

Materie und Bewusstsein

Ein tieferes Verständnis der Quantenphysik ermöglicht einen Blick hinter die Kulissen der Materie und öffnet die Tür zu einer fundamentalen Theorie des Bewusstseins.

Joachim Kepler

Alle unsere Erfahrungen im Leben sind untrennbar mit unserem phänomenalen Bewusstsein verbunden. Als komplexe biologische Organismen nehmen wir äußere Reize nicht nur auf, wir erleben sie in unserer inneren Welt: die wohlklingende Stimme einer Sängerin, das Glücksgefühl beim Betrachten eines farbenprächtigen Sonnenuntergangs, das emotionale Feuerwerk beim Erzielen einer sportlichen Höchstleistung. Doch wie kann es sein, dass die in uns ablaufenden physikalischen und chemischen Prozesse von subjektiven Empfindungen begleitet sind? Dieses als Qualiaproblem bekannte Mysterium ist eine der größten Herausforderungen, denen sich die Wissenschaft des 21. Jahrhunderts stellen muss.

Die wissenschaftlichen Erkenntnisse des 20. Jahrhunderts haben unser modernes Weltbild entscheidend geprägt und unser Verständnis des physikalischen Universums in erheblichem Maße vertieft. Erstaunlicherweise hat das Verständnis unseres Bewusstseins von dieser Entwicklung bisher jedoch kaum profitiert. Auch wenn einige Wissenschaftler, allem voran namhafte Physiker wie beispielsweise David Bohm und Eugene Wigner, Überlegungen darüber angestellt haben, wie sich Bewusstsein in unser Weltbild integrieren lässt, hat die Bewusstseinsforschung bis zum Ende des letzten Jahrhunderts ein absolutes Schattendasein geführt. Dies liegt im Wesentlichen darin begründet, dass das Phänomen des Bewusstseins von der überwiegenden Mehrheit der westlichen Wissenschaftler vollkommen mit komplexen neurophysiologischen Prozessen im Gehirn gleichgesetzt wurde. Deren immer genauere Erforschung, so die vorherrschende Meinung, werde schon in absehbarer Zukunft die Geheimnisse um die Psyche lüften und uns eine umfassende Theorie des Bewusstseins liefern. Auf der Basis dieser reduktionistischen Sichtweise stellt das Phänomen des Bewusstseins offensichtlich kein ernsthaftes Problem dar, wodurch sich auch der bislang sehr geringe Stellenwert einer eigenständigen Bewusstseinsforschung erklärt.

Diese Einschätzung hat sich erst Mitte der 90er Jahre geändert, als der Philosoph David Chalmers in einer viel beachteten Arbeit [1] aufgezeigt hat, dass es keine reduktionistische Erklärung des Phänomens geben kann und der eigentliche Kern des Problems von der Fachwelt bislang verdrängt wurde. Kurz zusammengefasst

beruht seine Argumentation auf der Erkenntnis, dass die Existenz von Bewusstsein nicht logisch aus den Prozessen im Gehirn und der ihnen letztendlich zugrunde liegenden Physik folgt. Schließlich findet sich in keiner Gleichung, mit der wir die Struktur und die Dynamik der Materie und damit die quantitativen Aspekte der Außenwelt beschreiben, auch nur der leiseste Hinweis auf die qualitativen Aspekte unserer Innenwelt. Deshalb kann man sich ein System vorstellen, das exakt so arbeitet wie unser Gehirn, aber keinerlei Bewusstsein hat. Vor diesem Hintergrund ist es zunächst schwer zu verstehen, wie ein physikalisches System, egal wie komplex es organisiert ist, die Bandbreite unserer subjektiven Gefühle und Wahrnehmungen hervorbringen kann, die ohne Zweifel den Kern unserer Existenz ausmachen. Ausgehend von dieser unbestreitbaren Erklärungslücke ergibt sich ein Bündel an Fragestellungen, mit dem sich das wachsende Feld der Bewusstseinsforschung nun beschäftigt. Was ist das Substrat des Bewusstseins? Welche Voraussetzungen sind für Bewusstsein erforderlich? Woran kann man bewusste von unbewussten Prozessen unterscheiden? Kann Bewusstsein auch entkoppelt von Materie existieren? Die wesentliche Herausforderung besteht also darin, einen integrierten Ansatz zu finden, mit dem sich sowohl die äußere Welt (Physik) als auch die innere Welt (Bewusstsein) sowie deren Wechselwirkung beschreiben lässt.

ZUSAMMENFASSUNG

- Die Stochastische Elektrodynamik (SED) ist eine Theorie, die ein tieferes Verständnis der Quantenphysik ermöglicht.
- Gemäß der SED resultiert das Verhalten von Quantensystemen aus deren dynamischer Wechselwirkung mit einem allgegenwärtigen stochastischen Hintergrundfeld, dem Zero-Point Field (ZPF).
- Sobald diese Wechselwirkung ein stationäres Gleichgewicht erreicht, entsteht ein systemspezifischer Informationszustand im ZPF.
- Die Erkenntnisse aus der Neurophysiologie sprechen dafür, dass sich das Gehirn wie ein makroskopisches Quantensystem verhält. Dies bedeutet insbesondere, dass es ZPF-Informationszustände generiert.
- Das ZPF bietet sich als geeigneter Kandidat für das Substrat des Bewusstseins an, was nahelegt, dass ZPF-Informationszustände mit bewussten Zuständen einhergehen.

Im Folgenden wird es darum gehen, wie ein derartiger Ansatz aussehen kann [2]. Dabei gilt es zunächst einmal einen geeigneten konzeptionellen Rahmen zu finden, der allen bisherigen Erkenntnissen über das Bewusstsein gerecht wird. Dieser Rahmen sollte die wesentlichen Ingredienzen enthalten, die zu einem Verständnis des Bewusstseins gehören, ohne dass bereits alle Details einer ausgereiften Theorie erforderlich sind. In diesem Sinne ist der konzeptionelle Rahmen als Leitfaden für den weiteren Entwicklungspfad hin zu einer Theorie des Bewusstseins gedacht. Ich werde argumentieren, dass ein vielversprechender Pfad zum Verständnis unseres Bewusstseins über ein tieferes Verständnis der Quantenphysik führt.

Quantenphysik und Bewusstsein

Während das Gedankengebäude der klassischen Physik auf Gesetzmäßigkeiten beruht, die ohne jeglichen Hinweis auf die Existenz von Bewusstsein auskommen, haben sich im Zuge der Entwicklung der Quantenmechanik erste Ansatzpunkte ergeben, das menschliche Bewusstsein in den Formalismus der Physik einzubeziehen. Gemäß der Kopenhagener Deutung der Quantenmechanik ist unsere Realität durch die Wechselwirkung zwischen dem beobachteten System und einem Beobachter bestimmt. John von Neumann hat diese Interpretation dahingehend ausgelegt, dass er die Grenze zwischen dem beobachteten System und dem Beobachter mit der Schnittstelle zwischen den physikalisch beschreibbaren Systemkomponenten und dem Bewusstsein des Beobachters gleichgesetzt hat [3]. Demnach werden das Beobachtungsobjekt, alle Bestandteile der Messumgebung sowie der materielle Körper des Beobachters einschließlich seines Gehirns dem beobachteten System zugeschrieben. Dieser Denkweise folgend interagiert das Bewusstsein des Beobachters direkt mit dem Gehirn des Beobachters, d.h. bewusste Ereignisse werden mit quantenmechanischen Zustandsreduktionen (Kollaps der Wellenfunktion) im Gehirn des Beobachters in Beziehung gesetzt. Alle derzeit vorherrschenden quantentheoretischen Erklärungsmodelle für Bewusstsein basieren auf diesem Ansatz, wobei es verschiedene Vorschläge für den Mechanismus der Zustandsreduktion gibt [4-6]. Bei genauer Betrachtung wird jedoch klar, dass diese Ansätze keine überzeugende Erklärung für die Natur des Bewusstseins liefern. Vielmehr verschieben sie das Mysterium des Bewusstseins auf ein Problem der heutigen Quantenphysik, nämlich den nicht verstandenen Übergang von der Möglichkeit eines Ereignisses zur manifestierten Wirklichkeit. Dieses Problem gehört zu einer Reihe offener Fragen, die dazu beitragen, dass die Quantentheorie in ihrer heutigen Form trotz ihrer außerordentlichen Erfolge in etlichen Belangen unbefriedigend ist.

Ich werde hier argumentieren, dass eine Lösung des Bewusstseinsproblems sehr eng mit der Lösung der Rätsel der Quantenphysik verbunden ist. Dies impliziert, dass die Phänomene der Quantenphysik und des Bewusstseins eine gemeinsame Grundlage haben, so dass ein tieferes Verständnis der Quantenwelt unmittelbar auch ein neues Licht auf die Natur des Bewusstseins wirft und einen Weg erkennen lässt, über den man Materie in Einklang mit Bewusstsein bringen kann. Dazu wird es zunächst erforderlich sein, die Prinzipien zu verstehen, die Quantensystemen zugrunde liegen und das auf den ersten Blick sonderbare wirkende Verhalten im Quantenkosmos hervorrufen. Anders ausgedrückt geht es also darum, einen Schritt weiter als der heute etablierte Rahmen der Quantenphysik zu gehen und einen Ansatz zu finden, mit dem man Quantenphänomene nicht nur beschreiben, sondern auch hinsichtlich ihres Ursprungs befriedigend erklären kann. Ein theoretischer Ansatz in diese Richtung ist die Stochastische Elektrodynamik.

Stochastische Elektrodynamik (SED)

Die Grundlagen der Stochastischen Elektrodynamik (SED) wurden in den 60er und 70er Jahren des vorherigen Jahrhunderts von Trevor Marshall [7] und Timothy Boyer [8] etabliert, mit dem Ziel, die Gesetzmäßigkeiten der Quantenphysik aus tieferliegenden Prinzipien abzuleiten. Seit dieser Zeit wurde der Formalismus der SED von einer kleinen Gruppe von Physikern weiterentwickelt. Insbesondere in den letzten Jahren hat das Feld durch die Ausgestaltung neuer Konzepte frischen Schwung erhalten. Erwähnt seien hier insbesondere die theoretischen Arbeiten von Luis de la Peña und Ana María Cetto [9] sowie die numerischen Simulationen von Daniel Cole und Yi Zou [10]. Durch diese jüngsten Entwicklungen konnten einige der ursprünglichen Unzulänglichkeiten der SED beseitigt werden, sodass diese Theorie als aussichtsreicher Kandidat für die Beantwortung fundamentaler Fragen der Quantenphysik angesehen werden kann. Dabei möchte ich allerdings anmerken, dass sich der Formalismus der SED noch in der Entwicklungsphase befindet und die vollständige Tragfähigkeit des Ansatzes noch an komplexeren Phänomenen überprüft werden muss.

Die SED basiert auf der Vorstellung, dass das Vakuum von einem realen, alledurchdringenden stochastischen Strahlungsfeld erfüllt ist, dem Nullpunktfeld, im Folgenden als ZPF (Zero-point Field) bezeichnet. Um eine eindeutige mathematische Spezifikation des ZPF zu gewährleisten, werden den Feldgleichungen mehrere Symmetrien auferlegt, nämlich Homogenität, Isotropie, Lorentz-Invarianz und Skaleninvarianz, was zu einer Summe ebener, elektromagnetischer Wellen mit einer zufälligen Phase und einem charakteristischen Leis-

tungsspektrum führt (alle anderen Wechselwirkungen außer der elektromagnetischen spielen hier keine Rolle).

In Übereinstimmung mit der Quantenelektrodynamik (QED), der etablierten Theorie der elektromagnetischen Wechselwirkung, ist das SED-Vakuum von permanenter Aktivität durchzogen. Deren Charakter in den beiden Ansätzen weist aber signifikante Unterschiede auf. Während die QED die Vakuumaaktivität als virtuelle Fluktuationen ansieht, die eine unvermeidliche Begleiterscheinung der Theorie sind, schreibt die SED diese Aktivität einem realen, persistenten Hintergrundfeld zu, das der Ausgangspunkt und Hauptbestandteil der Theorie ist. Wie wir sehen werden, entstehen alle physikalischen Phänomene durch selektives Filtern dieses Hintergrundfelds. Dadurch ist die SED in der Lage, die Ergebnisse der QED zu reproduzieren und gleichzeitig auf einer tieferen Ebene zu verstehen.

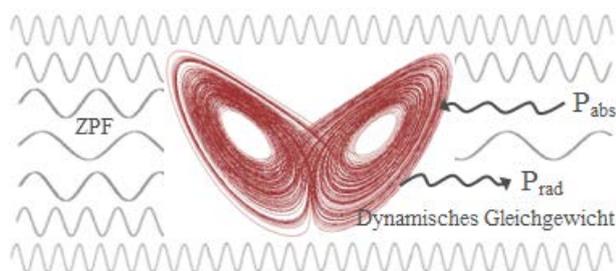


Abb. 1 Gemäß der SED sind alle Bausteine der Materie in ein allgegenwärtiges stochastisches Strahlungsfeld eingebettet, mit dem sie permanent wechselwirken. Die Stabilität der Materie wird dynamisch erzeugt und ist das Ergebnis eines Gleichgewichts zwischen der mittleren absorbierten Leistung (P_{abs}) und der mittleren abgestrahlten Leistung (P_{rad}). Nach Erreichen des Gleichgewichts fällt das System in einen stabilen Attraktor.

Um nun die Bedeutung und Tragweite des SED-Ansatzes einschätzen zu können, werfen wir einen Blick auf die Wechselwirkung von Materie mit dem ZPF, wobei wir zunächst exemplarisch das Wasserstoffatom betrachten, das aus einem Proton und einem Elektron besteht. Diese Materiekomponenten interagieren im SED-Bild klassisch mit dem allgegenwärtigen stochastischen Strahlungsfeld. In der konventionellen klassischen Physik, d.h. ohne Berücksichtigung des ZPF, ist das System bekanntermaßen instabil und kollabiert in Sekundenbruchteilen, da das um den Kern kreisende Elektron Strahlung emittiert und Energie verliert. Im Rahmen der SED ändert sich die Situation jedoch signifikant, da das Elektron nun eine dynamische Wechselwirkung und einen ständigen Energieaustausch mit dem Hintergrundfeld durchführt. In der Tat kann analytisch [9] und numerisch [10] gezeigt werden, dass unter ganz bestimmten dynamischen Bedingungen die durchschnittliche abgestrahlte Leistung des Elektrons exakt

durch die durchschnittliche absorbierte Leistung kompensiert wird. Diese Bedingungen sind durch Quantisierungsregeln charakterisiert und entsprechen genau den stationären Zuständen, die von der Quantentheorie beschrieben werden. Jeder Zustand ist dabei mit einem stabilen Attraktor verknüpft [9], der sich nach Erreichen des Strahlungsgleichgewichts infolge der Elektron-ZPF-Wechselwirkung einstellt, wobei ein externer Stimulus den Übergang zu einem anderen Attraktor bewirken kann. Im Formalismus der Quantenmechanik entsprechen die Attraktoren genau den Orbitalen (**Abb. 1**).

Aus diesen Ergebnissen kann man den Schluss ziehen, dass die Quanteneigenschaften der Materie aus der dynamischen Wechselwirkung mit dem ZPF folgen und eine notwendige Voraussetzung für die Stabilität der Materie sind. Stabile Systeme entstehen genau dann, wenn die Interaktion zwischen den Systemkomponenten und dem ZPF eine Gleichgewichtsbedingung erfüllt. In diesem Regime werden die Systemkomponenten mit charakteristischen Resonanzfrequenzen angetrieben, die aus dem ZPF-Spektrum herausgefiltert werden. Dieses Prinzip der selektiven Filterung des ZPF fungiert als universeller Strukturbildungsmechanismus, der für den hierarchischen Aufbau der Materie verantwortlich ist. Auf der Grundlage dieses Mechanismus ist es offensichtlich, dass es keine klare Trennung zwischen dem Mikro- und dem Makrokosmos gibt, d.h. das Quantenverhalten sollte nicht auf die untersten Hierarchiestufen der Materie beschränkt sein. Vielmehr ist anzunehmen, dass Quantenphänomene unter geeigneten Bedingungen auch in vielen makroskopischen Systemen auftreten, insbesondere in biologischen Systemen.

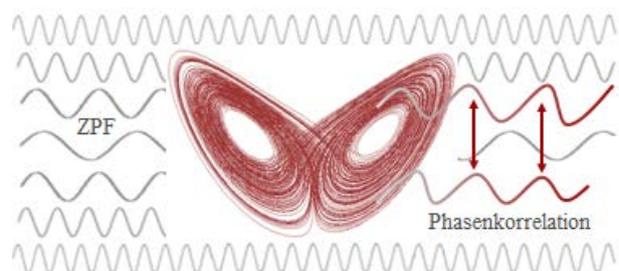


Abb. 2 Bei nichtlinearen Systemen im Gleichgewicht führt die dynamische Wechselwirkung zwischen dem ZPF und den Systemkomponenten zu einer Modifikation des ZPF. Sobald ein stabiler Attraktor erreicht wird, entwickeln die charakteristischen Frequenzkomponenten des ZPF-Spektrums, die an der Aufrechterhaltung des Gleichgewichts beteiligt sind, eine Phasenkorrelation. Dies führt zur Entstehung eines Informationszustands im lokalen ZPF.

Während wir uns bislang mit den Auswirkungen des ZPF auf die Materie beschäftigt haben, betrachten wir nun die Beeinflussung des ZPF durch die Materie. Diese gilt es zu berücksichtigen, da die Materie und das ZPF

einen wechselseitigen Einfluss aufeinander ausüben, sodass nicht nur das ZPF die Dynamik der Materie, sondern auch die Anwesenheit der Materie die Dynamik des ZPF verändert. Aus der Untersuchung einfacher nichtlinearer Systeme kann man ableiten [9], dass das ZPF modifiziert wird, sobald das System einen stabilen Attraktor erreicht. Dabei passt sich das freie Hintergrundfeld mit seinen ursprünglich völlig randomisierten Phasenbeziehungen derart an die neue Situation an, dass die charakteristischen Frequenzkomponenten, die maßgeblich an der Aufrechterhaltung des Gleichgewichtszustands beteiligt sind, eine hohe Korrelation aufweisen. Somit führt also die Bildung eines stabilen Attraktors zu einer De-Randomisierung des lokalen ZPF. Dies ist gleichbedeutend damit, dass dem ZPF Information eingeprägt wird, wobei verschiedene Attraktoren mit verschiedenen ZPF-Konfigurationen einhergehen und dementsprechend mit verschiedenen Informationszuständen assoziiert sind (**Abb. 2**).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass man die Bausteine der Materie als resonante stochastische Oszillatoren auffassen kann, die vom ZPF angetrieben werden. Es herrscht ein permanenter Energieaustausch zwischen den Materiekomponenten und dem ZPF. Sobald ein System einen stationären Zustand einnimmt und in einen stabilen Attraktor fällt, wird das Quantenregime erreicht und es setzt das typische Quantenverhalten ein. In diesem Regime sind alle Komponenten des stationären Systems über das systemspezifisch modifizierte ZPF gekoppelt, was zu kollektivem Verhalten und langreichweitiger Kohärenz führt. Für einen externen Beobachter erscheint dieses Verhalten nichtlokal zu sein, da das Hintergrundfeld unbeobachtet bleibt [9, 11]. Die Schlüsselerkenntnis aus der SED ist also, dass die seltsam anmutenden Eigenschaften von Quantensystemen emergente Phänomene sind, die auf die Interaktion zwischen den materiellen Systembestandteilen und dem ZPF zurückgeführt werden können. Nach diesem Erklärungsmodell sind die Eigenschaften der Materie nicht intrinsisch, sondern das Ergebnis der Wechselwirkung mit dem ZPF nach Erreichen des dynamischen Gleichgewichts. Das ZPF orchestriert also die Materie und die Materie erzeugt im Gegenzug Informationszustände im ZPF.

Neurophysiologie und SED

Nach der Diskussion der Grundprinzipien der Materie anhand relativ einfacher physikalischer Systeme, wenden wir uns den komplexeren Systemen zu, die wir in der Biologie finden. Wie bereits angedeutet, sollten auch für diese Systeme unter geeigneten Bedingungen Quantenphänomene zu erwarten sein und eine wichtige physiologische Rolle spielen. Diese Vermutung wird

durch die wachsenden Erkenntnisse des hochinteressanten Feldes der Quantenbiologie exakt bestätigt [12, 13].

Auch die Evidenzlage, die sich in den letzten Jahren aus der umfassenden Analyse neuronaler Aktivitätsmuster ergeben hat, legt nahe, dass sich das Gehirn genau wie ein makroskopisches Quantensystem verhält. Zunächst kann man langreichweitige Kohärenz zwischen entfernt voneinander liegenden Hirnregionen beobachten, wobei vor allem die synchronisierte Aktivität im Gamma-Band zwischen 25 und 100 Hz mit bewusster Wahrnehmung in Verbindung gebracht wird [14-16]. Eine genauere Zeit-Frequenz-Analyse hat ergeben, dass diese Gamma-Oszillationen nicht autokohärent sind und somit nicht auf der Basis deterministischer Netzwerkmodelle verstanden werden können. Vielmehr zeigt das Gehirn alle Charakteristika eines resonanten stochastischen Oszillators [17]. Des Weiteren erweist sich die neuronale Dynamik als skalenfrei [18, 19], was bedeutet, dass die Gehirnaktivität von einem universellen Mechanismus geregelt werden muss. Schließlich konnte nachgewiesen werden, dass geeignete Stimuli im Wahrnehmungsprozess den Übergang zu geordneten Aktivitätsmustern induzieren, die Attraktoren in einer adaptiven Attraktorlandschaft sind [19]. Beim Übergang zwischen verschiedenen Attraktoren ändert eine große Anzahl von Neuronen abrupt und simultan ihr Aktivitätsmuster, was darauf hindeutet, dass im gesamten System eine instantane Kommunikation stattfinden muss [19]. Dies erinnert an spontane Phasenübergänge in der quantenmechanischen Vielteilchentheorie.

Die genauen Details des Übergangs zur geordneten Phase, die mit bewussten Zuständen einhergeht und durch langreichweitige Gamma-Synchronie und stabile Attraktoren charakterisiert ist, sind bislang erst in Ansätzen bekannt. Insofern ist ein besseres Verständnis der dem Phasenübergang zugrunde liegenden Prozesse erforderlich, mit besonderem Augenmerk auf den Bedingungen, unter denen die Ausbildung von Gamma-Synchronie und stabilen Attraktoren möglich ist. Jedoch legen die gesammelten Fakten bereits jetzt nahe, dass eine vollständige Beschreibung der Gehirnaktivität nur auf der Basis der Quantentheorie möglich ist [20].

Übersetzt man diese Erkenntnisse in das Bild der SED, die einen Blick hinter die Kulissen von Quantensystemen gestattet, ergibt sich die Schlussfolgerung, dass das Gehirn ein resonanter stochastischer Oszillator ist, der vom ZPF gesteuert wird. Das Quantenverhalten tritt in Erscheinung, sobald die Gehirnaktivität einen stabilen Attraktor erreicht. Wie bereits dargestellt, ist jeder Attraktor mit einem Informationszustand im ZPF assoziiert. Dementsprechend reguliert und stabilisiert das ZPF die neuronalen Aktivitätsmuster, die ihrerseits nach Erreichen eines dynamischen Gleichgewichtszustands zu einer lokalen Modifikation des ZPF führen.

Brücke zum Bewusstsein

Zweifellos sind die bisherigen Einblicke in die Funktionsweise des Gehirns sehr aufschlussreich. Eine unmittelbare Erklärung des Bewusstseins liefern sie jedoch nicht. Vor dem Hintergrund der eingangs begründeten Feststellung, dass es keine reduktionistische Ableitung des Psychischen aus dem Physischen geben kann, ist dies auch nicht verwunderlich. Um die Brücke zwischen Materie und Bewusstsein zu schlagen, benötigen wir also entweder eine Hypothese oder Input aus einem zusätzlichen Wissensakquisitionsprozess.

Ich werde hier den zweiten Weg gehen und das fehlende Puzzleteil einer Disziplin entnehmen, die eine lange Tradition mit dem Studium des Bewusstseins hat. Diese Disziplin möchte ich unter dem Begriff „Östliche Philosophie“ zusammenfassen. Während in der westlichen Wissenschaft bisher eine reine Fokussierung auf die Erforschung der äußeren Welt erfolgte, hat sich die östliche Philosophie auf die systematische Untersuchung unserer inneren Welt mittels Meditationspraktiken konzentriert. Dementsprechend kann man die Ausrichtungen und Methoden von westlicher Wissenschaft und östlicher Philosophie als komplementär ansehen, wodurch jeder Bereich Erkenntnisse gewinnt, die dem anderen verschlossen sind. Erst durch die Zusammenführung der Erkenntnisse aus beiden Bereichen ergibt sich ein umfassendes Gesamtbild.

Betrachtet man nun die zentralen Aussagen der östlichen Philosophie [21] und übersetzt diese in die Sprache der SED, ergeben sich zwei wesentliche Schlussfolgerungen. Erstens erkennt man eine perfekte Übereinstimmung im Hinblick auf die Prinzipien der physikalischen Welt. Zweitens offenbart sich der entscheidende Hinweis auf die Beziehung zwischen dem Physischen und dem Psychischen dahingehend, dass die östliche Philosophie die Einheit von primordialer Energie und primordiales Bewusstsein betont. Dies legt nahe, dass das ZPF ein geeigneter Kandidat für dieses fundamentale Substrat ist und dass Modifikationen des ZPF, d.h. Informationszustände im ZPF, als bewusste Zustände interpretiert werden können. Dies öffnet die Tür zu einem konzeptionellen Rahmen für Bewusstsein.

Konzeptioneller Ansatz für Bewusstsein

Im Folgenden werde ich die Eckpfeiler eines konzeptionellen Rahmens darstellen, der mit allen heutigen Erkenntnissen der Physik, der Neurophysiologie und der östlichen Philosophie im Einklang steht [2]. Dieser Rahmen basiert auf drei Grundprinzipien.

- Prinzip 1: Bewusstsein ist eine fundamentale Eigenschaft des Universums.
- Prinzip 2: Das ZPF ist das Substrat des Bewusstseins.
- Prinzip 3: Unser individuelles Bewusstsein ist das Resultat eines dynamischen Wechselwirkungsprozesses, der zur Realisierung von Informationszuständen im ZPF führt.

Die Prinzipien drücken aus, dass Bewusstsein nicht von Materie produziert wird. Vielmehr haben Materie und Bewusstsein eine gemeinsame Basis. Dies reflektiert die Erkenntnis, dass das ZPF nicht nur die Materie orchestriert und für die Phänomene in unserer physikalischen Welt verantwortlich ist, sondern auch die Grundlage unseres Bewusstseins bildet. Der Strom unseres individuellen Bewusstseins resultiert aus der Modifikation des ZPF durch das Gehirn. Immer wenn die neuronale Aktivität einen stabilen Attraktor erreicht, entsteht ein Informationszustand im ZPF, der mit einem bewussten Zustand einhergeht (Abb. 3).

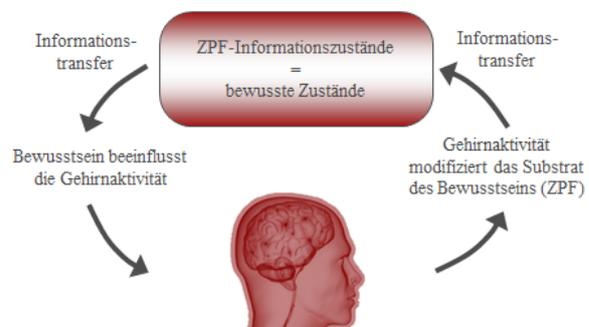


Abb. 3 Das ZPF ist der Träger des primordialen Bewusstseins. Die neuronale Aktivität des Gehirns verursacht permanent Informationszustände im ZPF, die den Strom unseres individuellen Bewusstseins bilden.

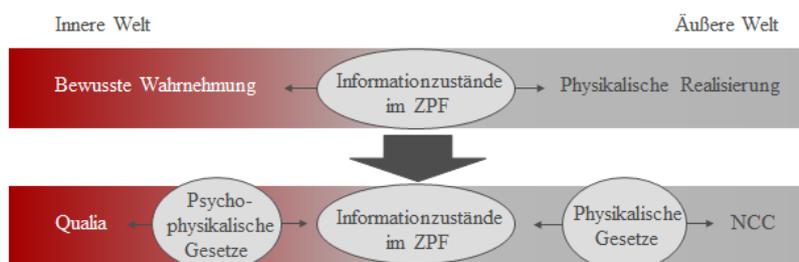


Abb. 4 Unsere äußere physikalische Welt und unsere innere Welt haben in den ZPF-Informationszuständen eine gemeinsame Grundlage. Während die äußere Welt durch die Gesetze der Physik beschrieben wird, sind psychophysikalische Gesetze notwendig, um die Beziehung zwischen ZPF-Informationszuständen und unseren qualitativen Empfindungen (Qualia) herzustellen.

Die Implikationen dieses konzeptionellen Ansatzes sind vielfältig (**Abb. 4**). So zeigt sich, dass die physikalischen und phänomenalen Eigenschaften unserer Welt zwei verschiedene Aspekte einer einzigen grundlegenden Wirklichkeit sind. Dies ist konform mit dem Prinzip des Doppelaspekts von Information [1]. Im Rahmen des SED-Ansatzes bedeutet dies, dass spezielle Informationszustände im ZPF, wenn nicht gar alle, sowohl mit einer physikalischen Realisierung als auch mit einer bewussten Erfahrung assoziiert sind. Demnach sind die internen Aspekte derartiger ZPF-Informationszustände phänomenal, d.h. ein bewusster Augenblick ist ein von innen erlebter ZPF-Informationszustand. Die externen Aspekte dieser Zustände sich physikalisch und manifestieren sich in unserem Gehirn als die neuronalen Korrelate des Bewusstseins (NCC).

Der Kern dieses konzeptionellen Rahmens ist demnach der Begriff des ZPF-Informationszustands. Im integrierten Gesamtansatz bildet dieser das zentrale Bindeglied zwischen der physikalischen Realisierung in der Außenwelt und einem psychischen Zustand in unserer Innenwelt. Die Beziehung zwischen ZPF-Zuständen und NCC ist vollständig durch die Gesetze der Physik bestimmt, während die Verknüpfung zwischen den ZPF-Zuständen und dem Spektrum unserer Empfindungen (Qualia) durch psychophysikalische Gesetze spezifiziert wird. Diese Gesetze haben jedoch nichts mit Erweiterungen der existierenden physikalischen Gesetze zu tun. Vielmehr kann man diese als Zuordnungsregeln betrachten, die angeben, wo ein gegebener ZPF-Zustand im Qualia-Raum lokalisiert ist.

Schlussbetrachtungen

Die Eleganz des hier vorgestellten Modells besteht in der Idee eines fundamentalen Substrats, das sowohl der Ursprung der physikalischen Phänomene und äußeren Manifestationen als auch die Basis unserer qualitativen Erlebniswelt ist. Damit löst dieser Ansatz das Problem, wie Materie und Bewusstsein in einer kausal geschlossenen Wirkungskette miteinander kommunizieren.

Darüber hinaus ergeben sich weitere Ableitungen. Da Informationszustände im ZPF von allen nichtlinearen Quantensystemen erzeugt werden, ist es naheliegend, dass nicht nur unser Gehirn, sondern alle mikroskopischen und makroskopischen Quantensysteme zumindest ein rudimentäres Bewusstsein haben könnten, wobei die Art und die Bandbreite der bewussten Zustände von der Komplexität des Systems abhängen. Die Stärke des SED-Ansatzes liegt somit darin, dass er eine prinzipielle Möglichkeit eröffnet, für ein gegebenes System die Quantität und Qualität des Bewusstseins zu bestimmen. Die zukünftigen Forschungsarbeiten sind darauf ausge-

richtet, diesem Ziel näherzukommen und den vorliegenden konzeptionellen Rahmen sukzessive zu einer vollständigen Theorie des Bewusstseins auszubauen.

Literatur

- [1] *D. J. Chalmers*, *J. Consci. Stud.* **2**, 200 (1995); *The Conscious Mind. In Search of a Fundamental Theory*, Oxford UP, New York (1996)
- [2] *J. Keppler*, *Philosophy Study* **2**, 689 (2012)
- [3] *J. v. Neumann*, *Mathematical Foundations of Quantum Theory*, Princeton UP, Princeton (1955)
- [4] *F. Beck* und *J. C. Eccles*, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **89**, 11357 (1992)
- [5] *H. P. Stapp*, in: *Mind, Matter, and Quantum Mechanics*, *H. P. Stapp* (Hrsg.), Springer, Berlin (1993), S. 145
- [6] *S. R. Hameroff* und *R. Penrose*, *J. Consci. Stud.* **3**, 36 (1996)
- [7] *T. W. Marshall*, *Proc. R. Soc. London A* **276**, 475 (1963); *Proc. Camb. Phil. Soc.* **61**, 537 (1965)
- [8] *T. H. Boyer*, *Phys. Rev.* **182**, 1374 (1969); *Phys. Rev. D* **11**, 790 (1975)
- [9] *L. de la Peña* und *A. M. Cetto*, *Found. Phys.* **24**, 917 (1994); *Found. Phys.* **25**, 573 (1995); *Found. Phys.* **31**, 1703 (2001); *Found. Phys.* **36**, 350 (2006)
- [10] *D. C. Cole* und *Y. Zou*, *Phys. Lett. A* **317**, 14 (2003); *J. Scient. Comp.* **20**, 43 (2004); *J. Scient. Comp.* **20**, 379 (2004)
- [11] *L. de la Peña* et al., arXiv:1110.4641v1
- [12] *M. B. Plenio*, *Physik Journal*, August/September 2012, S. 63
- [13] *E. del Giudice* et al., *Electromagn. Biol. and Med.* **24**, 199 (2005)
- [14] *F. Crick* und *C. Koch*, *Sem. in Neurosci.* **2**, 263 (1990)
- [15] *A. K. Engel* und *W. Singer*, *Trends Cogn. Sci.* **5**, 16 (2001)
- [16] *L. Melloni* et al., *J. Neurosci.* **27**, 2858 (2007)
- [17] *S. P. Burns* et al., *J. Neurosci.* **30**, 4033 (2010)
- [18] *K. Linkenkaer-Hansen* et al., *J. Neurosci.* **21**, 1370 (2001)
- [19] *W. J. Freeman*, *Scientific American* **264**, 78 (1991); *Clin. Neurophysiol.* **115**, 2077 (2004); *Clin. Neurophysiol.* **115**, 2089 (2004); *Clin. Neurophysiol.* **116**, 1118 (2005)
- [20] *W. J. Freeman* und *G. Vitiello*, *Physics of Life Reviews* **3**, 93 (2006)
- [21] *M. Ricard* und *T. X. Thuan*, *The Quantum and the Lotus. A Journey to the Frontiers Where Science and Buddhism Meet*, Three Rivers Press, New York (2004)

Joachim Keppler hat in Erlangen Physik studiert und 1995 in theoretischer Teilchenphysik promoviert. Neben seiner Tätigkeit in der industriellen Forschung, Entwicklung und Beratung hat er das wachsende Feld der Bewusstseinsforschung seit Jahren intensiv verfolgt. Seine Arbeiten beschäftigen sich mit den Grundlagen für eine zukünftige Theorie des Bewusstseins.