Platon Subjekt und Objekt, bei Aristoteles Stoff und Form, bei René Descartes Körper und Geist sowie in den Naturwissenschaften Welle und Teilchen.

In der klassischen Physik begann die dualistische Trennung zwischen Welle und Teilchen im 17. Jahrhundert, als die Gesetze der geometrischen Optik für Reflexion und Brechung von Lichtstrahlen näher erforscht wurden und Christian Huygens die optischen Gesetze mithilfe der Wellenvorstellung deutete (Weber, 2007, S. 572). 1802 wies Thomas Young den Wellencharakter des Lichts schließlich mit dem Doppelspaltexperiment nach (ebd., S. 645) (Physik Cosmos-Direkt, 2020).[5] Er wies nach, dass sich das Licht durch Interferenz auslöschen kann (Weber, 2007, S. 646). Nachdem im 18. Jahrhundert die Beugung des Lichts (Poisson, Flecks und Arago 1818) und die elektromagnetischen Wellen (Heinrich Hertz 1887) erforscht wurden, kristalliesierte sich heraus, dass physikalische Objekte entweder Teilchen- oder Welleneigenschaften aufweisen (Physik Cosmos-Direkt, 2020). Beispielsweise verstehen wir Ladungen, die Beugungserscheinungen aufweisen, als elektromagnetische Wellen (Weber, 2007, S. 525). Darunter fallen mitunter Licht, Radiowellen, Infrarot, Röntgenstrahlung und

[5] Auf das Doppelspaltexperiment wird in Kapitel 2.1.2.2 genauer eingegangen. Young führte das Doppelspaltexperiment Anfang des 19. Jahrhunderts mithilfe einer flächenhaften Lichtquelle durch. Vgl. (Weber, 2007, S. 645)

Gammastrahlung (Lesch, 2020). Als Teilchen wird im klassischen Sinn ein Körper eines Systems verstanden, dessen Masse in seinem Schwerpunkt konzentriert ist (Weber, 2007, S. 7f.). Darunter fallen Atome, Atomkerne, Protonen oder die gegenwärtigen Elementarteilchen. In der klassischen Mechanik legen die Variablen *Ort* und *Impuls* den Zustand eines Teilchen fest. Somit befindet sich das massereiche Teilchen zu jedem Zeitpunkt an einem Ort und bewegt sich aufgrund seiner Größe, Geschwindigkeit und Masse zeitlich im Raum (ebd., S. 7f.).

Die strikte Trennung von Welle und Teilchen war ab dem Beginn des 20. Jahrhunderts nicht mehr haltbar. Je genauer wir die Materie und damit die fundamentalste Ebene der Welt untersuchen, desto weniger funktionierte die Idee klarer Orts- und Zeitbestimmungen.[6] Anhand des nichtzutreffenden Welle-Teilchen-Dualismus wird im folgenden Kapitel der Bruch zur klassischen Physik vollständig gezogen.

2.1.2 Grundlage der modernen Physik

2.1.2.1 Anfänge der Quantenphysik

Es waren Max Planck (1900) und Albert Einstein (1905), die mit ihren Arbeiten den Grundstein für das Verständnis des Welle-Teilchen-Dualismus (Kap. 2.1.1.3) und damit des Atomaufbaus (Kap. 2.1.1.2) legten. Sie kennzeichneten den Beginn der modernen Physik.

Planck forschte um die Jahrhundertwende an der Verteilung elektromagnetischer Strahlung von Körpern in Abhängigkeit zu ihrer Temperatur und wollte herausfinden, wie die Abgabe von Strahlung funktioniert (Leisi, 2013, S. 4). Dabei fand er heraus, dass die Abgabe von Energie durch elektromagnetische Strahlung immer in quantisierter Form, d.h. in Paketen abläuft und es einen Zusammenhang zwischen der Energie und der Frequenz geben muss (ebd., S. 7). Heute kennen wir die Entdeckung unter dem Begriff des Planck'schen Wirkungsquantums, das - später experimentell nachgewiesen - die kleinste Wirkungsenergie im Universum repräsentiert. Basierend auf der Hypothese Plancks, dass Energie gequantelt sei, erklärte Einstein fünf Jahre später den photoelektrischen Effekt, indem er davon ausging, dass die Höhe der Energie, nicht wie vorher angenommen von der Amplitude der Welle, d.h. der Intensität des Lichts, sondern allein von ihrer Frequenz abhängt (ebd., S. 9). Je höher die Frequenz, desto höher die Energie. Diese bahnbrechende Entdeckung führte zu der Erkenntnis, dass die Energie der elektromagnetischen Strahlung nicht wie gedacht in Wellenform, sondern in Portionen transportiert wird (ebd., S. 10). Die Entdeckung war bahnbrechend, weil die klassische Physik durch den experimentellen Nachweis von Beugungserscheinungen des Lichts davon ausging, dass Licht ausschließlich in kontinuierlicher Wellenform auftritt und folglich keine Teilcheneigenschaften besitzt (Kap. 2.1.1.3).

[6] Vgl. Ultraviolett-Katastrophe (Leisi, 2013, S. 5)

Wir können festhalten, dass Einstein mit der Erklärung des Photoeffekts 1905 die strikte Trennung von Wellen und Teilchen - zumindest hinsichtlich des Teilchencharakters - aufhob, indem er bewies, dass Licht sowohl Wellen- als auch Teilcheneigenschaften aufweist. Schließlich löste Louis de Broglie den Welle-Teilchen-Dualismus auch hinsichtlich des Wellencharakters auf. 1924 stellte er die Hypothese auf, dass nicht nur Licht in Teilchenform, sondern Materie auch in Wellenform auftritt (Leisi, 2013, S. 39f.). Clinton Joseph Davisson und George Paget Thomson bestätigten durch Versuche zur Elektronenbeugung de Broglies Postulat drei Jahre später (Physik Cosmos-Direkt, 2020). Letzten Endes konnte er das bis dahin noch ungelöste Problem der Elektrodynamik - des herumfliegenden Elektrons außerhalb des Atomkerns - erklären. Die Elektronen fallen nicht auf den positiv geladenen und schwereren Atomkern, da sich Elektronen nicht wie Teilchen, sondern wie Wellen verhalten. Durch den Wellencharakter des Elektrons hat es viele verschiedene Aufenthaltsorte. Wie wir in Kapitel 2.1.2.2 sehen werden, besitzt das Elektron keine festgelegten oder berechenbaren Positionen. Wir können lediglich Wahrscheinlichkeit hinsichtlich ihres Aufenthalts angeben (Leisi, 2013, S. 39f.). Die Elektronenwelle verläuft demnach zwischen dem Atomkern und der äußeren Schicht des Atoms. Durch diese Erkenntnis verstehen wir nun, warum die Materie stabil ist und nicht in sich zusammenfällt.

Nachdem die Anfänge der Quantenphysik und die Aufhebung des Welle-Teilchen-Dualismus beschrieben wurden, werden in den folgenden zwei Kapiteln das Doppelspaltexperiment (Kap. 2.1.2.2) und das EPR-Experiment (Kap. 2.1.2.3) vorgestellt, um schließlich die quantenphysikalischen Erkenntnisse über die Wirklichkeit zusammenzutragen.

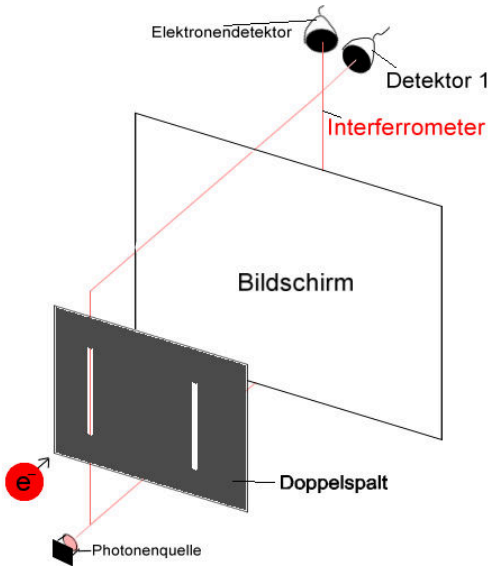
2.1.2.2 Doppelspaltexperiment

Das Doppelspaltexperiment wurde bereits 1802 von Thomas Young durchgeführt (Kap. 2.1.1.3). Während Young die Wellennatur des Lichts anhand des Doppelspaltexperiments bewies, wiesen Clinton Davisson und Lester Germer 1927 die Welleneigenschaften von Elektronen nach. Damit wurde die Hypothese von de Broglie, dass auch Teilchen Welleneigenschaften aufweisen, verifiziert. Inzwischen wurde der Versuch nicht nur mit Elektronen durchgeführt, sondern auch mit Photonen, Neutronen, Atomkernen und sogar mit kleinen Molekülen wie Buckyballs (C60-Moleküle) (Filk, 2019, S. 36). In unserem Beispiel werden wir von Photonen ausgehen.

Für den Aufbau des Doppelspaltexperiments bedarf es einer Lichtquelle, einem Bildschirm, einer doppelspaltigen Trennwand und einem Messgerät (Abb. 1: Detektor 1). Die Lichtquelle schießt Photonen auf den gegenüberliegenden Schirm. Dazwischen befindet sich eine Trennwand mit zwei Öffnungen, die unabhängig voneinander geschlossen werden können. Das Experiment kann auf unterschiedlicher Weise durchgeführt werden. Im Folgenden werden die Versuchsvarianten vorgestellt, in denen (1) Photonen ohne Trennwand auf den Schirm treffen, (2) jeweils ein Spalt der Trennwand

geöffnet ist und (3) beide Spalte geöffnet sind. Letztlich wird die Variante betrachtet, (4) bei der ein Detektor misst, durch welchen der geöffneten Spalte die Photonen fliegen.

Abbildung 1: Aufbau des Doppelspaltexperiments



(1) In der ersten Variante werden die Photonen abgeschossen, ohne dass sich zwischen der Lichtquelle und dem Bildschirm eine Trennwand befindet. Sie haben freies Feld und fliegen ungehindert auf den Schirm. Die abgeschossenen Photonen landen nicht wie zu erwarten auf derselben Stelle des Schirms, sondern verteilen sich scheinbar zufällig auf der gesamten Fläche. Trotz gleichbleibender Bedingungen verhalten sich die Photonen unterschiedlich. Da gleiche Ausgangsbedingungen auf Grund von kausalen Zusammenhängen klassischerweise identische Ergebnisse verursachen (Kap. 2.1.1.1), ist das Verhalten der Photonen mit der klassischen Physik nicht erklärbar.

Abbildung 2: Doppelspaltexperiment ohne Trennwand (1)



(2) In der zweiten Variante wird die Trennwand vor den Bildschirm gestellt. Ein Spalt der Trennwand ist geöffnet. Die Lichtquelle schießt Photonen ab, die durch den geöffneten Spalt hindurchfliegen

und hinter der Trennwand auf den Schirm treffen. Anders als bei der ersten Variante verhalten sich die Photonen entsprechend der klassischen Physik. Die Photonen fliegen durch den Spalt und treffen in einem schmalen Streifen auf den Bildschirm. Dabei ist es irrelevant, ob der rechte oder der linke Spalt geöffnet wird.

Abbildung 3: Doppelspaltexperiment mit einem Spalt (2)



(3) In der dritten Variante sind beide Spalte der Trennwand geöffnet. Nach dem klassischen Verständnis sollten die Photonen bei zwei geöffneten Spalten *zwei* schmale Streifen auf dem Schirm abbilden - analog wie ein geöffneter Spalt *einen* Streifen verursacht (2). Doch die Photonen verhalten sich anders. Ähnlich wie beim Abschießen ohne Trennwand (1) verteilen sich die Photonen scheinbar zufällig auf der gesamten Fläche des Schirms. Auffällig ist, dass die Photonen an einigen Stellen häufiger auftreffen als auf anderen. An manchen Stellen treffen sogar keine Photonen auf (Abb. 4).[7] Stellen wir die Häufigkeitsverteilung der Aufenthaltsorte grafisch dar, erhalten wir ein Interferenzmuster, das in der klassischen Physik nur bei Wellen auftritt (Abb. 5). Gemäß der klassischen Physik tritt Interferenz immer dann auf, wenn zwei Wellen (Wasserwellen, Schallwellen, u.a.) aufeinanderstoßen und sich überlagern (Weber, 2007, S. 641). Diese Überlagerung kann bei allen physikalischen Wellenarten beobachtet werden. Stoßen die überlagerten Wellen auf eine Fläche, wie die des Schirms, ergibt sich das in Abbildung 5 visualisierte Interferenzmuster. Aus diesem Grund wird die Aufenthaltswahrscheinlichkeit der Photonen mit einer mathematischen Wellenfunktion beschrieben.

[7] Hier kann noch einmal auf das um den Atomkern herumfliegende Elektron verwiesen werden (Kap. 2.1.2.1). Wenn in der mathematischen Wellenfunktion der Wert der Amplitude 0 ist, dann bleibt der Graf des Interferenzmusters auf der x-Achse. Dieser Wert entspricht dem Aufenthaltsort des Atomkerns. Wie wir in Abbildung 5 sehen, sind genau an jenen Flächen keine Photonen, an denen die Amplitude den Wert 0 hat und der Graf die x-Achse berührt. Aus diesem Grund kann das Elektron nur außerhalb des Atomkerns Aufenthaltsorte annehmen.

Abbildung 4: Doppelspaltexperiment mit zwei Spalten (3)

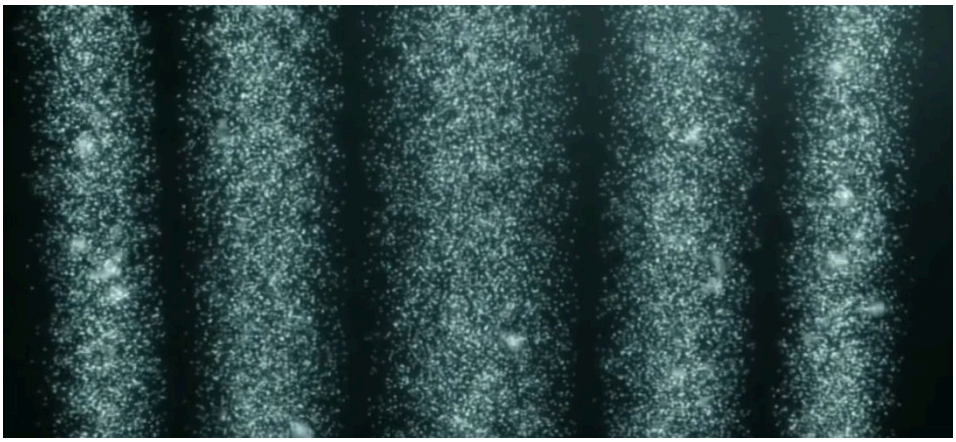
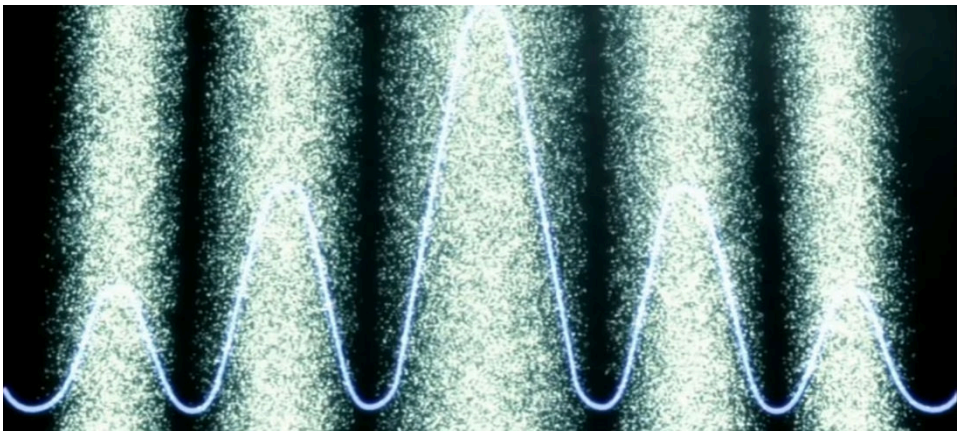
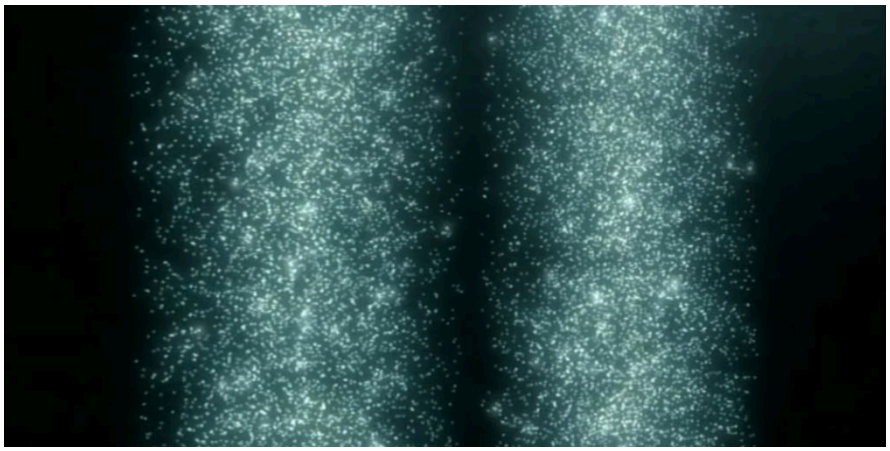


Abbildung 5: Doppelspaltexperiment mit zwei Spalten und Amplitude (3)



(4) In der vierten und letzten Variante bleiben erneut beide Spalte geöffnet. Zusätzlich misst ein Detektor, durch welchen Spalt die Photonen fliegen. Bevor das Messgerät verwendetet wird, gab es keinen bestimmten Ort der Photonen. Wie in (3) deutlich wurde, erfolgte die Ortsangabe mittels Wahrscheinlichkeitsrechnung. Durch die Lokalisierung am jeweiligen Spalt kann nun der exakte Aufenthaltsort der Photonen bestimmt werden. Im Gegensatz zu (3) ergibt sich durch die Messung der Photonen kein Interferenzmuster auf dem Schirm. Es bilden sich stattdessen, wie aus klassischer Sicht zu erwarten ist, zwei schmale Streifen. Durch die Messung verhalten sich die Photonen demnach nicht wie in (3) wellen-, sondern teilchenartig (Haken und Wolf, 2003, S. 430).

Abbildung 6: Doppelspaltexperiment mit zwei Spalten und Amplitude



Zunächst festgehalten werden kann, dass die Messergebnisse von der Variante des Doppelspaltexperiments abhängen. (1) Ohne Trennwand verhalten sich die Photonen scheinbar zufällig - nicht vereinbar mit der klassischen Physik. (2) Bei einem geöffneten Spalt verhalten sich die Photonen teilchenartig - im Einklang mit der klassischen Physik. (3) Bei zwei geöffneten Spalten verhalten sich die Photonen wellenartig - nicht vereinbar mit der klassischen Physik. Der Aufenthaltsort muss mit Wahrscheinlichkeit angegeben werden, anstatt ihn klassischerweise konkret bestimmen zu können. (4) Bei der Messung der zwei geöffneten Spalte verhalten sich die Photonen teilchenartig - im Einklang mit der klassischen Physik. Der Aufenthaltsort muss nicht mit einer Wahrscheinlichkeit angegeben werden, weil der Ort durch die Messung bestimmt wird.

Um die Erklärungsansätze der Quantenphysik umfassend zu veranschaulichen und den Bruch zur klassischen Physik vollständig hervorzuheben, wird im nächsten Kapitel das EPR-Experiment vorgestellt. Dieses Experiment thematisierte das Phänomen der Verschränkung und ist neben dem Doppelspaltexperiment ein wegweisender Meilenstein auf dem Weg zur Etablierung der Quantenphysik.

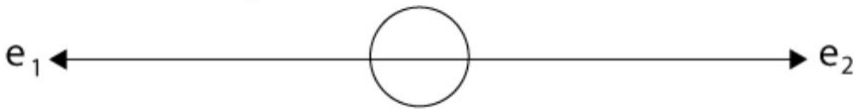
2.1.2.3 EPR-Experiment

Das EPR-Experiment (1935) wurde von Albert Einstein, Boris Podolsky und Nathan Rosen (bekannt unter den Initialen EPR) vorgeschlagen, um interne Widersprüche in der Quantenphysik aufzuzeigen. (Haken und Wolf, 2003, S. 433f.). Einstein hoffte zu zeigen, dass die Quantentheorie entweder unvollständig oder nachweislich falsch ist. Der grundlegende Konflikt, der im EPR-Experiment behandelt wird, bezieht sich auf den Verstoß der Quantenphysik gegenüber der klassischen Annahme der Lokalität. Quantenphysiker vertraten die These, dass Teilchen nicht immer exakt lokalisierbar seien und sich ihr Zustand (Ort, Eigenschaften, u.a.) überlagern könne. Im Doppelspaltexperiment handelte es sich um den überlagerten Zustand, ob die Photonen den linken oder rechten Spalt passieren (Kapitel 2.1.2.2). Da sich aus Sicht der klassischen Physik ein Objekt zu jeder Zeit an

einem bestimmten Ort befinden muss (Kapitel 2.1.1.3), sprach der vom Determinismus überzeugte Einstein von einer „spukhaften Fernwirkung“, die sich beim Phänomen der Verschränkung ereignet. Eine Verschränkung tritt auf, wenn zwei Objekte miteinander wechselwirken und verbunden sind. (Friebe u. a., 2015, S. 114) Im Folgenden wird die von David Bohm weiterentwickelte und heute am häufigsten zitierte Variante des EPR-Experiments in einer vereinfachten Version vorgestellt, in der der Zustand von zwei miteinander verschränkten Elektronen ermittelt wird.

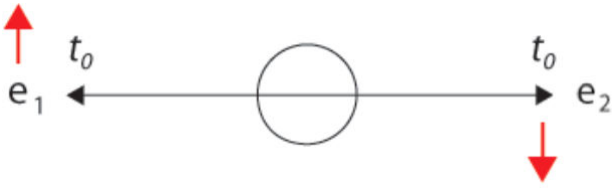
Der Versuchsaufbau besteht aus einer Quelle, zwei verschränkten Elektronen (e_1 und e_2) uns zwei Messgeräten (Haken und Wolf, 2003, S. 437). Die Quelle immitiert die beiden verschränkten bzw. miteinander wechselgewirkten Elektronen und schießt sie in entgegengesetzte Richtungen (Abb. 7). In beiden Richtungen steht jeweils ein Messgerät, das den Zustand der durch sie hindurch fliegenden Elektronen bestimmt. Die Elektronen können entweder den Zustand *spin-up* oder *spin-down* annehmen. Bevor die Elektronen auf die Messgeräte treffen, ist der Zustand beider Elektronen unbekannt.

Abbildung 7: EPR-Experiment (1)



Nachdem die Elektronen von der Quelle abgeschossen werden und auf die Messgeräte treffen, werden die Zustände der Elektronen gemessen. Im abgebildeten Beispiel (Abb. 8) wird zum Zeitpunkt t_0 bei dem Elektron e_1 spin-up und beim Elektron e_2 spin-down gemessen. Messen wir häufiger, erhalten wir auffällige Ergebnisse. Immer wenn ein Messgerät den Zustand spin-up misst, misst das andere Messgerät spin-down - und umgekehrt. Es wird niemals derselbe Zustand gemessen. Ebenso treten die jeweiligen Zustände pro Elektron mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 % auf.

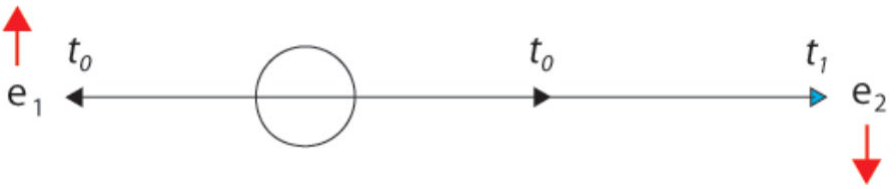
Abbildung 8: EPR-Experiment (2)



Um das Phänomen der Verschränkung nachvollziehbarer zu veranschaulichen, wird der Versuch noch einmal mit einem leicht veränderten Aufbau durchgeführt. Die Elektronen werden ein weiteres Mal zeitgleich abgeschossen, allerdings stehen die Messgeräte in unterschiedlicher Entfernung zur Quelle, wodurch der Zustand der Elektronen zu unterschiedlichen Zeitpunkten gemessen wird (Abb. 9). Nachdem das Elektron e_1 zum Zeitpunkt t_0 mit dem Zustand spin-up gemessen wird, misst das andere

Messgerät das Elektron e_2 zu einem späteren Zeitpunkt t_1 den Zustand spind-down. Unerheblich wie häufig der Versuch durchgeführt wird, wenn der Zustand des ersten Elektrons feststeht, nimmt das zweite Elektron den entgegengesetzten Zustand an. Die Messergebnisse erwecken den Anschein, als hätte das zweite Elektron nicht mehr die Wahl, welchen Zustand es annehmen kann. Es nimmt immer den entgegengesetzten Zustand des zuerst gemessenen Elektrons an. Doch woher weiß das zweite Elektron, welchen Zustand es anzunehmen hat?

Abbildung 9: EPR-Experiment (3)



Im 20. Jahrhundert wurden diverse Erklärungsversuche für das Phänomen der Verschränkung vorgestellt. Die zwei prominentesten Vorschläge aus der klassischen Physik versuchten die Verschränkung zum einen mit einer 'Informationsübertragung' und zum anderen mit einem 'verborgenen Parameter' zu erklären. Schauen wir uns zunächst das Argument für die Informationsübertragung an. Um zu wissen, welchen Zustand das zweite Elektron[8] annehmen soll, müsse es zwischen den Elektronen einen Austausch geben, durch den die Elektronen auf unbekannte Weise miteinander kommunizieren (Haken und Wolf, 2003, S. 433f.). Nach der Messung gäbe das erste Elektron die Information über seinen Zustand an das zweite Elektron weiter. Das zweite Elektron wüsste anschließend, welchen entgegengesetzten Zustand es aufweisen muss. Der Vorschlag der Informationsübertragung wurde allerdings zurückgewiesen. Es konnte nachgewiesen werden, dass verschränkte Elektronen auch noch bei dermaßen weit entfernten Messgeräten den entgegengesetzten Zustand annehmen, bei denen die Information zwischen den Elektronen schneller als das Licht übertragen werden müsste (ebd., S. 433f.). Da sich nach Einsteins spezieller Relativitätstheorie kein Objekt und keine Information über Lichtgeschwindigkeit bewegen kann (Honerkamp und Römer, 2012, S. 291), konnte die Hypothese der Informationsübertragung verworfen werden. Der andere Erklärungsversuch aus Kreisen der klassischen Physiker zielte darauf ab, dass es innerhalb der Elektronen einen verborgenen Mechanismus („verborgenen Parameter“) gäben könnte, der bereits bei der Trennung beider Elektronen entscheidet, welchen Zustand die Elektronen annehmen werden (Haken und Wolf, 2003, S. 434ff.). Die Zustände seien quasi vorprogrammiert und unabhängig von der Distanz. Dieser Vorschlag wurde durch John Stewart Bells Ungleichung (1964) abgelehnt. Kurzum stellte Bell eine Ungleichung auf, die aus den Grundannahmen der klassischen Physik abgeleitet wurde und für jede klassische Theorie gültig ist (Friebe u. a., 2015, S. vii). Die Anwendung der Bellschen Ungleichung auf das Phänomen

[8] Im Folgenden wird am Beispiel des Elektronenpaars festgehalten. Der Versuch kann ebenso wie das Doppelspaltexperiment mit Photonen u.ä. Teilchen durchgeführt werden

der Verschränkung konnte zwei Ausgänge haben: Entweder wird die Ungleichung im Experiment vollkommen erfüllt und die Kritik von EPR ist berechtigt oder die Ungleichheit ist mindestens in einem Punkt verletzt (Lokalität oder Realismus) und die quantenphysikalischen Theorien erklären die Verschränkung adäquater (Friebe u. a., 2015, S. 143). 1982 konnte die Bellsche Ungleichung experimentell nachvollzogen werden. Der Versuch zeigte, dass entweder Annahmen unserer Raum-Zeit-Vorstellung (Lokalität) oder unseres Wirklichkeitsverständnisses (Realismus) falsch sein müssen (Haken und Wolf, 2003, S. 433f.). Auf Seiten einer irrtümlichen Raum-Zeit-Vorstellung gäbe es eine Art Nicht-Lokalität, die Objekten ermöglicht, mehrere Zustände gleichzeitig anzunehmen bzw. an mehreren Orten gleichzeitig zu sein. Auf Seiten eines irrtümlichen Wirklichkeitsverständnisses bestünde die dinghafte Welt ohne unsere Existenz nicht in derselben Weise, wie wir sie wahrnehmen. Damit waren die Annahmen der EPR als auch die These durch des verborgenen Parameters widerlegt.

Damit besteht weiterhin die Frage, woher das zweite Elektron weiß, welchen Zustand es annehmen muss, sobald der Zustand des ersten Elektrons gemessen und bestimmt wird? Der erste Teil der quantenphysikalischen Antwort lautet: Die Elektronen befinden sich in Superposition.[9] Das heißt, die Elektronen haben vor der Messung *weder* den Zustand spin-up *oder* spin-down, sondern *sowohl* spin-up *als auch* spin-down. Sie befinden sich in einem Überlagerungszustand (Friebe u. a., 2015, S. 114). Erst mit der Messung entscheidet sich, welchen Zustand sie tatsächlich annehmen. Hierbei können wir den eintretenden Zustand nicht vorhersagen. Wir können vor der Messung lediglich angeben, zu welcher Wahrscheinlichkeit der Zustand eintreten kann. Im Fall von spin-up und spin-down sind es jeweils 50 %. Der zweite Teil der quantenphysikalischen Erklärung ist für unser Alltagsverständnis ebenfalls kontraintuitiv. Wie in Kapitel 2.1.1.2 erwähnt, nehmen wir zwei räumlich voneinander getrennte Teilchen klassischerweise als eigenständige Objekte wahr. Im quantenphysikalischen Verständnis werden zwei miteinander verschränkte Teilchen nicht getrennt. Zwei verschränkte Quantenobjekte sind keine zwei unabhängigen Teile, sondern stellen Komponenten eines Gesamtsystems dar. Dabei spielt die Distanz keine Rolle, weswegen die Fachliteratur von

[9] Cord Friebe schreibt dazu: „Historisch wurde das Superpositionsprinzip [...] in die Quantenmechanik eingeführt, um den Wellencharakter der Teilchen zu beschreiben. [...] ‚Superposition' ist an dieser Stelle vielmehr bloß ein Ausdruck für etwas, das noch nicht verstanden ist, das aufzuklären das Hauptproblem der Interpretation der gesamten Quantenphysik darstellt" (Friebe u. a., 2015, S. 15).

In diesem Zusammenhang wird in der Literatur häufig auf das Gedankenexperiment von Schrödingers Katze verwiesen, das das Superpositionsprinzips kurz illustrieren soll: „Wir sperren eine Katze in einen Kasten, den wir aber vorläufig nicht einsehen können, so dass wir also den *Quantenzustand* der Katze nicht messen können. Im Kasten befindet sich ferner ein radioaktives Atom, bei dessen Zerfall ein giftiges Gas freigesetzt wird, das die Katze tötet. Nach der Quantenphysik ist der Zeitpunkt des radio-aktiven Zerfalls nicht vorhersagbar (lediglich im Sinne einer Zerfallswahrscheinlichkeit). Wir wissen also nicht, ob die Katze lebendig oder tot ist, und wir müssen ihr nach der Quantentheorie eine Wellenfunktion [...] zuschreiben. Die Wellenfunktion ist also eine kohärente Überlagerung der beiden Zustände | lebendig > und | tot >. Erst wenn wir den Kasten öffnen, hinsehen und so in der Sprechweise der Quantentheorie „den Quantenzustand der Katze" messen, wird das Wellenpaket [...] auf den Zustand | lebendig > oder | tot > reduziert. Man hat hier natürlich den berechtigten Eindruck, dass der „Quantenzustand" der Katze nicht von unserem Hinsehen abhängen kann, also ein ernster Widerspruch zur Deutung der quantenmechanischen Messung vorzuliegen scheint." (Haken und Wolf, 2003, S. 431)

einer nichtlokalen[10] Einheit schreibt. Eine nichtlokale Einheit setzt sich aus räumlich voneinander entfernten Objekten zusammen, die sich wie ein einheitliches Ganzes verhalten, sich logisch jedoch nicht in zwei Teile aufteilen lassen (Gisin, 2014, S. 57). Der Grund dafür ist das Superpositionsprinzip. Übertragen auf das angeführte Beispiel befinden sich die beiden Elektronen nicht einzeln, sondern gemeinsam als Elektronenpaar im Zustand der Superposition. Anders ausgedrückt: Es handelt sich nicht um zwei Teilchen, die sich in zwei Superpositionen befinden, sondern das Gesamtsystem als Ganzes befindet sich im Zustand der Superposition. Beide Teilchen befinden sich in ihrer Ganzheit in *einem* Zustand.

Betrachten wir noch einmal das EPR-Experiment, bei dem die Elektronen zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten gemessen werden. Nach der quantenphysikalischen Deutung messen wir beim Zeitpunkt t_0 nicht den Zustand des ersten Elektrons e_1, sondern den Zustand des Gesamtsystems. Aus diesem Grund messen wir nicht das erste Elektron, sondern beide Elektronen gleichzeitig. Eine Messung an einem Elektronen ist immer eine Messung am Gesamtsystem, die den Zustand beider Elektronen bestimmt (Filk, 2019, S. 186). Die Fachliteratur schreibt von einer instantanen - unmittelbaren - Bestimmung des Zustands (Leisi, 2013, S. 272). Mit dieser Einsicht löst sich das Mysterium um Einsteins spukhafter Fernwirkung auf. Da es sich nicht um zwei voneinander getrennte Elektronen, sondern um ein Gesamtsystem handelt, muss keine Strecke zurückgelegt werden. Übersetzt in die Sprache der klassischen Physik sind die verschränkten Elektronen keine zwei voneinander getrennten Objekte, sondern ein zusammenhängendes Objekt.

Beide Versuche, das Doppelspaltexperiment als auch das EPR-Experiment, veranschaulichten zu ihrer Zeit unerklärte Phänomene und können heutzutage als die unüberwindbaren Hürden der klassischen Physik angesehen werden. Die klassischen Vorstellungen über die Wirklichkeit wurden bezüglich der Lokalität und des Realismus mit den neuen Erkenntnissen der Verschränkung, der Superposition, der Wechselwirkung und des Zufallscharakters in Frage gestellt. Im nachfolgenden Kapitel werden die quantenphysikalischen Deutungen der vorgestellten Experimente zusammengefasst und aus einer philosophischen Perspektive Schlussfolgerungen über die Wirklichkeit gezogen.

2.1.3 Philosophische Erkenntnisse aus der Quantenphysik

Wie wir anhand des Doppelspaltexperiments und des EPR-Experiments gesehen haben, reichen die Auswirkungen der quantenphysikalischen Deutung weit in unser Alltagsverständnis. Während im klassischen Weltbild Ereignisse durch Ursachen erklärt werden, Zustände von Objekten bestimmbar und Orte errechenbar sind, reichen die altbewährten Erklärungen bei den im letzten Kapitel vorgestellten Phänomenen nicht mehr aus. Zusammenfassend können die Ideen der Verschränkung, der Superposition, der Wechselwirkung und des Zufallscharakters als grundlegende Erkenntnisse der

[10] Nichtlokal bedeutet, dass Objekte nicht durch lokale Variablen beschrieben werden können. Vgl. (Gisin, 2014, S. 96)

Quantenphysik festgehalten werden, die uns an den Rändern des klassischen Verständnishorizonts Erklärungsansätze liefern.

Verschränkung - Im Allgemeinen verstehen wir unter dem Phänomen der Verschränkung die Fähigkeit eines Quantensystems, immer das gleiche Ergebnis zu liefern, soweit bei jedem einzelnen Subsystem die gleiche physikalische Größe gemessen wird (Gisin, 2014, S. 87). Das Superpositionsprinzip hilft dabei, die verschränkten Subsysteme bzw. Quantenobjekte zu beschreiben. Im Konkreten handelt es sich bei der Verschränkung um die Tatsache, dass zwei beliebig weit voneinander entfernte und miteinander verschränkte Elektronen in einer bestimmten Weise korreliert sind und beide Elektronen instantan auf die Messung eines Elektrons reagieren, als wüssten sie, was an einem anderen Ort mit dem verbundenen Elektron passiert. Erwin Schröding schrieb einst, dass das Phänomen der Verschränkung nicht *ein*, sondern *das* wesentliche Merkmal der Quantenphysik ist, das eine völlige Abkehr von der klassischen Denkweise erzwingt (Schrödinger, 1935, S. 555). Während die klassische Physik die philosophische Position des lokalen Realismus vertritt (Kap. 2.1.1.3 und Kap. 2.1.2.3), kann seit dem Beweis der Bellschen Ungleichung begründet behauptet werden, dass die Quantenphysik nichtlokale Eigenschaften aufweist. Die Verschränkung stellt somit die Grundlage der nichtlokalen Korrelation in der Physik dar (Gisin, 2014, S. 87). Wie wir bereits gesehen haben, finden die Ortsbestimmungen aufgrund der unmöglichen, konkreten Lokalisierung mit der mathematischen Wellenfunktion und Wahrscheinlichkeitsangaben statt (Kap. 2.1.2.2). Verschränkung wird sich demnach als eine Art Welle vorgestellt, die sich im Raum ausbreitet. Die Fachliteratur schreibt in diesem Zusammenhang vom Konfigurationsraum (ebd., S. 97). Dieser sei deutlich größer als unser wahrnehmbare, dreidimensionale Raum und dessen Dimension ergibt sich aus der Anzahl der verschränkten Teilchen. Da jeder Punkt im Konfigurationsraum die Positionen aller Teilchen des Gesamtsystems repräsentiert, kann ein lokales Ereignis im Konfigurationsraum auch entfernte Teilchen einschließen (ebd., S. 97).[11]

Festgehalten werden kann, dass Quantenobjekte in einer nichtlokalen Weise korreliert sind. Die Ergebnisse des EPR-Experiments legen die Vermutung nah, dass es sich bei der Verschränkung nicht um zwei unabhängige Quantenobjekte handelt, sondern um ein Gesamtsystem. Da sich das Gesamtsystem in einer Überlagerung von Zuständen befindet, können wir den Zustand vor der Messung nur mit Wahrscheinlichkeiten angeben. Diese erfolgt mithilfe der mathematischen Wellenfunktion.

[11] Gisin schreibt weiter: „Aber wir armen Menschenkinder sehen den Konfigurationsraum nicht, sondern nur die Schatten von dem, was sich dort abspielt: Jedes Teilchen wirft in unserem dreidimensionalen Raum einen Schatten, welcher der Position des Teilchens in unserem Raum entspricht. Die Schatten eines Punktes können also sehr weit voneinander entfernt sein, selbst wenn es sich um die Schatten ein und desselben Punktes im Konfigurationsraum handelt. [. . .] Die „Realität“ spielt sich gewissermaßen in einem anderen Raum ab als in dem unsrigen, und wir sehen davon nur Schatten – so wie in dem bekannten Höhlengleichnis, das Platon vor mehr als zweitausend Jahren formulierte, um zu schildern, wie schwierig es ist, die „wahre Realität“ zuerkennen.“ (Gisin, 2014, S. 97f.)

Superpositionsprinzip - Die Superposition beschreibt die Überlagerung verschiedener Möglichkeiten von physikalischen Systemen (Gisin, 2014, S. 87). Unsere beiden Elektronen e_1 und e_2 befinden sich dadurch in einem Zustand Unbestimmtheit. Sie haben bis zur Messung keine exakte Position. Vielmehr befinden sie sich in einem Zustand all ihrer möglichen Zustände. Führen wir eine Messung durch, geben uns die Elektronen eine zufällige Antwort (Friebe u. a., 2015, S. 114). Je nachdem, ob wir ihren Ort oder ihre Spinrichtung erfragen, antworten die Elektronen mit einem möglichen Zustand - beispielsweise spin-up und spin-down.

Festgehalten werden kann, dass Quantenobjekte keinen konkreten Zustand besitzen, sondern sie, metaphorisch geschrieben, in einer Wolke möglicher Zustände schweben. Mit einer Messungen zwingen wir die Quantenobjekte, einen ihrer potentiellen Zustände anzunehmen. Somit ist unsere Raum-Zeit-Vorstellung hinsichtlich einer bestimmten Lokalität (auf atomarer Ebene) stark in Frage gestellt. Da Forscher neben subatomaren Teilchen bereits Molekülen Welleneigenschaften nachweisen konnten (Filk, 2019, S. 36), kann vermutet werden, dass sich auch Materie wellenartig verhält. Künftige Experimente werden uns Aufschluss geben.

Wechselwirkung - Die Wechselwirkung mit Instrumenten ist eine weitere wichtige Erkenntnis aus der Quantenphysik. Wie wir im Doppelspaltexperiment gesehen haben (Kap. 2.1.2.2), verhalten sich die Quantenobjekte anders, wenn wir messen. Während die Photonen mit unbestimmten Ortskoordinaten durch den Doppelspalt fliegen, ein Interferenzmuster auf dem Bildschirm abbilden und sich wellenartig verhalten, messen wir nicht (Abb. 4). Sobald wir messen und nach dem Aufenthaltsort der Photonen fragen, erhalten sie Koordinaten, treffen konform mit der klassischen Physik auf den Bildschirm und verhalten sich teilchenartig (Abb. 6). Das bedeutet nicht nur, dass der Aufenthaltsort bzw. der Zustand der Photonen nur so lange unscharf ist, bis gemessen wird, sondern auch, dass wir mit unseren Sinnesorganen und technischen Instrumenten keine absolut objektive Realität wahrnehmen. Wenn sich die Realität aus dem Wechselwirken der Dinge formte, dann würde konsequenterweise die Welt, die wir kennen, ohne unsere Existenz nicht in derselben Weise existieren, wie wir sie wahrnehmen. Wir treten mit unserer Umwelt in Wechselwirkung und beeinflussen die wahrnehmbare Realität.

Festgehalten werden kann, dass wir durch Hinsehen, Erfragen und Messen das Verhalten von Quantenobjekten beeinflussen. Während ihr Zustand ohne Messung unscharf ist und sie in einer Wolke ihrer potentiellen Möglichkeiten schweben, zwingen wir die Objekte durch das Messen einen bestimmten Zustand anzunehmen. Dadurch bringen wir die Quantenobjekte in den Verständnishorizont der klassischen Physik. Sie sind nach der Messung lokalisiert.

Zufallscharakter - Letztlich bleibt der Zufallscharakter zu erwähnen. Festgehalten wurde bereits, dass der Zustand von Quantenobjekten unscharf ist und er mit Wahrscheinlichkeiten angegeben wird. Sobald wir den Quantenzustand messen, nimmt das Objekt einen bestimmten Zustand an. Dieser

Vorgang erfolgt rein zufällig und ist im Sinne Werner Heisenbergs ein „objektiver“ Zufall (Zeilinger, 2003, S. 46). Im Gegensatz dazu steht der subjektive Zufall, der auf unserem Unwissen beruht. Ein Würfelwurf erscheint uns beispielsweise zufällig. Allerdings unterliegt der Würfel bestimmten Kräften, die durch den Wurf, den Luftwiderstand und die Reibung auf einer Oberfläche den Würfel beeinflussen. Stünden uns alle einwirkenden Informationen des Wurfes zur Verfügung, wären wir in der Lage, die Augenzahl des Würfels vorherzusagen. Da wir dazu nicht fähig sind, erscheint uns die gewürfelte Augenzahl zufällig. Es handelt sich jedoch nicht um einen objektiven Zufall (Gisin, 2014, S. 68). Bezogen auf das EPR-Experiment messen wir die Spinrichtung der beiden Elektronen - entweder spin-up oder spin-down. Dadurch, dass die Photonen keine Information darüber tragen, welchen Zustand sie annehmen werden und folglich das Ergebnis selbst nicht wissen, schließen Quantenphysiker, dass das resultierende Ereignis keine Ursache hat und somit ein objektiver Zufall sein muss, der nichtlokal gültig ist und an mehreren Orten gleichzeitig wirkt (Zeilinger, 2003, S. 46). Die Elektronen unterliegen nicht nur jeweils *einem*, sondern dem *gleichen* Zufall (Gisin, 2014, S. 65). Nehmen wir an, dass „die Natur selbst ist in solchen Situationen in keiner Weise festgelegt“ ist, müssen wir auf der elementarster Ebene der Wirklichkeit davon ausgehen, dass die deterministischen Annahmen der klassischen Physik nicht greifen und wir unsere Raum-Zeit-Vorstellung erweitern müssen (Zeilinger, 2003, S. 46). Einstein konnte sich bis zu seinem Tod nicht mit dem Zufallscharakter der Quantenobjekte abfinden und schrieb 1926 Max Bohr in einem Brief, dass Gott nicht würfle (Filk, 2019, S. 373).[12]

Festgehalten werden kann, dass die quantenphysikalischen Erklärungen der vorgestellten Experimente darauf hinweisen, dass die auftretenden Ereignisse durch den Zufall bestimmt werden. Der Quantenzufall sei dabei nichtlokal und unterliegt weder den Gesetzen des Determinismus noch des lokalen Realismus. Anscheinend gibt es Phänomene, die nicht durch das Ursache-Wirkung-Prinzip erklärt werden können. Die Vorstellung einer vollständig determinierten Welt bei der Annahme eines echten, objektiven Zufalls kann demnach nicht gehalten werden.

2.2 Whiteheads Prozessphilosophie

Alfred North Whitehead (1861 - 1947) war ein britischer Mathematiker und Philosoph, der dem mechanischen Wissenschaftsbild des 19. Jahrhunderts sehr skeptisch gegenüber stand. Er gilt als Begründer der prozessphilosophischen Denkschule. Während er sich in seinen frühen Arbeiten „Principia Mathematica“ (1910 - 1913) mit mathematischen und logischen Themen beschäftigte, fand er darauf den Weg zur Wissenschaftstheorie und Philosophie. In der Wissenschaftstheorie leistete er mit seinem Werk „Science and the Modern World“ (1925) einen kritischen Beitrag gegenüber den

[12] Bohr antwortete, Einstein solle endlich aufhören, dem Herrgott Vorschriften zu machen (Zeilinger, 2003, S. 46).

materialistischen und deterministischen Ansprüchen der Wissenschaft. Philosophisch stellte er mit seinem Hauptwerk „Process and Reality“ (1929) dem mechanischen Weltbild eine organismische Metaphysik gegenüber, indem er die Natur auf ein Organismus und nicht auf die Materie bezog.

Whitehead bezeichnet seine wissenschaftliche Methode selbst als „spekulative Philosophie“. Die spekulative Philosophie nimmt sich zur Aufgabe, ein kohärentes, logisches und notwendiges System allgemeiner Ideen zu entwerfen, auf dessen Grundlage jedes Element unserer Erfahrung (wissenschaftliche, religiöse, ethische, ästhetische, u.a.) interpretiert werden kann (Whitehead, 1987, S. 31ff.). Dieses System nennt er Kategorienschema (Kap. 2.2.1.2). Das besondere an seinem Kategorienschema ist, dass es auf der rationalen Seite widerspruchsfrei sowie kohärent angelegt ist und auf der empirischen Seite alle gewonnenen Erfahrungen gedeutet werden können. Können die Erfahrungen nicht anhand des Kategorienschemas gedeutet werden, muss das System revidiert werden. Dabei bedient sich die spekulative Philosophie ausgehend von einer konkreten Erfahrung an deskriptiven Verallgemeinerungen. „Die daraus gewonnenen Prinzipien müssen sich dann wiederum an neuer Erfahrung bewähren. Durch eine solche Vorgehensweise möchte die spekulative Philosophie zu einer asymptotischen Annäherung an die Wahrheit gelangen“ (Müller, 2011, S. 264).

2.2.1 Grundlage der organismischen Philosophie

Wie Christian Thomas Kohl anmerkt (Kohl, o.D., S. 57), gibt Whitehead in seinem Werk *Denkweisen* einen Hinweis darauf, wie philosophische Auseinandersetzungen beginnen sollten. „Philosophie kann nichts ausschließen. Sie sollte folglich niemals mit einer Systematisierung beginnen. Ihr anfänglicher Zustand kann nur „Sammlung“ genannt werden. Das ist natürlich ein nie endender Prozess. Alles was erreicht werden kann, ist die Betonung einiger weniger umfangreicher Begriffe, zusammen mit der Erlangung einer Aufmerksamkeit für das Facettenreichtum anderer Ideen, die im Zusammenspiel eben dieser Begriffe hervortreten, die vorgängig ausgewählt worden sind“ (Whitehead, 2001, S. 47). Aus diesem Grund werde ich sowohl bei der Prozessphilosophie Whiteheads (Kap. 2.2) als auch bei Nāgārjunas Lehre der Mitte (Kap. 2.3) von einer umfassenden Systematisierung absehen und jeweils die bedeutenden Begriffe hinsichtlich der Forschungsfrage sammeln, um die dahinterliegenden Ideen anhand der „begrifflichen Zusammenhänge“ bzw. der „Mannigfaltigkeit ihrer Bedeutungszusammenhänge“ zu identifizieren (ebd., S. 46). Um im Sinne Whiteheads den größtmöglichen Grad von Allgemeinheit zu erreichen, werden die einbezogenen Ideen nicht auf einzelne Begriffe „festgenagelt“ (Kohl, o.D., S. 58), sondern das Feld derer Bedeutungszusammenhänge anhand von unterschiedlichen Begriffen abgesteckt (Whitehead, 2001, S. 46).

2.2.1.1 Facettenreichtum der Grundbegriffe

Nach den einleitenden Sätzen des Kapitels 2.2.1 kann der erste Begriff der Sammlung nur 'Zusammenhang' sein. Sowie Atome durch einen gemeinsamen Strukturzusammenhang verbunden sind (Kann, 2001, S. 187), stehen Daten eines Empfindungsprozesses in einem wechselseitigen Zusammenhang (Whitehead, 1987, S. 218). An einer anderen Stelle erwähnt Whitehead den Begriff 'Erfahrungszusammenhang' (ebd., S. 353). Die erfahrenen wirklichen Einzelwesen werden zur Einheit verbunden (ebd., S. 148) und durch die vielfältigen verwandten Beziehungen miteinander vereinigt (ebd., S. 138). Dabei ist die Verschiedenheit der getrennten Vielen mit der Identität des Einen verknüpft (ebd., S. 192). Die Einheit aus dem Vielen bzw. ein aus mehreren Komponenten zusammengesetztes System besteht aufgrund der genetischen Relationen seiner Elemente fort (ebd., S. 178). Da die Dinge unserer Welt miteinander zusammenzuhängen scheinen, haben Aussagen über einzelne Komponenten eines zusammenhängenden Systems nur eine geringe Interpretationsqualität (Kann, 2001, S. 108). Denn innere Relationen binden alle Realität und somit die Komponenten eines Systems aneinander (ebd., S. 209). Aus diesem Grund hängen alle Erfahrungen und wirklichen Ereignisse voneinander ab und sind mit ihrer realen Welt vernetzt (ebd., S. 196). Whitehead schreibt in diesem Kontext von einer universellen Bezogenheit der Erfahrungswirklichkeit (Whitehead, 1987, S. 32). Durch die Vernetzung des Universums kommt uns die Natur wie ein Geflecht organisch verbundener Wesenheit vor (Kann, 2001, S. 182). Dieses Geflecht wird auch als Beziehungsfeld (ebd., S. 183) oder Kraftfeld (ebd., S. 185) bezeichnet. In diesem Zusammenhang sind auch die Begriffe 'Kohärenz' und 'Nexus' bedeutend. Mit Kohärenz verbindet Whitehead den Zusammenhalt eines Systems (ebd., aus Whitehead 1958: 69, [S. 108), während ein Nexus sich aus dem Zusammenhang der einbezogenen wirklichen Einzelwesen und ihren wechselseitig erfassten Informationen ergibt (Whitehead, 1987, S. 421). Letztlich kann die Sammlung der in Verbindung mit dem Begriff 'Zusammenhang' stehenden Begriffe mit der Formulierung „einer offensichtlichen Verbundenheit des Universums“ zusammengefasst werden (Kann, 2001, S. 201).

Wie der Titel „Prozess und Realität“ erahnen lässt, ist 'Prozess' ein weiterer wesentlicher Begriff in Whiteheads organismischer Philosophie. Für Whitehead stellt die gesamte Welt ein Prozess dar, der das Werden von wirklichen Einzelwesen und wirklichen Erfahrungen kennzeichnet (Whitehead, 1987, S. 64). Demnach befindet sich alle Wirklichkeit in einem Prozess (ebd., S. 92). Kurzum: „Alles ist Prozess“ (Scheuer, 2011, S. 83). Dabei ist der Prozess nichts anderes als das erfahrende Subjekt selbst (Whitehead, 1987, S. 54). Auf der einen Seite leitet das subjektive Ideal des Subjekts den Prozess (ebd., S. 173) und auf der anderen Seite wird das Subjekt vom Prozess konstituiert (ebd., S. 175f.). Beide Vorgänge führen zur Einzigartigkeit eines wirklichen Einzelwesens (ebd., S. 282) und werden von einer universellen Kreativität getragen (ebd., S. 162). Demnach ist ein Prozess derjenige Grund, der das Universum vom getrennten Vielen zur verbundenen Einheit führt (ebd., S. 218).

Eben diesen Prozess nennt Whitehead Konkreszenz oder Konkretisierung (Whitehead, 1987, S. 390). „Die Konkretisierung entspricht einer Individualisierung des gesamten Universums“ (ebd., S. 309). An anderer Stelle bezeichnet er den Prozess als „das den Dingen *innewohnende* Fließen“ (ebd., S. 389), das zur Herstellung einer neuen Gemeinsamkeit beiträgt (ebd., S. 63). Das *äußere* Fließen der Dinge, also die Verschmelzung mit anderen Dingen, nennt er Übergang (ebd., S. 389). Während dieses Übergangs werden wirkliche Dinge von anderen, neuen wirklichen Dingen ersetzt (ebd., S. 102). Im Übergang von der Vergangenheit zur Gegenwart wird aus der Potentialität des Universums etwas Neues kreiert (ebd., S. 306f.). Im fließenden Übergang der Dinge offenbart sich der Prozess als eine unvermeidbare Kontinuität des Wirkens (ebd., S. 308). Das ganze Sein befindet sich folglich in einem Prozess des stetigen Werdens und Vergehens (Klose, 2011, S. 59).

Bevor in Whiteheads Kategorienschema eingeführt wird, können seine zwei grundlegenden Ideen festgehalten werden. Zum einen kreisen seine Begriffe um die Idee einer ganzheitlichen Verbundenheit des Universums. Demnach befinden sich alle Ereignisse, Dinge und Erfahrungen in einer wechselseitigen Abhängigkeit und sind aufgrund von Beziehungen miteinander verknüpft. Sie bilden ein organisch verbundenes Geflecht oder Beziehungsfeld, in dem Komponenten eines Systems zu einer Einheit verbunden sind. Zum anderen kreisen seine Begriffe um die Idee einer sich stetig verändernden Wirklichkeit. Demnach befinden sich alle Ereignisse, Dinge und Erfahrungen in einem Vorgang des Werdens und Vergehens. Es ist ein fließender Übergang vom Vielen zum Einen. Während dieses Prozesses realisiert sich das den vergangenen Ereignissen, Dingen und Erfahrungen innewohnende Potential zu etwas Neuem, noch nie vorher Dagewesenem.

2.2.1.2 Kategorienschema der Metaphysik

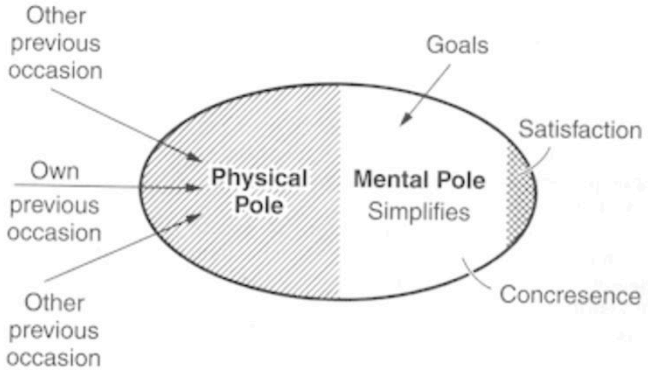
In Whiteheads Metaphysik ist 'Kreativität' das erste und unüberwindbare Prinzip, das als letzte Kategorie der Realität jenseits von allem steht (universal of universals). Die Kreativität ist die Einheit des Vielen und das Prinzip der ständigen, miteinander verbundenen Neuheit. „Aufgrund dieses elementaren Prinzips werden die *vielen*, die das Universum als trennendes verkörpern, zu dem *einen* wirklichen Ereignis, in dem sich das Universum als verbindenes darstellt“ (Whitehead, 1987, S. 62). Während der Vereinigung des Vielen entstehen wirkliche Ereignisse bzw. neue Einzelwesen.[13] Jedes wirkliche Einzelwesen unterscheidet sich von den anderen Vielen und befindet sich mit ihnen im Zustand der Getrenntheit. Ferner verläuft das Universum in einer ständigen Entwicklung vom Werden, weil immer neue Einzelwesen entstehen, zum Vergehen, weil Einzelwesen nach ihrem Entstehungsprozess entschwinden. Für Whitehead ist genau dieses Fortschreiten, von

[13]Wirkliche Einzelwesen (actual entity) oder auch wirkliche Ereignisse (actual occasion) sind komplexe und ineinandergreifende Erfahrungströpfchen und die letzten realen Dinge, aus denen die Wirklichkeit besteht. Vgl. (Whitehead, 1987, S. 57f.)

der Getrenntheit der vielen Verschiedenheiten zur Verbundenheit und Schöpfung des Neuen, das elementarste metaphysische Prinzip im Universum (Whitehead, 1987, S. 62f.).

Die wirklichen Einzelwesen stellen in Whiteheads Kosmologie die letzte Einheit der Wirklichkeit dar und können als einzelnes Ereignis der Erfahrung verstanden werden. Sie sind die wichtigste Klasse des Seienden. Wirkliche Einzelwesen werden von zwei Einflüssen bestimmt - ihrem physischen und ihrem geistigen Pol (Müller, 2011, S. 260). Der physische Pol bezieht sich auf den kausalen Einfluss der Umwelt, durch den das wirkliche Einzelwesen hervorgeht und durch den es andere wirkliche Einzelwesen erfasst. Doch das Werden eines wirklichen Einzelwesens ist nicht ausschließlich von seiner Umwelt determiniert. Der geistige Pol bezieht sich auf die Freiheit bzw. Spontanität sich selbst zu bestimmen, indem es seine gegebenen Möglichkeiten fühlt und zielgerichtet realisiert.[14] Erst durch das Wechselwirken der wirklichen Einzelwesen entsteht Raum, Zeit, Materie und Leben (Scheuer, 2011, S. 84). Wirkliche Einzelwesen sind damit der Grund, weshalb die Welt aus Prozessen besteht. Sie selbst sind der grundlegenste Prozess. Der Entstehungsprozess der wirklichen Einzelwesen bzw. die Konkreszenz[15] ist endlich und verläuft in mehreren Phasen - subjektives Ziel, Erfassen, Konkretisierung und Erfüllung.

Abbildung 10: Wirkliches Einzelwesen



Die Konkreszenz beginnt mit dem *subjektiven Ziel*, sich selbst überhaupt zu schaffen (Abb. 10: Goals). Hierfür *erfasst* das werdende Einzelwesen die bereits vergangenen Einzelwesen (Abb. 10: Other previous occasion). Jedes bereits vergangene Einzelwesen ist mitsamt seiner einzigartigen Erfahrung Potential für alle werdenden Einzelwesen. Je nach subjektivem Ziel werden entsprechend der Zielerreichung dienliche vergangene Einzelwesen ausgewählt (Abb. 10: Own previous occasion). Die in den Entstehungsprozess eingebundenen Erfahrungen der vergangenen Einzelwesen werden als

[14] „Durch die Bipolarität wird ein Dualismus cartesianischer Provenienz vermieden, denn jede[s] [wirkliche Einzelwesen] hat beide Pole. Das heißt, dass auch die Prozesse, die die Materie konstituieren, beide Pole haben, ebenso wie die Prozesse, die für unsere Geistestätigkeit zuständig sind. Es gibt also keine reine Materie und keinen reinen Geist, wie Descartes suggerierte.“ (Müller, 2011)

[15] Konkretisierung oder Konkretisierungsprozess (concrescence) bezeichnet den Werdeprozess von wirklichen Einzelwesen. Während des Prozesses nimmt das wirkliche Einzelwesen Bezug auf die vergangenen wirklichen Einzwelwesen und synthetisiert sich zu einem neuen, noch nie dagewesenen Einzelwesen. Vgl. (Whitehead, 1987, S. 58f.)

erfasste Informationen bezeichnet. Die werdenden Einzelwesen werden auf einer bestimmten Weise (Abb. 10: Concresence) - nämlich aus der einzigartigen Kombination der erfassten Informationen, die für die Realisierung einbezogen werden.[16] In der letzten Phase der Konkreszenz kommt das werdende Einzelwesen in einen komplexen Zustand des vollständigen Empfindens - der *Erfüllung* (Abb. 10: Satisfaction). In diesem Stadium des Entstehungsprozesses sind „die Relationen des Prozesses zum restlichen Universum [...] vollständig entschieden", womit das wirkliche Einzelwesen eine Synthese des gesamten Kosmos darstellt (Scheuer, 2011, S. 86).

Wir können die wirklichen Einzelwesen in ihrer Individualität allerdings nicht erfassen. Vielmehr sehen wir ihre abstrahierten Ganzheiten, die wir als Dinge, Gegenstände oder Objekte wahrnehmen. Whitehead nennt eine miteinander verbundene Gruppe wirklicher Einzelwesen *Nexus*. „Da jede[s] [wirkliche Einzelwesen] mit jede[m] anderen [wirklichen Einzelwesen] verbunden ist, ist die gesamte Wirklichkeit ein (sehr allgemeiner) Nexus" (Müller, 2011, S. 263). Wenn in einem Nexus ein gemeinsames Merkmal bzw. ein gemeinsames Formelement seiner ihn bildenden wirklichen Einzelwesen weitergeben wird, bezeichnet es Whitehead als *Gesellschaft* (Whitehead, 1987, S. 84). Gesellschaften sind demnach selbstorganisierende Anhäufungen wirklicher Einzelwesen. Beispiele für Gesellschaften sind Elektronen, Atome oder Moleküle. Jede selbstorganisierende Gesellschaft hat einen gewissen Grad an *Empfindung* und ein subjektives Ziel, das an all ihre Mitglieder vermittelt wird. Es können sich Gesellschaften innerhalb einer Gesellschaft bilden. Ein solcher Zusammenschluss formt hierarchische Strukturen. Während wirkliche Einzelwesen ganz unten in der Hierarchie stehen, steht Gott[17] an der Spitze. Hohe Gesellschaften wirken auf niedere Gesellschaften und umgekehrt. Es gibt wechselseitige Abhängigkeiten und Beeinflussungen zwischen allen Gesellschaften. Letztlich halten die aus den Wechselwirkungen von Gesellschaften entstehenden Hierarchien das Universum in Ordnung (ebd., S. 58).

2.2.2 Philosophische Erkenntnisse aus der organismischen Philosophie

Whitehead formulierte seine organismische Philosophie als metaphysische Alternative zum klassischen Wissenschaftsverständnis (Kap. 2.1.1). Im klassischen Weltbild wird von einer dauerhaften, dingfesten Substanz und damit einhergehend einer objektiven, absoluten Realität, die auch ohne unsere Existenz genau in derselben Weise obwalten würde. In der klassischen Sichtweise besteht das Universum aus grundlegenden, materiellen Bausteinen, die unabhängig voneinander sind. Sie

[16] Neben den wirklichen Einzelwesen (physisch erfasste Informationen) werden nach Whitehead auch *zeitlose Gegenstände* in den Entstehungsprozess eingebunden. Zeitlose Gegenstände werden auch 'reines Potential' genannt und sind begrifflich erfasste Informationen, die durch Gott vorausgesetzt werden. (Müller, 2011, S. 261)

[17] „Die Prozessphilosophie beinhaltet einen metaphysischen Gottesbegriff. Die damit beschriebene göttliche Instanz wird in einer prozesshaften Hinordnung auf die Welt gedacht. Dabei ist zu beachten, dass der Gottesbegriff [...] ein Grenzbegriff ist. Analog zu den weltlichen [wirklichen Einzelwesen] ist auch Gott in metaphysischer Perspektive letztlich bipolar zu denken. Somit unterscheidet Whitehead in der göttlichen Natur zwei Aspekte (Pole): die Urnatur (primordial nature) [und] Folgenatur (consequent nature)" (ebd., S. 261f.).

unterliegen deterministischen Gesetzen der Natur und verhalten sich innerhalb des Naturdeterminismus wie Rätchen in einer Maschinerie. Whitehead grenzt sich mit seinem ganzheitlichen Ansatz insofern von den klassischen Standpunkten ab, als dass er auf ontologischer Ebene die unveränderliche Substanz gegen fortlaufende Prozesse austauscht. Verstehen wir die elementarste Ebene der Wirklichkeit prozessartig, erhalten wir ein Wirklichkeitsverständnis, das einem Geflecht wechselseitiger Beziehungen und Abhängigkeiten ähnelt. Die Welt besteht aus einer Vielzahl von Ereignissen, die in vielfältigen und komplexen Beziehungen zueinander stehen. Wie ein bestimmtes Ereignis eintritt, hängt von seinen Beziehungen zu vergangenen Ereignissen ab. Da sich das Universum im kontinuierlichen Wandel wechselseitiger Abhängigkeit befindet, kann es keine grundlegenden Bausteine des Universums, keine unteilbaren Teilchen, unabhängigen Objekte oder feste Materie geben. Die Materie selbst ist ein Ergebnis von Prozessen. Whitehead lehnt es daher ab, Objekte unabhängig voneinander zu betrachten und ihnen verschiedene, dauerhafte Identitäten zu geben. Da sich alles in einem fortwährenden, voneinander abhängigen Prozess der Veränderung befindet, können sie nicht voneinander getrennt betrachtet werden. Folglich existiert es sowohl das Individuum im Vielen als auch die Einheit im Ganzen. Letztlich hat sich Whitehead gegen das wissenschaftliche Paradigma des Determinismus gewährt. In seiner Vorstellung gibt es keine vorbestimmte Zukunft, die sich aus den ewigen und unveränderlichen Gesetzen der Natur ableitet. Was wir die Naturgesetze nennen, sind nur beobachtete Regelmäßigkeiten, die als konstant wahrgenommen werden. Whiteheads bipolares Wirklichkeitsverständnis führt an den deterministischen Naturgesetze vorbei und ebnet den Weg zur Selbstdeterminierung. Durch den subjektiven Charakter jeder Entität (geistiger Pol) wirkt neben den kausalen Regelmäßigkeiten des Universums (physischer Pol) eben auch das empfindsame Subjekt mit seinen individuellen (wirkliche Einzelwesen) oder kollektiven (Nexus) Zielen. Für die Selbstdeterminierung der Subjekte tritt anstelle des Materiebegriff das Bewusstsein.

2.3 Nāgārjunas Lehre der Mitte

Nāgārjuna (2. - 3. Jhr. n. Chr.) war ein buddhistischer Philosoph, der mit seinem Hauptwerk „mūlamadhyamakakārikā“ (MMK) die Lehre des Mittleren Weges (Madhyamaka) begründete und mit diesem Werk eines der heiligen Schriften des Mahāyāna-Buddhismus verfasste (Nagarjuna, 2010, S. 97). Seine Lehre „stellt einen spirituellen und philosophischen Weg dar, der extreme metaphysische Konzepte vermeiden möchte, ganz besonders die Konzepte des substantiellen Denkens in ihren objektivistischen und subjektivistischen Formen“ (Kohl, 2015, S. 91). Nāgārjuna schrieb das MMK in Sanskrit. Anschließend wurde die Schrift ins Tibetische, Indische und Chinesische übersetzt und erst vor wenigen Jahrzehnten ins Englische, Französische und Deutsche (ebd., S. 91). Hinzu kommt, dass Nāgārjunas Hauptwerk sehr viel Interpretationsspielraum gibt. Lutz Geldsetzer merkt im Vorwort des MMK an, dass „[Nāgārjunas] Prämissen [...] nicht leicht zu erkennen [sind]. Er

deutet [die Prämissen] an oder führt durch Fragen zu ihnen hin, so daß der Leser sie durch eigene Anstrengung finden soll und muß. [...] [E]s lädt [...] zu vielerlei divergierenden Interpretationen und Mißverständnissen ein, die seine Schrift zu einem sehr auslegungsfähigen [...] Klassikerwerk gemacht haben“ (Nagarjuna, 2010, S. IXf.). Die Darlegung Nāgārjunas Philosophie orientiert sich stark an der aus meiner Sicht schlüssigen Deutung von Kohl. Auf der Grundlage des aus dem Chinesisch übersetzten Texts des MMK von Geldsetzer (ebd.) und der umfassenden Zusammenstellung der Lehre der Mitte von Kohl (Kohl, 2015) betrachten wir zunächst das Facettenreichtum Nāgārjunas zentraler Begriffe 'pratītyasamutpāda' und 'śūnyatā'. In einem zweiten Schritt wird anhand der umrissenen Begriffe das Wirklichkeitsverständnis Nāgārjunas entwickelt.

2.3.1 Grundlage des Wirklichkeitsverständnisses

Wie in Kapitel 2.2.1 erwähnt, beginnen wir die Annäherung an Nāgārjunas Philosophie mit der Sammlung seiner Grundbegriffe - pratītyasamutpāda und śūnyatā. Pratītyasamutpāda wird mit abhängiges oder bedingtes Entstehen übersetzt und deutet auf die wechselseitige Abhängigkeit aller Dinge hin (ebd., S. 92). Śūnyatā verweist auf die Substanzlosigkeit der Dinge, die weder ein beständiges Sein haben noch unabhängig von anderen Dingen entstehen und existieren können (ebd., S. 131).

2.3.1.1 Facettenreichtum der Grundbegriffe

Abhängiges Entstehen - Nāgārjuna expliziert den Begriff pratītyasamutpāda in seinem Hauptwerk MKK anhand diverser Gleichnissen.[18] Die Gleichnisse beziehen sich auf die Erscheinungen[19] in unserer Welt. Nāgārjuna versteht unter 'Erscheinung' alles Wahre, alles Falsche, alles Wahr-Falsche und alles, was weder wahr noch falsch ist (Nagarjuna, 2010, Kap. 18.8).[20] Alle Erscheinungen entstehen und existieren ausschließlich in Abhängigkeit von anderen Erscheinungen (ebd., Kap. 24.19). Betrachten wir das Gleichnis des Gehens.

[18] Da MKK in Kapiteln und Versen verfasste ist, verzichte ich auf die Angabe der Seitenzahl und verweise direkt auf das entsprechende Kapitel.

[19] Das Wort 'Erscheinungen' wurde manchmal mit 'dharma' übersetzt. Dharma steht in diesem Kontext für alle empirischen Objekte der Welt verwendet. In anderen Kontexten kann es sowohl als religiöse Pflicht als auch für die buddhistische Lehre selbst verstanden werden. Vgl. (Kohl, 2015, S. 300)

[20] Hier wird auf das Tetralemma der analytischen Philosophie eingegangen. Aristoteles nutze es, um Aussagen über die Ursache zu analysieren: Formursache, materielle Ursache, Wirkursache, Zweckursache. Nāgārjuna war in Kenntnis des Tetralemmas und wendete es in seinem Hauptwerk MMK an. Vgl. (ebd., S. 56ff.) und (Nagarjuna, 2010, S. 109f.)

Abbildung 11: Gleichnis des Gehens



Getrennt vom Gehen können wir uns den Gehenden nicht vorstellen (Nagarjuna, 2010, Kap. 2.6). Wäre das Gehen vom Gehenden unabhängig (ebd., Kap. 2.7), dann würde der Gehende nicht gehen (ebd., Kap. 2.8). Somit sind das Gehen und der Gehende nicht verschieden; dasselbe sind sie jedoch auch nicht (ebd., Kap. 2.12). Doch in welcher Beziehung befinden sich das Gehen und der Gehende? Anscheinend können wir weder vom Gehen auf den Gehenden noch vom Gehenden auf das Gehen schließen (ebd., Kap. 2.22). Auch unter Einbeziehung der gegangenen Strecke ist für Nāgārjuna keine Erklärung zu finden (ebd., Kap. 2.24). Betrachten wir das Gleichnis des Brennens.

Abbildung 12: Gleichnis des Brennens



„Würde etwas anderes als Brennbares brennen, dann gäbe es Brände ohne Brennstoff“ (ebd., Kap. 10.1). Somit müssten jederzeit Brände unabhängig vom Brennbaren entstehen und das Feuer würde flammen, ohne etwas zu verbrennen (ebd., Kap. 10.2). Insofern kommen Brände nur dann vor, wenn Brennbares brennt (ebd., Kap. 10.14). Auf der einen Seite wissen wir jedoch, dass Brände nicht unmittelbar aus etwas Brennbaren entstehen, da nicht alles Brennbare ständig brennt. Auf der anderen Seite wissen wir auch, dass das Brennbare nicht unmittelbar aus Bränden entsteht (ebd., Kap. 10.12). Und auch beim Gleichnis des Brennens finden wir keine ursächlichen Erklärungen, in welcher Beziehung das Brennbare und der Brand stehen. Nāgārjuna meint, dass sich sowohl die

Erscheinung des Brennens als auch die des Gehens gleich verhalten (Nagarjuna, 2010, Kap. 10.14) und jede andere Erscheinung in derselben Weise analysiert werden kann (ebd., Kap. 8.12).

Zusammengefasst vermitteln uns die Gleichnisse das Bild unterschiedlicher, wahrgenommener Erscheinungen, die in einer wechselseitigen Abhängigkeit zueinanderstehen. Nāgārjuna folgert, dass die Erscheinungen trotz ihrer offensichtlichen Abhängigkeit weder Dasselbe noch etwas Verschiedenes sind (ebd., Kap. 21.9). Die Erscheinungen fallen nicht in sich zusammen (ebd., Kap. 8.7) und fallen nicht auseinander (ebd., Kap. 2.21). Demnach handelt es sich nach Nāgārjuna nicht um *zwei* Erscheinungen, sondern um *eine* Erscheinung. Die Erscheinung ist weder aus sich selbst heraus verbunden noch verknüpft sie Erscheinungen miteinander (ebd., Kap. 14.8). „Wäre das Verbundene eines, dann müßte die Verbindung außerhalb der Teile sein. Wäre das Verbundene verschieden, müßte die Verbindung auch außerhalb der Teile sein“ (ebd., Kap. 6.5). Die für uns getrennt wahrgenommenen Erscheinungen sind in Wirklichkeit eine einzige Gesamterscheinung (ebd., Kap. 11.7). Demnach kann die Beschreibung einer Vereinigung oder Nicht-Vereinigung „zweier“ wahrgenommener Erscheinungen nicht zutreffen (ebd., Kap. 6.10). Ausgehend von dieser Einsicht schließt Nāgārjuna, dass die beispielhaften Begriffe Gehen, Gehender, gegangene Strecke sowie Brennstoff, Brennbares, Brand, usw. gänzlich ungeeignet für die Beschreibung der Wirklichkeit sind (ebd., Kap. 2.25).

Substanzlosigkeit (śūnyatā) - Nāgārjuna stellt mit seinen Gleichnissen nicht nur das abhängige Entstehen und Existieren der Erscheinungen dar (pratītyasamutpāda), sondern auch ihren substanzlosen Charakter (śūnyatā). Aufgrund des abhängigen Entstehens und der wechselseitigen Abhängigkeit aller Erscheinungen haben weder die Erscheinungen noch vermeintliche Ursachen eine Substanz (ebd., Kap. 1.1). Denn während die Erscheinungen keine Seinsmerkmale besitzen (ebd., Kap. 1.10), existieren keine Erscheinungen, die von anderen Erscheinungen verursacht wurden (ebd., Kap. 1.10). Betrachten wir das Gleichnis der Geburt und des Sterbens.

Abbildung 13: Gleichnis der Geburt und des Sterbens



Grundsätzlich geht Nāgārjuna davon aus, dass die Geburt kein Anfang und das Sterben kein Ende ist (ebd., Kap. 11.1). Da es weder ein Anfang noch ein Ende gibt und die Definition einer Mitte

obsolet ist, gibt es auch kein gemeinsames Vorher und Nachher (Nagarjuna, 2010, Kap. 11.2). Nähmen wir an, die Geburt käme vorher und das Sterben nachher, dann würde es keinen Alterungsprozess geben. Nach Nāgārjuna würde das Leben konsequenterweise nicht altern und sterben können (ebd., Kap. 11.3). Ferner weist er auf das unaufhörliche Werden und Vergehen hin, das alle Erscheinungen durchlaufen. „Jeder einzelnen Erscheinung kommen die Merkmale von Altern und Sterben gemeinsam zu. Schließlich hat man niemals Erscheinungen gesehen, die bestehen bleiben ohne zu altern und zu sterben“ (ebd., Kap. 7.25). Letztlich unterstreicht er, dass sowohl das Verbringen der Lebenszeit als auch das Altern und Sterben aufgrund von pratītyasamutpāda ursachelos sind (ebd., Kap. 11.5). Betrachten wir das Gleichnis des Leidens.

Abbildung 14: Gleichnis des Leidens



Wie bei allen anderen Erscheinungen kann auch bei der Erscheinung des Leidens die Substanzlosigkeit identifiziert werden. Für Nāgārjuna scheint der Gedanke des substanzlosen Leids trivial zu sein. Hätte das Leid eine Substanz, dann dürfte es nicht vergehen (ebd., Kap. 24.23). „Wie gäbe es Leiden, die nicht in Abhängigkeit zu anderen Erscheinungen entstehen? Der Sinn der Leiden liegt ja in ihrer Unbeständigkeit. Als bestimmte Substanzen wären sie niemals unbeständig“ (ebd., Kap. 21.21). Da das Leiden nicht kontinuierlich und unveränderlich erscheint (ebd., Kap. 24.26), muss das Leiden substanzlos sein und aus der wechselseitigen Abhängigkeit entstehen (ebd., Kap. 24.22). Doch was genau meint Nāgārjuna mit der Unbeständigkeit der Erscheinungen?

Kurzum, dürften sich substantielle, dauerhaft bestehende, unabhängige und aus selbst heraus existierende Erscheinungen nicht verändern oder vergehen (ebd., Kap. 15.8). Weil alle Erscheinungen fortlaufend anders sind, müssen sie substanzlos sein (ebd., Kap. 2.24). Aus diesem Grund kann es auch keine substantiellen Bausteine geben, aus denen die Welt zusammengesetzt ist. Jene dürften nicht entstehen oder vergehen. Sie müssten beständig bleiben und unzerstörbar sein (ebd., Kap. 24.38). Da wir uns solche Erscheinungen nicht vorstellen können, erübrigen sich jegliche Spekulationen (ebd., Kap. 25.24). Zusammenfassend erklärt Nāgārjuna, dass die Erscheinungen aufgrund des abhängigen Entstehens weder unterbrochen noch beständig sein können (ebd., Kap. 21.14). In derselben Weise

wie kein Lebewesen ewig dauerhaft ist, sind es auch nicht die Erscheinungen der Welt (Nagarjuna, 2010, Kap. 16.1).

2.3.1.2 Prinzipien des Mittleren Weges

Die Lehre der Mitte umfasst im Wesentlichen zwei Ideen - das abhängige Entstehen (pratītyasamutpāda) und die Substanzlosigkeit (śūnyatā). Zusammengefasst können Erscheinungen aufgrund ihrer Abhängigkeit zu anderen Erscheinungen nicht substantiell sein (Kap. 24.19). Da sich alle Erscheinungen in einem Veränderungsprozess (Kap. 2.24) von Werden und Vergehen (Kap. 15.8) sowie von Geborenwerden und Sterben befinden (Kap. 16.11), können die Erscheinungen keine ewig bestehenden (Kap. 21.14), unveränderlichen (Kap. 7.25), von anderen Erscheinungen unabhängigen (Kap. 21.14), durch sich selbst existierenden Substanzen sein (Kap. 1.1). Die uns unabhängig vorkommenden Erscheinungen sind weder dasselbe noch etwas Verschiedenes (18.11). Sie fallen nicht in sich zusammen (Kap. 8.7) und nicht auseinander (Kap. 2.21). Da es sich um *eine einzige* Gesamterscheinung handelt (Kap. 11.7), sind es keine zwei miteinander verbundenen Entitäten (Kap. 14.8). Schließlich existieren die scheinbar gegensätzlichen Erscheinungen bzw. vermeintlichen Komponenten eines Systems „nicht isoliert, aus sich selbst heraus, sie sind nicht identisch miteinander und sie sind nicht unabhängig voneinander“ (Kohl, 2015, S. 132).

Um die Konturen der Lehre des Mittleren Weges noch feiner zu zeichnen, sollen mutmaßliche Fehldeutungen des MMK als Reflexionsfläche für ein klares Verständnis der „wirklichen“ Lehre Nāgārjunas genutzt werden. Aufgrund des weiten Interpretationsspielraums trugen sich zahlreiche „Fehldeutungen“ sowohl in indischen als auch modernen Übersetzungen zu (ebd., S. 95). Beispielsweise deutet der Buddhologe Lambert Schmithausen die Idee der Substanzlosigkeit in der Weise, dass alle Erscheinungen unwirklich seien. „Das Zustandekommen in Abhängigkeit von anderem läuft somit auf [In-Wahrheit] Nichtzustandekommen, auf [In-Wahrheit] Nichtexistieren hinaus, die Eigenwesenlosigkeit [nihsvabhāvatā] auf śūnyatā im Sinne von Nichtigkeit“ (aus Lambert Schmithausen 1998: 629.; ebd., S. 95). Kohl widerspricht der These: „Es ist eine unzulässige Verallgemeinerung, diesen Begriff, der die Substanzlosigkeit und die Abhängigkeit der Gegebenheiten bezeichnet und ihnen einen festen, unwandelbaren Kern, ein eigenes Sein und eine unabhängige Substanz, die durch sich selbst besteht, abspricht, anschließend auf die ganze Existenz auszudehnen und das Dasein in seiner einfachen Tatsächlichkeit in Abrede zu stellen“ (ebd., S. 96). „Wenn Nāgārjuna vom Entstehen und von der Existenz der Dinge spricht, meint er also das substantielle Entstehen und die unveränderliche dauerhafte, beständige, unabhängige Existenz der Dinge. Nāgārjuna weist nur das substantielle Entstehen und die ewige Existenz der Dinge zurück, nicht ihr empirisches Entstehen und ihre empirische Existenz“ (ebd., S. 99). Śūnyatā bedeutet demnach nicht die Nichtexistenz aller Erscheinungen, sondern ihr fehlendes eigenes Sein.

Dieses Verständnis ist fundamental wichtig, um den Weg zur letzten Wirklichkeit zu finden. Als Begründer des Mahāyāna-Buddhismus weist Nāgārjuna mit seiner Lehre der Mitte einen Weg, um hinter die mentalen Denkschemata zu treten und die Wirklichkeit in ihrer Vollkommenheit wahrzunehmen. Herunter gebrochen beschreibt er den Weg zur letzten Wirklichkeit in fünf Schritten - (1) śūnyatā, (2) śūnyatā-śūnyatā, (3) Tetralemma (śūnyatā), (4) nirvāna als unabhängige Wirklichkeit und (5) Konzeptfreie Wirklichkeit (Kohl, 2015, S. 137).

(1) Im ersten Schritt geht es Nāgārjuna um einen Wirklichkeitsbegriff, der aus den vorgestellten Ideen pratītyasamutpāda und śūnyatā resultiert. Wie wir gesehen haben, existieren Erscheinungen (Gegebenheiten, Dinge, Begriffe, u.ä.) nicht als unabhängige Komponenten, sondern als zusammenhängende Gesamterscheinung. Demnach sind alle Erscheinungen substanzlos. (2) Doch nicht nur die Erscheinungen sind substanzlos. Auch der Begriff śūnyatā ist substanzlos. Selbst die Substanzlosigkeit muss, genauso wie alle anderen Erscheinungen, abhängig von anderen Erscheinungen sein und kann nicht ewig, unveränderbar und aus sich selbst heraus existieren (Kap. 14.18). Da die letzte Wirklichkeit nicht von den mentalen Schemata erfasst werden kann und wir jene Denkschemata trotzdem produzieren, braucht es den Begriff śūnyatā, um sich der Wirklichkeit zu nähern (Kap. 22.15). Demnach ist die Substanzlosigkeit substanzlos (śūnyatā-śūnyatā). (3) Das nächste Wirklichkeitsverständnis lässt sich nicht mehr mit Begriffen erklären (ebd., S. 138). Nāgārjuna wendet das Tetralemma auf den Begriff śūnyatā an und folgert, dass die Wirklichkeit nicht substanzlos, nicht nicht-substanzlos, beides oder keines von beiden ist (Kap. 22.11). Demnach wird selbst die Substanzlosigkeit mit einer vierfachen Verneinung abgelehnt. (4) Im vierten Schritt schreibt Nāgārjuna überraschenderweise vom nirvāna als etwas Unbewirktes und Unabhängiges. Da nach dem abhängigen Entstehen (pratītyasamutpāda) alles in wechselseitiger Abhängigkeit voneinander ist, scheint die Aussage zunächst widersprüchlich. Doch Nāgārjuna erklärt, dass uns die wahrgenommenen Erscheinungen, die dem abhängigen Entstehen und somit dem Werden und Vergehen unterliegen, sich in samsāra[21] ereignen. Nehmen wir das abhängige Entstehen nicht mehr wahr, ereignen sich die Erscheinungen im nirvāna (Kap. 25.9). Das heißt nicht, dass nirvāna im substantiellen Sinn unabhängig ist, sondern unser Bewusstsein in einen Zustand kommt, der unabhängig von extremen Denkweisen und ihren Konzepten ist - frei von jedweder Substanz. Demnach sind auch pratītyasamutpāda und śūnyatā abhängige Begriffe, von denen wir uns lösen müssen, um die letzte Wirklichkeit wahrzunehmen. (5) Den letzten Schritt erreichen wir weder durch Denken noch durch sinnliches Wahrnehmen. Die letzte Wirklichkeit erreichen wir mit der yogischen Wahrnehmung, die nur vom Erwachen (bodhi) abhängig ist (ebd., S. 140). Sie befindet sich hinter allen Worten, Begriffen, Konzepten und Ideen. In Eintracht mit der buddhistischen Lehre sind wir im Zustand der yogischen Wahrnehmung frei von Anhaftungen, Leidenschaften und

[21] Samsāra und nirvāna sind ein und dieselbe Welt, aber verweisen auf unterschiedliche Bewusstseinszustände. Erfahren wir die „leidvolle“ Welt, befinden wir uns im Bewusstseinszustand 'samsāra'. Erfahren wir die Wirklichkeit außerhalb unserer Konzepte, befinden wir uns im Bewusstseinszustand 'nirvāna' (wobei es in der yogischen Wahrnehmung kein Konzept von nirvāna mehr gibt). Vgl. (Nagarjuna, 2010, S. 102f.)

Bindungen. „In dem Moment des Erwachens ist auch nicht mehr von pratītyasamutpāda, śūnyatā, nirvāna und Philosophie die Rede. In der Erleuchtung nimmt der Geist die Wirklichkeit wahr, mit der er untrennbar verbunden ist“ (Kohl, 2015, S. 140).

Letzten Endes lässt sich die Lehre der Mitte am deutlichsten mit Nāgārjunas Widmung an Buddha im MKK zusammenfassen. Wie Kohl zeigt, führten die Überlieferungen mit all ihren Übersetzungen zu unterschiedlichen Worten und Begriffen, die für die Ideen Nāgārjunas verwendet wurden (ebd., S. 139). Da sich alle von Kohl vorgestellten englischen als auch deutschen Übersetzungen inklusive meiner vorliegenden Übersetzung aus dem Chinesischen unterscheiden, verfasse ich die Widmung Nāgārjunas an Siddhārtha Gautama (Buddha) in verständlichen und hinsichtlich der vorliegenden Arbeit einheitlichen Worten:

Ihn, den völlig Erwachten, den besten aller Lehrer, verehre ich, der die verheißungsvolle, alle Konzeptualisierung auflösende Lehre vom abhängigen Entstehen verkündete, die bedeutet: Weder Entstehen noch Vergehen, weder Beständigkeit (Diskontinuität) noch Unterbrechung (Kontinuität), weder Einheit (Identität) noch Vielheit (Nicht-Identität), weder Kommen (Vergangenheit) noch Gehen (Zukunft).[22]

2.3.2 Philosophische Erkenntnisse aus der Lehre der Mitte

Nāgārjuna weist mit seiner Lehre der Mitte und seinen Begriffen pratītyasamutpāda und śūnyatā „extreme“ Denkschulen zurück. Besonders unter Kritik steht das substantielle Denken. Während der Substantialismus von unabhängigen, unveränderlichen, dauerhaft bestehenden, aus sich selbst heraus existierenden Erscheinungen ausgeht, die der Daseinsgrund aller anderen Erscheinungen ist, postuliert Nāgārjuna die Substanzlosigkeit aller Dinge. Die Substanzlosigkeit wird durch das Erkennen ihrer wechselseitigen Abhängigkeit erklärt. Dabei handelt es sich nicht ausschließlich um physisch-materielle Dinge, sondern ebenso um Ideen, Konzepte und Begriffe. Weil Nāgārjuna neben den materiellen Dingen auch den immateriellen Dingen (Begriffe, Ideen) Substanzlosigkeit unterstellt, wird nicht nur den substantielle und materialistischen Positionen die Grundlage genommen, sondern auch den idealistischen Positionen philosophischer Denkschulen. Doch mit seiner Lehre weist er nicht nur philosophische Positionen zurück. Er übt außerdem Kritik an dem dualistischen Denken. Da unsere mentalen Denkschemata nicht das abhängige Entstehen (pratītyasamutpāda) berücksichtigen, nehmen wir die Welt in unabhängig voneinander existierenden Objekten wahr, die isoliert für sich alleine stehen. Beispielsweise erleben wir unser eigenes Selbst in Abgrenzung zu anderen Menschen. Andere Menschen nehmen wir wiederum unabhängig von ihren Mitmenschen wahr. Mit anderen Worten erleben wir uns isoliert von unserer „Um“-welt. Wir sehen weder ihre

[22] Vgl. (Nagarjuna, 2010, S. 3) und (Kohl, 2015, S. 139)

Verbundenheit noch ihre wechselseitigen Abhängigkeiten. In Nāgārjunas Worten geschrieben, fallen die Objekte der Realität auseinander. An dieser Stelle knüpft das dualistische Denken an. Wir geben den scheinbar unabhängigen Objekten abstrakte Reflexionsbegriffe (Kohl, 2015, S. 151), teilen sie in verschiedene Komponenten ein (ebd., S. 132) und vereinfachen die komplexe Wirklichkeit mit all ihrer wechselseitigen Verbundenheit zu für uns greifbare und handfeste Dinge oder Begriffe. Nāgārjuna löst sich von solchen Abstraktionen, indem er das Zusammenwirken von Dingen und ihre wechselseitige Abhängigkeit erkennt. Da wir die Wirklichkeit mithilfe von Sprache und der daraus entstehenden abstrakten Konzepte (Begriffe, Definitionen, Beschreibungen, Ideen, u.ä.) „verarbeiten“ und aufbereiten, zeigt seine Philosophie einen möglichen Weg auf, die letzte Wirklichkeit zu erfahren. Ebendiese Wirklichkeit liegt hinter unseren Gedanken und sinnlichen Wahrnehmungen. Es ist ein Bewusstseinszustand, der die Trennung von geistiger und materieller Welt überwindet und die unmittelbare Wirklichkeit erlebt.

3 Wissenschaftstheoretische Annahme der Relationalität

Im Diskussionsteil der Arbeit werden die dargelegten Grundlagen der Quantenphysik, Whiteheads Prozessphilosophie und Nāgārjunas Lehre der Mitte zusammengetragen und hinsichtlich der wissenschaftstheoretischen Annahme der Relationalität erörtert. Es wird der Frage nachgegangen, ob die Relationalität eine Grundlage für neues Denken ist. Um die sehr komplexen Themenbereiche zugänglich aufzubereiten, dient eine kurze historische Entwicklung des substantiellen und relationalen Denkens zur Kontextualisierung der drei Ansätze. Anschließend werden die Quantenphysik, die Prozessphilosophie und die Lehre der Mitte anhand ihrer relationalen Gesichtspunkte diskutiert. Ausgangspunkt der Diskussion ist das von Tobias Künkler herausgearbeitete Verständnis von Relationalität. Künkler hat sich in seiner Arbeit „Die Relationalität menschlicher Existenz: Versuch einer (kategorialen) Systematisierung“ (2017) mit dem aktuellen Forschungsstand der Relationalität als wissenschaftstheoretisches Verständnis auseinandergesetzt und die einschlägigen Beiträge und Theorien hinsichtlich dieser Thematik zusammengetragen. Er resümiert, dass die Relationalität in vielen Geistes- und Sozialwissenschaften an Wichtigkeit gewonnen hat und eine Theorieentwicklungsrichtung vom substantiellen hin zum relationalen Denken zu beobachten ist (Künkler, 2017, S. 67). Ebenso wie in Kapitel 2.1 beschrieben, datiert Künkler das Umdenken in den Wissenschaftsdisziplinen auf den Beginn des 20. Jahrhunderts (ebd., S. 68). Die Physik kann ausschlaggebend dafür verantwortlich gemacht werden, warum das mechanische Weltbild des 19. Jahrhunderts radikal in Frage gestellt wurde. Während die Subtanz um ihren Platz als ontologischen Primat bangt, rückt die Relation sukzessiv an ihre Stelle.

3.1 Historische Entwicklung von der Substanz zur Relation

Künkler erkennt, dass die Aufmerksamkeit auf die wissenschaftstheoretische Annahme der Relationalität eine Möglichkeit bietet, neben dem substantiellen auch das dualistische Denken zu überwinden (ebd., S. 67). Wie oben bereits angemerkt wurde (Kap. 2.1.1.3), begleitet das dualistische Denken seit der Antike die Philosophiegeschichte. Der Dualismus von Subjekt und Objekt, Geist und Materie, usw. führte zu einer unüberwindbaren Trennung der jeweiligen Komponenten. Sie wurden als unabhängig voneinander entstehende Entitäten gedacht. Von dieser Denkweise beeinflusst, sorgte Aristoteles mit seiner systematischen Unterscheidung von Substanz und Akzidenz für den Aufstieg der Substanz zum ontologischen Primat. Die Kategorie der Relation wurde der Akzidenz zugeordnet und erhielt in der westlichen Philosophie keine wesentliche Bedeutung (ebd., S. 68). Damit stand das substantielle Denken im Zentrum der europäischen Metaphysik. Wie wir in den vorangegangenen Kapiteln gesehen haben, ist „für die traditionelle Metaphysik [...] eine unabhängige Substanz oder ein eigenes Sein etwas, das unveränderlich, sich selbst ewig gleich, noch nichts anderem abhängig,

durch sich selbst existierend ist. Substanz oder eigenes Sein ist der Daseinsgrund für alles andere, es ist die immaterielle Grundlage der Welt, in der wir leben“ (Kohl, 2015, S. 59).

Doch substantielle Entitäten stellten nicht nur in der europäischen Philosophie die immaterielle Grundlage der Welt dar. Auch in traditionellen indischen Denkschulen gab es vergleichbare Schlüsselbegriffe wie tattva (Realität), dharma (Objekte, Gegebenheiten, Phänomene), sarga (Gott als Ursprung der Schöpfung), ātman (Selbst), brahman (Geist).[23] Sie galten als die ewigen, absoluten, aus sich selbst heraus existierenden Grundlagen und Ursprünge der Welt (ebd., S. 66). Sie veranlassten Nāgārjuna eine Denkschule zu begründen, die jene extreme Positionen zurückweist und eine Philosophie des Mittleren Weges einschlägt. Nāgārjuna war der Ansicht, dass die Dinge der Welt (dharma) substanzlos seien und unsere Begriffe und Konzepte aufgrund ihrer fehlenden physikalischen Existenz nur eine geringe Bedeutung hinsichtlich der Wirklichkeit haben. Da die Dinge und Begriffe in Abhängigkeit entstehen und existieren (pratītyasamutpāda), kann es keine unabhängige Substanz (śūnyatā) geben. Die Erscheinungen befinden sich in ständiger Veränderung und in einem Prozess von Werden und Vergehen. Im fließenden Prozess der Veränderung gibt es keine ewigen, unabhängigen, unveränderlichen oder unterbrochenen Phänomene. Die grundlegende Wirklichkeit besteht für Nāgārjuna „aus einem Zusammenspiel von Systemen, deren Bestandteile weder identisch sind, noch auseinanderfallen“ (ebd., S. 68). Nāgārjuna stellte mit seiner Lehre der Mitte einen ersten umfassende Gegenentwurf zum substantiellen Denken vor, der von einem relationalen Wirklichkeitsverständnis ausging.[24]

Während Nāgārjuna Lehre in europäischen Philosophenkreisen ungelesen blieb, entwickelte sich der Substanzbegriff in Europa unbeirrt weiter (ebd., S. 142). Während Peter Abaerlard (1079 - 1142) unter Substanz stets das Einzelding verstand, ist für Johannes Scout Eriugena (1266 - 1308) dasjenige Substanz, das durch sich selbst besteht und nichts Zugrundeliegendes braucht. Thomas von Aquin (1225 - 1274) beschrieb die Substanz als eine Wesenheit, die durch sich selbst ist. Für René Descartes (1556 - 1650) wiederum ist das unabhängige Existieren substantiell. Auch wenn seit der von Kant eingeleiteten Kopernikanischen Wende die Metaphysik in der modernen Welt an Bedeutung verloren hat, „sind die zentralen Begriffe der traditionellen Metaphysik, wie Sein, Substanz, Wirklichkeit, etc. durch die substantiellen Denkweisen moderner platonischer Naturwissenschaftler ersetzt worden, nach denen nun Atome, Elementarteilchen, Energie, Kraftfelder, Naturgesetze, Symmetrien, Denkmodelle oder Informationen der Daseinsgrund für alles andere sein sollte“ (ebd., S. 59). Das substantielle Denken festigte sich in der Sprache und wirkte auf die abstrakten Beschreibungen der Wirklichkeit. Die Naturwissenschaftler des 18. und 19 Jahrhunderts wurden demgemäß bei der Mathematisierung

[23] Vgl. (Nagarjuna, 2010, S. X) und (Kohl, 2015, S. 66)

[24] An der Stelle sollen die holistischen Versuche von Parmenides und Heraklit nicht unerwähnt bleiben. Der Holismus verbindet zwei untrennbare Gegensätze zur Einheit. In einer solchen vereinheitlichten Identität lassen sich die zwei ausschließenden Gegensätze als Dasselbe erkennen. Allerdings gelang es weder Parmenides noch Heraklit über die Feststellung eines Zusammenhangs hinauszukommen. Sie konnten nicht erklären, wie die gegenseitige Abhängigkeit der Komponenten wirkt oder entsteht. Vgl. (ebd., S. 227f.)

und Modellierung der Wirklichkeit von der substantiellen Denkweise geprägt. Erst am Anfang des 20. Jahrhunderts begannen die Wissenschaftler zu erkennen, dass der Untersuchungsgegenstand der Naturwissenschaften nicht die Natur oder die Wirklichkeit war, sondern theoretische Gegenstände wie Masse, Energie, Kraft und Beschleunigung (Kohl, 2015, S. 80). Da wir jene Gegenstände mit unseren Sinnen nicht wahrnehmen können, sind alle formulierten Begriffe, Modelle und Denkfiguren lediglich Abstraktionen der Wirklichkeit, die keine natürlichen Dinge abbilden. „Durch eine konstruktive Begriffsbildung haben [die Naturwissenschaftler] ihre eigenen Untersuchungsgegenstände, eine mathematische und begriffliche Wirklichkeit geschaffen“ (ebd., S. 80). Whitehead kritisierte die Methoden der Naturwissenschaftler des 18. und 19. Jahrhunderts und etikettiere sie als einen Fehlschluss der unzureichenden Konkretheit (fallacy of misplaced concreteness) (Klose, 2011, S. 57) . Die verlorengegangene Erfahrbarkeit der abstrakten, physikalischen Gegenstände führte schließlich zur Bifurkation.[25] Whitehead wirft den Naturwissenschaften vor, zu einer „Verzweigung der Natur“ beigetragen zu haben, wodurch die Welt zum einen in die *Erscheinung von Sinnesdaten* und zum anderen in die *Realität der ursächlichen Moleküle und der Lichtenergie* getrennt wurde (ebd., S. 72). Dadurch wurde die Natur sowohl in primäre Qualitäten der atomaren Welt als auch sekundäre Qualitäten des wahrnehmenden Beobachters unterteilt. Anders gesagt, unterscheidet die klassische Physik „zwischen Naturereignissen, wie sie an sich existieren und wie sie uns erscheinen“ (ebd., S. 59). Für Whitehead gibt es allerdings nur eine Natur. Um nicht dem Trugschluss der unzureichenden Konkretheit zu unterliegen und die Bifurkation zu vermeiden, formulierte er die Methode der spekulativen Philosophie (Kap. 2.2).

Aus diesem Grund zielt Whiteheads Prozessphilosphie auf eine Metaphysik ab, mit der jedwede Erfahrung gedeutet werden kann. Ist es nicht möglich, unsere Erfahrungen anhand seines Kategorienschemas zu interpretieren, muss das metaphysische Konstrukt geändert werden. Genauso wie Whitehead seine Kosmologie für veränderbar hält, sind es auch die Dinge in unserer Welt. Folglich befinden sich die Dinge, Gegebenheiten und Phänomene in einem stetigen Prozess des Werdens und Vergehens. Die Dinge sind in einer wechselseitigen Abhängigkeit aufeinander bezogen und „formen“ das Universum in jedem Moment in einer einzigartigen, noch nie vorher dagewesenen Weise. Die materielle Welt entsteht erst aus den Wechselwirkungen der miteinander verflochtenen Nexūs.[26] Das Universum entpuppt sich für Whitehead als ein organisch verwobenes Geflecht, das einem Beziehungsfeld gemeinsamer Verbundenheit gleicht. Damit knüpft Whitehead unmittelbar an Nāgārjunas Substanzkritik an. Genauso wie Nāgārjuna die Substanzlosigkeit der Dinge aufgrund ihres abhängigen Entstehens und ihres unaufhörlichen Veränderungsprozesses ablehnt, findet die Substanz

[25] Whitehead lehnte zwei Aspekte der Naturwissenschaften kategorisch ab. Erstens, „die Unterscheidung von Ereignissen, wie sie in der Natur stattfinden und wie sie in wissenschaftlichen theorien beschrieben werden, und [zweitens,] die Unterscheidung zwischen Naturereignissen, wie sie an sich existieren und wie sie uns erscheinen“ (Klose, 2011, S. 59).

[26] Nexūs ist der Plural von einem Nexus.

zwischen den wechselwirkenden Einzelwesen und Nexūs keinen Platz in Whiteheads organismischer Philosophie.

Parallel zu Whiteheads Substanz- und Wissenschaftskritik diskutierten Wissenschaftler am Anfang des 20. Jahrhunderts die neuen Forschungsbefunde der Physik. Wie in Kapitel 2.1.2 erklärt wurde, handelte es sich mit unter um die Phänomene der Verschränkung und Superposition. Um die Phänomene zu beschreiben, mussten sich die Physiker von den materialistischen und deterministischen Sichtweisen des 19. Jahrhunderts lösen. Sie verstanden, dass wir die Phänomene im mikroskopisch Kleinen nicht erklären können, wenn wir Photonen, Elektronen, usw. als unabhängige Teile betrachten. Von der substantiellen Warte aus kommend, beschrieben die Physiker die Quantenobjekte, als seien sie in einer gewissen Weise korreliert. Die Untersuchungsergebnisse des EPR-Experiments legen jedoch nahe, dass es sich bei den verschränkten Quantenobjekten weniger um zwei miteinander verbundene Objekte als um ein Gesamtsystem handelt. Das Gesamtsystem befindet sich in einem Überlagerungszustand seiner potentiellen Möglichkeiten. Um die Trennung der uns scheinbar unabhängig vorkommenden Quantenobjekte zu überwinden, schlug Niels Bohr den Begriff der Komplementarität vor (Bohr, 1931, S. 59). Wenn wir den Zustand des Gesamtsystems messen wollen, müssen wir mit ihm in Wechselwirkung treten. Durch die Messung einer Komponente des Systems bestimmen wir den Zustand des Gesamtsystems. Dieser Befund führte zu der Annahme, dass wir nicht abgetrennt und unabhängig von der „äußeren“ Welt, sondern ein Teil von ihr sind. Demnach kann auch die „äußere“ Welt nicht unabhängig, unveränderlich und substantiell sein.

3.2 Relationalität als ontologische Grundlage

Zusammenfassend können wir festhalten, dass sich die Quantenphysik, Whiteheads Prozessphilosophie und Nāgārjunas Lehre der Mitte gegen den Substanzbegriff wenden und einen relationalen Gegenentwurf anbieten. Da alle Erscheinungen abhängig entstehen (Nāgārjuna), sich das Universum in einem kontinuierlichen Prozess fließender Übergänge befindet (Whitehead) und die vermeintlich substantiellen Bausteine der Realität nicht nur Teilchen-, sondern auch Welleneigenschaften aufweisen (Quantenphysik), kann es nach den Gegenentwürfen keine dauerhaft bestehenden, aus sich selbst heraus existierenden, unveränderlichen Dinge in der Welt geben. Wir könnten sogar behaupten, dass sich alle drei Ansätze aufgrund des substantiellen Denkens gründeten. Oder in Nāgārjunas Worten: Dass sich die Lehre der Mitte, die Prozessphilosophie sowie die Quantenphysik in Abhängigkeit von der Substanz entwickelten. Während Nāgārjuna die traditionellen indischen Denkfiguren zurückwies, formulierte Whitehead seine organismische Philosophie in Ablehnung an das mechanische Wissenschaftsweltbild. Die Quantenphysik bildete sich aus den unzureichenden Erklärungen der klassischen Physik heraus und weichte von den materialistischen und deterministischen Annahmen ab.

3.2.1 Übereinstimmungen

Alle drei relationalen Entwürfe haben die wechselseitige Abhängigkeit und damit das einhergehende Aufeinanderbezogensein gemein. Nāgārjuna Hauptaussage ist das abhängige Entstehen und Existieren von Erscheinungen, nach der die Dinge nicht Dasselbe und nicht etwas Verschiedenes sind. Sie fallen weder auseinander noch in sich zusammen. In der organismischen Philosophie befindet sich das Universum in einem umfassenden Geflecht von aufeinander bezogenen und ineinander fließenden Prozessen. Die wirklichen Einzelwesen sind miteinander verbunden und aufgrund ihrer Beziehungen verknüpft. Die Quantenphysik weist komplementäre Quantenobjekte auf, die außerhalb unseres Raumzeit-Verständnisses miteinander korreliert sind. Alle Ansätze verweisen auf zwei verschiedene Komponenten, die sich wechselseitig beeinflussen und erst durch ihre Wechselwirkung entstehen. Nāgārjuna nennt das Phänomen pratītyasamutpāda. Bohr nennt es Komplementarität. Auch der Begriff nichtlokale Korrelation kommt dem Phänomen nah. Bei allen Begriffen fällt auf, dass sie die Komponenten weder getrennt voneinander beschreiben noch ihnen eine unabhängige Existenz zuschreiben. Darüber hinaus sind sich die Vertreter der verschiedenen Ansätze einig, dass wir keine umfassenden Aussagen über lediglich eine Komponente eines Systems treffen können. Während Nāgārjuna meint, dass unsere Begriffe der einzelnen Komponenten gänzlich ungeeignet für die Beschreibung der Wirklichkeit sind, haben Aussagen über einzelne Komponenten eines zusammenhängenden Systems für Whitehead nur eine geringe Interpretationsqualität. Diese Auffassung vertritt ebenfalls Bohr. Auch in der Quantenphysik können wir keine Aussage über ein individuelles Quantenobjekt treffen, das ohne jede Wechselwirkung existiert. Die geringe Aussagekraft über lediglich eine Komponente eines Systems führte zu der Annahme, dass die Wechselwirkung mit anderen Komponenten elementar wichtig für die Beschreibung der Wirklichkeit ist.

Des Weiteren kommen alle drei Ansätze zu dem Schluss, dass wir aufgrund unserer Sprache und unseres Denkens auf Schwierigkeiten stoßen, die Wirklichkeit adäquat zu beschreiben. Wie in Kapitel 2.3.1.2 gezeigt wurde, sieht Nāgārjuna seine Begriffe pratītyasamutpāda und śūnyatā lediglich als Werkzeuge der Verständigung. Durch sie sollen wir uns dem wechselseitigen Entstehen und der Substanzlosigkeit der Dinge bewusst werden. Sein anschließender Weg führt letztlich sogar hinter seine eigenen Begriffe und zu einem konzeptfrei wahrnehmbaren Bewusstseinszustand der Wirklichkeit. Whitehead warnt mit seinem Trugschluss der unzureichenden Konkretheit vor abstrakten Rückschlüssen auf die Wirklichkeit und meint, dass wir keine Phänomene begrifflich definieren können. Vielmehr sollten wir die Begriffe anhand ihrer Bedeutungszusammenhänge aufeinander beziehen und das zu untersuchende Feld mit unseren von der Sprache zur Verfügung gestellten Begriffen eingrenzen. Schließlich waren es die Quantenphysiker, die an die Grenze unseres Sprachvermögens stießen. Ihnen war es nicht möglich, die Wirklichkeit mit Worten zu fassen. So wie Werner Heisenberg lediglich in Bildern und Gleichnissen von der Quantenphysik sprechen konnte,

gab Niels Bohr zu, dass die Physik keine Aussage darüber treffen kann, was die Welt *ist*, sondern nur darüber, was wir über sie wissen (Filk, 2019, S. 374).

3.2.2 Kontroversen

Neben der Skizzierung, wie die Relationalität in der Quantenphysik, in Whiteheads Prozessphilosophie und Nāgārjuna Lehre der Mitte gedacht wird, werden im Folgenden ihre Reibungspunkte diskutiert. Zentral bei der Diskussion sind die Begriffe der Einheit und Verbundenheit.

d Nāgārjuna merkt wiederum an, dass die Erscheinungen „nicht Eins und auch nicht Verschiedenes, nicht beständig und auch nicht unterbrochen“ sind (Nagarjuna, 2010, Kap. 18.11) und dass es sich bei ihnen „weder [um] Einheit (Identität) noch Unterschiedlichkeit (Nicht-Identität)“ handelt (ebd., S. 3). Außerdem macht Nāgārjuna deutlich, dass die Erscheinungen nicht miteinander verbunden sind. „Es handelt sich um eine Erscheinung, die nicht aus sich selbst heraus verknüpft ist, und die auch nicht unterschiedliche Erscheinungen verknüpft“ (ebd., Kap. 14.8). Schließen sich die Ideen zur Einheit und Verbundenheit aus? Kohl beschreibt anhand des Tetralemmas, warum Nāgārjuna die holistische Vereinheitlichung und Identitätsbildung zurückweist (Kohl, 2015, S. 200ff.). Nāgārjuna distanziert sich vorrangig von der Vereinheitlichung der Dinge in dem Sinne, als dass die zunächst unvereinbaren und gegensätzlichen Komponenten durch die Einheit Dasselbe werden. Betrachten wir die Konkreszenz in Whiteheads Prozessphilosophie. Ein wirkliches Einzelwesen fängt sich aufgrund seines subjektiven Ziels an zu verwirklichen. Dabei erfasst es die bereits realisierten wirklichen Einzelwesen und verwirklicht sich abhängig von seinen äußeren Gegebenheiten (Potentialität: vergangene wirkliche Einzelwesen und zeitlose Gegenstände). „Das neue Einzelwesen verkörpert zugleich die Gemeinsamkeit der >vielen<, die es vorfindet, und ist auch eins inmitten der getrennten >vielen<, die es zurückläßt; es ist ein neues Einzelwesen, das sich getrennt von den vielen befindet, die es synthetisiert“ (Whitehead, 1987, Vgl. S. 61). Wenn wir davon ausgehen, dass es Nāgārjuna bei der Zurückweisung einer Einheit bzw. Verbundenheit und Getrenntheit ausschließlich um das abhängige Entstehen geht, dann können wir Whiteheads Konkreszenz als abhängiges Entstehen begreifen. Im strengen Wortlaut würde Nāgārjuna nicht davon sprechen, dass sich wirkliche Einzelwesen als getrennte Viele beschreiben lassen und sie sich im Laufe des Veränderungsprozesses vereinheitlichen. Von einem Whiteheadschen Standpunkt aus kann argumentiert werden, dass Nāgārjuna beschriebene *eine* Gesamterscheinung Whiteheads beschriebene Realisierung *eines* wirklichen Einzelwesen ist. Für Nāgārjuna wird es jedoch gar keine wirklichen Einzelwesen geben. Neben der Tatsache, dass Whitehead für die Formulierung seiner Metaphysik nun mal Worte verwenden musste, soll zusätzlich berücksichtigt werden, dass Whitehead mit den wirklichen Einzelwesen Ereignisse auf der elementarsten Ebene beschrieb, während sich Nāgārjuna Beschreibungen auf die makroskopische Welt beziehen.

Neben der fortlaufenden Vereinheitlichung des Vielen soll auch der Begriff der Verbundenheit genauer untersucht werden. Wie wir gesehen haben, beschreibt Nāgārjuna das abhängige Entstehen der Erscheinungen (pratītyasamutpāda) in Abgrenzung zu einer aus sich selbst heraus entstehenden Verbindung sowie einer Verknüpfung zweier Komponenten. Wie ist seine Beschreibung mit Whiteheads „offensichtlicher Verbundenheit des Universums“ vereinbar? Zunächst sollten wir festhalten, dass Nāgārjuna die „Verbundenheit“ zweier Erscheinungen ablehnt, weil es für ihn nur *eine* Gesamterscheinung gibt. Die Quantenphysiker kommen durch das EPR-Experiment zu ähnlichen Ergebnissen. Demnach handelt es sich nicht um zwei einzelne Elektronen, sondern um ein Gesamtsystem. Auch wenn die Quantenphysiker zu einem ähnlichen Schluss kommen, sprechen sie von Verschränkung und Quantenkorrelationen. Doch ist das nicht auch eine Art von Verbindung?[27] Ich vermute, dass wir es mit einem Phänomen zu tun haben, das wir mit unseren sprachlichen Mitteln - Verbundenheit, Zusammenhang, Verschränkung, Korrelation - versuchen zu fassen, es allerdings nicht greifen können. Wie schon geschrieben, Nāgārjuna geht es um die Gesamterscheinung und nicht um die einzelnen Komponenten. Ihm wird bewusst sein, dass wir Bestandteile von Phänomenen beschreiben können. Jedoch sollen jene Bestandteile nicht als unabhängige Teile verstanden werden, die erst miteinander verbunden werden müssen, um die Gesamterscheinung zu erschaffen. Nāgārjuna geht es darum, dass sowohl die Gesamterscheinung als auch deren Komponenten erst aufgrund der Wechselwirkung der „einzelnen“ Komponenten entstehen. Demgemäß gibt es die verschränkten Elektronen sowie deren Gesamtsystem nur aufgrund ihrer Wechselwirkung. Sie müssen nicht erst verbunden werden, um ein Gesamtsystem zu bilden. Sie sind es bereits durch die Wechselwirkung. Analog können wir die Verbundenheit Whiteheads wirklicher Einzelwesen betrachten. Die realisierten Einzelwesen vollenden sich erst durch das Wechselwirken mit vergangenen Einzelwesen und zeitlosen Gegenständen. Da sich alles im Prozess befindet und die wirklichen Einzelwesen selbst die elementarsten Prozesse sind, braucht es keine Verbindung zwischen zwei unabhängigen Teilen. Sie entstehen erst durch das Wechselwirken mit anderen Einzelwesen. Demzufolge schließen sich die Aussagen von Nāgārjuna und Whitehead bezüglich der Verbundenheit nicht aus.

3.3 Relationales Denken im 21. Jahrhundert

Nachdem wir gesehen haben, mit welchen relationalen Argumenten die Quantenphysik, die Prozessphilosophie und die Lehre der Mitte die substantielle Position zurückgewiesen haben, soll anhand des von Künkler zusammengetragene relationale Wissenschaftsverständnis der Einfluss auf die Geistes- und Sozialwissenschaften gezeigt werden. Als Erziehungswissenschaftler und Soziologe überträgt Künkler die gewonnenen Erkenntnisse im pädagogischen Kontext auf den Menschen als Subjekt.

[27] Im Grunde wird an dieser Stelle an den sprachlichen Hindernissen zur Beschreibung der Wirklichkeit angeknüpft.

Nach Künkler hat die Verschiebung von der Substanz zum Relationalen die Folge, dass Relationen nicht mehr als nachträgliche Verbindungen zwischen bereits bestehenden Entitäten verstanden werden, sondern Entitäten erst aufgrund der vorausgehenden Relationen entstehen und existieren (Künkler, 2017, S. 67). Die Entitäten 'Subjekt' und 'Objekt' entstehen erst aufgrund von Relationen. Sie existieren nur in Abhängigkeit von ihnen (ebd., S. 68). Künkler versteht das Subjekt nicht mehr als unabhängige und abgekoppelte Entität, sondern als relationale Subjektivität (ebd., S. 69): „Als Hilfskonstrukt soll relationale Subjektivität als ein sich durch das Ineinander und somit im Zwischen von Selbst- Welt- und Anderenbezügen eröffnender und in ständiger Veränderung befindlicher Raum betrachtet werden“ (ebd., S. 69). Dabei räumt er den 'Anderenbezügen' einen gewissen Primat zu. Erst die Bezogenheit auf andere schafft eine relationale Subjektivität und damit das Subjekt selbst (ebd., S. 72). Er legt umfassend dar, dass die Beziehung zu anderen der Beziehung zu uns selbst und zur Welt vorausgeht. Erst die sozialen Beziehungsmuster führen zu Individualität. „Das, was zwischen sich und anderen geschieht, übt den stärksten und wichtigsten Einfluss auf die Entwicklung des Selbst aus. Die Entstehungsgeschichte des Selbst ist somit eine Beziehungsgeschichte“ (ebd., S. 73). Künkler stellt zwei wesentliche Merkmale der sozialen Beziehungsmuster heraus - zum einen die Verflochtenheit und zum anderen die Bezogenheit. Unter der Verflochtenheit versteht er die Entstehung des Selbst innerhalb eines Beziehungsnetzes. Darüber hinaus bindet uns ein Verwicklungsprozess sowohl in Sinn- und Bedeutungszusammenhängen als auch in spezifischen Normen und Werte ein. Mit Bezogenheit meint Künkler die mit der Verflochtenheit verbundene Dimension der 'auf andere Bezogensein'. Die Verflochtenheit wird als wechselseitiges Beziehungsgeschehen verstanden, das sich weit tiefer als nur im Denken und Fühlen befindet. „[B]is in unbewusste Tiefen hinein sind wir auf Andere bezogen und ausgerichtet“ (ebd., S. 74). Dadurch ist die menschliche Subjektivität nach seinem Verständnis bereits in sich relational angelegt. Der Mensch wird von Künkler radikal als Beziehungswesen verstanden, der aufgrund der Verwobenheit und Bezogenheit mit anderen unumgänglich in Beziehung steht.

Neben dem Aufsteig des relationalen Denkens betont Künkler, dass gleichzeitig ein radikaler Wandel zum Prozessdenken erfolgt (ebd., S. 68). Genauso wie die Relationalität die statischen, unveränderlichen und unabhängigen Substanzen zurückweist, tut es der Prozess. Abschließend lässt sich festhalten, dass das Ziel des relationalen Denkens zwar die Überwindung fundierenden Denkens und der Dekonstruktion altbekannter Dualismen ist, allerdings warnt Künkler vor einer Fundierung der Relationalität (ebd., S. 68). Der Übergang vom substantiellen zum relationalen Primat der Ontologie darf nicht unreflektiert erfolgen. Die Relation darf keineswegs verdinglicht werden und als neue Substanz, die allem zugrunde liegt, angesehen werden (ebd., S. 68). Wir können die Theorieentwicklung in Richtung Relationalität eher als notwendigen Zwischenschritt verstehen, der uns hilft, unsere Sprache und unser Denken vom Substantiellen zu lösen. „Unbedingt nötig ist es dann jedoch, in einem weiteren Schritt ein solches Verständnis wiederum zu dekonstruieren“ (ebd., S.

68). „[Denn] [b]ei aller Betonung von Relationalität, Prozesshaftigkeit und Differenz soll das Subjekt [...] nicht in einer völlig situativen, fluiden Identität aufgelöst werden“ (Künkler, 2017, S. 76).

3.4 Exkurs: Was ist Wirklichkeit?

Welcher Untersuchungs-„gegenstand“ liegt dieser Arbeit eigentlich zugrunde? Was versuchen wir mit dem Begriff Relationalität zu beschreiben? Von welchem Sachverhalt können wir nach Werner Heisenberg nur in Bildern und Gleichnissen reden? Welche Hinweise geben uns die Quantenphysik, die Prozessphilosophie und die Lehre der Mitte mit ihren Begriffen, Bildern und Ideen? Es ist bemerkenswert, dass alle drei Ansätze mit ihren unterschiedlichen kulturellen, historischen und fachspezifischen Hintergründen zu einem ähnlichen Wirklichkeitsverständnis kommen. Mir scheint es, als malten sie ausgestattet mit verschiedenen Tuschkästen und Pinseln ein Bild einer Erscheinung, die sich nicht in Farben und Formen ausdrücken lässt. Trotz der unmöglichen Abbildung der Erscheinung verwenden sie überraschend ähnliche Farbtöne und Konturen. Auch wenn Nāgārjuna die Frage „Was *ist* Wirklichkeit?“ für sinnlos erklären würde, soll dennoch der törichte Versuch unternommen werden, die der deutschen Sprache zur Verfügung stehenden Worte für eine Porträtierung der Wirklichkeit zu gebrauchen.

Aufgrund des Aufeinanderbezogenseins kann die Wirklichkeit im Abstrakten als eine Art verflochtene Erscheinung beschrieben werden. Jedwede Veränderung in der Verflochtenheit der Wirklichkeit führt zu anderen Ausgangsbedingungen alles Werdenden. Durch die immer neuen Gegebenheiten wechselwirkt die Erscheinung auf immer unterschiedlichen Weisen und formt stets ein einzigartiges, noch nie dagewesenes Geflecht neuer Verbundenheit. Diese Wirklichkeit scheint eine organisch geformte, komplex verbundene, kohärent verwebte, synergetisch verflochtene, dynamisch vernetzte, wabernd quellende, beständig fließende, permanent morphende, unaufhaltsam wandelnde, ewig transformierende Erscheinung zu sein. Demnach scheint die Wirklichkeit keine mechanisch geformte, absolut unabhängige, dauerhaft losgelöste, konkret greifbare, ungebunden substanzielle, materiell bestimmte, unveränderlich dinghafte, fest determinierte, permanent feststehende, unaufhaltsam konstante, ewig statische Erscheinung zu sein. Ein logischer Widerspruch, auf den bereits Heraklit aufmerksam machte, lässt sich in diesem organisch prozesshaften Verständnis über die Wirklichkeit allerdings nicht aufheben: Dass die einzige Konstante im Universum Veränderung ist.

4 Fazit

Die dargelegte Arbeit zeigte, wie Schmuckwerkstätten der Physik im Laufe des 18. und 19. Jahrhunderts die Brille des mechanischen Weltbilds aus materialistischen, deterministischen und reduktionistischen Werkstoffen konstruierten. Wie sich herausstellte, standen die Schmuckwerkstätten der Physik bei der Konstruktion ihrer Brillenmodelle in der Tradition des Substantialismus. Durch ihre Brillen erscheinen die Phänomene der Natur sowohl unabhängig voneinander als auch unabhängig von uns Menschen zu existieren. Bereits Nāgārjuna zeigte im 2. und 3. Jahrhundert auf, weshalb Brillenmodelle auszurangieren sind, die den Erscheinungen eine innewohnende Substanz zuschreiben. Nāgārjuna meint, die letzte Wirklichkeit nur ohne Brille erfahren zu können, d.h. unmittelbar und frei von unseren konstruierten Modellen. Sollten wir dennoch eine Brille zur Beschreibung der Wirklichkeit aufsetzen, rät er zu einem relationalen Brillenmodell, mit dem das abhängige Entstehen der Erscheinungen wahrgenommen werden kann. Aus einem philosophischen Handwerksbetrieb kommend, schloss sich Alfred North Whitehead der Substanzkritik an und konstruierte ein Brillenmodell, durch das wir das Universum in einem Prozess wechselseitiger Verbundenheit betrachten können. Whitehead ist außerdem der Meinung, dass unsere lang bewährten Brillenmodelle dem Trugschluss der unzureichenden Konkretheit unterliegen und wir sie zu den alten Reliquien in den Keller legen sollten. Er schlägt mit seiner spekulativen Philosophie vor, Brillenmodelle zwar zur Abstraktion der Wirklichkeit zu verwenden, sie jedoch immer wieder mit unseren subjektiven Erfahrungen abzugleichen. Schließlich lehrte uns die Quantenphysik, dass wir keine unabhängigen Beobachter einer äußeren Welt sind, sondern ihre Erscheinungen mit unseren Brillen und Sichtweisen beeinflussen. Je nachdem mit welcher Brille wir auf die Phänomene der Welt schauen, erhalten wir unterschiedliche Ergebnisse. Die mittels einer quantentheoretischen Brille gewonnenen Erkenntnisse weisen auf eine bisher noch nicht erklärbare Korrelation mikroskopisch kleiner Erscheinungen hin. Trotz ihrer unterschiedlichen Handwerksbetriebe kommen Nāgārjuna, Whitehead und die Quantenphysik zu einem ähnlichen Wirklichkeitsverständnis. Für sie besteht die Wirklichkeit aus wechselseitigen Abhängigkeiten und aufeinander bezogenen Relationen. Erst die relationale Bezogenheit erschafft die Phänomene, Erscheinungen und Dinge unserer Welt.

Mit dem Aufkommen der Quantenphysik können wir das Datum einer allgemeinen Bewusstwerdung für das relationale Denken auf den Beginn des 20. Jahrhunderts setzen. Seither entwickelt sich das dämmernde Bewusstsein einer relational wirkenden Welt nicht nur in den Naturwissenschaften, sondern auch in den Geistes- und Sozialwissenschaften zu einer Theorieneuausrichtung. Die Relation gibt bei der Neuausrichtung die Orientierung an. Bei diesem Wandel entfernen sich die Wissenschaftsdisziplinen immer weiter vom substantiellen Denken. Da sich in einer relationalen Sichtweise Gedanken und Sprache selbstverständlich wechselseitig beeinflussen, tritt mit der Theorieneuausrich-

tung nicht nur ein Veränderungsprozess des Denkens, sondern auch des Sprechens ein. Nicht nur die Naturwissenschaftler des 18. und 19. Jahrhunderts schrieben und sprachen unter dem Einfluss des substantiellen Denkens. Ich musste mich während des Schreibprozesses dieser Arbeit selbst erwischen, wie sehr ich an die sprachlichen Mittel des substantiellen Denkens gebunden bin. Selbst ohne die Brille des Substantialismus zu tragen, schrieb ich folgende Sätze: „Die *zugrunde* liegenden Gesetze [...]“, „Max Planck und Albert Einstein legten den *Grundstein* für das Verständnis des Welle-Teilchen-Dualismus“, „Bei der Verschränkung handelt es sich um zwei Quanten*objekte*“, „Die Verschränkung ist das *wesentliche* Merkmal der Quantenphysik“, „Dieses Verständnis ist *fundamental* wichtig, um den Weg zur letzten Wirklichkeit zu finden“ oder „*Festgehalten* werden kann, dass [...]“. Es wird ein zäher und langwieriger Prozess, das verdinglichte Denken aufzubrechen und die festsitzende Brille des Substantialismus abzunehmen. Auch wenn der Brillenwechsel ein generationsübergreifendes Unterfangen sein wird, bin ich mir sicher, dass die Erkenntnisse der Quantenphysik ein ausreichend starker Stoß waren, um das substantielle Brillenmodell von der Nase zu nehmen.

Abschließend beantworte ich die anfangs aufgestellte Frage, ob die wissenschaftstheoretische Annahme der Relationalität eine Grundlage für neues Denkens ist, unter der Bedingung einer unverdinglichten Relation mit ja. Die Relationalität ist eine Grundlage für neues Denken! Oder in den Worten des neuen, relationalen Denkens: Die Relationalität ist der instabile Treibsand der uns stabil erscheinenden Welt.

„Es ist alles auf Sand gebaut
und noch nicht einmal die Sandkörner haben einen festen Kern,
ihre Stabilität basiert auf einem Zusammenspiel von Komponenten,
die von anderen Komponenten
und von ihren eigenen Bestandteilen abhängig sind“
(Christian Thomas Kohl)

Literatur

Bohr, Niels (1931). *Atomtheorie und Naturbeschreibung*. Berlin: Verlag von Julius Springer.

Bunge, Mario und Andrés J. Kálnay (1975). „Welches sind die Besonderheiten der Quantenphysik gegenüber der klassischen Physik?“ In: *Philosophie und Physik*, S. 25–38.

Depner, Michael (2020). *Dualismus / Spaltung*. URL: https://www.seele-und-gesundheit.de/spiritualitaet/dualismus.html (besucht am 28. 07. 2020).

Dürr, Hans-Peter (2002). *Für eine zivile Gesellschaft*. 2. Aufl. München: Deutscher Taschenbuch Verlag.

Filk, Thomas (2019). *Quantenmechanik (nicht nur) für Lehramtsstudierende*. Berlin: Springer Spektrum.

Friebe, Cord u. a. (2015). *Philosophie der Quantenphysik*. Bd. 53. 9. Springer Spektrum.

Gisin, Nicolas (2014). *Der unbegreifliche Zufall*. Heidelberg: Spinger Spektrum.

Haken, H und HC Wolf (2003). *Atom-und Quantenphysik: Einführung in die experimentellen und theoretischen Grundlagen*. Heidelberg: Springer-Verlag.

Honerkamp, Josef und Hartmann Römer (2012). *Klassische theoretische Physik*. 4. Aufl. Berlin Heidelberg: Springer Spektrum.

Kann, Christoph (2001). *Fußnoten zu Platon - Philosophische Geschichte bei A.N. Whitehead*. Hamburg: Felix Meiner Verlag.

Klose, Joachim (2011). „Prozessphilosophie und Quantentheorie - Die Relevanz von Whiteheads Metaphysik für die Quantenphysik“. In: *Realität im Prozess*. Paderborn: Ferdinand Schöningh GmbH & Co. KG. Kap. Whiteheads.

Kohl, Christian Thomas (2015). *Buddhismus und Quantenphysik*. 4. Aufl. Oberstdorf: Windpferd Verlagsgesellschaft mbH.

– (o.D.). „Nagarjuna und Alfred North Whitehead über das zwischen den Dingen Liegende. Denkweisen aus Asien und Europa“. (Working Paper).

Künkler, Tobias (2017). „Die Relationalität menschlicher Existenz: Versuch einer (kategorialen) Systematisierung“. In: *Beziehungsweisen und Bezogenheiten*. Hrsg. von Jochen Krautz. Barleben: docupoint.

Leisi, H.J. (2013). *Quantenphysik*. Bd. 369. 1. Heidelberg: Springer-Verlag.

Lesch, Harald (2020). *Einführung in die Quantenmechanik*. URL: https://www.youtube.com/watch?v=FwNV%7B%5C_%7De-Xz68%7B%5C&%7Dt=1266s (besucht am 14. 03. 2020).

Melsen, Andrew G. van (2004). *From Atomos to Atom: A History of the Concept Atom*. New York: Dover Publications.

Müller, Tobias (2011). „Grundzüge der Whiteheadschen Metaphysik“. In: *Realität im Prozess*. Paderborn: Ferdinand Schöningh GmbH & Co. KG. Kap. Whiteheads.

Nagarjuna (2010). *Die Lehre von der Mitte*. Hrsg. von Lutz Geldsetzer. Hamburg: Felix Meiner Verlag GmbH.

Physik Cosmos-Direkt (2020). *Zeittafel physikalischer Entdeckungen*. URL: https://physik.cosmos-indirekt.de/Physik-Schule/Zeittafel%7B%5C_%7Dphysikalischer%7B%5C_%7DEntdeckungen (besucht am 25. 07. 2020).

PONS (2020). *Online-Wörterbuch*. URL: https://de.pons.com/%7B%5C%22%7Bu%7D%7Dbersetzung/latein-deutsch/res (besucht am 25. 07. 2020).

Prechtl, Peter und Franz-Peter Burkard (2008). *Metzler Lexikon Philosophie*. 3. Aufl. Deutschland: Springer-Verlag.

Scheuer, Hans Günter (2011). „Whitehead und die moderne Physik“. In: *Realität im Prozess*. Paderborn: Ferdinand Schöningh GmbH & Co. KG.

Schrödinger, E. (1935). „Discussion of Probability Relations between Separated Systems“. In: *Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society* 31.4, S. 555–563.

Weber, Reinhart (2007). *Physik Teil 1: Klassische Physik - Experimentelle und theoretische Grundlagen*. Wiesbaden: Teubner Verlag.

Whitehead, Alfred North (1987). *Prozeß und Realität: Entwurf einer Kosmologie*. Hrsg. von Übers.) (Hans Günter Holl. 8. Aufl. Frankfurt am Main: Suhrkamp Taschenbuch Verlag (Orig. 1929).

– (2001). *Denkweisen*. Hrsg. von Stascha Rohmer. Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag (Orig. 1938).

Zeilinger, Anton (2003). *Einsteins Schleier: Die neue Welt der Quantenphysik*. München: C.H. Beck Verlag.

Abbildungsverzeichnis

1 Aufbau des Doppelspaltexperiments 9
2 Doppelspaltexperiment ohne Trennwand (1) 9
3 Doppelspaltexperiment mit einem Spalt (2) 10
4 Doppelspaltexperiment mit zwei Spalten (3) 11
5 Doppelspaltexperiment mit zwei Spalten und Amplitude (3) 11
6 Doppelspaltexperiment mit zwei Spalten und Amplitude (4) 12
7 EPR-Experiment (1) 13
8 EPR-Experiment (2) 13
9 EPR-Experiment (3) 14
10 Wirkliches Einzelwesen 23
11 Gleichnis des Gehens 27
12 Gleichnis des Brennens 27
13 Gleichnis der Geburt und des Sterbens 28
14 Gleichnis des Leidens 29

Eidesstattliche Erklärung zur Hausarbeit

Hiermit versichere ich, Nils Henning an Eides statt, dass ich die vorliegende Seminararbeit „Wie das Fundament zum Treibsand wurde“ selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt haben. Die Stellen der Arbeit, die dem Wortlaut oder dem Sinne nach anderen Werken entnommen wurden, sind in jedem Fall unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht. Die Arbeit ist noch nicht veröffentlicht oder in anderer Form als Prüfungsleistung vorgelegt worden. Ich habe die Bedeutung der eidesstattlichen Versicherung und prüfungsrechtlichen Folgen (§ 26 Abs. 2 Bachelor-SPO) sowie die strafrechtlichen Folgen (siehe unten) einer unrichtigen oder unvollständigen eidesstattlichen Versicherung zur Kenntnis genommen.

Auszug aus dem Strafgesetzbuch (StGB) - § 156 StGB Falsche Versicherung an Eides Statt Wer von einer zur Abnahme einer Versicherung an Eides Statt zuständigen Behörde eine solche Versicherung falsch abgibt oder unter Berufung auf eine solche Versicherung falsch aussagt, wird mit Freiheitsstrafe bis zu drei Jahren oder mit Geldstrafe bestraft. Friedrichshafen, den 14. Januar 2021

