



## Die aristotelische Lehre über die Seele und ihre Ähnlichkeiten zur Quantenphysik

*Shannon Diehl*

*Abstract:* In der aristotelischen Lehre über die Seele, welche hauptsächlich durch den Hylemorphismus geprägt wird, erweckt die Seele als Form (morphé) die Materie (hyle) zum Leben und verwirklicht das, was im Körper als artenspezifisches Potential angelegt ist. Die Beschreibung der Potentialität zu welche sich die aristotelische Urmaterie ausformen kann, zeigt große Ähnlichkeiten zu den spezifischen Ausformungen der Welle/ Teilchen als Primärenergie, welche verschiedene Erscheinungsformen, wie auch bewusstseinspezifische Ausformungen, annehmen kann. Damit ähnelt Aristoteles Lehre über die Potentialität und über die Form und Materie dem Ansatz der Quantenphysik und kann letztlich nützlich sein um diese wie auch den Welle/ Teilchen-Dualismus besser zu verstehen.

*Keywords:* Hylemorphismus, Aristoteles, Quantenphysik

### 1. Einleitung

Die Erforschung der Seele reicht bis in die Antike zurück. Und mit ihr auch die Frage danach, ob die Seele und der Körper zwei unabhängige Entitäten sind oder beide letztlich eins, physikalisch und damit materialistisch, sind. Während vorsokratische Materialisten wie Demokrit und Leukipp rein körperliche Ursachen für Seele und Geist des Menschen vertraten und Dualisten wie Platon die Seele als eine vom Körper unabhängige Entität beschrieb, sah der Schüler Platons, Aristoteles, in der Frage nach der Getrenntheit von Seele und Körper ein Scheinproblem (Stephan 2020). Er beschreibt die Seele als Form

eines lebendigen Körpers, die diesen durchströmt und zum Leben erweckt (Knoll 2017). Die Seele sei „die primäre aktuelle Wirklichkeit eines natürlichen organischen Körpers“, der nur potentiell Leben besitzt (*De an. II 1*, 412a19–21, b 4f.). Folglich begreift Aristoteles den Körper als etwas, das nur potentiell Leben besitzt und der Seele als seiner Form bedarf, um dieses Potential zu verwirklichen. So belebe die Seele den Körper indem sie das Prinzip des Lebens sei (Knoll 2017). Aristoteles Werke haben in der Philosophie- und Wissenschaftsgeschichte des Abendlandes tiefe Spuren hinterlassen (Höffe 2009).

Heute liegen die Zeiten, in denen die Philosophie die Erforschung des Geistes für sich beanspruchte, weit zurück und der Begriff der Seele ist gänzlich aus der Wissenschaft verschwunden. Zu starke heterogene Denktraditionen, die mit dem Begriff einhergehen, führten dazu, dass es der ‚Seele‘ im Wege wissenschaftlicher Begriffsbildung an Präzision mangelt (Wulf 2005). So rückte an dessen Stelle der vieldeutige Begriff des Bewusstseins und mit ihm die zahlreichen Schwierigkeiten für die Bewusstseinsforschung. Besonders schwierig („the hard problem“) erscheint dabei die Erklärung dessen, wie Neuronen als physikalische Objekte Bewusstsein im Sinne von bewusstem, subjektivem Erleben erschaffen: Wie fühlt es sich an eine Fledermaus zu sein? (Braun 2010; Nagel 1974). Während die klassischen naturwissenschaftlichen Erklärungsversuche bei der Vereinbarkeit von subjektiver und objektiver Perspektive an ihre Grenzen stoßen, scheint die Quantenphysik mithilfe komplizierter Quantentheorien diese Hürden zu bewältigen (Görnitz u. Görnitz 2016). Um die Lehre vom Sein der Atomwelt angemessen darzustellen, schlug Werner Heisenberg Ende der 50er Jahre vor, die aristotelische Lehre der Möglichkeit (*potentia*) zur Formulierung einer Ontologie heranzuziehen (Koznjak 2007). Denn diese sei in der Lage, als Beschreibung von etwas zu dienen, „das in der Mitte zwischen der Idee eines Ereignisses und dem tatsächlichen Ereignis steht, eine seltsame Art von physikalischer Realität genau in der Mitte zwischen Möglichkeit und Wirklichkeit“ (Heisenberg 1958, 41).

Der folgende Artikel behandelt die Frage, inwieweit Aristoteles Lehre von der Seele mit den quantenphysikalischen Erkenntnissen

vereinbar ist. Dazu wird zunächst das aristotelische Konstrukt des Prinzips, der Ursache und der Potentialität erläutert und anschließend näher auf den Hylemorphismus eingegangen. Nach Ausführungen zu verschiedenen grundlegenden und bewusstseinspezifischen quantenphysikalischen Erkenntnissen werden Ähnlichkeiten beider Thematiken untersucht.

## 2. Aristoteles Lehre von der Seele

Bereits für Aristoteles gehörte es „zum Schwierigsten eine gewisse Glaubwürdigkeit der Erkenntnis über die Seele zu gewinnen“ (*De an. I 1*, 402a). Trotzdem hielt er die Seele für einen der würdigsten Gegenstände, um darüber Wissen zu erlangen (Knaup 2012). Er beabsichtigte jedoch die Definition der Seele aufgrund ihrer Natur absichtlich „allgemein“ zu lassen und konzipierte die Seele als den Körper durchformendes Lebensprinzip (Rapp 2017). Um die aristotelische metaphysische Lehre des Hylemorphismus leichter verständlich zu machen, werden zunächst die Begriffe Prinzip, Ursache und Potentialität erläutert.

### 2.1. Von Prinzip, Ursache und Potentialität

In *Physik*, Buch II, Kap. 3., verdeutlicht Aristoteles, dass die Naturphilosophie „über das natürliche Entstehen und Vergehen“ der Naturdinge, diese auf ihre Ursachen hin zurückführt (*phys.* 194b 16–23); denn „wir glauben nicht eher jedes zu kennen, als bis wir das Warum über jedes erfasst haben.“ (ebd.). Aus diesem Grund sei jede Untersuchung zunächst der Ursache zu widmen, denn Aristoteles' Auffassung zufolge kann ein Gegenstand erst dann erkannt werden, wenn die Ursache bekannt ist (Knoll 2017). Damit begründet Aristoteles die induktive Methode der Wissenserlangung und schließt von der verursachten Wirkung auf je zwei Ursachen (194b 23ff.; Seidl 1995): Zum Einen vom potentialen und aktuellen Seins-Zustand der Dinge aus zu ihrer Materie- und Formursache, welches sich als

unbestimmtes/ bestimmbares Prinzip darstellt bzw. zum Prinzip der Potentialität und der Aktualität der Dinge. Und zum anderen vom Anfang und Ende der Entstehung der Dinge aus zu ihrer Bewegungs- und Zweckursache (Seidl 1995).

Vereinfacht entsprechen dem Aufweisen der vier Ursachen vier Frageweisen: Woraus sind die Dinge? Was sind sie ihrem Wesen nach (Form)? Welchen Ursprung haben sie? Und zu welchem Zweck entstehen sie? Aristoteles' Feststellung zufolge sind alle Ursachen (aitia, aition) auch Prinzipien (archê), doch nicht alle Prinzipien sind auch Ursachen. Jedem Prinzip ist gemein, dass sie grundlegende Elemente sind, aus denen eine Sache entsteht, besteht oder erkannt werden kann (Detel 2011). Damit enthält die Analyse des Werdens eine Implikation: Wenn x zu y wird oder werden kann, dann ist x zwar zu Beginn nicht y, besitzt aber die Möglichkeit (Potentialität) zu einem y zu werden. X ist damit der Möglichkeit nach ein „y-Seiendes“ (Detel 2011). Demzufolge sind Ursachen im aristotelischen Sinne nicht gleichzusetzen mit kausalen Ursachen im heutigen Sinne. Ursachen im modernen Sinne sind frühere und hinreichende Bedingungen für ihre Effekte (Detel 2011). Hier ist die Kausalrelation zugleich eine zeitliche Relation, die Wirkung ist nicht nur „logisch“ sondern auch „zeitlich“ später (Wieland 1972). Sofern die Ursache und das Naturgesetz bekannt ist, können die Effekte also vorausgesagt werden.

Der aristotelische Ursachenbegriff ist davon inhaltlich und begrifflich verschieden. Hiernach besteht keine eindeutige Zuweisung von Ursache und Verursachtem. Diese stehen oftmals nicht einmal auf derselben ontologischen Stufe. So ist auch eine zeitliche Differenz zwar denkbar, aber nicht notwendig für den aristotelischen Ursachenbegriff. Vielmehr geht Aristoteles, und dies ist besonders relevant, von einer Koexistenz und Gleichzeitigkeit von Ursache und Verursachtem aus (Wieland 1972).

## 2.2. Der Hylemorphismus

Zu Beginn seines zweiten Buches *De anima* konzipiert Aristoteles die Seele als Ursache (aitia): „Die Seele ist Ursache und Prinzip des lebendigen Körpers [...] nämlich als das Woher der Bewegung, als das Worum-willen und als die Substanz der beseelten Körper ist die Seele Ursache.“ (*De an. II 4*, 415b 8–12). Weiter sei die Seele die Form eines natürlichen Körpers (vgl. *De an. II 1*, 412a 19f.), womit jedoch nicht eine Form im Sinne einer physischen Substanz gemeint sei. Vielmehr ist es die Form (morphé) durch welche eine unbestimmte Materie (hyle) zu einem bestimmten Objekt wird. So könnte beispielsweise eine Bronzestatue, welche die Form von Hermes hat und aus Bronze besteht, in eine Artemisstatue umgegossen werden. In diesem Sinne ist die Materie das Vermögen bzw. die Potentialität und die Form die Aktualität, da sie die tatsächliche Realisierung des Objekts bedingt. Form und Materie sind folglich nicht zwei separate Teile eines Objekts, sondern bestimmen komplementär das Objekt (Braun 2010).

Die Materie, der Körper, ist dabei das zugrundeliegende und die Seele als Form strukturiert, organisiert, durchwaltet und gestaltet ihn. Aufgabe der Seele ist es, den Körper zu durchformen und das zu verwirklichen, was im Körper angelegt ist (Knaup 2018).

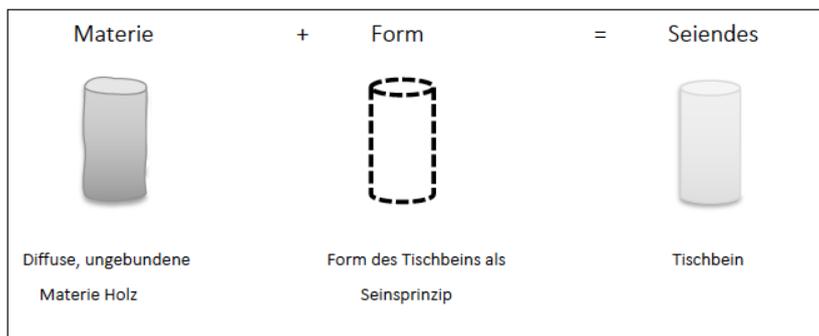


Abb. 1: Form und Materie nach Aristoteles am Beispiel eines Tischbeins.

„Wenn nämlich das Auge ein Lebewesen wäre, so wäre seine Seele die Sehkraft; denn sie ist das Wesen des Auges dem Begriffe nach. Das Auge aber ist die Materie der Sehkraft. [...] Die Verhältnisse am Teil muss man nun am ganzen lebenden Körper erfassen; denn wie sich der Teil (die Sehkraft) zum Teil (zum Auge) verhält, so verhält sich analog die ganze Wahrnehmungskraft zum ganzen wahrnehmungsfähigen Körper als solchem.“ (*De an. II 1, 412b 18–26*).

Als Entelechie bezeichnet Aristoteles die Verwirklichung dessen, was möglich ist (Knaup 2018). Im Beispiel des Auges ist die Entelechie das Sehen. Folglich ist für Aristoteles eine Zeichnung von einem Auge oder ein Glasauge, kein wirkliches Auge, denn das werde es erst durch die Sehkraft (Knaup 2018). Dies ist auf den gesamten Organismus übertragbar: „Wie aber die Pupille und die Sehkraft das Auge bilde, so bilden [...] die Seele und der Körper das Lebewesen“ (*De an. II 1, 413a 1f.*). Schließlich ist die Seele die erste Entelechie des Leibes, also das „Lebendigsein des Organismus“ (Hübner 1999, 32).

Form ist also nicht etwa die im Sinne einer „Kuchenform“. Denn diese könnte existieren, ohne dafür gemacht worden zu sein einen Kuchen herzustellen (Knaup 2012). Die Form ist vielmehr durch Zweck- und Funktionserwägungen bestimmt, ein nicht vermessbares Prinzipienmoment im Seienden (Knaup 2012; Rapp 2017). Wenn der natürliche Körper, das der Möglichkeit nach Seiende, als ganz aktualisierte Wirklichkeit ein ganz beseelter Leib ist, herrscht keine Dualität und Materie und Formkraft können losgelöst voneinander nicht existieren (*De an. II 1, 421a; Elm, 2001*).

Aristoteles umgeht so das Leib-Seele-Problem und erklärt ausdrücklich, man dürfe „nicht fragen, ob Seele und Körper eins sind, wie man auch nicht fragt, ob das Wachs und das Gepräge und überhaupt die Materie und das, wovon jenes die Materie ist, eins ist“ (*De an. II 1, 412b 6–9; Corcilius, 2011*). So warf er den Dualisten und Materialisten vor, dass sie immer nur eine Substanz, den Stoff oder die Form, berücksichtigen, während die „wirklichen Dinge“ immer aus beiden Teilsubstanzen zu einem untrennbaren Ganzen zusammengesetzt seien und nur diese Vereinigung beider das Lebendige ergäbe (Wolchover 2017). Anders als dualistische Sichtweisen, welche von einer vom Körper unabhängigen eigenständigen Seele

ausgehen, stellt der Hylemorphismus klar heraus, dass wir physische Prozesse für unsere Lebensäußerungen unabdingbar benötigen (Liske 2006).

Gegenüber physikalischen Sichtweisen, welche jegliche Lebensäußerungen auf rein physische Prozesse zurückführen, legt der Hylemorphismus zugrunde, dass die bloße Materie, wie ein Augapfel, allein nicht in der Lage ist, ein Sehen oder Lesen zu produzieren (Knaup 2012). Denn bei den meisten psychischen Vorgängen ist Aristoteles zufolge der Leib nicht nur beteiligt, sondern für die Seele gänzlich zur Erfahrung notwendig. Auch die Intensität von emotionalen Zuständen ist Aristoteles zufolge vom Körper abhängig (Knaup 2012).

Damit wird deutlich, dass Aristoteles Ansicht nicht bloß Folge des Mangels moderner Techniken, Labore und Hochleistungscomputern ist. Aristoteles geht vielmehr gewillt anders vor als die Naturwissenschaft. Für ihn ist es selbstredend, qualitative Dimensionen der Wirklichkeit nicht abzutun, sondern sie auch vor einem wissenschaftlichen Hintergrund ernst zu nehmen (Knaup 2012).

„Es darf nicht übersehen werden, daß Aristoteles die vorausgehenden Naturphilosophien mit in sein System zu integrieren strebte. Er warf ihnen hauptsächlich vor, daß sie immer nur eine Substanz, den Stoff oder die Form, berücksichtigen, während die wirklichen Dinge doch immer aus beiden Teilsubstanzen zu einem untrennbaren Ganzen zusammengesetzt seien und nur diese Vereinigung beider wirkliche Wesen ergäbe.“(Böhm o. J., 39)

Durch Form und Materie verdeutlicht Aristoteles, dass die unterschiedlichen Lebensäußerungen zum lebendigen leib-seelischen Organismus gehören. Die Materie, welche der Möglichkeit nach Leben hat, charakterisiert Aristoteles als organikon (*De an. II 1*, 421a 29 f.) und damit als werkzeugartig oder mit Organen ausgestattet (Rapp 2017). Der Körper ist also natürlich organisch so bestattet, dass er als angemessenes Werkzeug Aufgaben wie Wahrnehmung, Ernährung, Selbstbewegung erfüllen kann (Rapp 2017). Folglich existiert der Körper zum Zwecke der Seele und ihrer Fähigkeiten und ist auf eine spezifische Weise beschaffen, um diese Fähigkeiten ausüben zu können (Rapp 2017).

Nach dem Hylemorphismus verwirklicht die Form also das, was zugrunde gelegt ist: „Die Materie ist Potenz/Möglichkeit, die Form aber ist Vollendung (Entelechie)“ (*De an. II 1*, 412a; Knaup, 2018). Indem die Form also die Aktualität, die Wirklichkeit der Materie ist, können Form und Materie in allen Seienden Arten nicht auseinandergerissen werden (Knaup 2012). Die Form als das Lebendig-Sein hat damit einen Essentialismus inne; sie bestimmt das Wesen oder die Essenz einer Sache, womit es möglich wird, notwendige von nicht notwendigen Eigenschaften zu unterscheiden, die kein Teil der Identität sind (Rapp 2017). So ist es durch den Hylemorphismus möglich, solange die Form dieselbe bleibt, Teile der Materie kontinuierlich auszutauschen: Der sich in einem menschlichen Organismus ständig vollziehende Zellaustausch nimmt den betreffenden Menschen nichts an seiner Identität und der Tatsache, ein und derselbe zu sein (Rapp 2017). Da die Form darüber hinaus die Artzugehörigkeit bestimmt, sollte bei eventuellen fälschlichen Interpretationen aufgepasst werden, welche die Form als Information im Sinne von Genetik deuten (Knaup 2012).

### 3. Erkenntnisse aus der Quantenphysik

Im folgenden Abschnitt werden nach einer kurzen Einführung in die Welt der Quantenphysik spezifische Erkenntnisse zum Bewusstsein dargestellt. Anschließend werden die Ähnlichkeiten zum aristotelischen Hylemorphismus aufgezeigt.

#### 3.1. Eine kurze Einführung

Der Prozess, in dessen Verlauf Energie auf Moleküle einwirkt, folgt den Gesetzmäßigkeiten der Quantenphysik, denn „Wenn in unseren Gehirnen keine quantische, sondern lediglich eine klassische Informationsverarbeitung ablaufen würde, dann würden unsere Gehirne wahrscheinlich kochen“ (Görnitz u. Görnitz 2016, 101).

Um solch einen Prozess zu verdeutlichen, wird im Folgenden ein Blick auf die Signalkette einer willentlich ausgeführten Armbewegung geworfen. Zur Bewegung des Arms, also zur Kontrahierung des Muskels, müssen Membrane für Mineralien wie Natrium, Kalium und Chlorid durchlässig gemacht werden, damit ein elektrisches Aktionspotential ausgelöst wird. Um die Membrane durchlässig zu machen, müssen bestimmte Proteine/Enzyme die Membrantore bewegen und öffnen. Dazu müssen sie ihre Struktur von einer so genannten Konfiguration in eine Konformation ändern. Für eine solche Umwandlung in eine aktive Protein-Konformation müssen Kraft- und Zeitoperationen auf Molekülbindungen der Proteine/Enzyme einwirken. Dazu müssen Spins ihre Eigenschaften ändern. Zu diesem Zwecke müssen Informationen fließen. Der Wille bzw. das Bewusstsein kanalisiert diese Informationen. Demzufolge hat ein geistiges Prinzip, der Wille, kausal eine Kraft an Molekülbindungen erzeugt und schließlich Materie bewegt (Warnke 2017).

Den Grundstein der Quantenphysik legte Max Planck im Jahr 1900, indem er den Begriff des „Wirkungsquantums“ einführte, wonach die in einer einzelnen Welle steckende Energie nicht jeden beliebigen Wert annehmen kann, sondern gebündelt, das heißt ‘quantisiert’ auftritt. Er tat dies, wie er selbst beschrieb, in einem Akt der Verzweiflung, da das jahrtausendealte Dogma vom Fließen aller natürlichen Vorgänge („Natura non facit saltus“, „die Natur macht keine Sprünge“) radikal in Frage gestellt wurde (Planck 1900). Albert Einstein zeigte später, dass Licht sowohl als Teilchen als auch als Welle auftreten kann. Er bezeichnete diese masselosen, aber energiereichen Teilchen bzw. Wellen als Photonen und offenbarte als Erster die duale Eigenschaft des Lichts (Einstein 1905). Wiederum später konnte Erwin Schrödinger mit seiner Wellenmechanik aufzeigen, dass der Welle-Teilchen-Dualismus auch für das Elektron gilt (Schrödinger 1926).

Schließlich war die Verwirrung komplett, als Werner Heisenberg bewies, dass sich Ort und Impuls (Masse mal Geschwindigkeit) eines Teilchens nicht gleichzeitig exakt bestimmen lassen. Je genauer etwas über den Ort gesagt werden kann, desto ungenauer wird die Angabe über den Wert des Impulses und Umgekehrt

(Heisenberg 1927). Damit sind Quantenobjekte und ihre Orte von Natur aus „unscharf“ und nur mithilfe von statistischen Gesetzen wie der Heisenbergschen Unschärferelation, im Sinne von Möglichkeiten, beschreibbar und erfassbar (Görnitz u. Görnitz 2016).

Eng mit der Unbestimmtheitsrelation hängt die Frage der Kausalität physikalischer Prozesse zusammen. Da „Teilchen“ eben keine Teilchen sind, sondern Welle/Teilchen, die sich über einen größeren Raum ausbreiten, kann wie zuvor beschrieben, im Augenblick des Betrachtens der Ort, an dem ein Teilchen sich manifestieren wird, nicht im Voraus bestimmt werden. Das Verhalten dieses Teilchens ist also indeterminiert. So existiert Kausalität zumindest im mikrokosmischen Bereich nicht (ebd.). Damit hat Heisenberg zufolge „die Quantenphysik die definitive Widerlegung des Kausalitätsprinzips erbracht“ (Heisenberg 1927, 127).

Tatsächlich nimmt das Teilchen ‚erst bei der Messung‘ entsprechend dieser Wahrscheinlichkeiten einen der Zustände ein. Ohne Messung agiert das Teilchen nach der Kopenhagener Standardinterpretation deterministisch, ohne einen bestimmten Zustand und/oder eine bestimmte Position (Koznjak 2020). Somit ist jede Messung ein Eingriff in die zu messbaren Eigenschaften. Ausdruck findet diese Erkenntnissituation in *Niels Bohrs* Komplementaritätsprinzip, wonach die Ergebnisse verschiedener Beobachtungen nicht einheitlich zusammengefasst werden können (ebd.) Gemeint ist der Sachverhalt, dass das Licht in bestimmten physikalischen Experimenten als Wellenphänomen erscheint, in anderen Versuchsanordnungen als Teilchenstrahlung (Fahrenberg 2019). Die Kontinuität, die als das Hauptmerkmal der Welligkeit, und die Diskontinuität, die als das Hauptmerkmal der Teilchenhaftigkeit angesehen werden kann, sind logisch betrachtet zwei Merkmale, die sich gegenseitig ausschließen; ein Teilchen ist etwas, was einen idealen materiellen Punkt im Raum darstellt, während die Welle eine uneingeschränkte räumliche Ausdehnung haben kann (Koznjak 2007). Was in der klassischen Physik eine Verletzung des Gesetzes der Widerspruchsfreiheit darstellt, ergänzt sich nach der Quantenphysik im Sinne einer Komplementarität (Olah 2011).

So ist die in der klassischen Physik herrschende Subjekt-Objekt-Spaltung, also die strikte Trennung zwischen Beobachter und Beobachtetem, welcher zufolge das Subjekt nur dadurch Erkenntnis erlangen kann, dass es sich vom Erkannten löst, in der Quantenwelt nicht länger zutreffend (Olah 2011).

Vor diesem Hintergrund erscheint noch bemerkenswerter die Wechselwirkung zweier Teilchen, die durch die Quantenverschränkung, das ein weiteres Hauptmerkmal der Quantenphysik darstellt, beschrieben werden kann. In diesem Falle sind die Wahrscheinlichkeiten der Teilchen voneinander abhängig (Wolchover 2017). Die beiden Photonen können Lichtjahre voneinander entfernt sein, sie bleiben dennoch untrennbar miteinander verbunden: Wird bei Photon A beispielsweise eine vertikale Polarisation gemessen, dann ist Photon B sofort horizontal polarisiert, obwohl sein Zustand unmittelbar vorher noch nicht festgelegt war und zwischen den beiden Teilchen kein Signal ausgetauscht werden konnte (Handsteiner et al. 2017). Danach ist die Natur dazu fähig, zwischen zwei voneinander entfernten Ereignissen Korrelationen zu erzeugen, die sich weder durch eine gegenseitige Beeinflussung der Ereignisse, noch durch eine gemeinsame lokale Ursache erklären lassen (Gisin 2014).

Das Postulat der klassischen Physik, wonach sich alle physikalischen Messwerte zumindest im Prinzip exakt bestimmen lassen, weil sie in der Natur objektiv vorliegen, wurde damit die wissenschaftliche Grundlage entzogen (Eidemüller 2017).

### 3.2. Quantenphysikalische Erkenntnisse zum Bewusstsein

Der Arzt und Professor Stuart Hameroff entwickelte mit dem preisgekrönten Physiker und Mathematiker Sir Roger Penrose das quantenphysikalische Bewusstseinsmodell „Orchestrierte Objektive Reduktion“ („Orch-OR“-Theorie) (Hameroff u. Penrose 2014; Penrose u. Hameroff 1998). Sie führt Bewusstsein auf Quanteneffekte in Mikrotubuli innerhalb von Hirnneuronen zurück. Mikrotubuli sind feine Röhrrchen aus Eiweißmolekülen. Jede Zelle besitzt eine Gefäßstruktur aus einigen Millionen dieser Mikrotubuli. Die Eiweißmoleküle,

aus denen die Röhren bestehen können, sich ausstrecken oder kontrahieren, welches eine einfache Berechnung mit Null oder Eins ermöglicht. Ein Mikrotubuli zeigt ein kompliziertes Muster aus ausgestreckten und kontrahierten Eiweißeinheiten, in welchen Informationen enthalten sind. Über einen gewissen Zeitraum überlagern die beiden möglichen Zustände eines Moleküls sich, wodurch das System unbestimmt temporär unbestimmt ist.

Als Folge dessen werden Informationen verarbeitet als Überlagerungen mehrerer Möglichkeiten, also alternative kollektive Dipol-schwingungen, die von Mikrotubuli orchestriert werden ("Orch" im Sinne von Orchestra). Erst durch den Prozess der so genannten objektiven Reduktion („OR“) kollabiert das unbestimmte Muster in den Mikrotubuli in eine eindeutige Konfiguration. Nach den Überschlagsrechnungen von Penrose und Hameroff soll dies etwa 40-mal pro Sekunde geschehen und mit jedem Mal Sequenzen von Orch-OR-Momenten mit orchestrierter bewusster Erfahrung produzieren, welche metaphorisch mit Musik verglichen werden. Das Bewusstsein ist demnach kein Kontinuum, sondern ein Strom aus diskreten Bewusstseinsereignissen (vgl. Hameroff 2020).

So bildet eine Einheit von verschränkter bedeutungsvoller Quanteninformation das Bewusstsein und macht es naturwissenschaftlich erklärbar als eine Quanteninformation, die sich selbst erlebt und erkennt. (ebd.). Gegensätzlich zu den naturwissenschaftlichen Lehrmeinungen entstehe Bewusstsein also nicht durch elektrochemische Prozesse zwischen den Neuronen, sondern durch Quanteneffekte ‚in‘ den Neuronen (Hameroff 2020).

Den wichtigsten Teil für die Modellierung von Bewusstsein und damit die Basis der erfahrenden Qualität stellt nach dem Physiker Thomas Görnitz eine abstrakte Quantenstruktur dar: die Protyposis, die sich sowohl zu materiellen und energetischen als auch zu geistigen Strukturen ausformen kann. Das heißt, sie ist eine quantische Vor-Struktur, die als Grundsubstanz der Wirklichkeit bezeichnet werden kann und die sich zu einer Form, einer Struktur oder einer Bedeutung ausprägen oder entwickeln kann (Görnitz u. Görnitz 2016).

Die Protyposis als Informationsstruktur zielt auf Bedeutung, Bedeutung zielt evolutionär auf ihr Bewusstwerden. Da bewusstwerden individuell und energetisch aufwendig ist, entwickelt sich Bewusstsein nur dort, wo es tatsächliche Vorteile bringen kann. So verlaufen die meisten psychischen Prozesse unbewusst (Görnitz 2019). Im Hinblick auf die Entwicklung des Bewusstseins bei einem Kind bewirken die Informationen aus eigenem Erleben in Verbindung mit den kulturell-sozialen Einflüssen eine spezialisierte „Verschaltung“ des Nervensystems. Die ständig ablaufenden Vorgänge der Informationsverarbeitung und der Bedeutungserzeugung wirken auf die anatomische Struktur, also die neuronalen Netze, die Axone und Dendriten mit den Synapsen. Umgekehrt wirken die stattfindenden Veränderungen in Biochemie und Anatomie auf die Bedeutungsgebung ein. Mit Wachstum und Differenzierung des Gehirns wird die Informationsverarbeitung so umfangreich, dass erlernt wird Information über Information zu verarbeiten und folglich zur Reflexion fähig wird. Durch eine solche Reflexionsfähigkeit wird es möglich, sich gleichsam wie mit „den Augen eines Dritten“ betrachten. Die quantische Nichtlokalität erleichtert das Verstehen des Psychischen als ausgedehnte Zustände, welche nicht an nur einer Stelle im Gehirn zu finden sind. Ein „Ort des Ichs“ existiert damit nicht. Das Bewusstsein bildet sich aus Teilverarbeitungen mit Schwerpunkten in einzelnen Gehirnarealen zusammen (Görnitz 2019).

Folglich ist Bewusstsein kein massives Objekt, masseloses Teilchen oder Quantenobjekt. Es ist vielmehr eine reale Entität von Quanteninformationen, welche eigenständige Wirkungen erzeugen kann und in diesem Sinne als objekthaft bezeichnet werden muss. Diese objektive, eigenständige und wirkungsfähige Existenz des Bewusstseins als eine spezielle Form der Protyposis ist der Schlüssel für dessen naturwissenschaftliches Verstehen (Görnitz u. Görnitz 2016).

Werner Heisenbergs Tochter Christine Mann und ihr Lebensgefährte Frido Mann stützen sich ebenfalls auf die Theorie der Protyposis und gehen noch einen Schritt weiter. Nach ihnen löst sich Materie hinreichend auf kleinen Längenskalen in Energiefelder auf, die potentiell mit dem Geist selbst identisch seien. Damit würde sich nicht nur in unserem Denken und Fühlen Geistiges zeigen, sondern

jede Materie schon Geistiges in sich tragen oder „mit transportieren“ (Mann u. Mann 2017). Bereits Heisenberg selbst spekulierte, dass die Grundstruktur der Materie geistig verfasst sei (Löhr 2017).

Das schrittweise Entstehen des Geistigen zu immer komplexeren materiellen Strukturen, zeigt die Möglichkeit der Quantenphysik, den alten Dualismus von Geist und Materie zu überwinden. Denn indem es sich bei Geist und Materie um keine qualitativ grundsätzlich voneinander unterschiedenen Qualitäten handele, könne das Problem der Interaktion zwischen ihnen zumindest entschärft werden (Mann u. Mann 2017).

Stelle man nun die Frage nach dem subjektivem erleben und bewussten Gedanken, ist in dem Bedeutungsgrad der Photonen zu suchen. Sie sind in ihrer Gesamtheit eine spezielle Form einer riesigen Menge von Quanteninformationen. Von diesen Quanteninformationen kann ein Teil zu bedeutungsvollen Information werden und von diesen wiederum ein Teil unsere Gedanken. Demnach tragen Photonen die Informationen, die in ihrer Gesamtheit unser Bewusstsein ‚und‘ das Unbewusste sind (Görnitz u. Görnitz 2016). Können im EEG keine Photonen mehr nachgewiesen werden, ist das ein Hinweis auf den Hirntod (Görnitz 2019).

Information kann dann Bedeutung erlangen, wenn sie am bzw. im Empfänger durch Steuerung etwas bewirken kann. Dies wird beispielsweise dadurch möglich, dass die Information mit den im Empfänger bereits vorhandenen bedeutungsvollen Informationen zusammenwirkt und automatisch Bedeutung erzeugt. Das Bewusstwerden ist dazu nicht erforderlich. Die bereits vorhandenen Informationen somit stellen die Grundlage bzw. den Kontext für die Bedeutungserzeugung dar. Auf diese Weise entsteht die spezifische herausgebildete Bedeutung nur für den Empfänger. Sie kann zwar von einem Dritten erahnt werden, ist in ihrem vollen Umfang jedoch nur dem zugänglich, der sie für sich selbst erzeugt hat (Görnitz u. Görnitz 2016). Schließlich kann die Quantentheorie erklären, warum die Inhalte eines jeden individuellen Bewusstseins notwendigerweise subjektiv sind und die Eigenschaften von Erlebnisqualitäten haben können. Damit kann auch die Frage beantwortet werden, warum objektive Aussagen über universelle Quantenstrukturen

zwar machbar sind, die individuelle Ausgestaltung der Bedeutungsgebung eines Bewusstseins aber nicht objektiv von Dritten erfassbar ist (ebd.).

Letztlich könnte mit dem Einbeziehen quantenphysikalischer Prozesse eine naturwissenschaftliche Definition des Bewusstseins möglich gemacht werden, welche auch Spielräume für eine eigenständige Wirkmacht und dem Zufall offenlässt. Dadurch würde die Debatte um den Materialismus oder Dualismus ‚der Seele‘ letztendlich durch die Protyposis relativiert werden (Görnitz u. Görnitz 2016).

#### 4. Ähnlichkeiten des Hylemorphismus zur Quantenphysik

Bei seiner Suche nach einer geeigneten Formulierung zur Beschreibung der Quantenzustände erkannte Heisenberg in der aristotelischen Ansicht über die Möglichkeit das philosophische Äquivalent zur mathematischen Zustandsfunktion, welche Quantenobjekte im Welle/Teilchen-Dualismus beschreibt (Heisenberg 1961). Nach Heisenbergs Auffassung sollten die Wellen als mathematische Beschreibung einer realen Möglichkeit verstanden werden.

„Das wichtigste dieser [Merkmale der Interpretation, S.D.] war die Einführung der Wahrscheinlichkeit als eine neue Art von 'objektiver' physikalischer Realität. Dieser Wahrscheinlichkeitsbegriff ist eng verwandt mit dem Begriff der Möglichkeit, der 'potentia' der Naturphilosophie der Antike sowie Aristoteles; er ist gewissermaßen eine Umwandlung des alten 'potentia'-Begriffs von einer qualitativen zu einer quantitativen Idee“ (Heisenberg 1962, 12f.).

Damit sollte die Beschreibung von etwas ermöglicht werden, „das in der Mitte zwischen der Idee eines Ereignisses und dem tatsächlichen Ereignis steht, eine seltsame Art von physikalischer Realität genau in der Mitte zwischen Möglichkeit und Wirklichkeit“ (Heisenberg 1958, 41).

Aristoteles erklärte in seiner Prinzipienlehre, dass „künftige Möglichkeiten“ vor ihrem Eintreten weder wahr noch falsch sind und damit ein Drittes sein können. Dies erklärt den Aspekt des Seins

eines Dings, der seiner Fähigkeit entspricht, sich zu verändern, insbesondere zu dem zu werden, was es gegenwärtig nicht ist, aber später sein könnte. Wie oben bereits beschrieben, ist für Aristoteles diese Potentialität bereits vor der Veränderung vorhanden und stellt die Fähigkeit dar, eine Veränderung in einen möglichen zukünftigen Zustand herbeizuführen (Jaeger 2017).

Die Beziehung zwischen Potentialität und Aktualität erinnert an die Beziehung zwischen Form und Materie. Nach Aristoteles geht die Materie im Naturprozess von der bloßen Möglichkeit durch die Form in die Wirklichkeit über. Denn die Materie an sich sei keine Realität, sondern nur eine Möglichkeit und gelange nur durch die Form zu einer bestimmten Materie und damit zur spezifischen Existenz. Folglich ist die Materie die Möglichkeit und die Form die Wirklichkeit. Damit sind die Begriffe Möglichkeit und Wirklichkeit mit den Begriffen der Materie und der Form nicht nur eng verbunden, sondern stehen vielmehr im selben Verhältnis zueinander: „Ferner ist der Stoff dem Vermögen nach, weil er zur Form gelangen kann; sobald er aber in Wirklichkeit ist, dann ist er in der Form“ (*Metaphysik* 1050a 15–16; Koznjak 2007). So sind „Sein“ und „Seiendes“ teils das Vermögen, teils die Wirklichkeit (vgl. *Metaphysik* 1017a 35–1017b 2).

Die Materie des Aristoteles ist keine bestimmte Materie wie Wasser oder Luft, auch nicht einfach leerer Raum; sie ist eine Art unbestimmtes körperliches Substrat, das die Möglichkeit verkörpert, durch die Form in die Wirklichkeit überzugehen. So ist alles, was wir um uns herum wahrnehmen, geformte Materie (Heisenberg 1958). Aristoteles betrachtet Materie als ein Prinzip der Unbestimmtheit, durch das die Dinge nicht alle dazu bestimmt sind, das zu sein, was sie tatsächlich sind und infolgedessen sich verändern und etwas ganz anderes sein können: „Unter Materie verstehe ich das, was an sich weder ein bestimmtes Ding noch von einer bestimmten Menge ist noch einer anderen der Kategorien zugeordnet ist, durch die das Sein bestimmt wird“ (*Metaphysik* 1069 b 1–8). Materie ist demzufolge das Grundsubstrat der Wirklichkeit, das in sich selbst als Naturprinzip unbestimmt ist: Das, was potentiell und nicht in vollständiger Realität existiert, das ist unbestimmt (*Metaphysik* 1007 b 27). Erst durch

die bestimmte Form wird es zu einer bestimmten Materie. Diese ‚Urmaterie‘ besitzt als Grundprinzip der Wirklichkeit keine physisch auffindbaren Eigenschaften: Physisch existieren nach Aristoteles lediglich Substanzen, und die Materie ist keine Substanz, sondern ein Grundprinzip, das in allen Substanzen vorhanden ist. Die vier Elemente sind ihm zufolge die erste Verwirklichung der Urmaterie (Ortiz de Landázuri 2017). Angewendet auf die Quantenphysik wären die Teilchen damit die erste Verwirklichung der Urmaterie (ebd.).

Die Wellenfunktion ist also die mathematische Beschreibung des breiten Spektrums an Möglichkeiten, die in einer physikalischen Realität vorhanden sind. Sie beschreibt die mathematische Beschaffenheit der Urmaterie als inhärentes Prinzip, das in der gesamten physikalischen Welt vorhanden ist. Versteht man also die Materie als das grundlegende Substrat, das allen physikalischen Eigenschaften zugrunde liegt, so ist sie als Energie zu verstehen, die verschiedene Formen annehmen kann. Die Materie kann als eine Quelle der Unbestimmtheit betrachtet werden, aber diese Unbestimmtheit ist in gewisser Weise auf bestimmte Wahrscheinlichkeiten festgelegt, wie sie durch die Wellenfunktion beschrieben werden (Ortiz de Landázuri 2017). Damit stimmt dies mit dem überein was Heisenberg sagte:

„Alle Elementarteilchen können bei sehr hohen Energien in andere Teilchen umgewandelt werden, oder sie können einfach aus kinetischer Energie entstehen und in Energie, zum Beispiel in Strahlung, vernichtet werden. Damit haben wir hier eigentlich den endgültigen Beweis für die Einheit der Materie. Alle Elementarteilchen bestehen aus der gleichen Substanz, die wir als Energie oder universelle Materie bezeichnen können; sie sind nur verschiedene Formen, in denen die Materie erscheinen kann. Wenn wir diese Situation mit den aristotelischen Konzepten von Materie und Form vergleichen, können wir sagen, dass die Materie von Aristoteles, die bloße ‚potentia‘ ist, mit unserem Konzept der Energie verglichen werden sollte, die durch die Form zur Realität wird, wenn das Elementarteilchen geschaffen wird.“ (Heisenberg 2007, 134)

Genauer gesagt wäre die Protyposis als abstrakte und bedeutungsfreie Quanteninformation, deren Qubits zugleich die einfachsten

aller denkbaren Quantenstrukturen darstellt und als materielle Teilchen und als Energie erscheinen kann, übertragen auf Aristoteles Lehre, die Urmaterie. Die Urmaterie kann zur Form und damit zum Seienden werden, wie die Protyposis zu Photonen und damit zu sich selbst erfahrender Quanteninformation und letztlich zu Bewusstsein werden kann. Eine solche spezifische Übertragung der quantenphysikalischen Ergebnisse auf die Form von Aristoteles ist dagegen schwerer zu leisten. Denn dort, wo die Form als Seinsprinzip die Materie durchformt und zum Leben erweckt, ist es in der Quantenphysik das Wechselspiel von bedeutungsvoller Information welches Bewusstsein bewirkt. Fraglich wird nun eher, ob die Form von Aristoteles vergleichbar sein könnte mit der Energieinstanz welche die Protyposis selbst „zum Leben erweckt“. Die Erörterung dessen würde jedoch aber die Kapazität dieses Artikels übersteigen.

Von anderen Forschern wurde die Entdeckung von Heisenberg als unvollständig bezeichnet und die Einbeziehung der aristotelischen Potentia abgelehnt, „da der Übergang von der Potenzialität zur Aktualität rätselhaft bleibt“ (Shimony 1993).

Die Potentialität wird Aristoteles zufolge nur dann zum Wirklichen, wenn etwas in der Handlung die Verwirklichung bewirkt (Koznjak 2007). Nach diesem Ansatz würde also Sinn machen, dass das Elektron als Teilchen nur im energetischen Austausch zu finden ist, denn wenn der Austausch stattfindet, bringt etwas, das von außen einwirkt, die Potentialität der Wellenfunktion in eine bestimmte Aktualität. Der Übergang vom Potential zum Aktuellen geschieht also nur, wenn eine energetische Anregung den Übergang möglich macht (Ortiz de Landázuri 2017). Dies erinnert an den quantenphysikalischen Einfluss einer Messung durch welche die Welle/ Teilchen erste einen der Zustände annimmt und ohne eine Messung undeterminiert bleibt. Übertragbar ist der Übergang zum Wirklichen auch auf das Vorgehen beim Entstehen von Bewusstsein. Denn die Bedeutungserzeugung der Protyposis hängt davon ab, ob bedeutungsvolle Information bereits besteht. Nur im Wechselspiel mit bereits vorhandener bedeutungsvoller Information verändert sich die Protyposis und kann selbst bedeutungsvoll und damit bewusstwerden (Görnitz 2016). Es wird also ein vorheriges Bestehen von

Bedeutungsvoller Information benötigt, welches die Bedeutungserzeugung bewirkt.

Schließlich ähneln sich der Hylemorphismus und die Quantenphysik sehr in ihrem holistischen Charakter. Denn indem die Seele das Lebendig-Sein der Materie ist, ist sie nach Aristoteles weit weg davon eine unabhängige Substanz zu sein (*De an. II 2, 414a 14ff.*; vgl. *De an. I 1, 403a 3ff.*). Und auch Heisenberg zitierte in seinem Buch *Der Teil und das Ganze* Niels Bohr mit den Worten:

„es wird doch zum Beispiel immer wieder gesagt, daß die Quantentheorie unbefriedigend sei, weil sie nur eine dualistische Beschreibung der Natur mit den komplementären Begriffen ‚Welle‘ und ‚Teilchen‘ gestattete. Wer die Quantentheorie wirklich verstanden hat, würde aber gar nicht mehr auf den Gedanken kommen, hier von einem Dualismus zu sprechen. Er wird die Theorie als eine einheitliche Beschreibung der atomaren Phänomene empfinden, die nur dort, wo sie zur Anwendung auf die Experimente in die natürliche Sprache übersetzt wird, recht verschieden aussehen kann. 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.“ (Heisenberg 2002, 246)

## 5. Zusammenfassung und Ausblick

Grundlegend für die aristotelische Lehre von der Seele ist der Hylemorphismus, bei welcher die Seele als Form (*morphé*) die Materie (*hyle*) zum Leben erweckt und das verwirklicht, was im Körper als artenspezifisches Potential angelegt ist. Heisenberg sieht neben anderen Wissenschaftlern und Autoren, in der aristotelischen Philosophie der Möglichkeit (*potentia*) die qualitative Beschreibung der quantitativen Formel zur Beschreibung der Quantenobjekte (z.B.: Koznjak 2020; Jaeger 2017; Ortiz de Landázuri 2017). Denn die Beschreibung der Möglichkeiten, zu welche sich die aristotelische Urmaterie ausformen kann, zeigt große Ähnlichkeiten zu den spezifischen Ausformungen der Welle/ Teilchen als Primärenergie und der

Protyposis, welche verschiedene Erscheinungsformen, wie letztlich auch Photonen als bewusstseinspezifische Ausformungen annehmen kann. Damit ähnelt Aristoteles Lehre über die Möglichkeit und über die Form und Materie dem holistischen Ansatz der Quantenphysik und kann insbesondere mit dem Begriff der Potentialität und der Urmaterie letztlich nützlich sein um diese wie auch den Welle/Teilchen-Dualismus besser zu verstehen.

### *Literaturverzeichnis*

Baden, Tom, Berens, Philipp, Franke, Katrin, Román Rosón, Miroslav, Bethge, Matthias u. Euler, Thomas (2016): „The functional diversity of retinal ganglion cells in the mouse“. In: *Nature*, 529 (7586), S. 345–350.

Becker, Patrick (2009): *In der Bewusstseinsfalle?: Geist und Gehirn in der Diskussion von Theologie, Philosophie und Naturwissenschaften* Bd. 18. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.

Beckermann, Ansgar (2011): *Das Leib-Seele-Problem. Eine Einführung in die Philosophie des Geistes*. Paderborn: Wilhelm Fink.

Böhm, Walter (o. J.): „Über die Anwendbarkeit des Hylemorphismus und der Metamorphosenlehre in der heutigen Naturwissenschaft“. In: *Philosophisches Jahrbuch* 61, 2018/12, S. 38–48.

Braun, Daniel (2010): *Philosophische Verwicklungen der neurobiologischen Bewusstseinsforschung*. Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde der Philosophischen Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg im Breisgau.

Buchheim, Thomas (2019): *Zum Verhältnis von Körper und Seele bei Aristoteles* (Tübinger Vortrag 2019). Veröffentlicht unter: [https://www.academia.edu/41079999/Zum\\_Verhältnis\\_von\\_Körper\\_und\\_Seele\\_bei\\_Aristoteles.html](https://www.academia.edu/41079999/Zum_Verhältnis_von_Körper_und_Seele_bei_Aristoteles.html) [12.09.21]

Corcilus, Klaus (2011): „Methode“. In: Christoph Rapp u. Klaus Corcilus (Hg.): *Aristoteles-Handbuch: Leben – Werk – Wirkung*. Stuttgart: J.B. Metzler, S. 316–321.

Damasio, Antonio (1995): *Descartes' Irrtum. Fühlen, Denken und das menschliche Gehirn*. München: List.

Die aristotelische Lehre über die Seele und ihre Ähnlichkeiten zur Quantenphysik

Detel, Wolfgang (2011): „Prinzip, Ursache“. In: Christoph Rapp u. Klaus Corcilius (Hg.): *Aristoteles-Handbuch: Leben – Werk – Wirkung*. Stuttgart: J.B. Metzler, S. 365–369.

Eidemüller, Dirk (2017): „Quanten im Nebel. 90 Jahre Unschärferelation“. In: *Spektrum – Die Woche* 12 (2017), S. 19–24.

Einstein, Albert (1905): „Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt“. In: *Annalen der Physik* 322 (6), S. 132–148.

Elm, Ralf (2001): „Aristoteles. Dynamis und Energeia: Zum Problem des Vollzugs des Seienden“. In: Josef Speck (Hg.): *Grundprobleme der großen Philosophen. Philosophie des Altertums und des Mittelalters*. Göttingen: Vandenhoeck, S. 78–122.

Fahrenberg, Jochen (2019): *Komplementaritätsprinzip*. Verfügbar unter: <https://dorsch.hogrefe.com/stichwort/komplementaritaetsprinzip.html> [13.08.21].

Gisin, Nicolas (2014): *Der unbegreifliche Zufall: Nichtlokalität, Teleportation und weitere Seltsamkeiten der Quantenphysik*. Wiesbaden: Springer Spektrum.

Görnitz, Thomas u. Görnitz, Brigitte (2008): *Die Evolution des Geistigen: Quantenphysik - Bewusstsein - Religion*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.

Görnitz, Thomas u. Görnitz, Brigitte (2016): *Von der Quantenphysik zum Bewusstsein: Kosmos, Geist und Materie*. Wiesbaden: Springer Spektrum.

Hameroff, Stuart (2020): „‘Orch OR’ is the most complete, and most easily falsifiable theory of consciousness“. In: *Cognitive Neuroscience* 0 (0), S. 1–3.

Hameroff, Stuart u. Penrose, Roger (2014): „Consciousness in the universe: A review of the ‘Orch OR’ theory“. In: *Physics of Life Reviews* 11 (1), S. 39–78.

Handsteiner, Johannes, Friedman, Andrew, Rauch, Dominik, Gallicchio, Jason, Liu, Bo, Hosp, Hannes, Kofler, Johannes, Bricher, David, Fink, Matthias, Leung, Calvin, Mark, Anthony, Nguyen, Hien T, Sanders, Isabella, Steinlechner, Fabian, Ursin, Rupert, Wengerowsky, Sören, Guth, Alan, Kaiser, David, Scheidl, Thomas u. Zeilinger, Anton (2017): „Cosmic Bell Test: Measurement Settings from Milky Way Stars“. In: *Physical Review Letters* 118 (6), 060401. Hecht, Heiko u. Desnizza, Wolfgang (2012): *Psychologie als empirische Wissenschaft: Essentielle wissenschaftstheoretische und historische Grundlagen*. Wiesbaden: Springer Spektrum.

Heisenberg, Werner (1927): „Über den anschaulichen Inhalt der quantenmechanischen Kinematik und Mechanik“. In: *Zeitschrift für Physik* 43, S.172.

Heisenberg, Werner (1958): *Physics and Philosophy*. New York: Harper and Row.

Heisenberg, Werner (1961): „Planck's Discovery and the Philosophical Problems of Atomic Physics“. In: Collier Books (Hg.): *On Modern Physics*. New York: Clarkson Potter, S. 3–19.

Heisenberg, Werner (1962): „The Development of the Interpretation of the Quantum Theory“. In: Wolfgang Pauli (Hg.): *Niels Bohr and the Development of Physics*. Oxford: Pergamon Press, S. 12–19.

Heisenberg, Werner (2002): *Der Teil und das Ganze. Gespräche im Umkreis der Atomphysik*. München: Piper.

Heisenberg, Werner (2007): *Physics and Philosophy*. New York: Harper Perennial.

Herzog, Michael u. Esfeld, Michael (2005): „Leib-Seele-Problem: Wenn der Geist Kopf steht“. In: *Gehirn&Geist* 11/05, S. 56–60.

Höffe, Ottfried (2009): *Aristoteles: Die Hauptwerke: ein Lesebuch*. Tübingen: Francke A.Verlag.

Hübner, Johannes (1999): „Die Aristotelische Konzeption der Seele als Aktivität in de Anima II 1“. In: *Archiv für Geschichte der Philosophie* 81 (1), S. 1–32.

Jaeger, Gregg (2017): „Quantum potentiality revisited“. In: *Philosophical Transactions of the royal society* vol. 375 (2106), 20160390.

Knaup, Markus (2012): *Leib und Seele oder mind and brain?: Zu einem Paradigmenwechsel im Menschenbild der Moderne*. Freiburg: Karl Alber.

Knaup, Markus (2018): „Aristoteles und die Seele als Entelechie“. In: Gerhard Benetka u. Hans Werbik (Hg.): *Die philosophischen und kulturellen Wurzeln der Psychologie*. Gießen: Psychosozial-Verlag, S. 15–40.

Knoll, Manuel (2017): *Antike griechische Philosophie*. Berlin-Boston: De Gruyter Akademie Forschung.

Koznjak, Boris (2007): „Möglichkeit, Wirklichkeit und Quantenmechanik“. In: *Prolegomena* 6 (2), S. 223–252.

Koznjak, Boris (2020): „Aristotle and Quantum Mechanics: Potentiality and Actuality, Spontaneous Events and Final Causes“. In: *Journal for General Philosophy of Science* 51 (2), S. 459–480.

Liske, Michael-Thomas (2011): „Aristoteles' Philosophie des Geistes: Weder Materialismus von Dualismus“. In: Uwe Meixner u. Albert Newen (Hg.): *Seele, Denken, Bewusstsein: Zur Geschichte der Philosophie des Geistes*. Berlin-Boston: de Gruyter, S. 20–56.

Löhr, Eckhart (2017): „Am Anfang war die Quanteninformation“. In: *Spektrum – die Woche*, 9 (2017), S. 36–42.

Mann, Frido & Mann, Christine (2017): *Es werde Licht. Die Einheit von Geist und Materie in der Quantenphysik*. Frankfurt M.: Fischer Verlag.

Nagel, Thomas (1974): „What's it like to be a bat?“. In: *Philosophical Review* 83(4), S. 435–450.

Olah, Norbert (2011): *Einsteins trojanisches Pferd*. Wien/ New York: Springer.

Ortiz de Landázuri, Manuel Cruz (2017): „Hylemorphism in Quantum Physics“. In: *Forum* 3 (2017), S. 395–404.

Penrose, Roger u. Hameroff, Stuart (1998): „Quantum computation in brain microtubules? The Penrose–Hameroff ‘Orch OR’ model of consciousness“. In: *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 356 (1743), S. 1869–1896.

Planck, Max (1900): „Zur Theorie des Gesetzes der Energieverteilung im Normalspektrum“. In: *Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft im Jahre 1900* 2 (17), S. 237–245.

Pruszynski, Andrew u. Johansson, Roland (2014): „Edge-orientation processing in first-order tactile neurons“. In: *Nature neuroscience* 17 (10), S. 1404–1409.

Putnam, Hilary (1990): *Vernunft, Wahrheit und Geschichte* (Übersetzt von Joachim Schulte). Berlin: Suhrkamp Verlag.

Rapp, Christoph (2017): „Aristoteles' hylemorphistischer Seelenbegriff“. In: Dagmar Kiesel & Cleophea Ferrari (Hg.): *Seele*. Frankfurt: Klostermann, S. 45–82.

Rugel, Matthias (2013): „Die intrinsische Natur der Materie“. In: *Materie - Kausalität - Erleben* 1, S. 105–199.

Schrödinger, Erwin (1926): „Quantisierung als Eigenwertproblem (Vierte Mitteilung)“. In: *Annalen der Physik* 81(4), S. 109–139.

Seidl, Horst (1995): *Beiträge zu Aristoteles' Naturphilosophie*. Amsterdam: Rodopi.

Shimony, Abner (1993): *Search for a naturalistic world view*, vol. II. Cambridge: Cambridge University Press.

Singer, Wolf u. Ricard, Matthieu (2017): *Jenseits des Selbst: Dialoge zwischen einem Hirnforscher und einem buddhistischen Mönch*. Berlin: Suhrkamp.

Stephan, Achim (2020): *Leib-Seele-Problem*. Verfügbar unter: <https://www.spektrum.de/lexikon/neurowissenschaft/leib-seele-problem/6967.html> [12.08.21].

Warnke, Ulrich (2017): *Quantenphilosophie und Spiritualität: Wie unser Wille Gesundheit und Wohlbefinden steuert*. München: Goldmann Verlag.

Wieland, Wolfgang (1972): „Zeitliche Kausalstrukturen in der aristotelischen Logik“. In: *Archiv für Geschichte der Philosophie* 54 (3), S. 229–237.

Wolchover, Natalie (2017): „Teilchenphysik: Verrückter Quanteneffekt erneut experimentell bestätigt“. In: *Spektrum: die Woche*, 17, S. 32–36.

Wulf, Christoph (2005): „Präsenz und Absenz. Prozess und Struktur in der Geschichte der Seele“. In: Gerd Jüttemann, Christoph Wulf u. Michael Sonntag (Hg.): *Die Seele: Ihre Geschichte im Abendland*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht, S. 5–15.