

Ralf Otte

Vorschlag einer Systemtheorie des Geistes

Nicht-energetische Wellenfunktionen
und Vorschlag zur Lösung des
Geist-Körper-Problems



Cuvillier Verlag Göttingen
Internationaler wissenschaftlicher Fachverlag



Vorschlag einer Systemtheorie des Geistes





Vorschlag einer Systemtheorie des Geistes

Nicht-energetische Wellenfunktionen und
Vorschlag zur Lösung des Geist-Körper-Problems

Monographie

Ralf Otte



Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

1. Aufl. - Göttingen: Cuvillier, 2016

© CUVILLIER VERLAG, Göttingen 2016

Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen

Telefon: 0551-54724-0

Telefax: 0551-54724-21

www.cuvillier.de

Alle Rechte vorbehalten. Ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages ist es nicht gestattet, das Buch oder Teile daraus auf fotomechanischem Weg (Fotokopie, Mikrokopie) zu vervielfältigen.

1. Auflage, 2016

Gedruckt auf umweltfreundlichem, säurefreiem Papier aus nachhaltiger Forstwirtschaft.

ISBN 978-3-7369-9350-1

eISBN 978-3-7369-8350-2



Prof. Dr.-Ing. Ralf Otte
Hochschule Ulm

Danksagung

Mein erster Dank geht an den Cuvillier-Verlag, namentlich Herrn Schmitz, für die professionelle Produktion des Buches und an beide Lektoren Frau Gisela Hauf und Herrn Harald Ockert.

Des Weiteren danke ich meinen ehemaligen Mitarbeitern Herrn Torsten Hertig und Herrn Philipp Höhmann für ihre Begeisterungsfähigkeit, den Glauben an die Theorie und für ihre großartige rechnerische Unterstützung bei diesem Projekt. Mein großer Dank geht an meinen Vater, Prof. Viktor Otte, für die Begleitung des Projektes in den letzten 10 Jahren und die Überarbeitung des Manuskriptes. Mein weiterer Dank geht an Prof. Singer. Obwohl die Gespräche mit ihm immer unter Zeitdruck standen, hat er mich zu vielen Ausprägungen der Theorie angeregt. Damit bitte ich auch gleich alle Neurobiologen um Entschuldigung, da sie in der vorliegenden Monographie einer verstärkten Fachkritik ausgesetzt werden.

Mein besonderer Dank geht an meine Frau Marén und meine beiden Töchter, Julia und Caroline, die mich, wie immer bei solchen Projekten, wundervoll unterstützt, begleitet und beraten haben. Meine Töchter waren mir auch – die eine als Biologin, die andere als Studentin der Medizin – wertvolle Ratgeber in Einzelfragen.

Abschließend danke ich zahlreichen Kollegen der Hochschule Ulm für die vielen Gespräche und Anregungen im letzten Jahr und der Hochschulleitung für die Unterstützung bei der Erstellung des Buches.





Inhaltsverzeichnis

1. Vorwort	9
2. Die großen Rätsel des 21. Jahrhunderts	11
3. Review der letzten 5 Jahre und Motivation.....	25
3.1. Postulate und Anfangshypothesen.....	31
3.2. Resümee und Ziele der vorliegenden Monographie.....	41
4. Vorschlag zur Formalisierung nicht-energetischer Felder	45
4.1. Einführung.....	45
4.2. Mathematische Formulierung von nicht-energetischen Feldern.....	50
4.3. Der menschliche Geist als nicht-energetisches Feld	61
4.4. Implikationen nicht-energetischer Felder für die QM	64
4.5. Zusammenfassung des Kapitels	69
5. Zusammenspiel von Gehirn und Geist.....	71
5.1. Das Problem der Qualia	71
5.2. Das sogenannte Bindungsproblem und seine Erklärung	79
5.3. Hypothese zur physikalischen Wirkung des Geistes im Gehirn.....	82
5.4. Vorschlag einer Systemtheorie der bewussten Wahrnehmung.....	86
6. Eine Hypothese zur Evolution von Geist	103
6.1. Physikalische Eigenschaften nicht-energetischer Felder und mögliche Auswirkungen auf die Evolution	103
6.2. Gödel und die Folgen	106
6.3. Selbstreferenzen im Evolutionsprozess.....	115
6.4. Vom Wesen der Künstlichen Intelligenz	120
7. Entwurf einer semantischen Informationstheorie	125
7.1. Mathematische Berechnung der Bedeutung von Information.....	129
7.2. Semantische Informationsmenge und Bewusstsein	133
8. Philosophische Aspekte und Ausblick.....	143
Literatur	155
Anlagen.....	163





1. Vorwort

Diese Monographie ist das Nachfolgewerk des Buches „Versuch einer Systemtheorie des Geistes“ aus dem Jahre 2011 [Otte, 2011]. In jenem ersten Teil wurden grundlegende Aussagen zur Mathematik komplexer Zahlen und deren Anwendung bei der Beschreibung von Vorgängen im Gehirn getroffen. Das vorliegende Buch geht weit darüber hinaus und führt eine Algebra ein, die völlig neue physikalische Eigenschaften impliziert, die hervorragend auf die heutigen Erkenntnisse des Körper-Geist- bzw. Leib-Seele-Problems zu passen scheinen.

In dieser Arbeit sind Berührungspunkte mit anderen Fachdisziplinen weitestgehend ausgeklammert, was natürlich riskant ist, da Aussagen zu fremden Fachgebieten sehr schnell falsch sein können. Wir bitten den Leser daher gleich zu Beginn um Verständnis. Nach unserer Sicht war aber nur so eine „Gesamtschau“ möglich, auf die es uns insbesondere ankam. Das Thema *Geist* berührt einfach sehr viele interdisziplinäre Arbeitsgebiete. Insbesondere wurden in der Monographie auch Ergebnisse von nichtwissenschaftlichen Grenzgebieten der Medizin und Psychologie einer detaillierten Begutachtung unterzogen, da auch in den dortigen Gebieten hochkarätige Arbeiten vorhanden sind. Unser oberstes Ziel war, den menschlichen Geist zu verstehen und zu erkennen, was er wirklich ist; und dies so vorurteilsfrei wie nur möglich. Eine nicht-mathematische Zusammenfassung des gesamten Themas ist in [Anlage A1] dargestellt.

Warum erneut eine Systemtheorie? Dieser Begriff wird in einer Vielzahl von Fachdisziplinen verwendet. In den Ingenieurwissenschaften, und aus diesem Bereich stammt der Autor, beschäftigt sich die Systemtheorie mit der mathematischen Beschreibung von Systemen auf einer abstrakten Ebene. Während die Ingenieurwissenschaften in der Regel physikalische Systeme untersuchen, wird in der vorliegenden Monographie der Versuch unternommen, biologische Systeme zu analysieren. Darüber hinaus wird ein Vorschlag unterbreitet, wie man mittels grundlegender mathematischer Überlegungen einen neuen Zugang zum Körper-Geist-Problem gewinnen kann.

Die in der Monographie getroffenen Aussagen sind jedoch nicht nur mathematischer Natur, denn es zeigt sich seit Jahrhunderten, dass mathematische Lösungen sehr häufig Entsprechungen in der Natur und Gesellschaft besitzen. Lösungen von einfachen Gleichungen der Addition und Subtraktion haben ihre Entsprechungen in jeder Buchhaltung von Unternehmen und entscheiden über deren Verbleib auf dem Markt. Lösungen der Chaostheorie sind die Grundlage jeder Wettervorhersage.



ge. Mathematische Lösungen von sog. Wellengleichungen beschreiben die Druckverteilungen von Schall- oder Wasserwellen nahezu exakt. Lösungen der Maxwell'schen Gleichungen beschreiben wiederum die Ausbreitung von elektromagnetischen Wellen, also den Photonen, und sind die Grundlage unserer Nachrichten- und Informationstheorie. Man sieht, die Ergebnisse mathematischer Rechnungen sind Grundlage unserer gesamten heutigen Technologie. Aber mathematische Überlegungen gehen weit darüber hinaus. Lösungen der Schrödingergleichung (für zum Beispiel Elektronen oder Atome), die sog. Wellenfunktionen der Quantenmechanik, haben uns neue Eigenschaften der Materie vorgeführt. Denn in diesem Wissenschaftszweig haben wir erstmals erkennen müssen, was es bedeutet, wenn die mathematischen Lösungen unserer Gleichungen nicht mehr reellwertig sondern komplexwertig vorliegen. Die Ergebnisse, die dadurch entstanden sind, kann man sich philosophisch nicht ausdenken, man kann sie nur *ausrechnen* und erst danach versuchen zu erkennen, was das für physikalische Konsequenzen haben könnte.

Im Falle der Quantenmechanik waren die Erkenntnisse „umwerfend“, denn die Wissenschaftler mussten erkennen, dass es keine objektive Realität „dort draußen“ gibt. Seit Beginn des 21. Jahrhunderts wissen wir, dass es keine lokalen, separierbaren Objekte um uns herum geben kann, sondern dass wir mit diesen auf eine unheimliche Art verwoben sind. All diese neu gewonnenen Erkenntnisse über die Natur sind die mühsamen Interpretationen relativ einfacher mathematischer Überlegungen von Schrödinger, Heisenberg, Einstein, Bell, Aspect und einigen mehr. Komplexwertige Wellenfunktionen zeigen uns, dass es hinter unserer erfahrbaren und messbaren Wirklichkeit noch eine ganz andere gibt, eine Wirklichkeit des Potenziellen, des Möglichen und diese „wahre“ Wirklichkeit ist interpretierbar mittels mathematischer Funktionen, die wir berechnen können.

Auch in dieser Monographie werden die gefundenen Wellenfunktionen nicht reellwertig sein. Aber nicht nur das. Sie sind nicht mal mehr komplexwertig. Die hier vorgestellten Wellenfunktionen beruhen auf Zahlen, die der Mathematiker *hyperkomplex* nennt. Die physikalischen Interpretationen derartiger „hyperkomplexer Wellen“ sind hochinteressant, denn es wird sich zeigen, dass sie den ganz speziellen physikalischen Eigenschaften geistiger Phänomene entsprechen.

Prof. Dr.-Ing. Ralf Otte
Weinheim, im August 2016

2. Die großen Rätsel des 21. Jahrhunderts

Die Monographie soll mit einer Aufzählung großer wissenschaftlicher Rätsel zu Beginn des 21. Jahrhunderts beginnen, da einige dieser Rätsel in der vorliegenden Arbeit besprochen werden. Unabhängig von den riesigen Fortschritten in Physik, Medizin und Technologie bleiben auch zu Beginn des 21. Jahrhunderts zahlreiche Grundsatzfragen ungelöst.

Physik

Zu Beginn der Untersuchungen wollen wir die Physik betrachten, da sie das wissenschaftliche Fundament aller anderen Naturwissenschaften bildet. Man ist der Meinung, dass sich chemische Eigenschaften aus physikalischen ableiten lassen (zumindest prinzipiell), biologische aus chemischen usw. Daher gilt die Physik als die Basis aller Naturwissenschaften.

Schauen wir auf dieses Fundament aber genauer, so muss man erkennen, dass es löchrig geworden ist. Die Physik ging bis vor 100 Jahren von einer objektiven Realität aus, bei der durch Experimente Informationen über diese Realität gewonnen werden können. Man konnte Massen wiegen, Farben bestimmen, Ladungen messen. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurde der Begriff der objektiven Realität jedoch bereits schwieriger. Der Siegeszug der Quantenmechanik (QM) hat Zweifel an der bis dahin angenommenen objektiven Realität aufgeworfen. Die Unschärferelation von Heisenberg (1927) stellte klar, dass man an einem physikalischen Objekt, wie zum Beispiel einem Elektron, nicht gleichzeitig Ort und Impuls beliebig genau messen kann und zwar grundsätzlich nicht. Diese Heisenbergsche Unschärfe ist keine Begrenzung der experimentellen Möglichkeiten, sondern eine prinzipielle, eine mathematische, denn selbst unsere feste Materie, die Elementarteilchen, besitzen einen inhärenten Wellencharakter. Diese Teilchen können daher auch miteinander interferieren und man kann sie „verschränken“. Einstein entwickelte 1935 ein Gedankenexperiment für derartig verschränkte Teilchen, das sog. EPR-Paradoxon, in dem er die damals vorherrschende QM ad absurdum führen wollte, denn er konnte sich Zeit seines Lebens nicht mit der vorherrschenden Deutung der Mathematik der QM abfinden¹. Aus diesem Grund führte er lokal verborgene Variable ein, die die Experimente der Verschränkung von Teilchen erklären sollten.

¹ der sog. Kopenhagener Deutung



Doch Einstein irrte. Im Jahre 1964 leitete Bell aus der Hypothese lokaler verborgener Variablen eine Ungleichung her, die eine physikalische Überprüfbarkeit der verschiedenen Konzepte der QM ermöglichen sollte. Aspect gelang es 1982 in Versuchen, eine Verletzung dieser Ungleichung von Bell festzustellen, was sog. *realistische Theorien mit lokalen verborgenen Variablen* widerlegte. Seit 1982 wissen wir also, dass die uns umgebende Realität in ihrem Innersten nicht-lokal sein muss². Sogenannte *spukhafte Fernwirkungen* zwischen zwei räumlich getrennten Objekten müssen als real existent angenommen werden oder aber, man muss den Begriff der objektiven Realität fallen lassen, was zu jener Zeit aber kein Physiker annehmen mochte³. Seit 1982 haben wir uns jedoch langsam an eine nicht-lokale Realität gewöhnt, d.h. der Raum trennt zwei (speziell präparierte) physikalische Objekte *nicht*. Das stellt jedoch die Physik vor grundsätzliche Probleme. Überlichtschnelle, ja sogar instantane Verschränkungen scheinen physikalisch real zu sein. Man konnte die bisherige Physik (von Einstein) nur dadurch retten, dass man zeigen konnte, dass selbst mit Quanten-Verschränkungen keine überlichtschnelle *Kommunikation* möglich ist.

Im Jahre 2003 entwarf Leggett eine Ungleichung, mit der empirisch bestimmt werden konnte, ob es denn nun wenigstens nicht-lokale *Realitäten* geben kann. Ein Team um Zeilinger an der Wiener Universität, Fakultät für Physik, hat diese Leggettsche Ungleichung experimentell geprüft [Gröblacher, 2007]. Das Ergebnis zeigt, dass die zwischen zwei miteinander verschränkten Photonen gemessenen Korrelationen diese Leggettsche Ungleichung verletzen. Über die Interpretation wird seitdem gestritten. Zeilinger geht dabei so weit, sich auch von „gewissen anschaulichen Eigenschaften der Wirklichkeit“ zu verabschieden. Im Klartext heißt das, dass es gar keine *objektive Realität* zu geben scheint. Das wiederum ist so absurd, dass es dieses Thema bisher nicht bis in den Mainstream von Medien und Wissenschaft geschafft hat. Aber es scheint so zu sein: Es gibt keine objektive Realität. Objektive Realität meint, dass *dort draußen* Objekte existieren, denen man gewisse *wirkliche* Eigenschaften zuschreiben kann und zwar unabhängig davon, ob man jene misst oder nicht. Aber so scheint es in der Grundlagenphysik nicht zu sein. Seit 2007 hat sich die Physik sozusagen als Wissenschaft von den objektiven Dingen dort draußen verabschiedet. Aber *was* ist dann dort draußen? Bzw. was ist

² „Nicht-lokal“ bedeutet, dass es Eigenschaften von Objekten gibt, denen keine lokale Raumkoordinate zugeordnet werden kann, d.h., dass diese „weit über den Raum verteilt“ sind, siehe Kapitel 4.4.

³ Wir sprechen von einer objektiven Realität physikalischer Objekte, wenn diese Eigenschaften besitzen, die auch ohne deren Messung *wirklich* existieren.



überhaupt *draußen*? Diese Fragen beschäftigen Physiker und Philosophen auf der ganzen Welt.

Doch diese Fragen wird man nicht philosophisch beantworten können, sondern sehr wahrscheinlich nur mathematisch, denn *dort draußen* scheint nur ein mathematisches (vorphysisches) Konzept voller Möglichkeiten zu existieren, das erst in Wechselwirkung mit den Subjekten bzw. deren Messinstrumenten die physikalische Realität erzeugt. Dieses *dort draußen* ist damit eines der großen Welträtsel unseres Jahrhunderts.

Biologie

Auch die Biologie besteht voller Rätsel, selbst wenn das Silicon Valley mittlerweile das Zeitalter der Biologie, namentlich das der synthetischen Biologie, ausgerufen hat und sich anschickt, genau wie Ingenieure – nur eben lebende – Materie zu designen und zu entwickeln. Unabhängig von dieser Euphorie bleiben viele biologische Fragen völlig ungelöst.

Das größte Rätsel der Biologie scheint weiterhin die Entstehung des Lebens zu sein, d.h. die Grundlage der Biologie selbst. Hierzu gibt es diverse Theorien, die jedoch die Entstehung nicht wirklich erklären können. Als Beispiel nehmen wir das berühmte Experiment der Ursuppen-Theorie. 1953 verblüffte der junge Chemie-Student Miller die Fachwelt mit einem einfachen Experiment, bei dem er in einem Glaskolben Wasser zum Sieden brachte, welches er mit Methan, Ammoniak und Wasserstoff vermischte, also mit einer Mischung, wie sie mit den Vulkanschwaden der Urzeit über der Erde vorhanden gewesen sein soll. Sein Gemisch durchströmte im Weiteren einen Glaskolben, in dem Miller Funken erzeugte, um die Gewitter der Uratmosphäre zu simulieren. So kam es in der Millerschen Ursuppe zu Reaktionen, aus denen unter anderem Aminosäuren, die Grundbausteine des Lebens, entstanden. So genial das Experiment auch war, es zeigt aber gerade nicht, wie sich aus den Aminosäuren echte biologische Systeme entwickelt haben könnten. Und dieses Rätsel ist bis heute ungelöst! Eine Verlegung der Erzeugung des Lebens ins Weltall verbunden mit der These, dass Kometen erste Lebensformen auf die Erde gebracht haben könnten, löst natürlich das Problem in keinster Weise. Wie also entsteht Leben aus chemischen Bausteinen? Auch das kann man nicht spekulativ lösen. Es scheint erneut ein mathematisches Problem zu sein, denn wie kann ein System aus sich selbst heraus völlig neue Eigenschaften entwickeln, Eigenschaften die man nicht vorhersagen kann, Eigenschaften die man selbst rückwirkend nicht in der Ursubstanz entdecken würde?



Es ist zumindest ein statistisches Problem, wie wir an einem einfachen Beispiel ersehen können. Nehmen wir einen nagelneuen A380 und zerlegen ihn gedanklich in seine 100.000 Einzelteile und zerstreuen diese auf einem großen Feld. Dann sperren wir das Feld ab und warten, bis Unwetter und Taifune über das Feld hereinbrechen. Wann – so fragen wir uns – wird sich aus den ausgelegten Teilen wieder ein moderner A380 von selbst aufbauen. Natürlich gar nicht, wird unser gesunder Menschenverstand sofort antworten. Aber uns fehlt die Mathematik, um das „gar nicht“ exakt zu berechnen. Betrachten wir ein anderes Beispiel, eines das man berechnen kann. Wir nehmen einen Affen, der einen Text von 60 Zeichen aus Goethes Faust erzeugen soll, indem er auf einer Schreibmaschine herumhämmernd. Und nun fragen wir erneut: Wann wird der Affe rein zufällig einen solchen Text geschrieben haben? Gar nicht, sagt uns erneut der gesunde Menschenverstand, und es stimmt wieder. Daher nehmen wir einen Computer, der jede Sekunde 200.000 Zeichen hintereinander zu setzen vermag. Wann wird dieser Computer die 60 Zeichen aus dem Faust (zufällig) geschrieben haben? Die mathematische korrekte Antwort ist, nach 10^{60} Altern des Universums, also erneut „gar nicht“⁴. Rein zufällig kann niemals ein Text von Goethe, ein A380 oder eine biologische Zelle entstehen, es geht mathematisch nicht, so viel Zeit hat das Universum einfach nicht. Natürlich kann man nun, Darwin folgend, Fitnessfunktionen einführen (also Zielfunktionen) und man wird erkennen, dass der Computer jetzt sehr wohl einen sinnvollen Text schreiben könnte. Aber das ist dann kein Zufall mehr, sondern die Folge von Mutation (Zufall) und Fitnessfunktionen. Wer jetzt frohlockt, weil Darwin das schließlich genau so ausgesagt hat, muss erkennen, dass selbst Darwin seiner Theorie etwas misstraute, da sich keine Zwischenstufen zwischen den Arten finden ließen. Selbst die Wissenschaftler, die heutzutage Eintagsfliegen millionenfach mit radioaktiven Strahlen traktierten, um durch Mutation (Zufall) eine Zwischenart zu erzeugen, scheiterten. Nein, die Evolution geht nicht schrittweise von Zufall zu Zufall, sie geht in riesigen Sprüngen voran, es gibt Attraktoren, die die Entwicklung plötzlich von einer Art zur nächsten springen lassen. Wie das aber genau geht, weiß niemand. Und so weiß auch niemand, wie eine Zelle jemals entstehen konnte, die „Ur-Art“ schlechthin. Zufällig jedenfalls nicht und selbst eine Fitnessfunktion wird nicht reichen, denn der *Kampf ums Dasein* war bei den chemischen Molekülen noch gar nicht eröffnet. Selbstorganisationsprozesse können auf Attraktoren „einrasten“, was man mit einfachen mathematischen Mitteln der Chaostheorie zeigen kann. Die diskrete Anzahl der Arten wäre also theoretisch erklärbar. Aber die Entstehung der ersten Ur-Zelle lässt sich mit der Mathematik des Chaos nicht erklären. Hierzu wird

⁴ siehe [Kinnebrock, 2013], S. 184 ff.



eine andere Mathematik benötigt, eine, die zum Glück seit 80 Jahren vorliegt. Wir wollen sie Gödel-Mathematik nennen und kommen später darauf zurück. Aber es wird auch eine andere Physik vonnöten sein.

Doch es gibt in der Biologie ein weiteres Problem. Die Eigenschaft „lebendig“ zu sein lässt sich in den chemischen Abläufen einer Zelle nicht klar nachweisen. Selbstverständlich gibt es zahlreiche chemische Abläufe, die nur in lebenden Substanzen funktionieren, erinnert sei hier an die Radiokarbonmethode der Archäologen (C^{14} -Methode). Aber diese erklären nicht, welche biochemischen Abläufe „lebendig“ sind und welche nur chemisch. Zum Beispiel stellt die C^{14} -Methode nur fest, dass ein Lebewesen (zu einem bestimmten Zeitpunkt) einen Stoffwechsel mit der Umwelt hatte und sich daher ein konstantes Verhältnis der Kohlenstoffisotope im lebenden Organismus einstellen konnte. Selbst das „Tätig sein“ der messengerRNA (als klares Indiz einer lebenden Zelle) erklärt „Lebendig sein“ nicht, bei genauer Betrachtung laufen bei den messengerRNA-Prozessen auch nur chemische Vorgänge ab. Aber ab wann ist etwas nun *lebendig*? Das ist bis heute nicht geklärt.

Auch im 21. Jahrhundert bleibt die Grundfrage der Biologie, wie die Chemie aus sich selbst heraus völlig neue – sprich biologische – Eigenschaften entfalten konnte ungeklärt. Dies wird in der vorliegenden Monographie weiter untersucht.

Neurobiologie

Innerhalb der Biologie gibt es einen sehr interessanten Wissenschaftszweig, den man Neurobiologie nennt. Er beschäftigt sich mit der Biologie des Gehirns bzw. mit der Biologie neuronaler Netze und Korrelate. Aus diesem Zweig heraus sind zahlreiche Forschungsrichtungen mit großen Erkenntnissen und Erfolgen entstanden. Aber niemand hat bisher eine Lösung anzubieten, wie der menschliche Geist aus dem Gehirngewebe entstehen konnte. Es gibt nicht einmal den Ansatz einer Lösung [Eckoldt, 2014]. Dies führt soweit, dass von manchen Neurowissenschaftlern der menschliche Geist als *Epiphänomen* abgehandelt wird, obwohl jeder einzelne Wissenschaftler seinen eigenen Geist spürt und mit ihm arbeitet. Das ist eines der größten Rätsel des 21. Jahrhunderts und es wird das Hauptthema des vorliegenden Buches sein.

Aber warum stehen wir überhaupt vor diesem Dilemma? Jede Wissenschaft wird immer und überall von unsichtbaren Dogmen durchzogen. Aktuell herrscht das Dogma des philosophischen *Materialismus* vor. Vor über hundert Jahren war das anders, da war man im Abendland noch christlich verankert und es herrschte ein



(noch) religiöses Dogma. Es war eine Umbruchphase, in der sowohl (noch) religiöse als auch (schon) materialistische Grundsätze auftraten. In jener Zeit war die Wissenschaftsgemeinde in vielen Fragen offener und man sprach damals nicht nur dem Gehirn, sondern letztlich jeder einzelnen Zelle gewisse *geistige* Eigenschaften zu, so dass in jener Zeit diskutiert wurde, ob nur biologische Systeme geistige Eigenschaften besitzen mögen oder bereits Gesteine. Damals gab es sogar Gedanken, die dahin führten, selbst Atomen primitive geistige Zustände zuzuordnen [Haeckel, 1899]. In Verbindung mit den heutigen Erkenntnissen der Physik eine interessante These, die keinesfalls als „esoterisch“ verworfen werden sollte, wie man aus von Weizsäckers Ur-Theorie ablesen kann (dazu später). Aber ein solcher Gedanke ist unter dem aktuellen Dogma natürlich ein Tabuthema. Die wissenschaftliche Frage bleibt trotzdem (Dogmen werden sich wandeln), wie man die Ideen von vor 100 Jahren prüfen, aufbereiten und wieder diskutabel machen könnte, insbesondere weil die Physik mittlerweile aufzeigt, dass das Bewusstsein bei der physikalischen Messung eine sehr gewichtige Rolle zu spielen scheint. Die Aufgabe ist, klar aufzuzeigen, was „geistige“ Zustände einer Zelle oder eines Gehirns sein könnten, wie sie entstehen und wie man sie mathematisch beschreiben könnte. Auch hier wird (nur) die Mathematik weiter helfen können.

Insbesondere, weil geistige Zustände (zumindest beim Menschen) spezielle physikalische Eigenschaften aufweisen – sie scheinen keine Energie und keine Raumausdehnung zu besitzen – ist das Thema mathematisch jedoch nicht trivial.

Medizin

Eines der größten Rätsel der Medizin scheint aktuell das Verständnis bei der Entstehung und Heilung von Krebs zu sein. Es scheint bei allen Fortschritten so, dass den Medizinern sowohl bei der Entstehung als auch bei der Heilung von Krankheiten Zustandsvariablen fehlen, die die vorhandenen Mehrdeutigkeiten in der theoretischen Modellbildung und späteren Therapie auflösen würden. Diese fehlenden Zustandsvariablen werden wir als *geistige Zustandsvariablen* bezeichnen, ohne dass dies hier bereits erklärt werden soll.

Neben den Problemen der Krebsforschung gibt es Phänomene in der Medizin, die man wissenschaftlich nicht erklären kann. Menschen wachen aus dem Koma auf und sprechen eine Fremdsprache (ohne Quellenangabe). Und man fragt sich: Wie ist diese Fremdsprache in das neuronale Gewebe hinein gekommen, wenn man vorher niemals diese Sprache gelernt hat? Oder Menschen erleben eine Nahtoderfahrung und berichten höchst mysteriöse Dinge. Weltweit bekannt geworden ist

der Neurochirurg Alexander aus den USA, der ein inspirierendes Buch über seine eigene Nahtoderfahrung geschrieben hat [Alexander, 2015]. Nur beweisen kann man mit diesen Anekdoten nichts, denn alles sind höchstpersönliche Erfahrungen. Wissenschaft fordert zu Recht, dass nicht nur eine Person derartige Effekte haben darf, sondern dass diese Effekte reproduzierbar und objektiv messbar sein müssen. Bei der Nahtoderfahrung sind es zwar bereits Tausende, die ähnliches berichten, aber nichts davon ist objektiv messbar.

Mittlerweile akzeptiert man derartige Berichte in der Medizin aber trotzdem. Man erklärt all die Empfindungen mit Hormonausschüttungen und extrem großer (synchroner) Gammaaktivität des Gehirns während des Sterbeprozesses. Aber man kann mit diesem Konzept natürlich nicht erklären, wieso Sterbende tatsächlich andere räumliche Sichten auf den Ort zu haben scheinen. Viele Nahtoderfahrene sahen angeblich das gesamte Umfeld räumlich von oben. Wie sollte das aber physiologisch ablaufen? Es gibt bis dato kein wissenschaftliches Modell, das hier eine Erklärung anbieten könnte. Genauso interessant sind Berichte, bei denen man reproduzierbar durch elektrische Reizung des *Gyrus angularis* im Cortex des Gehirns sog. Out-of-Body-Erlebnisse provozieren konnte [Blanke, 2002]. Die dort beschriebene Patientin fühlte sich bei einigen dieser Experimente „hoch oben von der Zimmerdecke liegend“. Natürlich muss man auch diese Einzelerlebnisse als Anekdoten interpretieren. Aber seit einigen Jahren läuft eine Studie in britischen Krankenhäusern, die recht spektakulär ist [van Laack, 2010]. Van Laack schreibt, „Dr. Peter Fenwick vom Institute of Psychiatry in London und seine Kollegen haben in 25 britischen Krankenhäusern Röhren neben Krankenbetten aufgestellt. Auf der Oberseite der Röhren wurden Zahlen in verschiedenen Kombinationen angebracht, so dass man dies nur von der Zimmerdecke aus einsehen kann“⁵. Sollten diese Zahlenkombinationen später von Nahtodpatienten gelesen werden, könnten wir das Phänomen wissenschaftlich nicht mehr weg diskutieren. Leider konnten die Ergebnisse dieser Studie nicht recherchiert werden. Aber Nahtoderfahrungen stellen die klassische Wissenschaft vor die größte Herausforderung überhaupt, denn hier liegt eine Empirie vor (man schätzt bis zu 3,3 Millionen Betroffene alleine in Deutschland), die unbedingt einer Erklärung bedarf (ebenda und focus.de⁶).

⁵ [van Laack, 2010], S. 132 ff.

⁶ <http://www.focus.de/wissen/mensch/tid-33203> [Letzter Zugriff: 26.8.2016]



Fassen wir den Stand in den Naturwissenschaften zusammen:

- In der Quantenphysik gibt es keine befriedigende Erklärung, warum das Messen von Zuständen zu deren Kollaps führt. Die Diskussionen von Einstein, Heisenberg und Bohr haben bis heute kein Ende gefunden.
- Das EPR-Paradoxon von Einstein ist bis dato nicht geklärt. Misst man den Spin eines mit einem anderen Teilchen verschränkten Teilchens an einem Ort A, so entsteht *instantan* der Spin des verschränkten Teilchens am Ort B. Das kann man nicht erklären, es ist eine spukhafte Fernwirkung, die die Quantenphysik hier akzeptiert. Sogenannte „Quantenradierer“ oder selbst das einfache Doppelspaltexperiment mit Einzelquanten können bis heute nicht befriedigend erklärt werden.
- Die festgestellte Verletzung der Bellschen Ungleichung im Jahre 1982 durch Aspect [Aspect, 1982] zeigt, dass nicht-lokale (oder sogar *nicht-realistische*) Theorien notwendig sind, um spezielle Experimente der QM mit verschränkten Photonen zu erklären. Aber es gibt heutzutage gar kein physikalisches Modell, das Nichtlokalitäten im Raum erlaubt, da dies mit superluminalen Geschwindigkeiten verbunden wäre.
- Die festgestellte Verletzung der Leggettschen Ungleichung [Leggett, 2003] durch ein Team um Zeilinger im Jahre 2007 zeigte darüber hinaus, dass selbst nicht-lokale, realistische Theorien physikalisch unmöglich sind. Nicht-lokale Theorien zur Beschreibung unserer Welt sind notwendig, aber es gibt „da draußen“ scheinbar gar keine objektiven Dinge, bevor nicht irgendwas gemessen wird. Es gibt also 1) eine spukhafte Fernwirkung und 2) erst der Messvorgang erzeugt die Realität. Das ist Stand der Quantenphysik seit dem Jahre 2007 [Gröblacher, 2007]⁷. Es gibt bis heute

⁷ Hier ein Auszug aus dem Summary des Artikels von Zeilingers Team im *Nature*: „Most working scientists hold fast to the concept of ‘realism’ – a viewpoint according to which an external reality exists independent of observation. But quantum physics has shattered some of our cornerstone beliefs. According to Bell’s theorem, any theory that is based on the joint assumption of realism and locality (meaning that local events cannot be affected by actions in space-like separated regions) is at variance with certain quantum predictions. Experiments with entangled pairs of particles have amply confirmed these quantum predictions, thus rendering local realistic theories untenable. Maintaining realism as a fundamental concept would therefore necessitate the introduction of ‘spooky’ actions that defy locality. Here we show by both theory and experiment that a broad and rather reasonable class of such non-local realistic theories is incompatible with experimentally observable quantum correlations. In the experiment, we measure previously untested correlations between two entangled photons, and show that these correlations violate an inequality proposed by Leggett for non-local realistic theories. Our result suggests that giving up the concept of locality is not sufficient to be consistent with quantum experiments, unless certain intuitive features of realism are abandoned.“ [Gröblacher, 2007].

In eigenen Worten: Selbst wenn man eine nicht-lokale Realität (also spukhafte Fernwirkungen) akzeptiert, so muss man trotzdem von der objektiven Realität Abstand nehmen. Es existiert nichts, bevor es nicht gemessen wird.

kein Modell darüber, wie eine nicht-realistische Sicht der Welt überhaupt aussehen soll.

- Aus der Medizin kommen immer mehr Berichte über Nahtoderfahrungen, die sich wissenschaftlich schwer einordnen lassen [Blanke, 2002], [Alexander, 2015], [van Laack, 2010].
- Den Neurobiologen ist es bis dato nicht gelungen, zu erklären, wie das neuronale Hirngewebe Geist erzeugt. Es ist am Horizont nicht mal der Ansatz einer Theorie erkennbar, die die Entstehung von Geist aus neuronalem Gewebe darstellen könnte [Eckoldt, 2014].
- Seit vielen Jahren wird allerdings angenommen, dass der Geist im Gehirn durch Quanteneffekte hervorgerufen wird, siehe u.a. [Hammeroff, 1996], [Görnitz 2002, 2007], [Stapp, 2004], [Schwartz, 2005], [van Laack, 2010], [Otte, 2011], [Lommel, 2013]⁸, [Koncsik, 2015], [Krüger, 2015]. Aber Quantenmechanik erklärt letztlich auch nicht, wie aus dem Hirngewebe Geist hervorgehen könnte. Die Theorie verkompliziert die Zusammenhänge aufgrund der erwartbaren Dekohärenz der Wellenfunktionen nur unnötig, obwohl die Richtung, in der gesucht werden sollte, vorgegeben ist.

Bei den o.g. Fragen handelt es sich übrigens nicht um irgendwelche Detailpunkte, sondern um ungeklärte Effekte in den Basisdisziplinen unserer Wissenschaften: Physik, Biologie und Medizin. Unsere gesamte Technologie ruht auf diesen Wissenschaften (und der Chemie). Wenn in deren Fundament Risse entstehen, sollte man als Wissenschaftler also ganz genau hin- und auf keinen Fall wegschauen. Darüber hinaus berührt diese Thematik jeden Menschen, so dass auch die Philosophie auf das Geist-Körper-Problem schaut. Von dort kommen aber aktuell keine substantiellen Erkenntnisse, jedenfalls keine, die uns das Geist-Körper-Problem erklären könnten.

⁸ Der Kardiologe van Lommel ist aus unserer Sicht am weitesten in der Materie vorgedrungen, weiter kann man – ohne Mathematik! – das Thema nicht sezieren, denn er schreibt „Es (das nicht-lokale Bewusstsein, Anm. vom Autor) existiert als Wellenfelder von Informationen (verglichen mit den Wahrscheinlichkeitsfeldern, wie wir sie von der Quantenmechanik kennen) um uns herum und durch uns hindurch – durchdringt also unseren Körper.“ in [van Laack, 2010], S. 94f. Und der Mediziner van Laack, Experte von NTEs, schreibt im gleichen Band, S. 18: „Nach derselben Logik gibt es dagegen nicht nur eine, sondern vielmehr *zwei* (fast) gleich ‚starke‘ Realitäten.“ Richtig! Die Frage ist nur noch, wie sie beschreibbar sind?! Das wollen wir in dieser Arbeit klären.



Ingenieurwissenschaften

Da der Autor von Hause aus Ingenieur ist, gilt sein Hauptaugenmerk selbstverständlich insbesondere den Ingenieurwissenschaften. Hier fällt neben zahlreichen Fortschritten in den Ingenieursdisziplinen auf, dass insbesondere die sog. Künstliche Intelligenz (KI) in den letzten 20 Jahren fast keine *qualitativen* Fortschritte mehr machen konnte. Die heute bekannten KI-Algorithmen ähneln sehr stark denen von vor 20 Jahren.

Selbstverständlich gibt es heutzutage zahlreiche neue Anwendungsmöglichkeiten. KI-Systeme gewinnen im Schach, mittlerweile sogar im GO, arbeiten zuverlässig in Data- und Text-Mining-Anwendungen und KI-Systeme unterstützen beim Autofahren⁹. Aber sind diese Systeme wirklich intelligent geworden? Die Antwort ist ein klares NEIN. Sie sind lernfähig, extrem schnell, vernetzt und können in kürzester Zeit enorme Datenmengen auswerten. Aber intelligent (nach menschlichem Maßstab) ist dabei nichts. Die Systeme können schwerlich extrapolieren, was jedermann an den Wettervorhersagen erkennen kann, und sie haben mit Sicherheit keinerlei Semantik. Das heißt, KI-Systeme *verstehen* nicht, was sie eigentlich machen und was noch entscheidender sein wird, heutige KI-Systeme haben überhaupt keine Speicher für Qualia, für geistige Zustände (Empfindungen)¹⁰. Dies unterscheidet sie gravierend von jeder Ameise, Amöbe oder dem Menschen, mit gravierenden Folgen für ihre Intelligenz. Denn bei genauer Betrachtung erkennt man, dass jedes biologische System seine Intelligenz einsetzt, um positive Qualia zu erzeugen, alles andere kommt erst danach.

Ein System ohne Qualia wird daher richtungslos und letztlich erfolglos agieren, es sei denn man programmiert von außen eine Zielfunktion in das System hinein (was heute Standard ist). Letzteres führt aber gerade nicht zu intelligenten Systemen¹¹.

⁹ Zukünftig werden diese Systeme alles leisten können, was berechenbar ist. Aber schon das Autofahren durch eine Stadt wie Berlin ist prinzipiell nicht berechenbar, daher werden diese KI-Systeme selbst in solchen (für den Menschen einfachen) Anwendungsfällen kläglich versagen. Das hat prinzipielle (mathematische) Gründe und ist keine Frage der Rechenleistung und Sensorik, wie man heute denkt.

¹⁰ Dies ist ein prinzipielles Problem der digitalen Welt. Nicht umsonst arbeitet das Gehirn *analog*, wenn auch mit diskreten, phasen- und frequenzmodulierten Pulsfolgen auf den Axons.

¹¹ Dennoch werden diese KI-Systeme eine enorme Macht über unsere Gesellschaften bekommen. Aber auch die Elektrizität hat eine riesige Macht über uns und trotzdem ist der Strom nicht „intelligent“. Man darf das nicht vermischen, wenn man vor den Gefahren der zukünftigen KI warnt. Die Gefahren sind sehr wohl real, noch nie war eine Gesellschaft so verletzlich wie die gegenwärtige.

Die Frage, die sich hier auftut, ist die, ob sich Qualia¹² überhaupt auf digitalen Systemen realisieren lässt. Von Neumann, der Begründer der heutigen PC-Architektur, sagte 1945, dass es egal sei, ob man die Speicherbits seiner Computer mit Äpfeln, Birnen oder Röhrentechnik umsetzen werde. Seine Architektur brachte auch einen riesen Schwung in die Entwicklung der Digitaltechnik, aber es könnte sein, dass sich diese nun als der Hemmschuh für die Entwicklung echter künstlicher Intelligenz herausstellt. Jetzt, wo wir uns mitten im digitalen Zeitalter befinden, scheint es für die Grundlagenforscher angebracht, die Digitaltechnik in Frage zu stellen und nach besserem Ausschau zu halten. Im Gehirn scheint es eben nicht egal zu sein, wie das Wissen abgelegt ist. Die Kenntnis über das Speichern von Gedächtnisinhalten wird essentiell für unser Verständnis von Intelligenz, den enorm kurzen Zugriffszeiten, den Assoziationen und überhaupt für das Verständnis von Qualia sein.

Ein eng mit der KI verknüpftes Problem ist die Frage, was Information eigentlich sei. Seit Shannon's Aufsatz einer „Mathematischen Theorie der Kommunikation“ [Shannon, 1948] kann der (syntaktische) Informationsgehalt einer Nachricht ausgerechnet werden, um damit beispielsweise die Kanalkapazität eines Übertragers zu berechnen. Was aber Information bzw. deren Bedeutung für ein System darstellt, ist nicht bekannt und wurde von Shannon auch ausdrücklich nicht berechnet. Da es zukünftig jedoch darauf ankommt KI-Systeme zu konstruieren, die Semantik verstehen und damit eigene Zielrichtungen erzeugen können, muss man sich mit der Berechenbarkeit der *Bedeutung einer Information* auseinandersetzen. Dieses Problem soll in der vorliegenden Arbeit behandelt werden.

Philosophie

Die Philosophie ist immer eine Art Spekulation. Sie alleine wird daher niemals zu wahrer Erkenntnis führen können, denn Erkenntnis braucht immer Erfahrung (also Empirie) gepaart mit philosophischem Denken. Dennoch hat die Philosophie einen sehr großen Einfluss auf die Mehrzahl der Wissenschaftler, da sich diese immer, jedoch meist unbewusst, im Rahmen der zu ihrer Zeit gesellschaftlich anerkannten Philosophie bewegen, dies ist das o.g. Dogma.

Erinnert sei an das religiöse Mittelalter, bei dem es schon eines Genius wie Kopernikus bedurfte, um aus dem vorherrschenden Dogma auszubrechen und wider des „gesunden Menschenverstandes“ zu postulieren, dass die Erde um die Sonne kreise

¹² Wir verwenden den Begriff **Qualia** als Synonym für „das phänomenale Bewusstsein“. Wir unterscheiden in diesem Aufsatz daher nicht zwischen Singular und Plural.



und nicht etwa umgekehrt. Diese wohl größte Leistung der Menschheitsgeschichte konnte nur ein Wissenschaftler erbringen, der Denken und Spekulation mit modernster Fähigkeit zur Messung und Beobachtung verband. Und doch dauerte es noch über 100 Jahre nach Kopernikus, bis sein Weltbild anerkannt wurde.

Ein anderer großer Einfluss auf die Wissenschaft ging von Descartes aus. Er führte den sog. *Dualismus* in die philosophische Debatte um das Gehirn ein und genau darüber wird auch heute noch der Diskurs beim sog. Körper-Geist-Problem geführt.

Die heutige Philosophie bietet einen sehr breiten Raum für Spekulationen zu diesem Thema. Im Prinzip sind alle denkbaren Strömungen vertreten und aus Mangel an Überprüfbarkeit sind diverse Schulen entstanden, die (durch reines Nachdenken) um Wahrheit ringen. Gesellschaftlich durchgesetzt hat sich im „christlichen Abendland“ – wie jedermann bekannt – eine Art Materialismus, also die Grundüberzeugung, dass alles aus den Naturgesetzen der Materie heraus erklärt werden kann. Im Prinzip ist das eine Abkehr vom Dualismus und eine Hinwendung zu einer Art (materialistischem) Monismus, eben dahingehend, dass es nur eine Ursubstanz (Urteilchen) gegeben hat, aus der heraus alles entstand¹³. Da man den Geist aber bisher nicht aus diesen Naturgesetzen heraus erklären konnte, wird er heutzutage entweder zum Epiphänomen degradiert oder stillschweigend geduldet. Jedenfalls scheint dem Geist keine gleichberechtigte Entität zuordenbar zu sein. Auch lässt sich nach heutigem Weltbild nicht erkennen, wie ein Geist – falls er doch existieren sollte – kausal in die materiellen Naturgesetze eingreifen könnte, ohne diese zu verletzen. Nun haben wir zu Beginn des Abschnittes gesehen, dass die bekannten Naturgesetze nicht mehr ausreichen, um Verschränkungen, also nicht-lokale Realitäten, zu erklären. Wenn der Beobachter die Messergebnisse in der QM erzeugt, dann muss man sich fragen, welche Eigenschaften des Subjektes dies nun gerade bewirken. Das ist und bleibt eines der größten Rätsel der heutigen Wissenschaft und der materialistische Ansatz kann es nicht erklären.

¹³ Man vermutet aktuell, diese Urteilchen seien vibrierende Strings, was aus Sicht des Autors völlig abwegig erscheint, da man aus der *Knotentheorie* weiß, dass gerade 4 Dimensionen maximale Freiheitsgrade beinhalten. Unabhängig davon ist der Denkansatz eines Urteilchens höchst trivial und man ist verwundert, dass manche Wissenschaftler eine solch primitive Kausalkette (A->B->C...) akzeptieren, wo doch die Natur überall zeigt, dass sie von Rückkopplungsschleifen nur so durchdrungen ist. Wie auch immer die Natur aufgebaut sein wird, man sollte erwarten, dass die oberen Produkte der Evolution (die natürlich aus den unteren aufgebaut sind) gleichzeitig die unteren konstituieren, so dass alles mit allem verbunden ist und sich alles aufeinander bezieht. Von irgendwelchen Urteilchen auszugehen, aus denen aufwärtskausal alles aufgebaut ist, ist wissenschaftlich suspekt.

Auf der anderen Seite des philosophischen Spektrums wurden Modelle aufgestellt, die letztlich *Information* als Basis für alles ansehen. Auch das ist ein Monismus, der jedoch das Geistige, das Informativ als Primat ansieht. Hervorzuheben sind hier die Ur-Theorie von C.F. von Weizsäcker und darauf aufbauend die Theorien von Görnitz [Görnitz, 2009]. Der *Urgrund alles Seins* ist nach dieser Theorie das Geistige, von dem alles – auch das Materielle – abgeleitet werden kann. Görnitz will in seiner Theorie sogar berechnen können, wie viel Ur-Bits es benötigt, um ein echtes Elektron zu erzeugen. Der Autor folgt dieser Theorie nicht (insbesondere weil sie sich auf die Entropie von schwarzen Löchern beruft), trotzdem scheint Görnitz aus Sicht des Autors am weitesten in die Auflösung dieses Welträtsels vorgedrungen zu sein, denn zumindest das Messproblem der QM kann Görnitz lösen. Denn wenn das gesamte Universum informativen (geistigen) Ursprunges wäre, muss man sich von dem objektiven Realismus verabschieden, also genau das, was die Physiker nach Leggett (2003) und Zeilinger (2007) tatsächlich fordern sollten. Aber was heißt das konkret? Görnitz berechnet die realen physikalischen Bausteine und weist ihnen eine gewisse Anzahl von Bits (weit über 10^{36} Qubits für ein Elektron) zu¹⁴. Aus seiner Sicht ist daher alles geistig, selbst das Elektron. Deshalb ist es auch kein Wunder, dass das Gehirn Geist (und Qualia) erzeugen kann, denn das Hirngewebe ist lt. Görnitz in letzter Instanz reine geistige Ursubstanz. Das Körper-Geist-Problem existiert für ihn daher nicht. Dieser monistische Ansatz ist eine Art Befreiungsschlag gegen den vorherrschenden materialistischen Ansatz der Neurobiologen und doch folgt der Autor diesem Ansatz nicht.

Denn erstens ist damit nicht erklärbar, warum im Gehirn eben doch eine Art Dualismus vorzuherrschen scheint. Dem objektiven messbaren Hirngewebe steht eine ontologisch andere Qualität, die Qualia, gegenüber. Der Autor ist der Ansicht, dass das Gehirngewebe und seine Qualia völlig andere physikalische Eigenschaften besitzen und dass dem bei der theoretischen Modellbildung Rechnung getragen werden *muss*.

Zweitens stellt Görnitz keinen mathematischen Ansatz bereit, wie man die makroskopischen Quanteneffekte im Gehirn erklären oder gar berechnen könnte. Es ist eben gerade nicht einsichtig wie aus den mikroskopischen Quanteneffekten – in den Zellen des Gehirns, in den Synapsenspalten, Ionenkanälen, im Zellplasma der Neuronen – die um Größenordnung höheren makroskopischen Effekte des Gedächtnisses und der bewussten Qualia erzeugt werden könnten, ohne dem Dekohärenz-Problem der QM zu entgehen. Spielte sich alles auf derselben ontolo-

¹⁴ [Görnitz, 2009], S. 154 f.



gischen Ebene ab, so würden die gegenseitigen physikalischen Störungen jegliche Kohärenz (der Wellenfunktionen) im Geiste verhindern. Aus Sicht des Autors muss der völlig verschiedenen ontologischen Realität von Körper und Geist mathematisch und physikalisch Rechnung getragen werden.

Genauso wie es den Materialisten bis heute nicht gelungen ist, zu erklären, wie aus dem Materiellen das Geistige entsteht, so kann Görnitz nicht erklären, wie aus dem Geistigen letztlich Materie entstehen sollte, die sich doch so völlig anders verhält. Selbst 10^{36} (rein informative) Bits oder Qubits¹⁵ erzeugen eben kein physikalisches Elektron.

Das Rätsel bleibt weiterhin ungelöst¹⁶.

¹⁵ Die QM verwendet Qubits anstatt Bits, um auf die anderen mathematischen Eigenschaften hinzuweisen.

¹⁶ Insbesondere ist bei diesem nicht erkennbar, wieso Information geistiger Natur sein sollte. Wenn man von Weizsäcker und Görnitz folgt, dass alles Information sei, fragt man sich am Ende trotzdem, was denn Information letztlich physikalisch ist, und wo und wie sie abgespeichert wird. Aus Sicht des Autors ist Information eine vom Menschen *erdachte Rechengröße* und eben kein Naturobjekt, siehe Kapitel 7. Der Autor glaubt daher nicht an die physikalische Existenz eines Ur-Bits.

3. Review der letzten 5 Jahre und Motivation

Seit dem ersten Teil des Buches von 2011 haben sich weltweit neue Erkenntnisse auf dem Gebiet der Körper-Geist-Forschung ergeben, aber dennoch ist auch Ernüchterung eingetreten. So zeigte sich, dass weder die notwendige Akzeptanz bei den Fachleuten der Neurodisziplinen dafür erwirkt werden konnte, dass das Gehirn zumindest einer speziellen mathematischen Beschreibung mit komplexen Zahlen bedarf, noch konnten durch eigene experimentelle Arbeiten Beweise erbracht werden, die zeigen, dass der Geist eine (eigenständige) Entität darstellt, die tatsächlich kausale Wirkungen auf spezielle physikalische Experimente mit Zufallsgeneratoren ausüben kann. Auch andere Forschungsgruppen sind bei der Klärung dieser Grundfragen nicht signifikant vorangekommen.

Kurzum, heute, also 5 Jahre später, hat sich erkenntnistheoretisch nicht viel geändert. Die (materialistisch eingestellten) Neurobiologen sind weiterhin der festen Überzeugung, dass geistige Phänomene *irgendwie* aus dem neurobiologischen Gewebe hervorgehen. Sie können zwar immer noch nicht erklären, wie das konkret vonstattengehen soll, aber sie verfolgen weiterhin die Grundannahme, dass das Hirngewebe den menschlichen Geist erzeugt. In Einzelgesprächen fällt jedoch auf, dass federführende Neurobiologen (so zum Beispiel aus der Max-Planck-Gesellschaft) immer deutlicher zugeben, dass sie prinzipiell nicht verstehen, wie ein solcher Prozess überhaupt aussehen könnte. Sie sind gegenüber ihrer eigenen Position skeptischer und bescheidener geworden. Man denke nur an das Manifest der 11 führenden Neurowissenschaftler aus dem Jahre 2004 [Elger, 2004] und an das 10 Jahre später erschienene Fachbuch „Kann das Gehirn das Gehirn verstehen“ [Eckoldt, 2014]. Die Neurobiologen konnten nur sehr wenige ihrer damaligen Versprechen einlösen. Aber das ist nur die eine Seite der Wahrheit. Auch die Verfechter der gegenteiligen Position, die Idealisten, sind ihre Belege schuldig geblieben. Wenn der Geist das Primat haben sollte, wie sie behaupten [Görnitz, 2002 und 2009], wenn der Geist *irgendwie* über dem Gehirn stehen sollte und nicht vom Gehirn erzeugt wird, sondern dieses hervorgebracht hat, dann sollten sich doch Belege dafür finden lassen, dass der Geist auf die Materie einwirken kann. Aber auch diese empirischen Belege gibt es nicht. Alle wissenschaftlich korrekt ausgeführten Beobachtungen des PEAR-Programmes¹⁷ (welches 2007 geschlossen wurde), die Ar-

¹⁷ Aus PEAR's Press Release Announcing Laboratory Closure: February 10, 2007: The Princeton Engineering Anomalies Research (PEAR) program at Princeton University, internationally renowned for its extensive study of the influence of the mind on physical reality, will be com-

beiten diverser Freiburger Forscher um Atmanspacher, Römer oder von Lucadou zeigen eines, nämlich, dass auch sie, neben ihren interessanten theoretischen Arbeiten zur Quantentheorie [Atmanspacher, 2002], keine reproduzierbaren Experimente entwickeln konnten, welche einen kausalen Einfluss von Geist auf Materie nachzuweisen gestatten [Lucadou, 1986, 2012]. Auch ein Forschungsteam unter Leitung des Autors innerhalb der Schweizer Buhler-Group, das sich mit derartigen Aufgaben auseinandersetzte, musste die gleichen negativen Resultate feststellen. Angenommene Wirkungen des Geistes auf die Physik von Zufallsexperimenten ließen sich durch keine einzige Arbeitsgruppe weltweit aufzeigen. Alle gemessenen Wirkungen auf Zufallsgeneratoren spielten sich bei genauerer Prüfung immer im Rahmen des gerade noch Zufälligen ab. Und obwohl zahlreiche Einzelwirkungen von Probanden auf Zufallsgeneratoren als hoch-signifikant eingestuft werden konnten¹⁸, waren die positiven Ergebnisse in Meta-Analysen nicht haltbar, da nach einer Bonferroni-Korrektur¹⁹ auch diese Signifikanzen als zufällig eingestuft werden mussten. Von Seite der Befürworter eines geistigen kausalen Einflusses auf Materie konnte kein empirischer Fortschritt erzielt werden. Auch die Seite der Idealisten ist daher in ihren Erklärungsversuchen nicht vorangekommen. Es ist erneut ein Stillstand zwischen beiden großen philosophischen Strömungen eingetreten, und man kann nicht sehen, welche Position sich am Ende durchsetzen wird.

Im Jahre 2011 hatte auch der Autor die These vertreten, dass im Gehirn Quanteneffekte auftreten müssten, da es auf mathematisch formaler Ebene eine Parallele bei der Beschreibung von Effekten der Quantenphysik und der sog. Binokularen Rivalität gibt. Mit dieser These stand er nicht alleine da. Wir verweisen nochmals auf die Literatur [Hammeroff, 1996], [Görnitz 2002, 2007], [Stapp, 2004], [Schwartz, 2005], [Otte, 2011], [Koncsik, 2015], [Krüger, 2015]. Allerdings muss unterschieden werden, welche Effekte gemeint sind. Mit Sicherheit gibt es bei der Erzeugung (Messung) neuronaler Ströme, in den Zellspalten, in den Dendriten, den Axons, den Synapsen usw. diverse quantenmechanische Effekte. Dies wird heute auch von keinem Fachmann mehr abgestritten. Die Frage ist nur, ob sich diese Quanteneffekte auf die geistige Ebene auswirken können oder ob sie nicht aufgrund ihrer mikro-

pleting its agenda of basic research and closing its physical facilities at the end of February. The purpose of the program, established in 1979 by Robert G. Jahn, an aerospace scientist who was then Dean of the university's School of Engineering and Applied Science, was „to study the potential vulnerability of engineering devices and information processing systems to the anomalous influence of the consciousness of their human operators.“

¹⁸ Ihre p-Werte waren teilweise kleiner als $p < 0.01$.

¹⁹ Die Bonferroni-Korrektur wird benutzt, um die Alphafehler bei statistischen Tests zu korrigieren, da man ansonsten immer (durch bestimmte Strategien) signifikante Ergebnisse erzeugen kann.

skopischen Kleinheit bzw. aufgrund der Dekohärenz innerhalb kürzester Zeit wieder vergehen müssen [Zeh, 1995]. Die geschätzten Dekohärenzzeiten der Quanten liegen weit unterhalb von Mikrosekunden, was zur Herausbildung eines kohärenten geistigen Zustandes als viel zu kurz erscheint. Es ist überhaupt nicht klar, wie die Quanten gehirnübergreifend miteinander kommunizieren könnten, ohne von der Umgebung des „warmen Gewebes“ gestört zu werden. Im Prinzip ist ein kohärenter Zustand von Milliarden Quanten (Photonen, Elektronen usw.), verteilt über das Gehirn ausgeschlossen²⁰. Mikroskopische Quanteneffekte können aus Sicht des Autors geistige Zustände daher nicht erklären²¹. Obwohl eigene Experimente gezeigt haben, dass im Gehirn möglicherweise Verarbeitungsprozesse stattfinden, die mit der Bahnleitgeschwindigkeit des Gewebes nicht alleine erklärt werden können [Anlage A2], darf man daraus trotzdem nicht auf makroskopische Quanteneffekte im Gehirn schließen. Den Wissenschaftlern, die diese im Gehirn ablehnen und das damit begründen, dass das Gehirn „feucht und warm sei“, muss in gewisser Weise zugestimmt werden.

Aus Sicht des Autors sind die möglichen Effekte im Gehirn jedoch weitaus interessanter als einfache Quanteneffekte.

Insbesondere wurde vor 5 Jahren vorgeschlagen, Vorgänge im Gehirn mittels komplexer Zahlen zu beschreiben, da komplexe Zahlen Eigenschaften besitzen, die weit über die der reellen hinausgehen. Der imaginären Einheit „i“ einer komplexen Zahl wurden bestimmte physikalische Besonderheiten im Gehirn zugeordnet. Aus Rechnungen in der Physik sind Zahlen wie „ $2+3i$ “ bekannt und es ist insbesondere bekannt, dass komplexe bzw. imaginäre Messwerte physikalisch nicht direkt messbar sind. Überhaupt sind alle physikalischen Werte, die sich mit komplexen Zahlen darstellen lassen, nicht messbar. Daher wurde eine Parallele zu mentalen Zuständen des Gehirns konstruiert, da auch mentale Zustände²² nicht messbar sind. Das ist ja gerade eines der größten Probleme der Neurowissenschaften. Die naheliegende Idee war daher, Gehirn-Geist-Zustände mit komplexwertigen Gleichungen zu

²⁰ Umgangssprachlich kann man sich einen kohärenten Zustand so vorstellen, dass alle Wellenfunktionen der Quanten synchron (mit konstanter Phasenbeziehung) schwingen.

²¹ „Die quantenphysikalischen Effekte sind auf Grund der atomaren und molekularen Prozesse in den Synapsen usw. natürlich selbstverständlich. Sie gehören zum physikalischen Geschehen. Jede beliebige chemische Substanz (z.B. Neurotransmitter) arbeitet stets auf der atomaren Ebene. Damit bleiben wir aber immer auf der materiellen Ebene. Geist erklärt sich dadurch überhaupt nicht, es sei denn, Elektronen oder Photonen wären ‚Zwitterwesen‘ beider Welten.“, Anmerkung Viktor Otte.

²² Wir verwenden die Begriffe mentale und geistige Zustände nicht ganz korrekt. In der Monographie bezeichnen wir geistige Zustände höherer Lebewesen stets vereinfachend als *mentale Zustände*.

beschreiben. Zuerst war gedacht worden, die reell-wertigen Anteile „a“ einer komplexen Zahl „a+ib“ als neurophysiologische Parameter und die imaginären Anteile „ib“ als mentale Beschreibungsparameter zu betrachten, aber das musste recht schnell verworfen werden. So einfach konnten die Zusammenhänge nicht sein, auch wenn sie aus Sicht des Autors die Richtung angeben, in der gesucht werden sollte. Denn komplexe Zahlen werden nicht ohne Grund in der Quantenmechanik zwingend notwendig. Während die Elektrotechnik – die auch mit komplexen Gleichungen hantiert – sehr wohl noch ohne komplexe Zahlen beschreibbar wäre (mit Ausnahme der Feldtheorie), so gilt das für die QM nicht mehr. QM ohne komplexe Zahlen ist prinzipiell nicht formulierbar. Mathematisch erkennt man das sehr gut an der sog. zeitlichen Schrödingergleichung, eine ihrer Grundgleichungen.

Aber besteht hinter der Notwendigkeit von komplexen Zahlen ein tieferer Zusammenhang? Der Autor postulierte im Teil 1, dass die komplexen Zahlen die mathematische Fähigkeit besitzen, auch „vor-physikalische“ Größen zu beschreiben. Ein Beispiel sind die Wellenfunktionen, die beim sog. Doppelspaltexperiment mit Einzelelektronen in Erscheinung treten. Ohne komplexe Zahlen sind die physikalischen Phänomene am Doppelspalt nicht formulierbar. Sie zeigen in aller Deutlichkeit, dass Einzelelektronen vor einer Messung keine materiellen Entitäten sind sondern „vor-physische“ Eigenschaften besitzen, sonst würden die gemessenen Effekte am Doppelspalt nicht auftreten können. Diese ungeahnte Fähigkeit komplexer Zahlen sollte zur Beschreibung von Phänomenen im Gehirn benutzt werden, da auch hier Effekte auftreten, die überraschen. Dies war die Grundaussage des ersten Teils und der Autor ist sich sicher, dass sie eines Tages aufgenommen werden wird.

In der Zwischenzeit konnte in Diskussionen mit führenden Wissenschaftlern zumindest eine erste Akzeptanz für diese Ideen erwirkt werden. So scheint beispielsweise Singer diesen und anderen Vorschlägen sehr aufgeschlossen gegenüber zu stehen²³. Ein Grund ist, dass man bei Versuchen mit dem Gehirn gewisse Mehrdeutigkeiten (des Antwortverhaltens des Gehirns) feststellen kann. Aus Sicht der Modellbildung ist eine solche Mehrdeutigkeit natürlich immer zu erwarten, wenn wichtige Zustandsgrößen fehlen. Geistige Zustände werden nun als essentielle Zustandsgrößen des Gehirns erwartet, so dass ein realistisches Modell ohne Berücksichtigung dieser Zustandsvariablen gar nicht vorstellbar ist.

Das Problem ist analog zur Elektrotechnik. Betrachten wir ein Schaltnetzwerk aus Widerständen, Kondensatoren und Spulen, Abbildung 1. Jeder Fachmann weiß,

²³ Persönliches Gespräch Prof. Singer, 22. April 2016, am MPI, Ernst Strüngmann Institut (ESI), Frankfurt.

dass man ein solches Wechselstromnetzwerk mit komplexen Zahlen durchrechnen sollte. Betrachtet man nur die ohmschen (reellen) Widerstände ergeben sich falsche mathematische Ergebnisse für die tatsächlich messbaren Scheinwiderstände $|Z|$ an den Klemmen A-B oder C-D. Das liegt daran, dass die internen *Speicherzustände*, die die Phasenverschiebungen von Strom und Spannungen erzeugen, d.h. die nicht-ohmschen Impedanzen, unbedingt berücksichtigt werden müssen (in der Abbildung als jX -Anteil für eine Spule dargestellt).

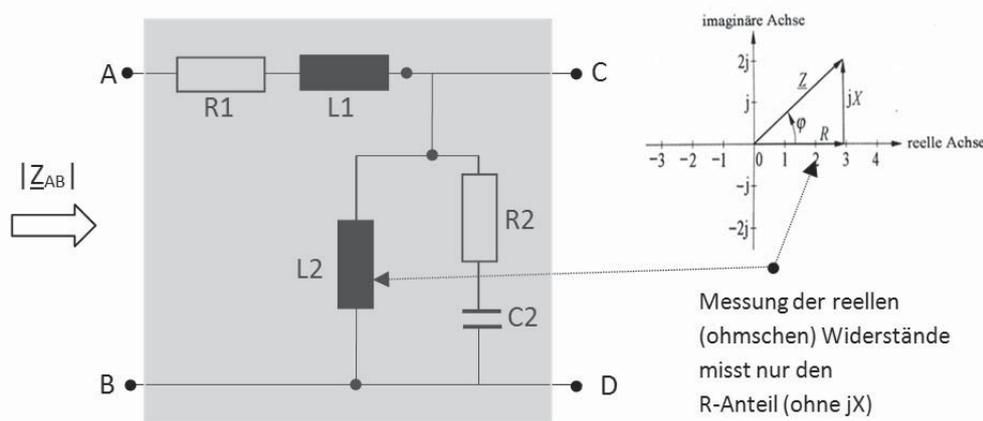


Abbildung 1: Reelle und imaginäre Anteile von elektrischen Bauelementen in einem Schaltnetzwerk

Die komplexe Wechselstromrechnung sieht vor, dass man zuerst immer die inneren, komplexwertigen Impedanzen addiert und erst danach eine Betragsquadrierung (zum Reellen) durchführt, um die reellen Scheinwiderstände, also die physikalisch messbaren Widerstände, am Ausgang zu erhalten. Vergisst man in der Wechselstromlehre die inneren Zustände des Schaltnetzwerkes korrekt ineinander umzurechnen, stimmen die wirklich gemessenen Werte am Ausgang des Netzwerkes nicht mit dem theoretischen Modell überein.

Für das Gehirn werden in Analogie dazu derartige innere Zustandsgrößen (als geistige Zustandsvariablen) angenommen²⁴. Neuronale Korrelate stellen in dieser

²⁴ Vorsichtshalber sei gesagt, dass dies nur eine Analogie ist. Es geht uns nicht darum, dass im Gehirn induktive und kapazitive Impedanzen existieren (obwohl das natürlich völlig logisch ist, denn jede Synapse stellt einen Kondensator dar). Diese Analogie soll zeigen, dass es ein gravierender Fehler ist, bestimmte Zustandsgrößen in Modellen zu vernachlässigen, nur weil sie in einer bestimmten Epoche noch nicht messbar sind. Vor 200 Jahren konnte auch niemand Impedanzen messen, obwohl es diese in der Natur schon immer gab. Was mit geistigen Zustandsgrößen gemeint ist und wie man diese berechnen kann, wird später aufgezeigt.

Darstellung nur die reellwertigen Teile des Modells dar, die imaginären (inneren, geistigen) Zustandsgrößen müssen aber in die Rechnungen mit einbezogen werden, um die Reaktionen des Gehirn-Geist-Komplexes richtig vorherzusagen, Abbildung 2. Eine Vorhersage nur auf Basis der (reellen) Korrelate wird stets mehrdeutig bleiben.

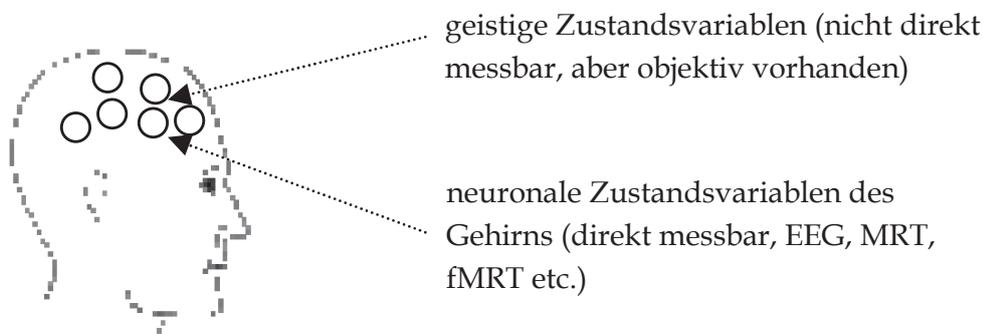


Abbildung 2: Reelle (direkt messbare) und imaginäre (nicht direkt messbare) Zustandsgrößen in einem Gehirn-Geist-Komplex

Bei einer genauen Analyse zeigt sich jedoch – wie bereits erwähnt –, dass dieser Trivialansatz, komplexe Zahlen („ $a+ib$ “) zur Modellbildung für das Gehirn zu übernehmen, mathematisch nicht tragbar ist, da mit diesem Ansatz die zwei verschiedenen ontologischen Qualitäten von Gehirn und Geist gerade nicht abbildbar werden. Die Algebra der komplexen Zahlen erschien bereits 2011 nicht auszureichen, um den Gehirn-Geist-Komplex mathematisch korrekt zu modellieren. Als Lösungsidee wurde in [Otte, 2011] deshalb vorgeschlagen, hyperkomplexe Zahlen zu verwenden und zur Beschreibung neuronaler und mentaler Zustände die *Algebra der Quaternionen* zu nutzen.

Der Hintergrund soll nochmals vertieft werden: Eine sehr wichtige Operation auf komplexen Zahlen ist die sog. Betragsquadrierung (bzw. die Multiplikation mit der sog. konjugiert Komplexen), da dadurch reellwertige Zahlen entstehen. Man beachte, nur reellwertigen Zahlen können wir Messwerte wie Längen oder Energien zuordnen. Nun zeigte sich, dass Effekte der Binokularen Rivalität im Gehirn mit dem mathematischen Formalismus der QM beschrieben werden konnten [Manousakis, 2009]. Es wurde daher vermutet, dass man unbewusste mentale Zustände mit den ungemessenen Zuständen der QM vergleichen könnte. Das Bewusstwerden eines Ereignisses entspräche dann dem Messprozess der QM. Oder populärwissenschaftlich ausgedrückt: Wenn uns etwas im Gehirn bewusst wird, werden aus der Überlagerung unbewusster Phänomene, durch den sog. „Kollaps

von (unbewussten) Wellenfunktionen“, bewusste Messwerte. Dies sollte eine Analogie zum Messproblem der QM darstellen, aber man darf daraus eben nicht schlussfolgern, dass im Gehirn physikalische, makroskopische QM-Prozesse *tatsächlich* ablaufen. Diese heuristische Annahme ist unzulässig, denn nur die mathematische Formulierung beider Phänomene ist ähnlich. Man muss den *ontologischen* Unterschied zwischen den Messwerten der QM und den Messwerten mentaler Zustände akzeptieren. Messwerte der QM sind real, besitzen sozusagen eine Energie. Gemessene geistige Zustände (Zustände, die einem *bewusst* geworden sind) bleiben jedoch virtuell und besitzen keinerlei Energie. Um dieses Problem zu lösen, müssen mathematische Erweiterungen eingeführt werden. Es zeigte sich jedoch – insbesondere durch die Mathematiker meiner damaligen Arbeitsgruppe –, dass die vorgeschlagenen Quaternionen mathematisch nicht geeignet sind, um physische (neurophysiologische) und geistige (mentale) Vorgänge adäquat zu beschreiben, der Grund wird später klar.

Daher begann eine einjährige Suche nach einer geeigneten Algebra. Durch den Autor wurde als Zielrichtung vorgegeben, dass die zu konstruierende Unteralgebra vier wesentliche „physikalische“ Eigenschaften zu erfüllen habe: Sie musste 1) energielose Funktionen zulassen (wird später erklärt), 2) Schwingungen beschreibbar machen, 3) Fourier-Transformationen zulassen und 4) die Schrödinger-Gleichung sollte in ihr lösbar sein. Eine solche Algebra, die all diese Forderungen erfüllt²⁵, wird im nächsten Kapitel vorgestellt. Sie erscheint trivial, wenn man sie einmal konstruiert hat, dennoch ist sehr „mächtig“²⁶. Eine Abhandlung zu den Eigenschaften der Algebra wurde durch uns in [Hertig, 2014] gegeben. Eine mathematische Fortführung und mögliche Anwendungen auf die Quantenphysik und das Geist-Körper-Problem ist in einer „Draft“ Version im [Anhang A3] dargestellt.

3.1. Postulate und Anfangshypothesen

Am Anfang jeder wissenschaftlichen Untersuchung steht immer ein Glaube oder konkreter, ein Postulat. Zum Beispiel ein Glaube an eine objektive Realität, die tatsächlich erkennbar und beschreibbar wäre. Oder der Glaube an die Konstanz von Naturkonstanten, die bestimmt werden können usw. So beginnt auch diese Arbeit mit einem *Glaubensbekenntnis*. Der Autor glaubt, dass die Bewusstseinsphä-

²⁵ ... und die von uns scherzhaft H₂O-Algebra genannt wurde...

²⁶ Ein großer Dank geht an die beiden herausragenden mathematischen Köpfe meiner damaligen Arbeitsgruppe: Herrn Torsten Hertig (Mathematiker und Physiker) und Herrn Philipp Höhmann (Physiker). Ohne ihre Brillanz wäre die vorliegende H₂O-Algebra nicht so erfolgreich entwickelt worden. Auch wenn das Ergebnis am Ende trivial aussieht, so war ihre Konstruktion alles andere als trivial.



nomene eine objektive Realität besitzen und damit zur beschreibbaren Natur dazugehören. Damit soll gesagt sein, dass Bewusstseinsphänomene *wirklich* existieren und zwar mindestens genauso wirklich, wie all die anderen Phänomene der Physik. Alle weiteren hier vorgetragenen Ergebnisse werden sich aus diesem Glauben, diesem Axiom, ableiten lassen.

Jeder weiß natürlich intuitiv, dass Bewusstseinsphänomene existieren, denn jeder einzelne Mensch kann diese Phänomene an sich selbst erleben. Diese Phänomene als Epiphänomene zu deklarieren (wie es Neurobiologen gelegentlich immer noch vertreten) erklärt gar nichts. Die Neurobiologie ist aus Sicht des Autors in ein Erklärungsschema geraten, dass der weiteren Entwicklung dieser Wissenschaft teilweise hinderlich ist. Überall werden Gehirnscans angefertigt oder neuronale Korrelate gesucht, mittlerweile sogar neuronale Korrelate, die Religion erklären sollen. Dabei erklären derartige Korrelate rein gar nichts, denn sie sind, was sie sind, Korrelate²⁷.

Würde die Neurowissenschaft den Geist als normales Objekt ihrer Untersuchungen einordnen, wäre diese Disziplin inhaltlich weiter. Dass damit eine Revolution einhergehen würde, weil man feststellen müsste, dass das neuronale Gewebe diese Phänomene gar nicht erzeugt, muss per se nichts Schlechtes bedeuten. Wissenschaftler von morgen würden die Ergebnisse von heute unbefangen aufnehmen und erforschen. Es wäre wie ein Befreiungsschlag und es würde den Stillstand der letzten Jahre beenden. Der Autor ist jedoch kein Neurobiologe. Er wird sich also den Vorwurf einhandeln, dass er 1) in fremden Gewässern fischt und 2) keine Kompetenz auf dem Gebiet besitzt, über das er gerade spricht. Warum diese Monographie trotzdem versucht wird, hat nun zwei Gründe: Erstens ist der Autor ein Fachmann auf dem Gebiet der Künstlichen Intelligenz (KI) und zweitens ist er sicher, dass er ein Bewusstsein hat²⁸. Weiterhin geht er davon aus, dass auch andere Menschen Bewusstsein besitzen, dass das *Phänomen Bewusstsein* also objektiv vorhanden ist, d.h. unabhängig von seinem eigenen ICH. Der Autor möchte als Ingenieur und Entwickler von KI-Verfahren daher versuchen, das menschliche Bewusst-

²⁷ Damit soll nicht gesagt werden, dass diejenigen Recht haben, die dieser Wissenschaft schon lange nicht mehr über den Weg trauen, sondern die Wissenschaftler werden aufgefordert, sich auch an die Untersuchung mentaler Phänomene heranzuwagen und diese nicht von vorne herein dogmatisch abzulehnen. Entweder erklärt uns die Neurobiologie, wie aus dem Hirngewebe mentale Phänomene entstehen können, und zwar so, dass Ingenieure eine Art Künstliche Intelligenz nachbauen können, die den Namen auch verdient oder aber, die Neurobiologie muss einsehen, dass sie in eine Sackgasse geraten ist.

²⁸ Wir möchten hier jedenfalls noch Descartes folgen. Für ihn gab es nur drei ontologische Entitäten: 1. Gott - 2. Denken - 3. räumlich Ausgedehntes. „Ich denke, also bin ich!“, ist sicher eine Realität, der jeder zustimmen kann.

sein besser zu verstehen, um es mathematisch zu beschreiben. Denn nur was mathematisierbar ist, kann auf den Computern dieser Welt nachgebaut und „zum Leben erweckt“ werden.

Warum sollte das menschliche Bewusstsein objektiv sein? Es existiert doch nur etwas objektiv, was man auch messen kann. Das stimmt, aber warum versucht man – provozierend gefragt – ein Voltmeter oder einen simplen MRT-Scan zu benutzen, um so etwas Komplexes wie Bewusstsein oder gar Selbstbewusstsein zu messen. Die Wissenschaftler irren, wenn sie nur das für objektiv halten, was sie mit ihren *heutigen* technischen Messgeräten erfassen können. Wenn das gelten würde, müsste man einer Zelle ihre biologischen Eigenschaften aberkennen, denn es gibt bis heute kein physikalisches Messgerät, welches uns sagt, ob eine Zelle lebt oder nur noch ein Haufen Chemie ist. Und doch wissen wir, dass manche Zellen leben und manche eben nicht (mehr). Wer das abstreiten wollte, sollte jeder Organspende Einhalt gebieten, denn in diesem hochkomplexen Fall entscheidet ein Arzt, ob eine Person noch lebt oder nicht. Wir wissen auch, ob ein Tier lebt oder nicht. Und wir messen das nicht mit einfachen physikalischen Messinstrumenten. Wir messen das an Puls, Atmung, Gehirnströmen und vielem mehr. Mag es dann verwundern, dass die Messung von Bewusstsein nicht noch schwieriger sein sollte. Und trotzdem kann man so etwas bewerkstelligen. Die Psychologen haben zahlreiche Tests entwickelt, um beispielsweise herauszufinden, ob ein Affe Selbstbewusstsein hat oder nicht. Der Psychologe macht das erneut nicht mit einem Voltmeter oder MRT-Scan. Sehr komplexe Experimente mussten dazu entwickelt werden. Unter anderem auch die Beobachtung eines Affen, wenn er in den Spiegel schaut. Und dann stellt man von außen fest, dass manche Affen ein Selbstbewusstsein haben, manche nicht. Es ist also in der Tat messbar, das Selbstbewusstsein. Es erfüllt damit den Charakter der Objektivität. Das Selbstbewusstsein eines Menschen A existiert unabhängig von einem Menschen B. Es zeigt sich in Experimenten auch reproduzierbar²⁹. Eigentlich streitet dies auch kein Fachmann ab, es wird eher darüber diskutiert, welchen Rang das Bewusstsein hat. Ist es ein Epiphänomen, wie zum Beispiel das Gewicht des Gehirns oder besitzt es eine einwirkende Realität? Und es stellt sich natürlich die Gretchen-Frage, wo das Bewusstsein erzeugt wird. Hat es das Hirngewebe erzeugt? Dies ist der eigentliche Fachstreit unter den Experten. Die Trümpfe liegen beim materialistischen Neurobiologen, denn er weiß: Ist das Hirngewebe zerstört, ist

²⁹ Warum man dem Selbstbewusstsein also seine Existenzberechtigung abstreiten sollte, ist mit dem gesunden Menschenverstand nicht nachvollziehbar. Spitzfindigkeiten in der philosophischen Argumentation, die stark an die Diskussion der Kirchenintelligenz des 12. Jahrhunderts erinnern, lassen einen den Wald vor lauter Bäumen nicht mehr erkennen. Schaut man von außen wird klar: das Bewusstsein existiert objektiv.

auch das Bewusstsein nicht mehr vorhanden. Also – folgert er – hat das Gewebe den Geist erzeugt. Aber hier unterliegt man sehr schnell einem Trugschluss. Denn wer sagt uns denn, dass das Bewusstsein nicht mehr da ist, wenn das Gewebe zerstört ist. Vielleicht ist nur der Mitteilungskanal zerstört, so dass der Betroffene sich nicht mehr über die uns bekannten Sinne mitteilen kann. Diese Argumentation läuft also ins Leere. Man kann auf diese Weise nämlich nur feststellen: Ist das *Hirngewebe* zerstört, zeigt das Gewebe keine Eigenschaften von Bewusstsein mehr. Aber das ist bereits tautologisch.

Doch der Zusammenhang ist subtiler. Man kann heutzutage ganz bestimmte Hirnareale reizen und dadurch bestimmte subjektive Empfindungen erzeugen. Dies rückt schon näher an einen Beweis heran, dass das Gewebe kausal die mentalen Zustände erzeugt. Verändert man das Gewebe mittels Operationen oder Magnetfeldern, dann verändert sich das Bewusstsein. Man meint daraus schlussfolgern zu können, dass das Gewebe das Bewusstsein erzeugt hat. Und da jeder Mensch diese Versuche – zumindest theoretisch – mit sich selbst machen lassen könnte, kann man erkennen, dass sich wirklich auch *Bewusstseinszustände* verändern, nicht nur die Kommunikationskanäle nach außen. Es ist daher ein Faktum. Veränderungen des Hirngewebes verändern Bewusstseinszustände. Daraus kann man jedoch immer noch nicht schlussfolgern, dass das Gewebe die Bewusstseinszustände erzeugt. Es ist eine Falle, in die die Neurobiologen tappen. Denn stellen wir uns ein Radio vor. Wir hören einen Sender mit schöner Musik. Und wir verstehen sofort, dass Veränderungen in der Elektronik des Radios tatsächlich andere Zustände im Radio erzeugen können. Das kann so weit gehen, dass das Radio keine Musik mehr spielt, sondern nur noch Rauschen absondert. Veränderungen am Radio verändern also definitiv die Radiozustände. Aber hat das Radio damit die Musik erzeugt? Mitnichten. Das weiß jeder. Also kann man aus o.g. Experimenten wieder nicht schlussfolgern, dass das Hirngewebe das Bewusstsein erzeugt habe. Das Gewebe könnte selbstverständlich das Bewusstsein erzeugen, die oben genannten Überlegungen zeigen nur, dass man es nicht so einfach beweisen kann.

Es stellt sich die Frage, warum die besten Wissenschaftler es in den letzten Jahrzehnten einfach nicht geschafft haben, hier auch nur einen Millimeter weiter zu kommen. Warum kann niemand erklären, wie das Gewebe Bewusstsein erzeugt? Es gibt drei Möglichkeiten. Erstens, uns fehlen aktuell die intellektuellen oder technischen Voraussetzungen. Zweitens, es ist prinzipiell nicht erklärbar. Drittens. Es ist nicht wahr. Den Punkt 1 kann man getrost ad acta leben. Denn seit 3.000 Jahren denken die klügsten Köpfe darüber nach. Es ist also nicht zu erwarten, dass in dieser Zeitspanne die gesellschaftliche Intelligenz fehlte. Es ist damit auch keine Frage unserer aktuellen Intelligenz. Punkt 2 wäre tatsächlich möglich, siehe Kapitel 6.

Aber auch der dritte Punkt wäre zumindest in Betracht zu ziehen. Das heißt zusammenfassend: Entweder können wir den Entstehungsprozess *prinzipiell* nicht erklären oder es ist nicht wahr, dass das Gewebe den Geist erzeugt.

Aber auch die gegenteilige Position ist schwer zu beweisen. Falls zuerst der „Geist“ existierte und dieser Geist dann das Gehirn formte bzw. auch aktuell immer weiter formt, sollte man das mit irgendeinem Experiment feststellen können. Wie sollten solche Experimente aufgebaut sein, die beweisen, dass der Geist das Gewebe formt und nicht umgekehrt? Einiges wurde bereits vorgeschlagen, was aber an experimentellen oder ethischen Hürden scheitert. Man könnte zum Beispiel Teile des Hirngewebes vom Gehirn operativ trennen, künstlich am Leben erhalten und (mittels MRT-Scans) prüfen, ob das abgetrennte Gewebe noch aktiv an bestimmten Denkvorgängen mitarbeitet. Falls ja, könnte man vermuten, dass ein geistiger Prozess kausal (und nicht-lokal) auf das Gewebe einwirkte. Diese Experimente wurden jedoch bis dato nicht durchgeführt und werden wahrscheinlich niemals umgesetzt. Aber auch Telepathie, Telekinese oder Fernwahrnehmung wären Experimente, die zeigen würden, dass der Geist auch außerhalb eines Gehirngewebes existieren könnte. Dies sind jedoch keine wissenschaftlichen Fragestellungen mehr, es sind alles Dinge, um die sich die *Parapsychologie* kümmert. Auch hier fehlt es nicht an präziser, wissenschaftlicher Aufarbeitung [Lucadou, 1986 und 2012]. Von all den „unwissenschaftlichen Experimenten“ ist die Telekinese für die Frage, ob der Geist kausal auf irgendeine Art auf Materie einwirken könnte, am interessantesten. Aber von Lucadou scheint durch seine langjährigen Arbeiten gezeigt zu haben, dass es keine erfolgreichen telekinetischen Experimente gibt, die reproduzierbar sind³⁰. Letzteres ist essentiell, denn es würde zum aktuellen Zeitpunkt bedeuten, dass **der Geist nicht reproduzierbar auf die Materie einwirken kann**. Doch auch diese Überlegung ist scheinbar nicht ganz zu Ende gedacht. Denn im Prinzip heißt das gegenwärtig nur, dass man mit physikalischen Mitteln nicht messen kann, ob ein Geist eingewirkt hat oder nicht. Hier stellt sich nun die Frage, ob man mit physikalischen Instrumenten zum Beispiel messen könnte, ob ein biologisches System auf ein technisches eingewirkt hat oder nicht. Die Antwort fällt ernüchternd aus. Wenn man nur auf Ebene der Physik nach biologischen oder geistigen Wirkungen suchen würde, wird man diese wahrscheinlich niemals finden können, denn die Gesetze

³⁰ Mündliche Mitteilung von Lucadou, Freiburg, 19.4.2013: Der menschliche Geist scheint statistische Parameter von technischen Zufallsprozessen (insbesondere von Quantenprozessen) verändern zu können, aber bei jedem Experiment zufällig andere. Welche Parameter nun verändert werden, kann niemals vorhergesagt, sondern nur im Nachhinein erkannt werden. Dieses Resümee von Lucadou nach 30-jähriger Forschungstätigkeit sollte beachtet werden. Das erste Werk dazu wurde von Lucadou bereits 1986 publiziert [Lucadou, 1986].

der Physik müssen stets eingehalten werden. Man muss sich dieser Sache klar bewusst sein, wenn man nun frohlockt, weil auch seit über 50 Jahren empirischer Suche keine Telekinese aufgezeigt werden konnte³¹. Die *Parapsychologen* am PEAR-Lab in Princeton oder in Freiburg haben hier genau die drei gleichen Probleme. Entweder fehlt ihnen die Intelligenz oder die Technologie. Oder zweitens, es ist prinzipiell nicht messbar. Oder drittens. Es stimmt einfach nicht, dass der Geist kausal auf Materie einwirken könnte. Damit stellt sich ein Unentschieden heraus. Die Neurobiologen können nicht erklären bzw. experimentell zeigen, wie das Hirngewebe Geist erzeugt. Aber auch die Psychologen und Parapsychologen können nicht erklären bzw. experimentell zeigen, wie Geist auf Materie einwirken sollte. Es ist ein Patt, das gleiche intellektuelle Patt wie seit 3.000 Jahren.

Nun existieren aber Gehirngewebe und Geist (Bewusstsein, Selbstbewusstsein) tatsächlich, wie wir festgestellt haben. Wer hat nun was erzeugt? Welche Seite wird der Wahrheit am nächsten kommen? Der gesunde Menschverstand ahnt es schon. In einem solchen Fall, indem ein Disput seit 3.000 Jahren unentschieden ausgetragen wird, scheinen beide Seiten Recht zu haben und beide nicht.

Logisch ausgedrückt, heißt das also³²: Gewebe erzeugt den Geist. Gewebe erzeugt nicht den Geist. Geist erzeugt das Gewebe. Geist erzeugt nicht das Gewebe. Nun lassen sich beliebig viele Beispiele dafür finden, dass Hirngewebe nicht den Geist erzeugt und Geist nicht das Hirngewebe. Die anderen beiden Fälle sind interessanter, sie sollen daher präzisiert werden: Neurobiologische Vorgänge erzeugen geistige bzw. mentale Vorgänge. Und mentale Vorgänge erzeugen neurobiologische Vorgänge. Dass das kein Widerspruch sein muss, zeigt schon ein Blick in einfachste Rückkopplungsprozesse der Regelungstechniker. Selbst ein trivialer Schwingkreis erfüllt diese Voraussetzungen. Ströme erzeugen Spannungen und Spannungen erzeugen Ströme. Für den Fall, dass neurobiologische und mentale Vorgänge rückgekoppelt wären, kann oben genannte These wahr sein oder besser *muss* wahr sein.

³¹ Dass keine Telekinese-Ergebnisse vorliegen kann an den physikalischen Messinstrumenten oder am Prinzip selbst liegen. Dass aber auch Telepathie-Ergebnisse nicht nachweisbar sind, ist „enttäuschend“, denn telepathische Kommunikation zwischen zwei Menschen wird eigentlich erwartet. Eine Möglichkeit, hier mittels Experimenten weiterzukommen, wären Kommunikationsnachweise zwischen beiden Hemisphären des Gehirns, die nachweislich nicht über das Corpus callosum geführt werden. Derartige Experimente sind bereits durchgeführt worden, zum Beispiel bei Personen, denen das Corpus callosum durchtrennt wurde.

³² Logik wird heute meistens nur kontradiktorisch betrachtet, denn man geht im Allgemeinen davon aus, dass etwas nur wahr oder falsch sein kann. Aber es gibt zahlreiche andere Logikkalküle. Ist ein Quant eine Welle oder ein Teilchen? Dies kann man nur mit komplementärer Logik verstehen, es gilt sowohl-als-auch. Niemand sagt, dass unsere Alltagslogik auf die Naturwissenschaft übertragbar ist.



Und selbstverständlich werden beide Entitäten rückgekoppelt sein. Denn selbst aus theoretischer Sicht scheint der Trivialansatz beider Seiten (A verursacht B) suspekt. Überall in der Physik, Chemie und Biologie finden wir Rückkopplungsschleifen. Warum sollte gerade im Allerkomplexesten, das es auf der Welt gibt, eine einfache Vorwärtsverkettung existieren, nach der Art, Gewebe moduliert kausal Geist. Oder Geist moduliert kausal Gewebe. Das ist absurd. Da überall in der Natur Rückkopplungen existieren, sollte man auch hier von massiven Rückkopplungen ausgehen. Jede Seite beeinflusst die andere, immer und immer wieder. Alles andere wäre Triviallogik und heutiger Wissenschaft nicht würdig. Die „primitive kybernetische Struktur“ der heutigen Neurowissenschaft stellt eine große Restriktion in der Erforschung des Geist-Körper-Problems dar.

Der Neurobiologe kann dies natürlich abstreiten und behaupten, dass die Rückkopplungen nur im Gewebe selbst vorliegen. Das Gehirn also massiv rückgekoppelt ist und dies ist es ja in der Tat. Der Neurobiologe kann also behaupten, dass gerade durch die komplexen Prozesse und Rückkopplungen im Gewebe der Geist entsteht, als Epiphänomen sozusagen. Doch dann übersieht er eine wichtige Tatsache. Schauen wir in die Biologie. Irgendwann ist durch massive Rückkopplungen aus der Chemie eine Biologie entstanden, und aus der Chemie sind lebende Systeme hervorgegangen. Man weiß zwar auch hier immer noch nicht wie, aber man kann das annehmen, es ist Stand-der-Technik. Aber selbst, wenn man das so postuliert, wird man feststellen, dass aus der Chemie zwar die Biologie hervorgegangen ist, die Biologie nun aber massiv auf die Chemie zurückwirkt. Also selbst dann, wenn man den Neurobiologen folgt und mit ihnen annimmt, dass mentale Prozesse einmal aus dem Gewebe hervorgegangen sind, muss man annehmen, dass selbst in diesem Falle die mentalen Prozesse massiv auf das Gewebe zurückwirken. Oder mit anderen Worten: Selbst dann, wenn man der Evolution genüge täte und anerkennen würde, dass das Gehirn den Geist hervorgebracht hat, so muss man anerkennen, dass der Geist – jetzt, wo er einmal da ist – auf das Gewebe zurückwirkt, genauso wie biologische Systeme – jetzt, wo sie einmal da sind – unstrittig auf die Chemie in ihren Zellen zurückwirken. Zwischen der Chemie und der Biologie gibt es eine so enge Verflechtung, dass man gar nicht mehr feststellen kann, was noch Chemie, was schon Biologie ist. Studenten der Medizin schlagen sich mehrere Semester mit der Biochemie rum, ohne jemals hinter diese Trennlinie zu kommen. Chemie und Biologie sind in lebenden Systemen so massiv rückgekoppelt, dass ihre Trennung unmöglich erscheint.

Eine weitere Grundfrage für unseren Ansatz ist die Frage, ob ein System, welches „lebt“, bereits immaterielle Eigenschaften besitzt, ob also die Eigenschaft „lebendig zu sein“ etwas rein Materielles oder eine immaterielle Eigenschaft ist. Dies ist keine

rhetorische Frage, denn immaterielle Eigenschaften unterliegen eventuell einer uns noch nicht bekannten Physik. Daher könnten Fernbeeinflussungen von Lebewesen untereinander und vieles mehr möglich sein. Aber das sind noch zu weit gehende Spekulationen. Sollte sich in der Theoriebildung aber zeigen, dass biologische Eigenschaften immateriell sein könnten, dann hätten wir massive Rückkoppelungen zwischen einer materiellen chemischen Entität und einer immateriellen biologischen Entität zu erwarten.

Ein nächster offener Punkt ist die Frage nach der Semantik von Informationen, d.h. nach der Semantik von Syntax. Der Autor wird in dieser Monographie *aufzeigen*, warum er die Bedeutung eines materiellen Symbols (für ein biologisches System) als etwas Immaterielles ansieht. Die klassische Informationstheorie beschäftigt sich verstärkt mit der Syntax, um daraus Kanalkapazitäten und dergleichen abzuleiten, gemeint ist die klassische Informationstheorie nach Shannon. Aber die Bedeutung einer Information wird dort nicht behandelt. Dies liegt daran, dass die Bedeutung *keine* Eigenschaft ist, die man aus der Information selbst ableiten kann, sondern sie ist eine Eigenschaft der Wechselwirkung zwischen Nachricht und Empfänger. Symbole haben grundsätzlich *keine* berechenbare (statische) Bedeutung, eine Bedeutung ergibt sich erst beim Wechselwirken mit einem Empfänger. Trifft ein Symbol auf die Netzhaut oder das Innenohr wird es so verarbeitet, wie das die Neurobiologen beschrieben haben. Die physiologische Verarbeitung ist aber unabhängig davon, welche Bedeutung das Symbol letztlich hat, alles geschieht rein physiologisch, im Gewebe. Und doch kann die Bedeutung des Symbols (eine Eigenschaft, mit der das Symbol „aufgeladen“ wurde) massive Auswirkungen auf das Gewebe selbst haben. Denken wir nur daran, welche Veränderungen auf einen Organismus zukommen, wenn jemand beim Fernsehen erkennt, dass er 6 Richtige im Lotto hat. Die Symbole der Zahlen, also die neurophysiologischen Veränderungen auf der Sehrinde beim Betrachten der Zahlen, haben die beobachtbaren Veränderungen beim Lottospieler sicher nicht bewirkt. Denn sehe man dieselben Zahlen, hat aber gar kein Lotto gespielt, würden andere Wirkungen im Organismus auftreten³³. Zur Syntax gehört immer eine Semantik. Und im Organismus treffen aus Sicht des Autors Eigenschaften der Symbole auf immaterielle Eigenschaften des Gewebes. Veränderungen dieser immateriellen Eigenschaften (durch den Empfang der Symbole) führen nun zu Veränderungen im Hirngewebe, welches ihrerseits wieder eine Kaskade von physiologischen Veränderungen bis hin zu Hormonausschüttungen verursacht. Dies wurde hier deshalb so stark betont, weil es andeutet, dass mentale Zustände auf das Gewebe oder den ganzen Organismus zurückwirken könnten.

³³ Wir werden dieses Beispiel in Kapitel 7 exakt durchrechnen.



Kapitel 5 wird die Wechselwirkungen zwischen Gewebe und Geist auf mathematischer Ebene beschreiben.

Eine eindeutige Messbarkeit der etwaigen Wirkung des Geistes im selbigen Gehirn wird jedoch sehr schwierig sein, da man bei jedem ungewöhnlichen Phänomen (z.B. „freier Wille“) eine klassische Erklärung finden können, warum dies oder jenes durch die Wirkung des neuronalen Gewebes selbst erzeugt wurde. Der Grund hierfür ist, dass Gehirn und Geist (im Gehirn) einfach nicht trennbar sind. Allerdings scheint – wie wir später sehen werden – das Bindungsproblem doch geeignet, geistige Zustände einzuführen. Und das Qualiaproblem benötigt zwingend geistige Zustände, wie wir bereits erläutert haben.

Natürlich gibt es einen wichtigen Einwand gegen den (kausalen) Geist und den hat Singer bereits vor Jahren vorgebracht:

„... wenn also das Immaterielle Energie aufbringen muss, um neuronale Vorgänge zu beeinflussen, dann muss es über Energie verfügen. Besitzt es aber Energie, dann kann es nicht immateriell sein und muss den Naturgesetzen unterworfen sein“ [Singer, 2002].

Damit wird die Haltung der heutigen Experten nochmals klar dokumentiert. Mentale Prozesse müssen Energie haben, um kausal Einfluss nehmen zu können. Aber bei genauerem Hinsehen ist dieser Einwand falsch. Denn wir könnten die gleiche Frage bei einem Elektron stellen und werden feststellen, dass selbst ein Elektron nichts Messbares – auch keine Energie – vorzuweisen hat. Die QM zeigt uns gerade, dass ein Elektron mit einer komplexwertigen Wellenfunktion beschrieben werden muss, die noch jenseits einer realen Existenz liegt. Es ist seit 80 Jahren in der Diskussion, was die Ergebnisse der QM denn eigentlich bedeuten, siehe Anfangskapitel. Doch eins ist gewiss, die Elektronen sind nichts, was einfach existiert. Das ist Stand-der-Technik, den wir zu Beginn bereits besprochen haben. Es gibt da *draußen* nichts, was man als Objekt messen könnte, ohne es zu verändern, denn Objekt und Subjekt gehen immer eine Wechselwirkung ein, sind permanent rückgekoppelt. Fakt ist, dass das Elektron im ungemessenen Zustand keine bestimmte Energie besitzt. Dass also auch das Bewusstsein keine Energie zu besitzen scheint, spräche ihm jedenfalls keinerlei Existenzberechtigung ab, auch nicht die Möglichkeit der kausalen Einflussnahme. Wir können einem Elektron auch keine kausale Einflussnahme absprechen, nur weil es im ungemessenen Zustand noch keine eindeutigen Parameter (auch keine eindeutige Energie) besitzt. Der obige Einwand von Singer überzeugt daher nicht. So wie es in der Physik „vor-physische“ Phänomene gibt, so



kann es die auch in der Neurowissenschaft geben³⁴. Wir werden den Einwand Singers in Kapitel 5 auflösen und ganz konkret zeigen, wie der Geist auf das Gehirn *kausal* einzuwirken vermag.

Schauen wir uns den Einwand weiterer Fachleute gegen den „wirkenden Geist“ nochmals an. Metzinger teilt uns mit, dass sich bei allen Diskussionen der letzten Jahre ein philosophisches Trilemma herauskristallisiert hat, welches das philosophische Geist-Körper-Problem wohl am besten beschreibt [Metzinger, 2007]. Bei diesem Trilemma sind immer dann, wenn zwei Aussagen stimmen, diese beiden im Widerspruch mit der dritten Aussage.

Gelten beispielsweise Aussage 1 und 2 in Tafel 1 dann steht diese Kombination im Widerspruch zu Aussage 3, denn wenn nicht-physische Phänomene auf physische Phänomene kausal wirken können, dann wäre der Bereich physischer Phänomene kausal nicht mehr geschlossen. Dabei hat der dritte Punkt des Trilemmas eine starke Bedeutung, denn was auch immer mentale Phänomene in der „Physis“ bewirken würden, die Physik darf durch einen „mentalen Eingriff“ in ihrer Kausalität nicht verletzt werden. Das Trilemma könnte man selbstverständlich sofort auflösen, wenn sich zeigen ließe, dass mentale Phänomene auch physische Phänomene wären. In Kapitel 6 werden wir das Trilemma lösen!

Trilemma

1. Mentale Phänomene sind nicht-physische Phänomene.
2. Mentale Phänomene sind im Bereich physischer Phänomene kausal wirksam.
3. Der Bereich physischer Phänomene ist kausal geschlossen.

Tafel 1: Trilemma des Geist-Körper-Problems³⁵

Beim Nachdenken über die Physik geistiger Zustandsgrößen fällt auf, dass mentale Prozesse keinen physischen Raum einzunehmen scheinen, jedoch echte physische Zeit verbrauchen, um sich zu entwickeln. Bewusstseinsprozesse, zum Beispiel auch Träume, erscheinen uns raumlos. Sie unterscheiden sich also irgendwie vom Mikrokosmos, denn der benötigt zumindest räumlichen Platz. Aber bei genauerem

³⁴ Allerdings soll nicht gesagt werden, dass sich Elektronen und Bewusstsein physikalisch ähnlich verhalten, nur weil sie keine eindeutigen Energiewerte besitzen.

³⁵ aus [Metzinger 2007], S. 14

Hinsehen stimmt das nicht ganz, denn auch die QM zeigt, dass man den Ort eines Elektrons gar nicht so einfach verstehen kann. Ein Elektron scheint (vor einer Messung) an verschiedenen Orten zugleich zu sein. Die QM des Mikrokosmos und Bewusstseinsphänomene haben also doch viele Gemeinsamkeiten. Eben aufgrund dieser überraschenden (formalen) Ähnlichkeiten wurde früher zusammen mit zahlreichen anderen Fachleuten³⁶ postuliert, dass im Gehirn Quantenprozesse ablaufen müssen und es wurde angenommen, dass der Geist kausale Einflüsse auf Prozesse der QM (außerhalb des Gehirns) nehmen könnte. Aber eine solche Einflussnahme des Geistes auf physikalische Zufallsprozesse war – wie zu Beginn aufgezeigt – selbst nach mehrjähriger Suche nicht nachweisbar. Diese negativen Versuchsergebnisse erzwingen ein Umdenken.

3.2. Resümee und Ziele der vorliegenden Monographie

Der Autor wird in der vorliegenden Monographie zeigen, dass geistige Prozesse im Gehirn nur mittelbar mit den Quantenprozessen des Mikrokosmos zu tun haben. Aus Teil 1 wird jedoch der formale Mechanismus der Messung des Unterbewusstseins übernommen. Wir postulieren erneut, dass ein geistiger Messprozess aus vorbewussten mentalen Zuständen bewusste Zustände erzeugt und zwar exakt nach den formalen Regeln der klassischen QM (Kapitel 5).

Insbesondere wiederholen wir unser Postulat von der Existenz zweier ontologisch verschiedener Qualitäten im Gehirn, dem Hirngewebe und dem Geist. Um die Vorgänge beider Entitäten mathematisch korrekt zu beschreiben, wurde in den letzten Jahren eine neue Algebra entwickelt [Hertig, 2014] und [Anhang A3]. Im Kapitel 4 wird diese Algebra adaptiert und vorgestellt. Mit ihr lassen sich vereinfacht gesagt zwei Parallelwelten konstruieren, zum Einen die *reale Welt des Mikrokosmos* mit ihren klassischen Quantenprozessen und komplexwertigen Wellenfunktionen, und zum Anderen eine *virtuelle Spiegelwelt*, die Welt der Psychologie mit Bewusstsein und Unterbewusstsein und ihren hyperkomplexwertigen Wellenfunktionen. Beide Welten stehen sich spiegelbildlich gegenüber, in beiden laufen parallele Prozesse ab. In der einen Welt, die uns bekannten Quantenprozesse, in der anderen spiegelbildlich dazu, nicht-energetische, virtuelle Prozesse (die wir spätestens bei höheren Lebewesen als mentale Prozesse identifizieren werden).

Aktuell werden nur Grundideen vorgestellt. Es ist noch nicht ersichtlich, wie aus dieser neuen Algebra eine exakte Beschreibung eines einzigen Gehirn-Denk-

³⁶ Erinnerung sei erneut an Manousakis, von Weizsäcker, Stapp, Görnitz uvm.

Vorganges erfolgen wird. Aber auch die „normalen“ Wellenfunktionen der Quantenprozesse lassen keine konkrete Beschreibung eines Autos oder eines Fußballs zu, da dies z.Z. mathematisch nicht beherrschbar ist. In dieser Monographie wird daher nur eine **erste Arbeitshypothese** vorgeschlagen (wie aus dem Titel ersichtlich), mehr soll und darf auf keinen Fall erwartet werden, auch dann nicht, wenn manche Spekulationen „logisch erscheinen“. Vorschläge für Tests der Arbeitshypothese werden gegeben. Die Arbeit soll vor allem aufzeigen, dass mentale und neurobiologische Prozesse mit mathematischen Werkzeugen beschrieben werden können. Insbesondere für mentale Prozesse ist das neu. In der Monographie soll somit der Grundstein zur mathematischen Beschreibung geistiger Phänomene gelegt werden, in der Hoffnung, dass profunde Kenner der Materie sich der Weiterentwicklung annehmen.

Aber selbst hyperkomplexe Wellenfunktionen zeigen nicht sofort, wieso diese zu einem menschlichen Geist evolvieren sollten. Daher wird in Kapitel 6 auf das Gödel-Paradoxon und seinen Anteil an der Entstehung biologischer und geistiger Zustände eingegangen.

Diese Arbeit soll damit einen Beitrag zu einer neuen Philosophie des Geistes leisten, was im letzten Kapitel besprochen werden wird. Der Autor wird dort für einen neuen Monismus plädieren, der vorgestellte „*Urgrund allen Seins*“ wird aber weder materiell noch rein geistig sein können.

In allerletzter Instanz gibt es aus Sicht des Autors physikalisch (also wirklich!) nur „materielle Möglichkeitsfelder“ und deren „virtuelle Spiegelung“ (Beobachterfelder).

Die mathematischen Lösungen entsprechender „Feldgleichungen“ werden somit nur Wahrscheinlichkeitsamplituden für eine konkrete Ausprägung darstellen können.

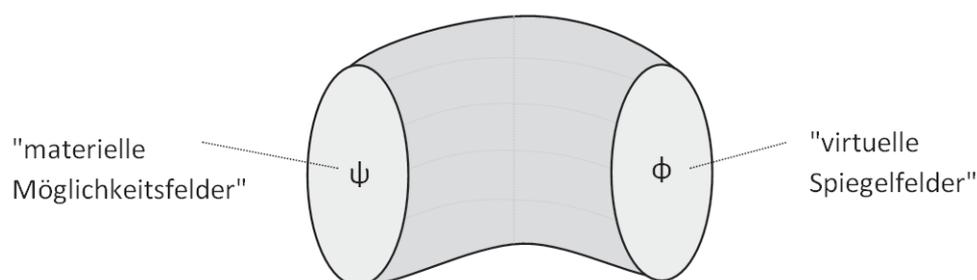


Abbildung 3: Materielle Möglichkeitsfelder und ihre Spiegelungen stehen sich gegenüber



Genauso wie das allseits bekannte Lichtteilchen, das Photon, eine eindeutige mathematische Lösung der Maxwell'schen Differentialgleichungen darstellt und interessanter Weise physikalisch real existiert, wird den mathematischen Lösungen der Möglichkeitsgleichungen – d.h. den normalen, bekannten Quantenwellenfunktionen ψ – und ihren *Spiegelungen* ϕ eine reale physikalische Existenz zuerkannt, Abbildung 3.

„Möglichkeitsfelder“ und ihre „Spiegelfelder“ sind die Ursubstanz aus der alles entstanden ist, auch das Gehirn und seine virtuelle Spiegelung, der Geist. Das klingt zwar noch etwas kompliziert, kann aber einen Großteil der in Kapitel 2 genannten Probleme der Physik und Biologie auflösen.

Fassen wir abschließend die Ziele der Arbeit nochmals stichpunktartig zusammen:

- Konzeptioneller Entwurf von Möglichkeitsfeldern und ihren Spiegelfeldern in der Physik
- Darstellung einer neuen Algebra, die die Beschreibung geistiger Phänomene mit ihren physikalischen Besonderheiten berücksichtigt
- Beschreibung erster Wellenfunktionen für geistige Phänomene (sog. virtueller Spiegelfunktionen) basierend auf der neuen Algebra
- Analyse der mathematischen Wechselwirkungen von Funktionen verschiedener Algebren und ihre Bedeutung für die Physik
- (Mathematische) Möglichkeiten einer Informationsübertragung materieller Phänomene auf geistige Phänomene
- Diskussion des Problems der Qualia basierend auf den neuen mathematischen Möglichkeiten
- Darstellung der Wirkung geistiger Phänomene auf materielle Phänomene, am Beispiel des Geist-Körper-Komplexes und Diskussion der Erkenntnisse bzgl. des sog. „freien Willens“
- Spekulative Darstellung der physikalischen Besonderheiten virtueller Spiegelfunktionen und ihre mögliche Bedeutung für die Evolution
- Entwicklung einer semantischen Informationstheorie und Einbindung in die o.g. Hypothesen

Selbstverständlich befindet sich das gesamte Projekt immer noch im Zustand der Forschung. Es geht uns nur darum, einen neuen Ansatz zu präsentieren, um andere Naturwissenschaftler zu ermutigen, in der hier gezeigten Richtung weiterzusuchen.

Denn eins ist klar: Die Erforschung unseres Geistes, das Verständnis was Geist wirklich ist, wie er entsteht und vergeht, bleibt eine der Grundfragen der Menschheit.



4. Vorschlag zur Formalisierung nicht-energetischer Felder

4.1. Einführung

Wenn geistige Zustände in der Natur existieren – so wie postuliert, müssen sie irgendwo gespeichert sein. Es ist das eine, geistige Zustände als objektiv anzunehmen, wie es zu Beginn der Monographie vorgeschlagen wurde. Etwas anderes ist es aber, genau zu zeigen, wo diese Zustände in der Natur codiert sind. Die Neurobiologen sagen uns, dass Informationen in den Neuronen und den Synapsen des Gehirns abgelegt sind [Kandel, 2009]. Das stimmt mit Sicherheit, auch der gesamte Bereich der Künstlichen Neuronalen Netze zeigt den Erfolg dieses Modellansatzes. Aber die Neurobiologen können bis heute nicht erklären, wo die *Qualia*, d.h. das innere Erleben des geistigen Zustandes, zum Beispiel das Empfinden einer Farbe Grün im Gehirn, gespeichert ist [Anlage A1]. Man kann, beginnend bei den visuellen Rezeptoren, immer weiter in das Gehirn vordringen, Nervenbahn für Nervenbahn, man kann ins visuelle Zentrum eindringen und in noch höhere Gehirnregionen. Nirgends wird man im Gehirn die Stelle finden, wo der Mensch die Farbe Grün *sieht* und wo er dieses Erleben codiert. In keinem Nervenverband scheint diese Information abgespeichert zu sein. Im Gehirn sind neurophysiologische Signale, elektrische phasencodierte Impulse, chemische Transmitter-Signale, aber nirgends die Farbe Grün zu finden. Nein, das Erleben der Farbe Grün, die *Qualia*, muss woanders gespeichert worden sein³⁷. Aber wo?

Genau an dieser Stelle muss unser Verständnis der Physik erweitert werden. Der Autor anerkennt, dass man mit freien Variablen in der Wissenschaft stets sparsam umgehen muss, aber es gibt in letzter Konsequenz keine andere Möglichkeit, als neue „Feldvariablen“ einzuführen. Nur mit diesen – so scheint es jedenfalls – lassen sich ein Teil der im Kapitel 1 aufgelisteten Rätsel lösen und die Natur in ihrer Mannigfaltigkeit begreifen.

³⁷ Wir werden später sehen, dass die *Qualia* letztlich das bestimmende Element im Gehirn ist. *Qualia* ist der makroskopische, geistige Zustand (der erlebte Zustand), der sich in jeder Sekunde aus der Vielzahl der eintreffenden Informationen in Wechselwirkung mit den bisherigen inneren Zuständen ergibt. *Qualia* bekommt damit die Schlüsselrolle in jedem (biologischen) System zugesprochen, denn ein autonomes System will stets positive *Qualia* erzeugen und negative *Qualia* vermeiden. Das ist die Richtung des inneren Handelns jedes natürlichen autonomen Systems. Hier ist auch klar der Unterschied zu den künstlichen autonomen Systemen zu sehen, die bis dato keine *Qualia* haben können, da sie gar keinen Speicherort dafür besitzen.

Das Einführen neuer „Feldvariablen“ soll zuerst mathematisch erfolgen, später sollen die physikalischen Implikationen der neuen Funktionen diskutiert werden. Diese neuen Felder entsprechen keinem bisher bekannten physikalischen Feld, wie dem magnetischen, elektrischen oder gravitativen Feld, da ihnen die wichtigste Eigenschaft einer Energiespeicherung fehlt³⁸. Die eingeführten, nicht-energetischen Felder wollen wir im Folgenden (*virtuelle*) *Spiegelfelder* nennen, da sie (mathematisch) spiegelbildlich zu den bekannten Wellenfunktionen der QM aufgebaut sind.

Allerdings ist der Feldbegriff physikalisch besetzt. Er ist die Abkürzung des früher verwendeten Begriffes Kraftfeld, was darauf hinweist, dass Felder eigentlich Kraftwirkungen auf Probekörper haben³⁹. Die hier postulierten Spiegelfelder haben das nicht. Warum der Begriff Feld dennoch verwendet werden soll, liegt daran,

³⁸ Wir betrachten auch die Schrödingergleichung als eine Feldgleichung für die Wellenfunktion eines freien, *massiven* Teilchens, obwohl gar kein (physikalisches) Feld vorliegt. Warum? Die echten physikalischen Feldgleichungen, die Maxwellgleichungen, „erzeugen“ Teilchen mit der Ruhemasse null, die Photonen. Von diesen ausgehend kann man über die Klein-Gordon-Gleichung zur Schrödingergleichung gelangen, daher sehen wir die Schrödingergleichung auch als Feldgleichung an. Die Auslenkung des Feldes $\psi(r,t)$ entspricht der Wahrscheinlichkeitsamplitude. Analog dazu werden wir eine neue Feldfunktion $\phi(r,t)$ einführen und bezeichnen auch diese ab jetzt als Feldgleichung. Korrekter Weise müssen die allem zugrundeliegenden Felder *Möglichkeitsfelder* genannt werden. Die Auslenkung des Feldes entspricht einer Möglichkeit in Raum und Zeit (ihr Betragsquadrat einer Wahrscheinlichkeitsdichte).

³⁹ Wir wiederholen: Alle bekannten Felder der Physik können Energien speichern bzw. Kräfte ausüben. Das elektromagnetische Feld als Beispiel hat eine klare Ausprägungscharakteristik, definierte Wechselwirkung, eine Grenzgeschwindigkeit c und einen physikalischen (energetischen) Träger, das Photon. Aufgrund seiner definierten Wechselwirkung ist ein physikalisches Feld auch unmittelbar messbar. All das hat das Spiegelfeld nicht oder es ist nicht bekannt. Der Begriff „Spiegelfeld“ wird in dieser Abhandlung auch nur gewählt, um nicht vom „geistigen Feld“, „hyperkomplexen Feld“, „mentalen Feld“ zu sprechen, was noch verwirrender klingen würde. Aber auch der Begriff des Informationsfeldes ist bereits („esoterisch“) besetzt. Er setzt außerdem voraus, dass dieses Feld das eigentliche Urfeld, ganz im Sinne von von Weizsäcker oder Görnitz wäre. Aber, wie bereits betont, ist dieser Ansatz aus Sicht des Autors falsch. Der Begriff des Spiegelfeldes impliziert genau das, was gemeint ist. Es muss etwas geben, was sich spiegelt (salopp gesagt, die Materie) und etwas indem gespiegelt wird (der Geist). Beide Qualitäten sind völlig gleichwertig, auch wenn sich später Asymmetrien herausstellen werden. Dieser bipolare Ansatz der Natur wird sich als sehr befriedigend herausstellen, wenn man erkennt, dass sich erstmals beim Menschen der Geist in seiner eigenen Spiegelung selbst erkennt. Aber – man beachte – beide Ur-Felder sind nach ihrer (mathematischen) Einführung noch *nicht* physikalisch existent, sie sind „nur“ Möglichkeitsfelder. Sowohl das Möglichkeitsfeld der QM als auch sein Spiegelfeld sind nicht real. Real werden beide Felder erst durch Wechselwirkung. Die Möglichkeitsfunktionen der QM werden durch Messung (Beobachtung) zu Wahrscheinlichkeitsdichten für physikalische Messwerte. Die Möglichkeitsfunktionen der Spiegelfelder werden durch Beobachtung (Messung) zu (imaginären) Wahrscheinlichkeitsdichten für Beobachtungen. Dazu später mehr.

dass diese Felder – obwohl nicht-energetisch – dennoch *Wirkungen* auf Probekörper haben. Diese Wirkungen sind jedoch keine Kraftwirkungen, sondern eine Abstraktion, ihre Wirkung auf Probekörper ist informativ (genau genommen, wahrscheinlichkeitsverändernd). Der wissenschaftliche Feldbegriff wird daher auf die *Wirkung von Informationen* erweitert. Warum das zulässig sein kann, wird im Laufe der Monographie klar.

Außerhalb der Wissenschaften wird seit Jahrzenten von sog. Informationsfeldern gesprochen, die angeblich existieren und einen Einfluss auf Menschen, Tiere oder auch auf die Physik haben. Aber solche Felder konnte man bis dato nicht finden. Die Frage ist, ob solche Aussagen als Hirngespinnste abzutun sind oder ob es gelingen kann, derartige Felder in die Wissenschaft einzuführen. Letzteres ist natürlich nicht einfach, da Felder, die keine Energie besitzen und sich damit jeder unmittelbaren Messbarkeit entziehen, nicht per se der Wissenschaft zugerechnet werden sollten, da die Wissenschaften, insbesondere die empirischen Wissenschaften, ohne Messungen und Experimente nicht auskommen können. Wissenschaft darf niemals nur Spekulation sein, und wenn Hypothesen entwickelt werden (was selbstverständlich notwendig für eine freie Wissenschaft ist), muss man Möglichkeiten zur Überprüfung der Hypothesen angeben. Felder, die niemals unmittelbar messbar sein werden, sind da natürlich ein ernstes, aber kein unlösbares Problem, falls ihre *Wirkungen* zweifelsfrei messbar sind⁴⁰.

Die Einführung neuer Felder erfolgt in zwei Schritten:

1. Da heutige Wissenschaft sehr mathematisiert ist, kann eine Einführung nur mathematisch erfolgen, da nur so jeder Schritt durch Dritte nachvollziehbar wird. Eine philosophische Einführung kann das nicht leisten, da diese stets Spekulation bleibt. Die Sprache hat niemals die Trennschärfe der Mathematik, da die Sprache viel zu viele Mehrdeutigkeiten und Interpretationen zulässt.

⁴⁰ Der Autor wird Experimente beschreiben, bei denen man die Wirkung derartiger Felder (zumindest mittelbar) zu vermessen mag. Sollte das prüfbar gelingen, dann könnte auch die Wissenschaft nicht-energetische Felder akzeptieren, selbst wenn sich diese weiterhin einer unmittelbaren Messbarkeit entziehen. Die Wissenschaft hat bereits heute schon Theorien akzeptiert, die sich einer unmittelbaren Messung entziehen, wie die String-Theorie oder die Viele-Welten-Theorie. Aber auch die Elementarteilchenphysik mit ihren 2014 gefundenen Higgs-Teilchen kann diese Elementarteilchen nicht mehr direkt messen, sondern nur noch ihre Wirkungen bzw. ihre Wechselwirkungen mit der Materie. In der Tat sind die modernen Wissenschaften in vielen Bereichen an die Grenzen ihrer Messbarkeit gestoßen und es gehört immer etwas Mut und Orientierung dazu, darüber hinaus zu gehen.



2. Die Absicherung der neu eingeführten Felder muss empirisch erfolgen, also durch Beobachtung gestützt werden. Konkret heißt das, dass es eine Möglichkeit der Beobachtbarkeit der Wirkung geben muss. Laut Popper muss die Falsifizierbarkeit gewährleistet werden.

Als letztes benennen wir nochmals die Motivation: Nicht-energetische Felder werden eingeführt, weil sie die Trägerwellen für die Speicherung von mentalen bzw. geistigen Inhalten sein können. Das Risiko, dem zu folgen ist hoch, denn es muss eine grundsätzliche Erweiterung der Physik erfolgen, der Nutzen könnte jedoch noch höher sein.

Der Hauptzweck der Einführung von nicht-energetischen Feldern ist die alternative Speicherung von Informationen.

Information benötigt zur Speicherung bzw. Übertragung immer einen Träger, dabei kommt es jedoch nicht drauf an, welcher Art dieser Träger ist⁴¹. Während man bis zur Neuzeit eine feste Substanz zur Informationsspeicherung brauchte, benötigt man mit unseren heutigen Technologien nur noch Wellen oder Schwingungen eines energetischen Trägers. Man hat also die Art der Informationsspeicherung bzw. Übertragung schon gravierend verändert. Betrachten wir die Entwicklung in der Abstraktion: Man benötigt nur noch eine Welle (keine Substanz mehr), auf die man einen Code aufprägen kann. Ob diese Welle Schall oder Licht ist, spielt keine Rolle. Damit wäre der Elektromagnetismus prädestiniert für die Überlegungen zur Informationsspeicherung und so ist es auch. Unser gesamtes Informationszeitalter basiert auf der Speicherung und Übertragung von Informationen basierend auf elektromagnetischen Wellen. Aber es gibt eine noch fundamentalere Theorie, dies ist die Theorie der Quantenmechanik. Mit deren Hilfe werden aktuell Quantencomputer konstruiert, deren Informationen grundsätzlich anders gespeichert sind. Man spricht auch nicht mehr von Bits sondern von Qubits.

Der Unterschied ist, dass elektromagnetische Wellen, Lichtwellen, physikalisch völlig real sind, während die Wellen der Quantenmechanik Eigenschaften besitzen,

⁴¹ Während man früher Information in Tontafeln ritzte, später auf Palmblätter schrieb oder sie später auf Papier und in der Neuzeit elektromagnetisch übertrug, erkennt man, dass die Art des Trägers egal zu sein scheint. Information ist eine Veränderung des Trägers nach einem bestimmten Code. Daran erkennt man schon, dass man etwas Unterlagertes benötigt, etwas, was man verändern und in das man einen Code einprägen kann.

die an ihrer realen Existenz zweifeln lassen⁴². Aus Sicht des Autors besteht das Besondere bei der QM jedoch nicht in der Physik, sondern in der Mathematik, denn die Quantentheorie lässt sich nur mit komplexen Zahlen beschreiben, was im Teil 1 ausführlich diskutiert wurde⁴³. Naturwissenschaftler erkennen das auch an, sehen in den komplexen Zahlen jedoch nur ein nützliches Arbeitsmittel, mit dem man die Natur besser und schneller beschreiben kann. Diese Nützlichkeit erkennt man insbesondere in der Elektrotechnik und der Ingenieursdisziplin. Hier sind die komplexen Zahlen tatsächlich nur Rechenhilfen. In der Quantenmechanik ist das aber nicht der Fall. Dieser Unterschied wird meistens übersehen, ist aber essentiell.

Deshalb soll hier folgende Aussage getroffen werden: Die Entwicklung der Naturwissenschaften der letzten 2000 Jahre basierte immer auf einer besseren Beschreibung der physikalischen Vorgänge durch mathematische Gleichungen von Zahlen und Variablen. Während in den ersten Zeiten der Naturwissenschaften die Algebra der natürlichen, ganzen, rationalen und später der reellen Zahlen ausreichte, lässt sich seit ca. 100 Jahren zumindest die Physik nur noch auf Basis der Algebra der komplexen Zahlen beschreiben. Hamilton deutete 1833 die komplexen Zahlen als geordnete Paare zweier reellen Zahlen (a,b) und suchte eine Erweiterung auf 3 Dimensionen, die sog. hyperkomplexen Trionen. Diese Suche scheiterte jedoch, da er seine Trionen nicht multiplizieren konnte und er seine Algebra auf 4 Dimensionen $\langle 1,i,j,k \rangle$ erweitern musste. Im Jahre 1843 (also nach 10 Jahren intensiven Suchens) fand er die Multiplikationsregeln seiner sog. Quaternionen. Die Quaternionen sind eine 4-D-Algebra, mit dem Einselement 1 und drei imaginären Größen i,j,k . Diese Quaternionen $\langle 1,i,j,k \rangle$ wurden im Teil 1 benutzt, um eine bessere Beschreibung des Körper-Geist-Problems zu entwerfen, was jedoch scheiterte (wie bereits ausgeführt).

Im nächsten Absatz wird eine 4-D Algebra $\langle 1,i,j,k \rangle$ eingeführt, die nun alle physikalischen Bedürfnisse, insbesondere die Speicherung von Information in nicht-energetischen Feldern, erfüllt. Was nach einer mathematischen Spielerei aussieht,

⁴² Die Basis der gesamten Elektrodynamik ist eine einzige Eigenschaft der Materie, nämlich die, dass sie Ladung tragen kann. Photonen sind nunmehr die Lösungen der Maxwell-Gleichungen. Mathematische Lösungen können also eine klare physikalische Relevanz besitzen. Interessant ist, dass selbst die einfachen Lösungen komplexwertig sind, sobald man in die Feldtheorie eindringt, denn im freien Raum sind E- und B-Felder in Phase, was nur komplexwertige Lösungen zulässt. Die zeitabhängige Schrödingergleichung ist bereits eine quantenmechanische Gleichung. Auch ihre Lösungen haben ganz spezielle physikalische Eigenschaften.

⁴³ Natürlich kann man anstatt komplexer Zahlen Vektoren mit zwei Komponenten verwenden. Untersucht man dann jedoch deren mathematischen Zusammenhang, erkennt man, dass man die Algebra der komplexen Zahlen nachgebaut hat.



hat große physikalische Bedeutung, denn wir werden zeigen, dass dann, wenn man die geistigen Phänomene hyperkomplex beschreibt, zahlreiche bis dato unerklärliche physikalische Effekte erklärt werden können.

4.2. Mathematische Formulierung von nicht-energetischen Feldern

Die quantentheoretischen Grundlagen wurden, wie mehrfach betont, auf Basis der komplexen Zahlen entwickelt. Ein wesentliches Kriterium in der QM ist die Nicht-Kommutativität der Observablen, was Heisenberg zu seiner Matrizenmechanik motivierte. Dirac konnte die Quantentheorie auf Basis von Quaternionen entwickeln, da diese die wesentlichen Eigenschaften der Nicht-Kommutativität der Multiplikation bereits intrinsisch besitzen. Hyperkomplexe Algebren zur Formulierung der Quantentheorie sind also seit längerem bekannt.

In diesem Kapitel wird ein neuer, hyperkomplexer Ansatz beschrieben, der sich dadurch auszeichnet, dass in den vorhandenen Unteralgebren wichtige mathematische Konstrukte wie die Beschreibung von Wellen und Schwingungen, die Fouriertransformation oder auch die Entwicklung und Lösung der Schrödinger Gleichung möglich sind. Es wird gezeigt, dass auf der neuen Unteralgebra der gesamte Formalismus der QM *formal* entwickelt werden kann, mit dem Unterschied, dass die Funktionen hyperkomplex sind.

Entwicklung einer hyperkomplexen Algebra mit zwei isomorphen Unteralgebren

Ausgehend von der Algebra der komplexen Zahlen $\{1,i\}$ (mit ihrer speziellen Multiplikationsregel $i^2 = -1$) soll eine hyperkomplexe Erweiterung zur Basis $\{j,k\}$ erfolgen, so dass die Algebra in $\{1,i,j,k\}$ folgende Eigenschaften besitzt:

- sie soll zwei isomorphe Unteralgebren (mit Einselement) besitzen

Die Unteralgebra $\{j,k\}$ soll insbesondere:

- Schwingungen bzw. Wellen beschreiben können
- die Fouriertransformation ermöglichen
- die Schrödingergleichung auch in der neuen Formulierung lösen können
- bei Anwendungen von Energieoperatoren auf ihren Gleichungen keine eindeutig reellen Energiewerte besitzen

Wichtig für die Festlegung jeder Algebra sind Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division ihrer Zahlen, da sich die weiteren Eigenschaften wie Integrierbarkeit oder Differenzierbarkeit daraus ableiten lassen. Im Weiteren wird nur die Multiplikation dargestellt, alle weiteren Details sind in [Hertig, 2014] im [Anhang A3] zu finden.

Betrachten wir die Multiplikation der Basiszahlen $1, i, j, k$ miteinander, so ergeben sich aus kombinatorischen Gründen 256 mögliche, multiplikative Verknüpfungsregeln. Innerhalb dieser Multiplikationsregeln gibt es jedoch nur die nachstehende Tabelle, die bei weiteren Detailuntersuchungen alle o.g. Forderungen erfüllt:

	1	i	j	k
1	1	i	j	k
i	i	-1	$-k$	j
j	j	$-k$	$-k$	j
k	k	j	j	k

Abbildung 4: Multiplikationstabelle der hyperkomplexen Algebra

Dies bedeutet beispielhaft: $i \cdot i = -1$ oder $j \cdot i = -k$ oder $j \cdot j = -k$ usw.

Der linke obere Quadrant in Abbildung 4 stellt die Algebra $C\langle 1, i \rangle$ der komplexen Zahlen dar. Man erkennt seine Multiplikationsregeln wieder: $1 \cdot 1 = 1$ und $1 \cdot i = i \cdot 1 = i$ und $i \cdot i = -1$.

Der rechte untere Quadrant ist eine zu C isomorphe Unteralgebra $Y\langle j, k \rangle$ mit Element k , das jedoch imaginär ist. Diese Algebra stellt die mathematische Basis der bereits heuristisch eingeführten Spiegelfunktionen dar.

Eine einfache, komplexe Wellenfunktion (basierend auf dem linken oberen Quadranten) in x -Koordinaten und ohne Zeitanteil vom Typus $\{1, i\}$ ist:

$$\psi(x) = e^{ix} = \cos(x) + i \sin(x) \quad (4.1)$$



Dies ist die bekannte Funktion einer ebenen Welle als eine Lösung der Maxwell'schen Gleichungen und eine Lösung der Schrödinger Gleichung⁴⁴.

Eine dazu isomorphe, hyperkomplexe Wellenfunktion (basierend auf den rechten unteren Quadranten) in x-Koordinaten und ohne Zeitanteil vom Typus {j,k} sei:

$$\phi(x) = ke^{jx} = k \cos(x) + j \sin(x) \quad (4.2)$$

Gleichung (4.2) beschreibt beispielhaft eine neue, zur klassischen Quantenphysik komplementäre, Bi-komplexe Wellenfunktion mit den Basiszahlen j und k, die den Multiplikationsregeln der Abbildung 4 unterliegt. Wir wollen im Folgenden zeigen, dass Funktionen aus Gleichung (4.2) Wellen beschreiben können (also schwingungsfähig sind).

Davor noch eine Anmerkung am Rande: Es ist sicher kein Zufall, dass es nur eine einzige Möglichkeit gibt, eine zur komplexen Algebra C isomorphe Unteralgebra Y zu entwickeln, die alle o.g. geforderten Eigenschaften erfüllt. Die anderen beiden Quadranten der Abbildung 4 sind so gewählt, dass die Wellenfunktionen miteinander kommutieren. Die hyperkomplexe Algebra der Quaternionen wäre beispielsweise in der Unteralgebra Y nicht fouriertransformierbar. Wir fordern diese Eigenschaft jedoch, da wir Wellenfunktionen konstruieren wollen, die denen der QM isomorph sind, mit dem wichtigen Unterschied: Sie sollen nicht-energetisch sein, d.h., ein Energieoperator angewandt auf die Wellenfunktion aus (4.2) soll keine eindeutig reellen Erwartungswerte erzeugen. Der Grund wird im nächsten Kapitel klar, wenn wir die Wellenfunktionen benutzen, um mentale (geistige) Zustände zu codieren.

Betrachten wir nun die Unteralgebra {j,k}. Sie ist - da so konstruiert - isomorph zu den komplexen Zahlen, weshalb natürlich Schwingungen formalisiert werden können.

$$ke^{jx} = k \left(1 + jx - \frac{kx^2}{2!} - \frac{jx^3}{3!} + \frac{kx^4}{4!} \dots \right) = k \cos x + j \sin x \quad (4.3)$$

⁴⁴ Die allgemeine Lösung wäre das Integral über derartige e-Funktionen, was hier jedoch nicht relevant ist. Die Funktionen (4.1) und (4.2) sind nur einfache Beispielfunktionen, um das Prinzip zu erläutern.

Gleichung (4.3) erfüllt also zwangsläufig die Grundbedingung unserer Forderung. Dass sich auch die anderen Eigenschaften damit erfüllen lassen, liegt nicht auf der Hand und es benötigt einige mathematische Rechnungen. Im [Anhang A3] ist gezeigt, dass in der Unteralgebra die Fouriertransformation möglich ist, dass also eine Funktion nach periodischen Funktionen entwickelt werden kann. Damit wird später eine Korrespondenz zwischen „Impulsen“ und „Orten“ bzw. „Energien“ und „Zeiten“ ermöglicht, wobei diese Begriffe im hyperkomplexen Fall natürlich nicht so benannt werden dürfen. Die Fouriertransformation ist eine der wichtigsten mathematischen Transformationen der Nachrichtentheorie, wir benötigen sie im Kapitel 5.4.

Angelehnt an die klassische QM, muss man auch bei der neuen Unteralgebra zwischen der Wellenfunktion ϕ und ihrem Betragsquadrat $|\phi|^2$ unterscheiden. Interessant ist, dass selbst das Betragsquadrat von (4.2) imaginär bleibt, also keine Wahrscheinlichkeitsdichte für reale Messwerte darstellen kann, wie (4.4) am Beispiel der Funktion von (4.2) zeigt:

$$|\phi|^2 = \phi^* \phi = k e^{jx} k e^{-jx} = (k \cos x + j \sin x)(k \cos x - j \sin x) = k \quad (4.4)$$

Wir interpretieren das Betragsquadrat (besser als Modulus bezeichnet) als Wahrscheinlichkeitsdichte für imaginäre Werte. Später werden wir zeigen, dass die Betragsquadrierung nach dem Prinzip von (4.4) als eine Art *Beobachtung* in Analogie zur Messung der Quantenmechanik verstanden werden kann.

Die eingeführten informationstheoretischen Wellenfunktionen stellen eine mathematische Erweiterung der bisher bekannten Wellenfunktionen dar. Die Wellenfunktionen können sowohl räumlich ein-dimensional in (x,t) bzw. (r,t) als auch mehrdimensional (x,y,z,t) entwickelt werden, r stellt dabei die Entwicklung in räumlicher Ausbreitungsrichtung dar.



Einordnung der neuen Wellenfunktionen

	Grundgleichungen ⁴⁵	Bemerkung	Algebra
Klassische Wellenfunktion	$y(x, t) = \cos(px - \omega t)$	Lösung der Maxwell-Gleichungen	Reelle Zahlen
Quantenmechanische Wellenfunktion	$\psi(x, t) = e^{i(px - \omega t)}$	Lösung der Maxwell-Gleichungen Lösung der Schrödinger-Gleichung	Komplexe Zahlen zur Basis {1,i}
Informationsmechanische Wellenfunktion / virtuelle Spiegel-funktion	$\phi(x, t) = ke^{j(px - \omega t)}$	Lösung der hyperkomplexen Schrödinger-gleichung	Bi-komplexe Zahlen zur Basis {j,k}

Tabelle 1: Überblick über Wellenfunktionen

Physikalische Implikationen der hyperkomplexen Wellenfunktionen

Fassen wir zusammen. Die neue hyperkomplexe Algebra besitzt zwei hochinteressante Unteralgebren. Zum einen die bekannte, komplexe Unteralgebra $C\langle 1, i \rangle$, auf der der gesamte Formalismus der Quantenmechanik entwickelt wurde, und zum anderen eine dazu isomorphe Bi-komplexe Unteralgebra $\Upsilon\langle j, k \rangle$ auf der zukünftig der gesamte Formalismus nicht-energetischer Felder entwickelt werden kann. Die anderen Multiplikationsregeln (rechts oben und links unten) lassen eine Transformation von einer Unteralgebra in die andere zu (und können aus mathematischen Gründen nur so gewählt werden), Abbildung 5.

Kommen wir von der Mathematik in die Physik, so zeigt sich, dass durch die Einführung der hyperkomplexen Unteralgebra $\Upsilon\langle j, k \rangle$ Wellenfunktionen mit völlig neuen physikalischen Eigenschaften definiert werden können. Obwohl diese Wellenfunktionen und ihre Betragsquadrate imaginär sind, ihre Energie- oder Impuls-

⁴⁵ p sei die Wellenzahl, im Allgemeinen mit k bezeichnet, hier jedoch mit p, um sie nicht mit der imaginären Zahl k zu verwechseln. ω sei die Frequenz, φ die Phasenverschiebung (oben nicht dargestellt). Ohne Einschränkung der Allgemeinheit wurden die Gleichungen nur ein-dimensional (entlang der x-Koordinate) entwickelt.

Erwartungswerte auch und sie sich damit jeder (herkömmlichen) Messtechnik entziehen, können sie trotzdem Wellen beschreiben. Diese Wellen werden sich im Weiteren als neuartige Träger von Informationen eignen, denn sie besitzen alle mathematischen Eigenschaften von Wellen und Schwingungen.

	1	i	j	k
1	1	i	j	k
i	i	-1	$-k$	j
j	j	$-k$	$-k$	j
k	k	j	j	k

Unteralgebra C , auf dessen Basis der Formalismus der QM entwickelt wurde: „Algebra der Quantenmechanik“

Unteralgebra Y , auf dessen Basis der Formalismus nicht-energetischer Felder entwickelt werden kann: „Algebra der Informationsmechanik“

Abbildung 5: Die wichtigsten Unteralgebren der Algebra

Die hyperkomplexen Wellenfunktionen ϕ (die virtuellen Spiegelfunktionen) sind die mathematischen Lösungen für die im vorherigen Kapitel heuristisch eingeführten nicht-energetischen Felder⁴⁶. Durch die Algebra in Abbildung 4 ist es ermöglicht worden, hyperkomplexwertige Wellenfunktionen zu definieren, die als Trägerwellen Informationen codieren, speichern und übertragen können, und das, obwohl sie virtueller Natur sind. Wir bezeichnen diese neue Algebra daher als „**Algebra der Informationsmechanik**“.

Über die grundlegenden physikalischen Eigenschaften von $\phi(x,t)$ kann noch nicht viel ausgesagt werden. Sehr wahrscheinlich unterliegen sie nicht der Einstein'schen Restriktion einer Begrenzung der Lichtgeschwindigkeit. Instantane (zumindest superluminare) Ausbreitung von hyperkomplexen Wellenfunktionen im Raum wäre also möglich, die Bedeutung dessen für die Physik wird weiter unten besprochen.

Natürlich bedeutet die Möglichkeit einer mathematischen Formulierung nicht zwangsläufig ihre physikalische Existenz (siehe Stringtheorie, für die es bis dato

⁴⁶ Betont werden muss, dass die quantenmechanischen Wellenfunktionen (nur) aufgrund ihrer mathematischen Struktur Vorbild waren. Eine Verwendung der informationstheoretischen Gleichungen hatte zuerst einmal keine quantenmechanischen Effekte der neuen Felder im Fokus. Allerdings wird sich später zeigen, dass es genau dieser quantenmechanische Mechanismus ist, der das Bewusstsein von unbewussten Vorgängen im Gehirn mathematisch erklären kann.

keine physikalischen Beweise gibt), aber sie *ermöglicht* ihre Existenz. Die Physik ist heutzutage extrem mathematisiert worden, was zwingend ist, da man schon lange außerhalb der intuitiven Vorstellung arbeiten muss. Das bedeutet, dass jedes gemessene Ereignis in ein mathematisches Korsett gezwungen werden muss, um Akzeptanz in der Wissenschaft zu finden. Aber auch der umgekehrte Weg ist statthaft. Mittels der Mathematik kann in eine neue Vorstellungswelt hinein extrapoliert werden. Die somit berechneten Ergebnisse müssen dann nur noch als physikalische Effekte gefunden werden. Zahlreiche Beispiele berechtigen zu diesem Vorgehen. Auch in unserem Fall gibt die Mathematik die Suchrichtung für empirische Effekte vor.

Interessant ist die physikalische Interpretation von Super-Wellenfunktionen aus der gesamten Algebra $\{1,i,j,k\}$, die sowohl die klassischen Wellenfunktionen aus $\{1,i\}$ als auch die nicht-energetische Wellenfunktion aus $\{j,k\}$ vereinen. Da sowohl die komplexen als auch die hyperkomplexen Wellenfunktionen aus der gleichen Algebra stammen, liegt es auf der Hand, mathematisch eine Wellenfunktion zu konstruieren, die beide Wellenfunktionen verbindet, die also vom Typus $\{1,i,j,k\}$ ist.

Superwellenfunktion durch Addition

Eine mögliche Super-Wellenfunktion $\Omega(x)$ konstruiert man, indem man beide Wellenfunktionen $\psi(x)$ und $\phi(x)$ so miteinander addiert, dass die Schwingungen in $\langle 1,i \rangle$ und $\langle j,k \rangle$ erhalten und erkennbar bleiben [Anlage A3]. Mit dem Ansatz

$$\Omega(x) = \psi(x) + \phi(x) = \alpha e^{ix} + \beta k e^{jx}$$

folgt eine mögliche Superwellenfunktion $\Omega(x)$, die diese Forderung erfüllt:

$$\Omega(x) = e^{ix} - k e^{jx} = \cos x + i \sin x - k \cos x - j \sin x \quad (4.5)$$

(4.5) bedeutet, dass die Wellenfunktion im $\langle 1,i \rangle$ -Raum immer ein anderes Vorzeichen als die im $\langle j,k \rangle$ -Raum besitzt. Es gibt also eine „Polarität“ beider „Welten“.



Superwellenfunktion durch Multiplikation

Die Verknüpfung von Wellenfunktionen beider Algebren kann natürlich auch multiplikativ erfolgen:

$$\begin{aligned}\psi(x) \cdot \phi(x) &= e^{ix} \cdot ke^{jx} \\ &= (\cos x + i \sin x)(k \cos x + j \sin x) = ke^{j(x+x)} = \phi'(x)\end{aligned}\tag{4.6}$$

bzw. mit zwei unterschiedlichen Argumenten x und y :

$$\begin{aligned}\psi(x) \cdot \phi(y) &= e^{ix} \cdot ke^{jy} \\ &= (\cos x + i \sin x)(k \cos y + j \sin y) = ke^{j(x+y)} = \phi'(x, y)\end{aligned}\tag{4.7}$$

Interessant an den Gleichungen (4.6) bzw. (4.7) ist nun zweierlei:

1. Sie zeigen, dass die Multiplikation beider Wellenfunktionen $\psi(x)$ und $\phi(y)$ einer neuen Wellenfunktion $\phi'(x, y)$ in der Unteralgebra $\{j, k\}$ entspricht. Die physikalische Implikation könnte bedeuten, dass der hyperkomplexen Wellenfunktion ϕ später eine Schlüsselrolle zugesprochen werden muss.
2. Die Unteralgebra $\{j, k\}$ wurde isomorph zur Algebra der komplexen Zahlen eingeführt, so dass parallel zwei Arten von Wellenfunktionen definiert werden konnten. Die Frage, die sich natürlich irgendwann stellt, ist, ob es Wechselwirkungen zwischen diesen beiden Funktionen geben kann. Falls nicht, so könnten mathematisch zwei „Parallelwelten“ erzeugt werden, eine energetische und eine nicht-energetische, die jedoch keinerlei Berührungspunkte hätten. Beide Welten würden niemals miteinander interagieren. Dies würde uns insbesondere im nächsten Kapitel bei der Analyse von Gehirn-und-Geist-Zuständen unbefriedigt lassen. Nun ist es aber so, dass eine Wechselwirkung mathematisch sehr einfach formuliert werden kann, in Gleichung (4.6) und (4.7) ist diese Wechselwirkung multiplikativ, was zahlreichen physikalischen Wechselwirkungen tatsächlich entspricht.

In (4.7) können wir beobachten, *wie* eine energetische auf eine nicht-energetische Wellenfunktion einwirkt, denn die Wechselwirkung in (4.7) bedeutet eine Veränderung der Wahrscheinlichkeitsamplituden von ϕ . Eine Veränderung des Parameters „ x “ in $\psi(x)$ wirkt in beiden Wellenfunktionen gleichzeitig. Physikalisch bedeutet dies, dass Veränderungen der Wahrscheinlichkeitsamplituden von ψ unmittelbar zu Veränderungen der Wahrscheinlichkeitsamplituden der Spiegelfunktionen führen, oder salopp ausgedrückt: Veränderungen in der materiellen Physik führen zeitgleich zu Veränderungen im virtuellen Beobachterfeld. Wie sieht es aber umgekehrt aus? Hier herrscht eine unerwartete Asymmetrie vor, denn man kann die Argumente x und y in ϕ überhaupt nicht mehr separieren, d.h., eine Phasenverschiebung von ϕ bleibt eine Phasenverschiebung von ϕ oder sie führt – wenn Materiewellen $\psi(x)$ als Wechselwirkungspartner vorhanden sind – zu einer Veränderung von $\psi(x)$. Allerdings geht das nicht eindeutig, da man die Summanden aus der Summe nicht trennen kann. Wir kommen darauf gleich zurück.

Was könnten die mathematischen Funktionen ϕ und ψ physikalisch bedeuten?

- Die komplexe Funktion $\psi(x, t)$ beschreibt im Rahmen der elektrischen Feldtheorie eine Lösung der Maxwell'schen Gleichungen und stellt eine komplexe, ebene EM-Welle dar. Im Allgemeinen beschreibt $\psi(x, t)$ im Rahmen der Quantenmechanik eine Lösung der Schrödingergleichung und bedeutet eine Wahrscheinlichkeitsamplitude für den Aufenthaltsort von Quanten. Beschreibt man ein Quant mit der Funktion einer ebenen Welle (4.5), dann ist das Quant zu jedem Zeitpunkt an jedem Ort mit gleicher Wahrscheinlichkeit $|\psi(x, t)|^2$ zu registrieren. Das Quant wäre also nicht lokalisiert. Lokalisierte Quanten, z.B. Einzelphotonen, werden als sog. Wellenpakete (Integrale über ebene Wellen) beschrieben.
- Die hyperkomplexe Spiegelfunktion $\phi(x, t)$ entsteht als Lösung von „Feldgleichungen“, die denen von Schrödinger isomorph sind (1- \rightarrow k, i- \rightarrow j). Diese Wellenfunktion kann mögliche Informationen über die reale Welt codieren und speichern. Deshalb wollen wir im Folgenden das Feld (j,k) auch mathematisch als Spiegel- oder *Beobachterfeld* (reflecting field) einführen.
- Die hyperkomplexen Spiegelfunktionen $\phi(x, t)$ können „moduliert“ werden, weshalb Informationen auf ihnen codiert werden können, denn Gleichung (4.7) könnte man in erster Näherung als Amplitudenmodulation (bekannt aus der Nachrichtentechnik) interpretieren:

Gegeben sei eine hyperkomplexe Spiegelwelle $\phi(t) = ke^{jt\omega_{store}}$, die wir in Anlehnung an die Nachrichtentheorie Trägerwelle nennen wollen. Wird diese mit einer komplexen Welle $\psi(t) = e^{it\omega_{new}}$ amplitudenmoduliert (d.h. multipliziert), wird das Ergebnis auf der Spiegelwelle $\phi'(t)$ gespeichert:

$$\psi(t) \cdot \phi(t) = e^{it\omega_{new}} \cdot ke^{jt\omega_{store}} = ke^{jt(\omega_{store} + \omega_{new})} = \phi'(t) \quad (4.8)$$

Dieses Ergebnis ist überaus interessant, denn es bedeutet:

Die virtuelle Spiegelwelle ϕ kann Informationen von ψ speichern!

Aber diese Information lässt sich nicht mehr demodulieren, daher ist das o.g. Bild der Modulation nicht ganz korrekt. Bei der multiplikativen Superwellenfunktion sind die Einzelschwingungen mit Werten aus den Unteralgebren *nicht* mehr erkennbar (sie sind nur noch gemeinsam in der Summe enthalten).

Das hat nun physikalische Konsequenzen zur „Wirkung“ einer Spiegelfunktion:

1. Es ist nicht möglich, aus dem Raum $\langle j, k \rangle$ ein klassisches Signal in den Raum $\langle 1, i \rangle$ (zurück) zu senden, d.h., das *Beobachterfeld* kann über keinerlei eindeutige Signalwirkung auf ein Materiefeld einwirken.
2. Gleichung (4.7) bedeutet aus unserer Sicht, dass die komplexe Wellenfunktion ψ kollabiert. Letztlich heißt dies jedoch nichts anderes, als dass die multiplikative Wechselwirkung der beiden Wellenfunktionen einer Verschränkung im hyperkomplexen Raum entspricht.

Physikalisch interpretieren wir Gleichung (4.7) ab jetzt so, dass das *Beobachterfeld* über **Verschränkungskorrelationen** auf Materiewellen einwirken kann, d.h., die Wahrscheinlichkeitsamplituden von $\psi(r, t)$ können über Korrelationen verändert werden. Ein unmittelbarer kausaler Einfluss „geistiger Felder“ auf „Materiefelder“ ist mathematisch nicht gedeckt (zumindest aktuell nicht). Nur eine statistische Beeinflussung der Materiewellen ist aus unserer Sicht möglich⁴⁷.

⁴⁷ Dieser mathematische Zusammenhang würde die Ergebnisse von Lucadou, Römer oder des PEAR-Programms erklären, auch den dort postulierten Decline-Effekt. **Eine kausale, mentale Beeinflussung von Zufallsgeneratoren durch Probanden scheint nach aktuellem Stand nicht möglich.** Möglich ist nur eine zufällige Veränderung von statistischen Prozessparametern, die jedoch nicht reproduzierbar ist, da Verschränkung nicht zur reproduzierbaren Signalübertragung genutzt werden kann. Da der Einfluss statistisch korrelativ erfolgt, können innerhalb von Materiewellen bzw. deren Manifestationen Synchronisationen hervorgerufen werden, eine alte Idee von C.G. Jung. Deren wissenschaftliche Überprüfung würde jedoch stets zeigen, dass die Synchronisationen auch mit Zufall „erklärt“ werden können, ein altes Problem von C.G. Jung.



Was bedeutet eine Verschränkungskorrelation zwischen ϕ und ψ konkret?

Stellen wir uns vor, wir könnten die Spiegelfunktion $\phi(t)$ zeitweise mit der Funktion $\psi(t)$ verschränken. Könnte man einen solchen speziellen Zustand in der realen Welt messen? Genau das müssen wir klären.

$\psi(t)$ beschreibe einen physikalischen Quantenprozess, der einen Zufallsgenerator steuert. Für den Zufallsprozess seien 100 statistische Kennwerte definiert, z.B. Mittelwerte, Standardabweichung, Schiefe, Spannweite etc., deren exakten Werte wir nach jedem Durchlauf und Berechnung auf den Daten des Zufallsgenerators in einer Matrix eintragen. Das ist elementare Statistik. Nun betrachten wir die beiden Fälle: Zeitraum A, bei dem die Verschränkungskorrelation vorlag und Zeitraum B, bei dem keine Korrelation vorlag. Was würden wir zum Beispiel messen? Machten wir ein Experiment mit genug Zeitreihen, werden wir beispielsweise feststellen, dass sich 6 statistische Kennwerte zwischen den beiden Testgruppen A und B signifikant unterscheiden. Wir können also ganz genau sagen, wann die Spiegelfunktion „eingewirkt“ hat (die Verschränkung vorlag). Wiederholen wir nun das Experiment ein zweites Mal, würden wir jedoch feststellen, dass sich die Testgruppen A und B nun nicht mehr in der Kennwertkombination vom ersten Experiment unterscheiden, sondern evtl. in 5 anderen Kennwerten, zumindest in einer anderen Kombination. Diese 5 Kennwerte beider Testgruppen A und B unterscheiden sich aber wiederum signifikant. Wiederholten wir erneut, finden wir nochmals andere Kennwerte oder eine andere Kombination. Was ist hier passiert? Etwas Seltsames.

Man kann immer erst im Nachhinein feststellen, wann die beiden Funktionen verschränkt waren, eine Vorhersage ist in keinem einzigen Falle möglich, denn wir können keinen Entscheider bauen, der anhand der Beobachtung der 100 Kennwerte in der aktuellen Sitzung erkennen kann, ob gerade eine derartige Verschränkung vorliegt oder nicht. Man könnte nun sagen, die Kombination sei egal, es reicht doch, wenn sich überhaupt 5 Kennwerte voneinander unterscheiden (egal welche), das kann man schließlich in Echtzeit messen. Aber das stimmt nicht, denn bei 100 Kennwerten werden sich im Mittel gerade 5 zufällig (auf unserem vorgegebenen Signifikanzniveau⁴⁸) unterscheiden.

Dies ist die physikalische Konsequenz, die wir meinen, wenn wir sagen, dass die Spiegelfunktionen $\phi(t)$ keine Signale an die Materiewellen $\psi(t)$ aussenden können. Die Spiegelfunktionen wirken nur statistisch auf Materiewellen ein. Genau über eine solche Korrelation muss man sich später die Wirkung des Geistes auf die Ma-

⁴⁸ Verringern wir das Signifikanzniveau von $\alpha=5\%$ auf $\alpha=1\%$, dann werden wir im oben genannten Beispiel im Mittel eine einzige hochsignifikante Kennwertunterscheidung entdecken.



terie vorstellen (Kapitel 4.3. und 5.3). Beide Funktionen ψ und ϕ haben also eine klare physikalische Bedeutung (als energetische bzw. informationelle Begründung) und eine Wechselwirkung zwischen Wellenfunktionen und virtuellen Spiegelfunktionen ist zumindest auf Ebene der einfachen, ebenen Wellen möglich.⁴⁹

Im Folgenden wollen wir die Eigenschaften der virtuellen Spiegelfunktionen nutzen, um Informationen des Gehirns zu speichern.

4.3. Der menschliche Geist als nicht-energetisches Feld

Kehren wir nach dieser mathematischen Einführung zum Ausgangspunkt zurück. Im Teil 1 der „Systemtheorie des Geistes“ hatten wir versucht, mentale Zustände mittels komplexer Zahlen zu beschreiben und eine Analogie zur Quantenphysik zu konstruieren. Überlegungen der letzten Jahre hatten (wie erläutert) dazu geführt, diesen Formalismus zu erweitern. Die Gründe – warum der menschliche Geist nicht als komplexes Quantensystem angesehen wird – sollen hier nochmals wiederholt und ergänzt werden:

1. Im Gehirn sind bis dato keine Quanteneffekte nachgewiesen worden, so wie man sie aus der QM kennt. Eine makroskopische Quantenphysik für das Gehirn einzuführen, wäre zwar hypothetisch vorstellbar, führte aber zu diversen Widersprüchen. Natürlich müssen auf mikroskopischer Ebene Quanteneffekte wirken, aber diese sind hier nicht gemeint, denn von diesen Quanteneffekten auf Molekülebene bis zur Beschreibung von Quanteneffekten auf mentaler Ebene ist ein zu großer Bereich zu überspannen, als dass man eine solche Beschreibung versuchen sollte. Mikroskopische Quanteneffekte im Gehirn sind also sicher nicht die Lösung, um makroskopische Effekte wie binokulare Rivalität usw. zu beschreiben. Erstens liegen zu viele Größenordnungen dazwischen, zweitens geht es wie bereits mehrmals betont um zwei verschiedene ontologische Entitäten. Wie aus dem Gewebe, selbst wenn es Quanteneffekte enthält, letztlich mentale Zustände entstehen können, ist, wie schon gesagt, aktuell nicht vorstellbar.

⁴⁹ Es soll nochmals erinnert werden, dass es keine realen Objekte bzw. Informationen „dort draußen“ gibt, sondern nur Möglichkeitsfunktionen $\psi(x,t)$ aus der Algebra C , die zu realen Objekteigenschaften (von Photonen, Elektronen, Atomen usw.) führen und Möglichkeitsfunktionen $\phi(x,t)$ aus der Algebra Y , die zu realen Beobachtungen führen können. Wer mit der Quantenmechanik nicht vertraut ist, wird das ungewöhnlich finden. Aber seit Born 1926 wissen wir, was die Funktionen der QM bedeuten, nämlich die mathematische Entwicklung von *Möglichkeiten* im Ortsraum, Impulsraum etc., sie entsprechen mitnichten wirklichen Elektronenbahnen oder ähnlichem.

2. Mentale Zustände (zum Beispiel Gedanken, Träume) haben keine Energie im herkömmlichen Sinne. Sie haben auch keine reelle Ausdehnung im Raum. Der Formalismus der QM reicht daher zu Beschreibung von mentalen Zuständen nicht aus. Die beiden Entitäten Gehirn und Geist sind zu verschieden.

Insbesondere letzter Punkt war ausschlaggebend für die Neuorientierung und die Suche nach einer neuartigen Speicherung von Informationen. Der Autor postuliert damit in aller Deutlichkeit, dass er an die objektive Existenz von geistigen Zuständen (im Gehirn nennen wir sie auch mentale Zustände) glaubt, ohne dass diese Zustände eine reellwertige Energie besitzen. Aus Sicht des Autors ist das auch die einzig vorstellbare Alternative, um mentale Zustände mathematisch zu formalisieren. Diese mentalen Zustände sind mathematisch imaginär (physikalisch virtuell) und werden niemals unmittelbar messbar sein (ihre Korrelate schon).

Die wesentlichen Eigenschaften von mentalen Zuständen wären demnach:

- sie sind energielos
- sie können Informationen codieren und speichern
- sie sind aufs Engste mit dem Gehirn verknüpft und beschreiben dessen Zustand
- sie können auf das Gehirn (kausal) einwirken

Bisher hatte man angenommen, dass eine Substanz oder eine energetische Trägerwelle zur Informationsspeicherung notwendig ist, aber das ist schlichtweg falsch. Zur Speicherung von Informationen benötigt man physikalische Wellenfunktionen, ob diese energetischer oder nicht-energetischer Natur sind ist dabei irrelevant. Schaut man in die klassische Informationstheorie bzw. Nachrichtentechnik erkennt man, dass eine Informationsübertragung bzw. Speicherung mit Schwingungen und Wellen verbunden ist. Daher ist die wichtigste Forderung an die formale Beschreibung von Trägerwellen, dass sie schwingungsfähige Gleichungen behandeln kann⁵⁰. Dies wurde in Gleichung (4.3) gelöst.

⁵⁰ Dieser Weg hin zur Abstraktion war abzusehen. Während man bis ins 20. Jahrhundert energetische Wellen zur Speicherung bzw. Ausbreitung benötigte (Schallwellen, Wasserwellen, Radiowellen, Lichtwellen) hat die Quantenmechanik 1925 bereits Wellenfunktionen eingeführt, die vor ihrer Messung nicht-energetisch sind. Auf Basis dieser komplexwertigen Wellenfunktionen sind seit dem letzten Jahrhundert Quantencomputer entwickelt worden, mit überraschend neuen Effekten, insbesondere einer extrem schnellen Informationsverarbeitung. In diesem Aufsatz werden nun Wellenfunktionen eingeführt, die auch nach der Messung nicht-energetisch bleiben. Der Unterschied in den Implikationen gegenüber der Quan-

Aus den bisherigen Ergebnissen entsteht eine neue wissenschaftliche Hypothese

1. Geistige Zustände können physikalisch gespeichert werden.

Der menschliche Geist, die mentalen Zustände eines Menschen, z.B. Gedanken und Träume, sind Ausprägungen eines nicht-energetischen Feldes (Beobachterfeldes). Das heißt, die Informationen, die diesen Entitäten zugeordnet werden können, sind auf nicht-energetischen Wellenfunktionen gespeichert. Die mathematische Basis dafür bilden die im vorherigen Kapitel eingeführten hyperkomplexen Wellenfunktionen.

2. Geistige Zustände können auf materielle Strukturen einwirken.

Geht man von den virtuellen Spiegelwellen als Speicher aus, kann man auch dem Einwand der heutigen Neurobiologen gegen die Wirkung von Geist auf Materie entgegentreten. Die Neurobiologen können sich einfach nicht vorstellen, dass eine Entität, die vollkommen energielos ist, Wirkung auf das Gehirn ausüben kann. Nach dem vorher Gesagten scheint die Einwirkung nun doch möglich, wenn auch nicht unmittelbar, denn wir haben im vorherigen Kapitel gezeigt, dass eine Wellenfunktion $\phi(r,t)$ statistisch über Verschränkungskorrelationen auf $\psi(r,t)$ einwirken und deren Wahrscheinlichkeitsamplituden verändern kann. Dieser Vorgang stellt den konkreten Eintrittspunkt des Geistes in das Gehirn dar.

Ob der Geist das in der Realität wirklich vermag, ist damit allerdings in keinsten Weise bewiesen. Allerdings wird eine statistische Veränderung von $\psi(r,t)$ bei Milliarden von mikroskopischen Wechselwirkungen in den Zellen zu direkten Veränderungen physiologischer Parameter führen müssen. Die entstandenen reellen Messwerte können ihrerseits diversen neuro-physiologischen Parametern entsprechen, die wiederum zu definierten Zuständen im Gehirn führen⁵¹. Der materielle Determinismus der Neurobiologen erscheint uns daher falsch. Wir kommen im Kapitel

tenphysik erscheint dabei so groß, wie die der Quantenphysik zur klassischen Physik, denn nicht-energetische Wellenfunktionen unterliegen (wahrscheinlich) keinerlei Beschränkung der Einstein'schen Physik, sie können sich evtl. sogar instantan im Universum ausbreiten. Codiert man die Nachricht auf einer Substanz, zum Beispiel einem Briefpapier, so muss die Nachricht irgendwie von A nach B gebracht werden. Dies war die Ära der klassischen Post. Seitdem Nachrichten auch auf Licht als Trägerwelle codiert werden konnten, ist die Ausbreitung von Informationen extrem schnell geworden, nämlich nur noch auf die Lichtgeschwindigkeit beschränkt. Nicht-energetische Wellenfunktionen könnten neue Wege erschließen.

⁵¹ Aus der im Kapitel 4.2. postulierten Algebra und dem oben Gesagten ergibt sich zwingend, dass der Eintrittspunkt nicht-energetischer Informationen in die reale Welt über die Wellenfunktionen der Quantenphysik ablaufen muss. Eine andere mathematische Möglichkeit ist jedenfalls bis dato nicht gefunden worden.

5.3. darauf zurück und werden dort einen Vorschlag zur *kausalen* Wirkung von Geist unterbreiten.

Damit wird die Möglichkeit eines freien Willens mathematisch und physikalisch abgedeckt.

Welche bekannten Experimente oder Naturphänomene zeigen *empirisch*, dass die These einer Einflussnahme geistiger Zustandsvariablen auf materielle Wellenfunktionen stimmen kann? Hier einige Beispiele:

- EPR-Experiment der Quantenmechanik, siehe unten und [Anlage A3]
- Bell-Theorem und Messung von Aspect [Aspect, 1982]
- Leggett-Theorem und Messungen von Zeilinger [Gröblacher, 2007]
- Geschwindigkeiten der Informationsverarbeitung im Gehirn [Anlage A2] und Synchronisationen nach Singer et. al.
- Mentale Beeinflussung von quantenmechanischen Zufallsgeneratoren durch Probanden [Lucadou 1986] und das PEAR-Programm in Princeton
- Tausende von Nahtoderlebnissen [van Laack, 2010]

Zu den ersten Punkten: Die direkte *Wirkung* des menschlichen Beobachters auf die Quantenrealität ist schon seit Anbeginn der QM ein großes wissenschaftliches Rätsel. Da beide Wellenfunktionen derselben hyperkomplexen Algebra entstammen, muss aber zwangsläufig eine direkte und fortlaufende Einwirkung geistiger Prozesse auf quantenphysikalische Phänomene vermutet werden.

4.4. Implikationen nicht-energetischer Felder für die QM

Obwohl diese Monographie keine Abhandlung über die Quantenmechanik sein kann, muss jene bemüht werden, da gerade in der Quantenphysik Effekte auftreten, die sich mit klassischen Vorstellungen der Welt nicht mehr vereinbaren lassen. Im Anfangskapitel wurde bereits erwähnt, dass die Welt nicht-lokal ist (spukhafte Fernwirkungen besitzt) oder gar nicht real existiert. Wir kommen als Wissenschaftler irgendwann an einer neuen Beschreibung der Welt nicht mehr vorbei.

Zuerst nochmals ein prinzipieller Gedanke zur QM. Sie erscheint einem auf dem ersten Blick mysteriös. Selbst das einfache Doppelspaltexperiment mit Einzelphotonen gibt einem Rätsel auf, denn man kann einfach nicht verstehen, wieso ein Photon mit sich selbst interferieren kann, also gleichzeitig durch beide Spalte gehen

sollte. Und selbst wenn man das für ein Photon doch noch akzeptieren mag („Ist ja nur Licht!“), so erscheint es einem bei Elektronen, Atomen oder sogar bei Molekülen mit über 60 Atomen mehr als suspekt. Aber trotzdem gilt, nur wenn die Wellenfunktion eines solchen „Dinges“ durch beide Spalte eines Doppelspaltes verläuft, nur dann kann sich hinter einem Doppelspalt das bekannte Interferenzmuster aufzeigen. Das ist zumindest seltsam. Man muss irgendwann akzeptieren, dass es gar keine Objekte wie Elektronen, Atome oder Moleküle gibt, sondern nur Wellenfunktionen, die im Fall der QM Wahrscheinlichkeitsamplituden sind. Oder noch konkreter, die Basisobjekte unserer Natur entsprechen in allen ihren Eigenschaften komplexwertigen Wahrscheinlichkeitsamplituden.

Von all den Eigenschaften eines Quants hat sich die QM auf Ort und Impuls konzentriert und immer merkwürdigere Experimente erdacht, um derartige Erkenntnisse aus der gesamten Gemengelage skalpellartig zu extrahieren. Schauen wir nochmals auf das Doppelspaltexperiment, diesmal mit dahinter geschalteten Polarisationsfiltern: Eine geschickte Wahl der Filteranordnung (Spalt 1 z.B. linkspolarisierend, Spalt 2 rechtspolarisierend) zerstört die Interferenzstreifen auf dem dahinterliegenden Schirm, da durch diesen Aufbau genau detektiert werden *könnte*, durch welchen Spalt ein Photon gegangen ist. Wohlgemerkt, man muss selbst gar nicht wirklich feststellen, durch welchen Spalt ein Photon geht, es reicht aus, die Möglichkeit dafür zu haben. Dies klingt ungeheuerlich, ist aber zwingend, wenn man versteht, dass durch eine solche Anordnung der genaue Ort eines Photons (Spalt 1 oder 2) exakt gemessen werden kann und dass eine solche Messung eben zum Kollaps der Wahrscheinlichkeitsamplituden (für die Aufenthaltsorte) führt. Was aber sonst? Es geht gar nicht anders. Eine technische Anordnung, die am Quant eine Messung für eine Eigenschaft durchführt, hebt die Superposition der Wellenfunktionen auf, die ja bis dahin nichts weiter als eine Wahrscheinlichkeitsamplitude bzgl. dieser Eigenschaft darstellte. Man kommt nur dann in Verständnisschwierigkeiten, wenn man den Wellenfunktionen etwas anders unterstellt, als sie sind, nämlich reine Möglichkeitsfunktionen für die Ausprägung von Eigenschaften. Die Manifestation dieser Eigenschaften kann a) durch einen Wechselwirkungspartner (z.B. ein anderes Quant), b) eine technische Anordnung (zum Beispiel die Messanordnung des Doppelspaltes) oder c) irreversibel durch einen bewussten Beobachter erfolgen⁵².

⁵² Zu Beginn der QM war es ein Rätsel, weshalb das „Anschauen“ (das Beobachten) von Quantenzuständen zu deren Kollaps führen sollte. Schrödinger entwarf 1935 ein Gedankenexperiment, in dem er die Unmöglichkeit der QM verdeutlichen wollte. Er setzte eine Katze mitten in eine große Kiste. In dieser Kiste befindet sich ein quantenphysikalischer Prozess, mit

Genau dieser Vorgang der Messung innerhalb der QM soll nun für die hyperkomplexe Algebra untersucht werden. Wir erinnern uns: In der QM wird der Kollaps der Wellenfunktion mathematisch in der Algebra $\{1,i\}$ durch die Betragsquadrierung angezeigt, d.h. eine komplexe Wellenfunktion ergibt durch die Multiplikation mit ihrer konjugiert Komplexen die Wahrscheinlichkeitsdichte für den real zu messenden Messwert preis. In Anlehnung daran soll auch in der isomorphen Unteralgebra $\{j,k\}$ der Vorgang der Multiplikation mit ihrer konjugiert Komplexen als eine Art Messung, hier *Beobachtung* genannt, verstanden werden. Es wird postuliert, dass es auch in der Unteralgebra $\{j,k\}$ zu einem Kollaps von Wellenfunktionen kommen kann. Allerdings ist der so erzeugte Modulus (das „Betragsquadrat“) weiterhin imaginär, siehe Gleichung (4.4). Physikalisch soll das so interpretiert werden, dass der Modulus einer konkreten Wahrscheinlichkeitsdichte eines „Beobachtungswertes“ entspricht. Der somit ermittelte Zahlenwert ist jedoch kein physikalischer Messwert, denn er bleibt weiterhin imaginär. Er wird als Wahrscheinlichkeit einer *Beobachtung* verstanden. Die Frage ist nur, was wird beobachtet. Hier sind mehrere Möglichkeiten vorstellbar:

- Zum Ersten: Das (geistige) System kann sich selbst beobachten. Aus der Psychologie ist bekannt, dass der menschliche Geist unbewusste und bewusste Phänomene beinhaltet. Es wurde bereits postuliert, dass die unbewussten Phänomene durch hyperkomplexe Wellenfunktionen beschrieben werden können. D.h., die hyperkomplexen Wellenfunktionen sind die imaginären Wahrscheinlichkeitsamplituden dafür, dass bei einer Messung (Beobachtung durch eine Aufmerksamkeitsfunktion) bestimmte Werte bewusst werden. Damit wird der interne Beobachtungsprozess als – wie in der QM üblich – Messprozess eingeführt. In der Unteralgebra $\{j,k\}$ gibt

zwei möglichen Ergebnissen, nennen wir sie 1 und 0, mit jeweils exakt 50% Eintrittswahrscheinlichkeit. Die Ergebnisse des Quantenexperimentes sind nun über eine Vorrichtung so verschaltet, dass dann, wenn das Ergebnis 1 ist, sich ein Gefäß mit Gift öffnet und die Katze tot umfällt. Ist das Ergebnis jedoch 0, bleibt das Giftgefäß zu und die glückliche Katze überlebt. Soweit so gut. Schrödinger stellte jedoch fest, dass die Katze sich solange in der Überlagerung beider Zustände befindet, bis man echt nachschaut, bis man also den Kasten aufmacht, weil erst dann die Messung durchgeführt wird, die zum Kollaps der Wellenfunktion führt. Erst dann ist die Katze tot oder lebendig. Er hat mit diesem Beispiel einen quantenphysikalischen Prozess aus dem Mikrokosmos in den Makrokosmos befördert und wollte damit den logischen Fehler der damaligen Deuter Heisenberg und Bohr aufzeigen. Viel ist darüber diskutiert worden, auch die Frage der Dekohärenz, also der Möglichkeit, dass der Messprozess evtl. doch schon stattfindet, wenn der Kasten noch zu ist. Bohr und Heisenberg sprachen den Zuständen vor einer Messung jedoch jegliche Existenz ab. Schrödinger (und Einstein) konnten sich nie damit abfinden. Für uns ist die sog. Schrödinger Katze ein Modellexperiment, an dem man seine Hypothesen testen kann.



es hyperkomplexe Wellenfunktionen, die sich miteinander überlagern (in Superposition sind). Dies entspricht in Analogie zur QM den ungemessenen (hier unbekannt) Zuständen. Durch interne Beobachtung kommt es zu einem Kollaps der hyperkomplexen Wellenfunktionen. Das Betragsquadrat jeder hyperkomplexen Wellenfunktion gibt die Wahrscheinlichkeitsdichte für den bewussten Beobachtungswert an. Irgendein wahrscheinlicher Wert wird einem bewusst. Wichtig ist, dass dieser Wert imaginär bleibt, er kann von außen nicht gemessen werden, er ist „nur“ bewusster Inhalt eines Subjektes.

- Zum Zweiten: Das System kann Werte außerhalb seiner selbst beobachten. Da beide Wellenfunktionen derselben Algebra entstammen, liegt es nahe, dass auch die Beobachtung von Quantenprozessen diese zum Kollaps bringen kann. Führt der Mensch eine Messung an einem Elektron durch, gibt es nicht nur eine Wechselwirkung mit dem entsprechenden Photon, sondern auch eine Wechselwirkung zwischen der hyperkomplexen Wellenfunktion des Gehirn-Geist-Messsystems mit der Wellenfunktion des Elektrons. Diese Wechselwirkung führt zum Kollaps der Wellenfunktion des Elektrons (zu einem physikalischen Messwert, z.B. Ort, Impuls, Energie etc.) und zum Kollaps der Wellenfunktion im Bewusstsein des Experimentators als Beobachtung, d.h. zu einem konkreten Bewusstwerden. Dieser Vorgang ist irreversibel, d.h. die Messung hat neue Fakten im Universum geschaffen (oder soll man sagen, erzeugt?).

Was kann nun zum Kollaps der Wellenfunktion ψ , zum Beispiel eines Elektrons führen? Wiederholen wir: Erstens: Zufällig jede komplementäre Wellenfunktion ψ^* (aus der Algebra $\{1,i\}$) und eine multiplikative Wechselwirkung beider Wellenfunktionen, denn dies führt zur Betragsquadrierung und erzeugt reelle Wahrscheinlichkeitsdichten. Zweitens: Ein Messsystem, das genau die komplementäre Wellenfunktion ψ^* darstellt, weil es extra so gebaut wurde, dass es die Eigenschaften des Elektrons (Ort oder Impuls) messen kann. Und drittens: Eine geeignet veränderte Wellenfunktion ϕ aus der Algebra $\{j,k\}$, da diese über Verschränkungskorrelationen Veränderungen in den Wellenfunktionen der Algebra $\{1,i\}$ auslösen und somit die Funktion ψ^* erzeugen kann. ϕ kann also dafür sorgen (zumindest statistisch), dass Messwerte in der realen Welt manifestiert werden, dies könnte erklären, warum eine Beobachtung in der QM tatsächlich Messwerte erzeugt.

EPR-Experiment

Als letzte Implikation wollen wir versuchen, das sog. ERP-Experiment der QM unter den neuen Aspekten zu verstehen. Dieses Experiment ist eines ihrer Schlüsselexperimente, weil es zeigt, dass die uns umgebende Welt nicht-lokal ist. Bis

heute gibt es keine Erklärung für die Ergebnisse des Experimentes, da man nicht-lokale (spukhafte) Fernwirkungen beobachtet. Mit den hier vorgestellten Ergebnissen lässt sich das Experiment sehr gut erklären, eine exakte mathematische Berechnung ist im Anhang gegeben⁵³, hier erfolgt nur eine kurze textuelle Beschreibung:

Einstein-Podolsky-Rosen-Experiment (in seiner Ausprägung von Bohm)

Beim EPR-Experiment sind zwei Elektronen gegeben, die miteinander wechselgewirkt haben und einen Gesamtspin von 0 aufweisen. Beide Elektronen entfernen sich voneinander. Beobachtet man nun den Spin des Elektrons A zu einem Zeitpunkt 1 so muss nach den Formeln und Gesetzen der Quantenmechanik zu diesem Zeitpunkt der entgegengesetzte Spin des (möglicherweise bereits sehr weit entfernten) Elektrons B entstehen (d.h. Wirklichkeit werden). Für derartige Systeme sagt man auch, sie seien verschränkt. Diese Experimente sind mehrmals erfolgreich durchgeführt worden [Aspect, 1982]. Die Interpretation der Physiker ist wie folgt: Entweder gibt es a) bei diesem Experiment experimentell nicht erfassbare (instantane) Fernwirkungen oder aber b) die Quantenobjekte mit denen die Experimente durchgeführt wurden, dürfen nicht als unmittelbarer Bestandteil der Realität angenommen werden. Instinktiv würde man daher a), also die nicht-lokalen Fernwirkungen akzeptieren, damit man wenigstens den Realismus der Welt retten kann. Mittels der hyperkomplexen Wellenfunktionen lassen sich diese nicht-lokalen Fernwirkungen nun gut erklären, denn die Spiegelfunktionen des Beobachters am Ort A sind nicht-lokal und erzeugen zeitgleich auch am Ort B den Kollaps, [Anlage A3]. Es sei betont, dass dies ohne Verletzung bisheriger physikalischer Gesetze möglich ist, da die hier postulierten Spiegelfunktionen nicht-energetisch sind und physikalisch instantan wirken könnten.

Interessant an diesem Beispiel ist für uns folgendes: Immer wenn man eine neue Hypothese einführt, muss man Experimente definieren, die die Falsifizierbarkeit der Hypothese zulassen. Nun ist gerade das o.g. EPR-Experiment der Quantenphysik ein solches Experiment. Im Prinzip hätte man vor 80 Jahren die nicht-energetischen Felder postulieren und Verschränkungsexperimente, wie das o.g. EPR-Experiment, zur Prüfung der Hypothese vorschlagen können, da bei diesem Experiment klassische Erklärungsversuche versagen.

Fassen wir die Ergebnisse des EPR-Experimentes damit zusammen: Die Nullhypothese des EPR-Experimentes hieß: Es gibt keine instantane Fernwirkung. Diese

⁵³ Die Rechnung in [Anlage A3], Kapitel 4, erfolgte durch die Herren Hertig und Höhmann.



Nullhypothese muss seit 1982 verworfen werden. Eine Erklärung für die Alternativhypothese bietet die hier dargelegte Theorie.

Aus Sicht des Autors sind nicht-energetische Felder damit experimentell bereits abgedeckt, es sei denn, man könnte die EPR-Experimente auch anders erklären. Das erscheint jedoch aussichtslos, da die Relativitätstheorie von Einstein Überlichtgeschwindigkeiten von energetischen Objekten verbietet.

Damit beenden wir den Ausflug in die Quantenmechanik.

4.5. Zusammenfassung des Kapitels

In diesem Kapitel wurde aufgezeigt, dass mentale Zustände durch nicht-energetische Felder codiert werden können. Mentale Zustände sind damit nicht-energetische Eigenschaften, die dem Geist zuzurechnen sind. Diese Zustände entziehen sich zwar einer direkten Messbarkeit, dennoch existieren sie. Welche physikalischen Eigenschaften, z.B. welche Ausbreitungscharakteristiken, ein solches Beobachterfeld hat ist ungeklärt. Fest steht nur, dass dieses Feld nicht den Einstein'schen Restriktionen einer Begrenzung der Ausbreitungsgeschwindigkeit unterliegen muss. Wie in der gesamten Nachrichtentechnik üblich, benötigt ein solches Feld aber auf jedem Fall die Bedingung der Resonanz um gesendet bzw. empfangen werden zu können.

Gehirn und Geist werden nach diesem Modell durch eine hyperkomplexwertige Algebra beschrieben, die eng miteinander verzahnt ist. Die Isomorphie beider Unteralgebren, der komplexen Algebra $\{1,j\}$ und der hyperkomplexen Unteralgebra $\{j,k\}$ lässt die Vermutung zu, dass auch ähnliche Mechanismen wie z.B. ein Kollaps der Wellenfunktionen ablaufen können. Während im Rahmen der QM auf diese Weise eine Messung ausgelöst wird, die zu reellwertigen Messwerten führt, so könnte die „Messung“ im hyperkomplexen Fall darin bestehen, dass aus der additiven Überlagerung von unbewussten Zuständen (unbewusste Qualia) ein bewusster Zustand (bewusste Qualia) entsteht. Auch ein solcher Zustand wäre von außen nicht messbar, da er nicht-energetisch ist, trotzdem hat er dieselbe Bedeutung wie in der QM. Aus der Vielzahl möglicher (unbewusster oder auch vorbewusster) Zustände wurde ein bestimmter Zustand ausgewählt und manifestiert.

Dies würde jedoch einen Zeitpfeil (auch für geistige Prozesse) konstituieren, denn man kann klar unterscheiden, ob noch unbewusste Spiegelfunktionen in der Superposition vorliegen oder ob schon ein Kollaps der hyperkomplexen Wellenfunktionen stattgefunden hat und bereits ein bewusster Zustand erreicht wurde. Ein einmal gemessener, bewusster Zustand ist irreversibel, er kann nicht mehr in



seine unbewussten Zustände rücküberführt werden. Das menschliche Bewusstsein (der Geist im Gehirn) steht damit *nicht* außerhalb der Zeit.

5. Zusammenspiel von Gehirn und Geist

Im Folgenden wird versucht, das Zusammenspiel von Gehirn und Geist besser zu verstehen. Dabei wird deutlich werden, dass die bereits heute bekannten Tatsachen keine klassische Erklärung der Entstehung des Geistes durch das Gehirn zulassen. Andere Erklärungen sind zu entwickeln. Seit ca. 10 Jahren erscheinen vermehrt Aufsätze und Fachbücher, die den Geist als *komplexes Quantensystem* beschreiben. Diese Auffassung wurde auch vom Autor vertreten, aber aus Gründen, die in den vorherigen Kapiteln erläutert wurden, muss man diese Hypothese fallen lassen. Der Grund ist, dass man die Qualia selbst mit dem Modell eines Quantensystems *nicht* erklären kann. Man kann das *Bindungsproblem* mit Quantenphysik erläutern, die überraschenden Synchronizitäten im Gehirn uvm., aber nicht das Problem der Qualia.

5.1. Das Problem der Qualia

Was bedeutet Qualia? Es ist die ontologische Kategorie des Empfindens von Sinneseindrücken. Dieses Empfinden lässt sich nicht aus den neuronalen Verkettungen selbst ableiten. Selbst wenn man das sog. „Großmutterneuron“ gefunden hätte, bei dem ein visueller Eindruck kumuliert, kann man dort keine Qualia entdecken. Wenn man beispielsweise die Farbe Grün ansieht, gibt es sehr viele neurophysiologische Verarbeitungsschritte im Gehirn bis man sie „sieht“. Aber unzweifelhaft entsteht für den Menschen irgendwann der qualitative Sinneseindruck für Grün. Und das ist eine qualitative Eigenschaft des Bewusstseins, das ist die Qualia. Um das zu erläutern, machen wir ein Gedankenexperiment: Stellen wir uns vor, in naher Zukunft könne eine Forscherin aufgrund von MRT und EEG und anderen Geräten ihrem eigenen Gehirn detailliert bei der Arbeit zusehen. Diese Forscherin könnte damit genau analysieren, was im Gehirn passieren würde, wenn Sie die Farbe Grün ansähe. Sie würde alles über dieses physiologische Farbsehen in ihrem eigenen Gehirn erfahren können. Nun stellen wir uns aber vor, sie wäre aus unbekanntem Gründen farbenblind⁵⁴. Sie wird dann niemals die innere Erfahrung der Sinnesempfindung Grün haben können, egal mit welcher Lupe sie alle Neuronenvorgänge ihres eigenen Gehirns untersuchen würde. Das ist das Qualiaproblem der Neurowissenschaften und eine der Hauptherausforderungen der Philosophie des Geistes.

⁵⁴ Selbst nach aufwändigen Untersuchungen seien keine physiologischen Gründe gefunden worden.



In diesem Kapitel soll der Versuch unternommen werden, genau dieses Qualia-
problem zu lösen. Natürlich lassen sich im Folgenden erneut nur Grundzüge ent-
wickeln, letztlich kann also nur ein Konzept entworfen werden, welches in sich
logisch und darüber hinaus widerspruchsfrei zu den heute bekannten Gesetzen ist.

Wir wollen jetzt diskutieren, wie im Gehirn ein Höreindruck entsteht. Wie geht das
genau? Stellen wir uns vor, dass wir in der Lage wären, ein Kubikmillimeter Ge-
hirnmasse aus unserem Hörzentrum (dem sekundären oder tertiären auditiven
Cortex) zu extrahieren und „lebend“ in eine Petrischale zu geben. Durch technische
Möglichkeiten sei die neuronale Masse weiterhin mit dem Gehirn verbunden, d.h.
die Neuronen in der Petrischale bekommen (über einen Schaltkreis) Eingangssigna-
le (vom sekundären auditiven Zentrum im Gehirn) und senden Ausgangssignale
in noch höhere Cortex-Regionen weiter. Neurophysiologisch können wir nun dem
neuronalen Netz bei der Arbeit zuschauen und speichern die beobachteten Akti-
onspotentiale auf einem Server ab. Die Neuronen sammeln an den Dendriten Po-
tentiale und ab einem Schwellensignal geben sie elektrische Impulse weiter. Und
jetzt fragen wir uns, wieso wir – trotz der ständigen Transformation von Signalen in
elektrische Impulse usw. – das alles „hören“, also einen akustischen Sinnesindruck
haben. Wir können nun mittels unserer Technologie die vorher auf dem Server
abgespeicherten elektrischen Signale in die Nervenbahnen innerhalb der Petrischale
einbringen und hören Töne. Eine Reizung der Neuronen mit den vorher beobachte-
ten Aktionspotentialen lässt uns wirklich Töne hören. Aber woher kommen diese
Töne? *Sind* die elektrischen Signale im auditiven Cortex die Töne? Wir wissen es
nicht. Wir sehen nur elektrische Signale zwischen den Neuronen⁵⁵.

Als nächstes nehmen wir etwas Gehirnmasse aus dem höheren visuellen Sehzent-
rum. Auch diese kommt lebend in eine Petrischale. Nun beobachten wir die Signale
dieser Nervenbahnen. Auch dort sehen wir nur elektrische Signale. Die Neurophy-
siologie in diesem Teil des Cortex scheint nicht grundlegend anders, wahrschein-
lich auch die Histologie nicht. Aber die elektrischen Signale dieser Nervenbahnen
sehen wir, zum Beispiel als Farbe Grün. Wie das? Wieso *sehen* wir einmal die elektri-
schen Signale und einmal *hören* wir sie, zwei qualitativ völlig andere Sinneswahr-
nehmungen bei nahezu identischen elektrischen Impulsen in den Nervenleitungen.
Doch nun machen wir die Probe. Wir reizen den Zellhaufen in der Petrischale SE-
HEN mit elektrischen Signalen und sehen plötzlich Farben. Dann reizen wir den
Zellhaufen in der Petrischale HÖREN und erzeugen einen Höreindruck. Es ist im-
mer wieder reproduzierbar.

⁵⁵ Selbstverständlich könnten wir – da wir eine überaus hochentwickelte Technologie einsetzen – auch die chemischen Signale an den Synapsen analysieren und einspielen.

Und nun übertreiben wir in unserem Forschereifer und vertauschen die Petrischalen, d.h., der Zellhaufen aus der Petrischale SEHEN wird an das innere Hörzentrum im Gehirn angeschlossen. Dies ist möglich, da die elektrischen Potenziale in beiden Fällen die gleichen sind, wie wir vorher beobachtet haben. Was werden wir nun empfinden, wenn wir den Zellhaufen SEHEN mit elektrischen Signalen aus dem Hörzentrum reizen? Werden wir einen Seh- oder einen Höreindruck haben, immerhin kommen die Signale direkt aus dem auditiven Cortex? Wir fragen uns also jetzt gerade, wo die Qualia codiert ist, in der Anatomie des Cortex oder in der Physiologie bzw. Histologie der Nervenbahnen? Wir wissen die Antwort nicht. Aber aus Sicht des Autors werden wir dann, wenn wir die Sehrindenzellen aus der Petrischale SEHEN an unser primäres Hörzentrum anschließen und letzteres elektrisch reizen, nervale „Tonsignale“ aus dem Hörzentrum sehen. Warum vermuten wir das? Eine ausführliche Erklärung erfolgt später, an dieser Stelle geben wir nur eine Kurzzusammenfassung: Wir stellen uns vor, dass dem höheren Sehzentrum z.B. vom Hirnstamm ausgehend (evtl. vom *Formatio reticularis*) eine Aufmerksamkeitsfunktion A zu Teil wird, die die dortigen vorbewussten Wellenfunktionen des Sehens kollabieren lässt. Dann – genau dann! – sehen wir den Inhalt der vorbewussten Spiegelfunktionen, die mit diesem Ort verbunden sind: Der Seheindruck wird uns bewusst. Dieser Vorgang ist auch der Grund, warum uns nicht alle Gehirnvorgänge bewusst werden, denn nur eine (hyperkomplexe) Aufmerksamkeitsfunktion A kann die unbewussten bzw. vorbewussten Vorgänge kollabieren lassen, und zwar isomorph zum Messvorgang der Quantenmechanik. Im Kapitel 5.4. werden wir dieses Bewusstwerden mathematisch exakt formulieren.

Wir möchten noch ein weiteres Gedankenexperiment durchführen⁵⁶. Diesmal betrachten wir einen Patienten, der auf einem Krankenbett liegt und gerade verstorben ist. Da uns die o.g. Technologie zur Verfügung stehe, machen wir – das Einverständnis haben wir uns von ihm und der Ethikkommission vorher eingeholt – ein Experiment mit dem soeben Verstorbenen. Wir halten seinen höheren auditiven Cortex am Leben, versorgen ihn mit Nährstoffen und haben die Erlaubnis bekommen, den Cortex mit vorher abgespeicherten elektrischen Signalen zu reizen. Wir sehen, dass aufgrund unserer Technologie wieder genau die gleichen Signalfolgen im Hörzentrum ablaufen, wie vorher, als der Patient noch am Leben war und seine Lieblingsmusik gehört hat. Das ist auch logisch, denn es sind die gleichen elektrischen Signale, die wir nun in den Cortex einspielen. Wir wären uns – als Neurowissenschaftler – sicher, dass der Patient dies hören muss, denn wir waren uns sicher,

⁵⁶ Die skizzierte Idee ist von einer meiner Töchter, die im Medizinstudium steht und „diverse“ Praktika an sogenannten *Körperspendern* durchführen muss.



dass diese Signale mit der Qualia des Hörens identisch *sind*. Oder doch nicht? Wer hört denn jetzt die Musik? Der Patient ist gerade verstorben. Hört er sie trotzdem noch, so im langen Prozess des Sterbens⁵⁷? Wir wissen es nicht. Aber wir glauben, dass es einen Zeitpunkt gibt, wo der Patient diese Musik nicht mehr hört, egal wie lange wir das auditive Hörzentrum am Leben erhalten und mit den elektrischen Signalen reizen. Irgendwann ist kein Leben mehr im Patienten und unser gesunder Menschenverstand sagt uns, dass der Patient spätestens dann die Musik nicht mehr hört. Genauso wie er irgendwann per Gesetz nicht weiterlebt, obwohl sein Herz noch schlägt (und evtl. für Transplantationen vorbereitet wird), so lebt er irgendwann nicht weiter und hört auch die Musik nicht mehr. Man könnte jetzt argumentieren, dass das ein unlogisches Experiment sei und der verstorbene Patient natürlich nicht mehr die Musik höre, da nahezu alle anderen Parameter des Patienten durch den Sterbeprozess verändert wurden. Aber diese Logik ist falsch. Gerne nehmen wir alle Gehirnregionen hinzu, die uns die Physiologie nennt, die zum Hören wichtig sind. All diese erhalten wir durch unsere Spezialtechnik am Leben und setzen sie den Reizen aus, die wir vorher abgespeichert hatten. Aber letztlich müssen wir uns nur auf die wenigen Kubikmillimeter Hirnmasse konzentrieren, von der uns der Neuroforscher sagt, dass dort das wirkliche Hören stattfindet. Das sollte einfach sein, denn irgendwann muss der Neuroforscher schließlich konkret werden und kann nicht sagen, dass er zum Hören doch eher das gesamte Hirn bräuchte. Wäre das so, könnte er seine Forschung einstellen, die stets immer weiter repariert. Also, wie erhalten genau jenen Teil am Leben, wo das subjektive Hören laut der Neurowissenschaft stattfindet.

Unser gesunder Menschenverstand sagt uns, dass der Patient dann trotzdem nicht mehr hört, denn es ist „niemand mehr da“, der hören könnte. Der Geist ist verschwunden. Der Geist ist eine andere ontologische Entität. Er ist in den nicht-energetischen Spiegelfeldern codiert gewesen und die haben sich vom Gewebe „abgekoppelt“. Sie sind jetzt irgendwo, aber sicher nicht mehr mit dem Gehirn verbunden. Durch den Sterbeprozess hat sich die Physiologie des Gehirns so verändert, dass keine „Resonanz“ mehr zwischen den hyperkomplexen Spiegelwellen

⁵⁷ Es soll angedeutet werden, dass der (gefühlte) Prozess des Sterbens für den Betroffenen eventuell „sehr lange“ dauert, da er sich aus dem normalen Raum-Zeit-Kontinuum verabschiedet. Die subjektiv gefühlte Zeit wird sehr wahrscheinlich eine völlig andere Geschwindigkeit entwickeln, als dies für Dritte der Fall ist (z.B. eine Art extreme Zeitlupe der Außenwahrnehmung). Der Autor vermutet sogar, dass sich das Bewusstsein von der normalen (reellen) Zeitachse löst und auf eine imaginäre Zeitachse konvergiert. Das ist reine Spekulation, mathematisch spricht jedoch viel dafür, doch es soll an anderer Stelle analysiert werden. Die trigonometrischen Funktionen für imaginäre Zeiten sind jedenfalls höchst interessant.

und den quantenphysikalischen Wellen des Hirngewebes vorherrscht⁵⁸. Der Übertritt Geist-Gehirn ist „unterbrochen“, es gibt keinen Zugang mehr zu den hyperkomplexen Spiegelwellen und von diesen nicht zu „uns“. Was immer das für die nicht-energetischen Felder bedeuten mag, bleibt dahingestellt. Klar ist nur, dass sie vorher durch die Kopplung mit dem Hirngewebe an Raum-und-Zeit gebunden waren. Man erkennt das mathematisch daran, dass selbst die hyperkomplexen Spiegelfunktionen für (x) bzw. (t) entwickelt wurden.

Diese Kopplung ist nun aufgehoben.

Erklärungsversuch zur Entstehung von Qualia

Wir wollen die Entstehung von Qualia weiterhin am obigen Beispiel des subjektiven Höreindrucks diskutieren. Trifft Schall $\alpha(t)$ auf unser Ohr, so werden die Schallwellen über das äußere Ohr durch Impedanz-Wandelung in das innere Ohr geleitet, in welchem Sinneszell-Härchen erregt werden. Weiter gelangen die nun elektrischen Sinnesreize über das erste, zweite, usw. bis zum sog. fünften Neuron in den primären auditiven Cortex. An welcher Stelle in der Hörbahn oder im Cortex entsteht nun der subjektive Höreindruck und warum gerade dort? Genau diese Frage müssen wir jetzt klären.

Aus unserer Sicht passiert folgendes: Die physiologische Verarbeitung der Hörsignale benutzt überall im Gewebe quantenmechanische Prozesse, beispielsweise bei der Verarbeitung in synaptischen Spalten oder bei der Weiterleitung der Erregung in den Axons. Dort werden elektrische Impulse ausgesandt, das sind die bereits bekannten, zu messenden klassischen Signale. Ein mikroskopischer Quantenprozess ist zum Beispiel die (Zufalls-) Entscheidung, ob bei einer Synapse ein Kalzium-Ion durch einen Kanal transportiert werden wird oder nicht. Diese Quantenprozesse werden durch Wellenfunktionen $\psi(t)$ beschrieben, deren komplizierte mathematische Beschreibung uns im konkreten Fall nicht möglich ist. Viel zu komplex erscheinen die Modulationen⁵⁹. Mathematisch bedeutet jede Modulation jedoch eine Veränderung von $\psi(t)$. Diese ist jedoch wiederum über die neue Algebra mit der hyperkomplexen Spiegelfunktion ϕ verknüpft. Veränderungen der Wellenfunktion

⁵⁸ Diesen Spiegelfunktionen ist der Zutritt zum Gewebe „verwehrt“.

⁵⁹ Falls die Frage entsteht, ob quantenmechanische Wellen tatsächlich auch physikalisch moduliert werden können (oder nur mathematisch) ist die Antwort ein klares JA, wie man am Doppelspaltexperiment der QM ersehen kann. Dort wird die quantenmechanische Welle eines Elektrons durch den Spalt *moduliert*, sonst gäbe es keine Interferenzmuster auf dem Schirm. Quantenmechanische Wellen sind physikalisch genauso modulierbar, wie wir das von den klassischen Trägerwellen her kennen. Das gleiche gilt für Spiegelwellen.



im Gewebe führen daher zwangsläufig zu Veränderung der virtuellen Spiegelwelle $\phi(t)$.

Mittels Gleichung (4.8) können wir „mit der Lupe“ die Entstehung von Qualia beobachten, denn genau dort wäre die mathematische Stelle, wo die physiologischen Höreindrücke die immaterielle Qualia auf die Spiegelfunktionen aufprägen (selbstverständlich überall entlang der Hörbahn!), wenn – wie wir angenommen haben – den mathematischen Spiegelwellen die geistigen Qualia-Zustände zugeordnet werden. Oder mit anderen Worten, durch die mathematische Kopplung „Quantenmechanischer Prozess ψ im Gewebe“ und „Spiegelwelle ϕ “ kommt es zur Modulation der unbewussten mentalen Zustände bei jeder quantenphysikalischen Veränderung im Hirngewebe. Hier geschieht der Übertritt in die subjektiven Empfindungen.

Man könnte nun auch annehmen, dass das Gehirn an dieser Stelle die eingeführten Spiegelfunktionen *erzeugt*, um dort seine Qualia aufzuprägen. Allerdings ist das aus mathematischen Gründen eben nicht möglich (siehe Fußnote⁶⁰).

Die modulierte Qualia $\phi(t)$ (vom Typ $\langle j,k \rangle$) wird allerdings noch nicht bewusst gehört, da zu jeder Zeit zahlreiche Sinneseindrücke ins Hirngewebe gelangen und damit als unterbewusste Qualia codiert werden. Der Verarbeitungsprozess muss folglich weiter gehen.

Man beachte jedoch, dass wir uns nun bereits auf der Seite der Qualia befinden. Letzteres ist essentiell für das Verständnis. Auf neurobiologischer Seite des Hirngewebes gibt es so viele elektrische, magnetische, optische oder chemische Prozesse, dass jede quantenmechanische Kohärenz oder gar Verschränkung nach gerings-

⁶⁰ Warum kann das Gehirn die Qualia (aus dem Nichts heraus schöpfend) *nicht* selbst erzeugen, wozu benötigt es bereits vorhandene Spiegelfunktionen zur Speicherung der Qualia? Dafür gibt es einen Grund, der bisher noch nicht klar genannt wurde. Die gesamte Quantenmechanik wird auf der Algebra der komplexen Zahlen (C) ausgeführt. Nun ist die Algebra mathematisch geschlossen, es gibt also keine einzige mathematische Rechenoperation, die aus dieser Algebra hinausführt. Dies ist eine völlig neue Situation bei Algebren. Bei den natürlichen Zahlen (N) führt die Differenzbildung aus dem Zahlenbereich hinaus, bei den reellen Zahlen (P) die Wurzel aus -1. Aber bei den komplexen Zahlen gibt es keine Rechenoperation, die nicht ausführbar wäre und damit aus dem Zahlenbereich hinausführt. Da es also keinen einzigen Formalismus gibt, aus sich selbst heraus höher-dimensionale Algebren (als C) zu erzeugen, müssen diese Algebren (bzw. ihre physikalischen Pendanten) *vorher* da gewesen sein. Egal was das Gehirn mathematisch machen würde, es könnte niemals Zahlen des Typus $\langle j,k \rangle$ erzeugen, wenn es diese nicht schon vorher gäbe. Beobachterfelder (auf denen die Spiegelfunktionen definiert wurden) müssen „seit Beginn des Urknalls“ vorhanden gewesen sein. Natürlich haben einfache Atome keine Qualia, aber sie besitzen Spiegelfelder, die ja nichts weiter als Möglichkeitsfelder zur Speicherung von Informationen sind.

ten Zeiträumen zerstört wird. Dies ist das Dekohärenzproblem der QM, was letztlich quantenphysikalische Verarbeitungen im Gehirn extrem einschränkt. Auf Seiten der Qualia ist das aber nicht so. Aus unserer Sicht verändern nur quantenmechanische Prozesse die dazugehörigen Spiegelwellen, so dass letztere von allen anderen Prozessen (der „festen Materie“) unbeeindruckt bleiben. Wir müssen uns jetzt aber erinnern. Auf Seiten der Spiegelwellen wurden isomorphe Gleichungen eingeführt, wie wir sie aus der normalen QM kennen. Genau diese Mathematik ermöglicht, dass auf Seiten der Beobachterfelder Prozesse ablaufen, die denen der klassischen QM vollkommen gleich sind. Der einzige Unterschied ist, sie sind energielos. Sie sind jedoch nicht-lokal, können Verschränkungen realisieren und können durch Messung kollabieren, ganz so, wie wir das von der klassischen QM bereits wissen. Stellen wir uns vor, dass (nach der Idee von Gleichung (4.8)) die – der Neurobiologie unterlagerten – Quantenprozesse des Gewebes zu einer Modulation der Spiegelwellen geführt haben. Im Ergebnis dessen entstanden auf Seiten der Qualia kohärente Wellenfunktionen⁶¹.

Die unbewussten Spiegelfunktionen der Sinneswahrnehmungen bedeuten in Wirklichkeit jedoch nichts anderes als Wahrscheinlichkeitsamplituden für jede einzelne, unbewusste Qualia-Empfindung. Zusammen mit allen anderen Höreindrücken, die zur gleichen Zeit in den auditiven Cortex projiziert werden, entsteht nun unter den mittlerweile vorbewussten Qualia-Eindrücken $\phi_1(t)$, $\phi_2(t)$, $\phi_3(t)$ usw. ein quantenmechanischer Wettstreit, welcher Höreindruck ins Bewusstsein vordringt. Alle Spiegelfunktionen überlagern sich genauso wie die Superposition der QM es mathematisch vorschreibt (eben nur hyperkomplex): $\phi = \phi_1 + \phi_2 + \phi_3 + \dots$.

Wie entsteht der bewusste Qualia-Eindruck?

Noch ist alles unbewusst oder besser vorbewusst. Im Bewusstsein findet – gesteuert durch die bereits erwähnte Aufmerksamkeitsfunktion A – jedoch permanent ein informationsmechanischer Messprozess statt, wodurch es zum Kollaps der (bis dato unbewussten) Spiegelfunktionen kommt. Dies bedeutet mathematisch eine Betragsquadrierung der Wellenfunktionen zu $|\phi|^2$, was zu imaginären Wahrscheinlichkeiten zur Basis $\langle k \rangle$ führt, dieses oder jenes unbewusste Ereignis wirk-

⁶¹ Wir glauben, dass diese Prozesse für jede Zelle gelten und nicht nur für das Gehirn. Überall, wo QM-Prozesse ablaufen, werden Spiegelfunktionen moduliert und es entstehen Abbilder der „realen Welt“. Dies ist ja gerade die Funktion der Spiegelfunktionen, sie sind eine Art Speicher für Abbildungen der „realen Welt“. Jede Zelle, daher auch jede Pflanze, jedes Tier und jede menschliche Zelle produziert (nebenbei) Qualia. Dies ist jedoch in den meisten Fällen unbewusst. Wahrscheinlich erst im höheren Tier entsteht daraus ein bewusster mentaler Zustand.



lich *bewusst* wahrzunehmen⁶². Durch diese Messung, sprich Beobachtung, im eigenen Geiste, wird einem das Geräusch mit der höchsten Wahrscheinlichkeitsamplitude am wahrscheinlichsten bewusst.

Alle anderen unbewussten Geräusche sind ab dem Augenblick des Kollapses ausgeblendet und verharren weiter in Superposition. Wichtig ist, dass ein solcher Prozess der Entstehung bewusster Qualia instantan wirkt und irreversibel ist⁶³. Es gibt einfach keinen Versuch-und-Irrtum Prozess, wie man es bei klassischen, nicht QM-Systemen erwarten würde. Der Kollaps – das Bewusstwerden – erfolgt instantan. Dieser Prozess des informationsmechanischen Wettstreites ist auch der Grund dafür, warum manche Autoren das Gehirn immer noch mit einem Quantensystem gleichsetzen⁶⁴.

Wir wollen an dieser Stelle nochmals betonen, dass wir Qualia als diejenigen Systemparameter ansehen, die den *Gesamtzustand* beschreiben und die die Folgezustände des Systems essentiell verursachen. Beim oben genannten Beispiel des Hörens könnte man sich vorstellen, dass jegliche Reizbarkeit auf neuronaler Stufe bleibt und man gar keine Qualia bräuchte. Dies ist aber bei essentiellen Qualiaeindrücken auf keinen Fall so. Ein wichtiger Qualiaeindruck eines biologischen Systems ist sicher Angst, ein weiterer ist sexuelle Lust. Auch dies sind Qualiaeindrücke, die in den Spiegelfunktionen des Geistes angelegt sind. An diesen beiden Beispielen erkennt man bereits, welche Bedeutung die Qualiaeindrücke für das Verhalten eines Systems haben, denn biologische Systeme wollen positive Qualia erzeugen und negative vermeiden⁶⁵. Das – nur das (?) – ist die Triebfeder ihres Handelns.

⁶² Ein Beispiel: $\phi_1 = 3j\sin(5t)$, $\phi_2 = (3k+200j)\sin(t)$, $\phi_3 = (-3k-200j)\sin(t)$: $\phi = 3j\sin(5t)$ und $|\phi|^2 = 9k\sin^2(5t)$. Letzteres sei die imaginäre Wahrscheinlichkeitsdichte für einen Qualiaeindruck.

⁶³ Was ist an den höheren Cortex-Arealen (sekundäres, tertiäres Hörzentrum etc.) so anderes, dass genau dort – so scheint es –, bewusste Qualia entsteht? Während in jeder Zelle unbewusste Qualia existiert, zeichnet sich diese Hirnregion dadurch aus, dass dann, wenn sie aktiv ist, dort der Höreindruck entsteht. Warum aber dort? Ist die Histologie anders, die Physiologie oder die Anatomie? Der Autor kann das nicht sagen, hier können nur Neurobiologen oder Mediziner die Antwort geben. An dem inneren Aufbau der Neuronen vor Ort wird es wahrscheinlich aber nicht liegen. Der Autor vermutet, dass genau dort die Aufmerksamkeitsfunktion A (evtl. aus dem Hirnstamm kommend) eingekoppelt wird, dass es daher dort zum Kollaps der Wellenfunktionen ϕ kommt, Kapitel 5.3.

⁶⁴ Görnitz, Manousakis, Koncsik, Krüger uvm.

⁶⁵ Stellen wir uns vor, die männlichen Tiere einer Art hätten keine sexuelle Lust. Die Fortpflanzung der gesamten Art wäre sofort gefährdet, denn warum sollte sich ein solches Tier irgendwelchem Stress aussetzen, nur um zur Paarung zu gelangen. Hier sieht man, dass Qualia essentiell für eine ganze Art sein kann. Man könnte nun argumentieren, dass sexuelle



Kommen wir zum Bindungsproblem.

5.2. Das sogenannte Bindungsproblem und seine Erklärung

Im Gehirn gibt es mehrere Milliarden Neuronen mit verschiedenen Aufgaben. Die Frage, die sich die Neurowissenschaftler schon länger stellen, ist, woher das Gehirn weiß, was letztlich zusammengehört. Wenn man also einen komplexen Gegenstand der Außenwelt betrachtet, laufen hunderte oder tausende nervale Operationen ab, und doch kann man nach weniger als einer Sekunde eine innere neuronale Repräsentation eines äußeren Objektes aufbauen.

Betrachten wir einen Singvogel, so scheint unser Gehirn augenblicklich eine Einheit zwischen den visuellen und den auditiven Signalen herzustellen. Aber wie das? Es ist nicht geklärt, wie es das Gehirn in so kurzer Zeit schaffen kann, und zwar ohne Fehlversuche. Die erste Repräsentation des Gehirns ist meist auch die richtige, es gibt (fast) keine Versuch-und-Irrtum-Strategie. Wir erkennen den Singvogel sofort als Einheit, obwohl er sich aus hunderten oder gar tausenden Parametern zusammensetzt. Im Gehirn gibt es Neuronen, die sich auf Kantenerkennung spezialisiert haben, andere auf Schattierungen, wieder andere auf Formen, nächste auf Tonhöhen usw. usw. Zum Schluss ergibt das einen Singvogel. Es muss geklärt werden, wie das mit den unterschiedlichen Laufzeiten im Gehirn vereinbar ist, denn alle Auswertungen müssen gleichzeitig abgeschlossen sein.

Für die innere Repräsentation gibt es zahlreiche Möglichkeiten. Man spricht von Großmutterzellen, wenn die Informationsverarbeitung wie bei einer Hierarchie auf immer höherer Ebene erfolgt, bis sozusagen das Mutterneuron erregt wird. Sollte dieses Neuron immer dann erregt sein, wenn man einen bestimmten Gegenstand der Außenwelt sieht, dann hat man den inneren Repräsentanten gefunden. Meistens ist es jedoch viel komplexer, denn es gibt den einen Repräsentanten nicht. Im

Lust gar keine Qualia ist, sondern eher eine Art chemischer Anziehung. Aber sie ist es nicht. Sexuelle Lust ist weder magnetisch noch chemisch. Sie ist etwas, was auf große Entfernung wirkt und in einem System entsteht und als makroskopischer Systemparameter gravierende Auswirkungen auf das Handeln eines Subjektes hat. Oder nehmen wir die Angst. Gäbe es keine Qualia der Angst, wären die Tiere bereits ausgestorben, denn sie würden gefährliche Situationen nicht vermeiden. Angst hat also eine enorme Wirkung auf das Handeln von Subjekten. Man kann nun sagen, Angst sei keine Qualia, Lust sei keine Qualia, das Empfinden der Farbe Grün sei keine Qualia. Was aber dann? Das subjektive Empfinden eines Sinneseindrucks (oder inneren Systemzustandes) ist eben gerade Qualia. Wir unterscheiden hier allerdings nicht ganz korrekt zwischen eher geistigen Qualia-Zuständen (Kognition, Sehen, Hören) und Qualia-Empfindungen, die verstärkt auch das Körperliche betreffen (Angst, Schmerz, Hunger). Das ist aber in unserem Falle unbedeutend.

Sehzentrum feuern mehrere Tausend Neuronen gleichzeitig und repräsentieren den visuellen Eindruck des äußeren Gegenstandes, sie sind sein neuronales Korrelat. Adäquates passiert im Hörzentrum, Riechzentrum usw. Und eine wichtige Eigenschaft dafür, dass etwas zusammen gehört ist ihre Gleichzeitigkeit. All diese Neuronen feuern gleichzeitig, mit gleicher Amplitude, Frequenz und Phasenlage, jedenfalls sind ihre elektrischen Signale synchron. Die Frage ist, wie das Gehirn diese enorme Gleichzeitigkeit schaffen kann. Neuronal lässt sich das kaum erklären, denn jedes Areal hat unterschiedlich lange Verarbeitungszeiten.

Der *neuronale* Schlüssel sind die Synchronisationen. Singer, Engel et. al. haben das Bindungsproblem seitens des Gehirngewebes bereits 1997 gelöst [Singer, 1997]. Ihre Entdeckungen zur Synchronisation von Nervenverbänden zeigt, dass das Gehirn eine dynamische Verknüpfung aller Einzelteile zu einem Gesamtsystem realisiert⁶⁶. Auch den Hauptgrund nennt Singer, denn seiner Meinung nach hat das Gehirn durch eine zeitliche Ordnung unendlich viele Freiheitsgrade zur Verknüpfung beliebiger Einzelteile zu einem beliebigen Ganzen. Man kann die Frequenzen der Aktionspotenziale synchronisieren oder in ein bestimmtes Verhältnis zueinander bringen, ihre Phasenlagen koppeln uvm. Wir möchten dieser These voll und ganz zustimmen. Eine räumliche Ordnung kann nicht die Geschwindigkeit und Flexibilität aufbringen, wie eine (kurzzeitige) zeitliche Ordnung von Strukturen. Die Frage ist nur, wie es zu den von Singer beobachteten Synchronisationen im Gehirn kommen kann, da doch ein räumlicher Abstand zwischen den Gehirnregionen und verschiedene Laufzeiten innerhalb der Neuronenverbände bestehen? Und es bleibt die Abschlussfrage: Wer beobachtet die Synchronisationen? Wer sieht auf das Gewebe und erkennt die zeitliche Synchronisation räumlich verteilter Neuronenverbände. Man muss nämlich klar sagen, dass die temporäre Synchronisation der Zellverbände *nicht* mit Bewusstsein gleich gesetzt werden kann, denn auch narkotisierte und Reizen ausgesetzte Katzen erzeugen Synchronisationen in ihrem Gehirn, nehmen diese aber nicht bewusst wahr.

Kommen wir also zu der Frage, wie eine solche Synchronisation biologisch überhaupt stattfinden kann. Wir zitieren aus einen fast 20 Jahre alten Artikel von W. Held⁶⁷: „Die Frage, ob mit dem Mechanismus der räumlich verteilten Synchronisa-

⁶⁶ Nach dem Konzept des *Temporal Bindung* erzeugt das Gehirn zum Beispiel 40 Hz Oszillationen, die als funktionell notwendig für die höhere Gestaltswahrnehmung interpretiert werden können. Dabei schwingen mehrere (10-30) über das Sehzentrum verteilte Neuronenverbände für einen kurzen Zeitraum synchron. Zusätzlich zur Kodierung über die Feuerungsrate wird damit eine neue zeitliche Dimension aufgemacht, die beliebig viele Gestaltswahrnehmungen zulässt.

⁶⁷ [Held, 1998]

tionen ein Anknüpfungspunkt zu quantenphysikalischen Überlegungen gegeben ist, wird innerhalb der Gemeinde der Hirnforscher nahezu einhellig negativ beschieden. So betont auch Engel, dass für den Aufbau dieser Synchronisationen keinerlei quantenphysikalische Konzepte wie Nichtlokalität (eine instantane Verbundenheit räumlich getrennter Teilchen wie beim EPR-Paradoxon und beim Doppelspaltexperiment) notwendig sind, der Aufbau dieser Synchronisation lässt sich klassisch nachvollziehen. Dabei übersieht er allerdings, dass die klassische Physik (im Gegensatz zu Quantenmechanik) mit ihren einzigen Bestandteilen lokaler Teilchen und lokal wirksamer Felder kein Konzept für räumlich verteilte Ganzheiten besitzt. Ebenso bietet sie für den Gestaltsprung, einem akausalen Entscheidungsprozess, kein Erklärungskonzept an (Stapp 1993). Es lässt sich also zusammenfassend sagen, dass sich durch das Konzept des *Temporal Bindings* der Spalt zwischen klassischen und quantenphysikalischen Ansätzen im Bereich der Hirntätigkeit und des Bewusstseins bislang nicht verkleinert hat.“ (Zitat Ende).

Die meisten führenden Neurobiologen schließen auch heute noch quantenmechanische Effekte im Gehirn aus. Wie aber könnte sonst räumlich verteilte Synchronisation stattfinden? Um hier eine Idee zu bekommen, schauen wir in die Physik. Aus der Physik sind zahlreiche ähnliche Prozesse bekannt. Der Magnetismus beispielsweise entsteht nur durch Synchronisation (Ausrichtung) von Einzelmagneten innerhalb eines Materials. Die Ausrichtung von sog. Weißschen Bezirken führen zu dem Globalverhalten des Magnetismus. So ist es aus unserer Sicht im Prinzip auch im Gehirn. Die Synchronisation verschiedener Bezirke führt zu einem völlig neuwertigen Globalverhalten. Beim Magnetismus muss die Ausrichtung von außen herbeigeführt werden (man nennt das Magnetisierung). Wie wird es beim Hirngewebe sein? Aus unserer Sicht wirken hier Körper und Geist in einer Rückkopplung. Wir hatten schon gesehen, wie es durch Veränderungen des Hirngewebes zu Veränderungen der Spiegelfunktionen kommen kann. Aber Gleichung (4.8) konnte auch in anderer Richtung interpretiert werden. Veränderungen innerhalb der Spiegelfunktionen ϕ führen zu Verschränkungskorrelationen mit den QM-Prozessen ψ im Gewebe. Dadurch können die Spiegelfunktionen auf jeden Neuronenverband, der mit ihnen in Resonanz steht, wirken und es entstehen zwischen Gehirn und Geist hochkomplexe Rückkopplungsschleifen.

Selbst bei einfachen Rückkopplungsschleifen von Regelkreisen sehen wir, dass ein System nach wenigen Iterationen in einen Endzustand einrasten kann. Aus der Theorie der chaotischen Systeme wissen wir, dass bei nicht-linearen Systemen sehr komplizierte Attraktoren entstehen (nächstes Kapitel). Rastet das Gehirn-Geist-System auf einen solchen Attraktor ein, erzwingen die Wirkungen des Geistes eine *Resonanzerhöhung* im jeweiligen Gewebeabschnitt, weshalb sich an verschiedenen



Stellen (die in Resonanz mit dem „geistigen Attraktor“ stehen) Synchronisationen ergeben. Daher fand Singer die Synchronisationen und interpretiert diese korrekt als den neuronalen Mechanismus zum Bindungsproblem.

Wir postulieren, dass die Synchronizität der neuronalen Korrelate eines Objektes über das nicht-energetische Feld des Gehirns vermittelt wird.

Während die verschiedenen Sinneseindrücke verarbeitet werden, werden gleichzeitig die hyperkomplexen Wellenfunktionen moduliert, die sich alle miteinander (unbewusst) überlagern. In einem informationsmechanischen Wettstreit setzt sich nun ein Sinneseindruck als Gesamteindruck durch (und zwar nicht in einer *Iteration*, sondern sofort durch Betragsquadrierung der hyperkomplexen Wellenfunktionen).

In diesem Augenblick rastet das Bewusstsein auf die Erkennung des Objektes ein und manipuliert über Verschränkungskorrelationen die mit ihnen verknüpften komplexen Wellenfunktionen (des Gehirns). Diese wiederum sorgen dafür, dass sich die Neuronen unmittelbar synchronisieren. Stillschweigend haben wir eine echte physikalische Wirkung des Geistes angenommen.

Die Essenz des o.g. Mechanismus ist daher die tatsächliche Einwirkung des Geistes auf neuronales Gewebe. Dies soll im folgenden Kapitel besprochen werden.

5.3. Hypothese zur physikalischen Wirkung des Geistes im Gehirn

Wie kann der Geist auf das Gehirn nun konkret einwirken, ohne die Physik zu verletzen? Wir wollen im Folgenden eine Hypothese darlegen.

Am Beispiel der Zufallsgeneratoren (Kapitel 4.2.) haben wir aufgezeigt, wie man sich Verschränkungskorrelationen in ihrer Auswirkung auf Prozesse, die real messbar sind, konkret vorstellen kann. Natürlich benötigen wir einen *kausalen* Einfluss des Geistes auf (biologische) Materie, denn „wenn man einen Arm heben will, will man einen Arm heben“, das darf nicht dem Zufall überlassen werden. Wir haben im o.g. Beispiel festgestellt, dass es bei 100 Zufallsgeneratoren mit zahlreichen statistischen Kennwerten über den experimentellen Datenreihen der Versuchsklassen A (Geist und Materie unterliegen Verschränkungskorrelation) und B (keine Verschränkungskorrelation) bei manchen Kennwerten zu signifikanten Unterschieden zwischen den Klassen kommen muss. Nun stellen wir uns vor, dass die

Zufallsgeneratoren nicht separat für sich „hinarbeiten“, sondern alle miteinander rückgekoppelt seien. Passen wir das Experiment gedanklich daher auf Neuronenschaltungen im Gehirn an und entwerfen nachfolgende erste **Arbeitshypothese**:

Stellen wir uns 1000*1000 vernetzte Neuronen mit ihren Milliarden von mikroskopischen Quantenprozessen $\psi_i(r,t)$ mit ihren Ionenkanälen, Diffusionsraten, elektrischen Impulsen vor, die zufälligen Schwankungen unterliegen. Will der menschliche Geist $\phi(t)$ auf diesen Neuronenverband einwirken, kann er das – wie gesagt – nur statistisch, über Korrelationen (da er kein physikalisches Signal zu senden vermag). Er kann $\psi_i(r,t)$ nur zufällig korrelativ verändern (also nicht gezielt $\psi_1(r,t)$ oder $\psi_2(r,t)$ oder $\psi_3(r,t)$), sondern – sagen wir – nur einige zufällige 100.000 Quantenprozesse aus dem Neuronenverband). Diese 100.000 Quantenprozesse mögen ihrerseits auf das Aktivitätsverhalten von Neuronen wirken, und zwar mathematisch über ihre Wahrscheinlichkeitsdichte $|\psi_i(r,t)|^2$. Nun seien die 1000*1000 Neuronen jedoch so verschaltet, dass es ausreichen möge, wenn aus diesem Verband 100 Neuronen „zufällig“ in ihrer Aktivität erhöht werden. Diese 100 aktivierten Neuronen mögen die Feuerungsrate ihrer Axons verändern, welche wiederum als Eingang für andere Neuronen des Verbandes dienen. Nach einigen Millisekunden sei der gesamte Verband erregt. Bei einer wiederholten Korrelation des Geist-Neuronenverbandes würden wir feststellen, dass nun andere Initialneuronen „zufällig“ erregt werden würden, aber diese Zufallserregung würde erneut ausreichen, um den gesamten Verband zu „zünden“⁶⁸.

⁶⁸ Das Problem ist, dass auch dann, wenn der Geist nicht „eingreifen wollte“ in dem Neuronenverband in unserem Beispiel auch ca. 100 Neuronen durch Zufall erregt werden würden, denn die statistischen Gesetze müssen genauso wie die physikalischen eingehalten werden. Um die kausale Wirkung des Geistes trotzdem zu ermöglichen, stellen wir uns in dem o.g. Neuronenverband 1.000 räumlich verteilte Initialneuronen (deren topologischer Verschaltung man *nicht* ansehen kann, dass sie als Initialneurone fungieren) aus einer sog. STARTGRUPPE vor. Wenn aus dieser STARTGRUPPE 100 zufällige Neurone aktiviert werden (egal welche, es reichen 100 von 1.000), wird sich der gesamte Verband nach wenigen Millisekunden selbst erregt haben. Werden jedoch andere Neuronen aus dem 10^6 großen Verband durch Zufall aktiv, bleibt deren Auswirkung lokal begrenzt und der Verband erregt sich nicht. Man kann sich nun ausrechnen, dass es nach diesem Modell eine riesige Anzahl von statistischen Möglichkeiten gibt (dies ist die notwendige Bedingung für Verschränkungskorrelationen), den Verband „zufällig“ zu zünden (in unserem Beispiel über 10^{130}) oder gerade nicht. Der Geist kann somit auch ohne „Signalausendung“ kausal einwirken. Das ist gemeint, wenn man von Verschränkungskorrelationen spricht. Man kann das Modell natürlich auch verfeinern und sich eine dynamische Verbindungsmatrix N zwischen den Neuronen vorstellen. Dazu nehmen wir zwei Matrizen vom Typ N , die wir multiplizieren wollten, um das o.g.



Jetzt haben wir (gedanklich) ein neuronales Korrelat erzeugt, und alle weiteren Abläufe spielten sich so ab, wie von den Neurobiologen entdeckt und erklärt. **Damit hätten wir eine kausale Wirkung des Geistes auf die Neurophysiologie des Gehirns beschrieben.**

Dieser Ablauf funktioniert jedoch nur bei vernetzten Strukturen (Zellorganellen, Hirngewebe, extrem vernetzten Gesellschaften usw.). Der Geist kann nach diesem Modell nur auf ganz spezielle Art von Materie kausal einwirken, die Einwirkungen auf alle andere Materiearten (Siliziumkristalle, Zellhaufen etc.) werden immer rein statistisch bleiben. Das ist auch der Hauptgrund, warum ein Tableau von Zufalls-generatoren (selbst wenn es Tausende wären) nicht ausreichen kann, eine kausale Wirkung von Geist zu messen. Wir erinnern nochmals an die negativen Ergebnisse des PEAR-Labs und anderer.

Durch dieses Modell ist die physikalische Grundlage des Wirkens eines freien Willens gegeben, denn der Wirkung von Geist auf das neuronale Gewebe steht nach dem hier dargelegten *kein* bekanntes Gesetz der Physik oder Mathematik entgegen.

Problem mathematisch zu simulieren. In jeder der beiden Matrizen käme die „1“ maximal 100mal vor. In der ersten Matrix stehe die „1“ für „Neuron sei zufällig aktiviert“ und in der zweiten Matrix stehe die „1“ für „Neuron sei zugehörig zur STARTGRUPPE“. Alle anderen Felder der Matrizen seien 0. Ob das Feld global zündet, könnte beispielsweise die Determinante der Matrixmultiplikation $|N_1 * N_2|$ simulieren. Man erkennt, nur dann, wenn zufällig die Einsen der ersten Matrix mit den Einsen der zweiten Matrix korrespondieren (wenn sie am richtigen Platze stünden), ergäbe die Matrixmultiplikation $N_1 * N_2$ nicht für jedes Feld eine 0. Entscheidend wäre also nicht nur der statistische Eingriff über die Korrelationen N_1 , sondern die dynamische Struktur des neuronalen Netzes N_2 .

Kann man den Einfluss des Geistes im Gehirn messtechnisch nachweisen?

Wir hatten das gerade diskutiert. Da es sich um Verschränkungskorrelationen handelt, kann jegliche geistige Einwirkung nur im Rahmen der Gesetze der materiellen Systeme, hier des Gehirns, erfolgen. Der Nachweis wird sich also als sehr schwierig erweisen.

Man könnte sich jedoch Experimente vorstellen, bei denen die Beeinflussung der beiden Gehirnhälften untereinander schneller passiert, als es die Neurobiologie voraussagen würde, sagen wir also eine Informationsübertragung zwischen den Gehirnhälften von weniger als 10 Millisekunden, da es mindestens eine neuronale Umschaltung zwischen den beiden Gehirnhälften (über das Corpus Callosum) braucht. Zehn Millisekunden Laufzeitunterschiede (zwischen neuronalem Ansatz und mentalem Ansatz) ist im Rahmen unserer Messtechnik detektierbar. Gerade Fragen der multistabilen Bewegungswahrnehmung zur Unterscheidung von Laufzeitunterschieden zwischen inter- und intra-hemisphärischen Wahrnehmung scheinen hierfür prädestiniert. In der Anlage ist daher ein Experiment für die weitere Untersuchung skizziert [Anlage A2]. Es wird durch den Autor vorausgesagt, dass es keinen Laufzeitunterschied dafür gibt, ob eine Scheinbewegung von Punkten auf einer Leinwand nur in einer Hemisphäre oder in beiden Hemisphären des Gehirns wahrgenommen werden wird. Damit haben wir eine wissenschaftliche Aussage, die experimentell prüfbar ist.

Die Korrelation Geist-Materie beim Bewusstwerden eines Sachverhaltes sorgt instantan dafür, dass sich die Neuronen synchronisieren und umgedreht. Diese Synchronizität von Zellverbänden kann mit unseren heutigen Messverfahren auch gemessen werden, sie ist das messbare neuronale Korrelat eines bewussten Sinnesindrucks⁶⁹.

Im nächsten Kapitel wollen wir nochmals detaillierter diskutieren, wie es innerhalb der virtuellen Spiegelfunktionen zu einem Bewusstwerden kommen kann. Welche *dynamischen Prozesse* laufen aus unserer Sicht ab, damit aus den unbewussten Wellenfunktionen bewusste Phänomene entstehen können?

⁶⁹ Das Gehirn, als Träger des neuronalen Korrelates des Bewusstseins, zwingt die hyperkomplexen Prozesse dadurch in unser Raum-Zeit-Verhalten.

5.4. Vorschlag einer Systemtheorie der bewussten Wahrnehmung

Bisher haben wir uns mit dem statischen Verhalten des Gehirn-Geist-Komplexes auseinandergesetzt. Wir haben gesehen, dass der Gehirn-Geist-Komplex mittels hyperkomplexer Gleichungen beschrieben werden kann. Aber das Gehirn ist nicht statisch; es ist das Gegenteil davon. Ein Großteil des folgenden Kapitels ist deshalb dem Teil 1 entnommen und nun modifiziert worden. Wir wollen folgende Definitionen für die verschiedenen Zustände des Gehirn-Geist-Komplexes einführen⁷⁰, Tabelle 2:

Geistiger Zustand	Formelzeichen für Fourier-transformierte	Entstehung	Bedeutung: Wahrscheinlichkeitsfunktionen für...	Dynamik
Unbewusster Zustand/ unterbewusste Qualia	Z_0	Unmittelbar zu den neurophysiologischen Vorgängen	Informationsspeicherung in den Wellenfunktionen ψ und ϕ	Entsteht mit der Neurophysiologie (basierend auf Gleichung (4.8))
Vorbewusster Zustand / vorbewusste Qualia	Z_{end}	Entsteht aus den unbewussten Zuständen durch Rückkopplung	unbekannt (es ist nicht mal sicher, ob es vorbewusste Zustände gibt, aus der bekannten Dynamik heraus wird es jedoch vermutet)	Chaotische Systemdynamik (Zeitdauer bis zum Erreichen des Attraktors evtl. einige 100 ms)
Bewusster Zustand / bewusste Qualia (entsteht durch Messung)	$ Z_{end} ^2$	Informationsmechanische Messung, d.h. Kollaps der Spiegelfunktionen	Spiegelwellen ϕ , codieren den makroskopischen Zustand; in ψ Synchronisationen (NCCs)	Instantane Messung nach dem Prinzip der Informationsmechanik bzw. QM

Tabelle 2: Dynamische Zustände des Gehirn-Geist-Komplexes

Obwohl durch die neue Beschreibung einige Beobachtungen (Bindungsproblem, Qualia) bereits gut erklärt werden können, wird der größte und mächtigere An-

⁷⁰ Wir betrachten aus mathematischen Gründen ab jetzt die Fourier- bzw. Laplacetransformierten von ψ und ϕ , diese nennen wir Z .

wendungsbereich der *hyperkomplexen* Darstellung in der Beschreibung des *dynamischen Verhaltens* des Gehirn-Geist-Komplexes liegen müssen. Aufgrund der außerordentlichen Komplexität des Gehirns wird es allerdings in absehbarer Zeit nicht möglich sein, Differentialgleichungen aufzustellen, die der Systemdynamik auch nur annähernd gerecht werden.

Nichtlineare Wechselwirkungen und Rückkopplungen im Gehirn

Betrachten wir das Gehirn in größtmöglicher Abstraktionsstufe, so wollen wir uns gewisse Teilabschnitte vorstellen. Es könnten Säulen oder Karten oder auch Teile des sog. Default Netzwerkes sein, die funktional zusammengehören. Folgende Eigenschaften muss ein systemtheoretisches Modell eines solchen Gehirnabschnittes besitzen, Tabelle 3 (aus Teil 1):

	Formale Eigenschaften eines Gehirn-Geist-Modelles	Bemerkungen
1	deterministisch	Obwohl das eine Einschränkung ist, soll es in erster Näherung angenommen werden
2	analog	Das ist mathematisch der „beste“ Fall.
3	nichtlinear	Das erfordert nichtlineare DGL und ist damit nicht-trivial.
4	aktiv	Das erfordert bestimmte Störfunktionen in den DGL, die Störfunktionen entsprechen beispielsweise dem auslösenden Reiz.
5	stabil	Das System muss in endlicher Zeit konvergieren.
6	zeitdiskret- rückgekoppelt	Das ist ein Postulat und es erfordert Differenzgleichungen.
7	Komplex / hyperkomplex	Das erfordert (hyper-)komplexe Differenzgleichungen.
8	selbstorganisierend	Das Ergebnis einer Systemverarbeitung verändert die Systemparameter selbst. Die erforderlichen Systemgleichungen müssen erarbeitet werden.

Tabelle 3: Formale Eigenschaften eines dynamischen Gehirn-Geist-Modells

Das systemtheoretische Modell sollte *analog* sein, da das Gehirn-Geist-System eine analoge Struktur besitzt und eine analoge Signalverarbeitung realisiert. Das Modell muss selbst im einfachsten Fall *nicht-linear* aufgebaut sein, da die besonderen Eigenschaften des Gehirns aus seiner Nichtlinearität entstehen. Linearisierungen werden uns damit nicht weiterhelfen können (daher fällt eine große Gruppe der bekannten Differentialgleichungen weg⁷¹). Dies deckt sich mit den Einschätzungen aus der Literatur. Das Gehirn-Geist-System wird als nichtlineares System verstanden, dessen Dynamik systemtheoretisch als Trajektorie in einem hochdimensionalen Zustandsraum dargestellt wird [Singer, 2005]. Diesem Ansatz wollen auch wir folgen, mit dem Unterschied, dass der Zustandsraum des Systems Gehirn-Geist auch die *imaginären Dimensionen* (i,j,k) besitzt. Das System wird weiterhin als *aktives* System zu beschreiben sein, bei dem ein äußerer Reiz wie eine Störgröße der Differentialgleichungen zu behandeln ist, die dem System eine Reaktion von außen aufzwingt. Der Gehirn-Geist-Komplex wird (in erster Näherung) durch diskrete zeitliche Zustände beschrieben. Einen solchen Zustand werden wir als Gesamtzustand Z_0 bezeichnen, der sich aus einem (quasi-stabilen) geistigen Zustand ϕ_0 und einem (quasi-stabilen) neuronalen Zustand ψ_0 zusammensetzt, dies bedeutet:

Der Gehirn-Geist-Komplex ist systemtheoretisch ein hoch-dimensionales, rückgekoppeltes dynamisches (chaotisches) System basierend auf *hyperkomplexen* Zustandsgrößen ($1,i,j,k$).

Die Trajektorie eines solchen Systems muss in einem hochdimensionalen hyperkomplexwertigen Zustandsraum umherwandern.

Man erkennt die (biologische) Bedeutung einer Rekursion für das Gehirn auch daran, dass es geradezu von Rückkopplungsschleifen durchdrungen ist⁷², es ist definitiv *kein* Feed-Forward-Netz, welches eingehende Signale in einem Vorwärtsfluss verarbeitet und weiterreicht. Es gibt bei der Signalverarbeitung keine einfache Aufwärtshierarchie, keine letzte Instanz, keine sog. „Großmutterzellen“⁷³. Es ist

⁷¹ Eine wichtige Untergruppe der DGL sind die linearen Differenzgleichungen, die bereits hochinteressantes Verhalten zeigen. Eine der bekanntesten linearen, rekursiven Folgen ist die sog. Fibonacci-Folge; sie hat die Form: $x_{n+1} = x_n + x_{n-1}$.

⁷² [Singer, Roth] führen aus, dass mehr Rückkopplungsstränge existieren als Vorwärtsverkettenungen.

⁷³ Koch u.a. zeigen, dass es (vereinzelt) doch sog. Großmutterzellen gibt. So konnten bei einigen Personen einzelne Neurone identifiziert werden, die beim „Ansehen“ von Bill Clinton

eher so, dass das Ergebnis einer Verarbeitung lateral oder rückwärts in das System eingekoppelt wird. Koch schreibt: „Die Rückwärtsmaskierung stützt die Vorstellung, dass eine nicht-bewusste Verarbeitung auf einer vorübergehenden, vorwärts gerichteten Aktivität basiert, die zu flüchtig ist, um die Planungsmodule zu beschäftigen... Zur bewussten Verarbeitung gehört dagegen zwangsläufig Feedback von den vorderen Regionen des Cortex zu den hinteren.“⁷⁴ Durch diese Rückkopplungen ergeben sich zwangsläufig Eigenschaften bzgl. der Stabilität des Systems:

- Das System kann über alle Grenzen wachsen (also divergieren, instabil werden).
- Das System kann zu einem fixen Gleichgewichtszustand konvergieren (einem sogenannten Fixpunkt).
- Das System kann sich verschiedenen Grenzyklen annähern.

Um eine genauere Analyse zur Stabilität durchzuführen, benötigt man jedoch eine Kenntnis über die Systemeigenschaften und über die Anfangsbedingungen. Dies wird beim Gehirn im Detail kaum möglich sein, dennoch ergibt sich aus rein logischen Gründen die Tatsache, dass das Gehirn in den meisten Fällen (zum Beispiel beim Betrachten eines Bildes) zu stabilen Zuständen konvergiert. Der Grund ist darin zu suchen, dass das Gehirn seine inneren Übertragungsfunktionen den äußeren Reizen optimal anpassen kann. Das Gehirn ist damit mehr als ein nichtlineares, rückgekoppeltes System, denn es verändert sich durch die eigene Beobachtung in einem permanenten Prozess der *Selbstorganisation*. Weiterhin ist für eine systemtheoretische Beschreibung wichtig, dass es im Gehirn keine Unterscheidung von Signalfluss und Struktur gibt, wie man das bei technischen Systemen (zum Beispiel vom Computer) gewohnt ist. Im Gehirn sind sozusagen Daten und Programm in der Struktur selbst codiert.

Ein Beispiel: Geben wir Daten auf ein komplexes Netzwerk mit Tausenden von Neuronen derart, dass genau zwei ausgewählte Gewinnerneuronen a und b ihre gegenseitige Synapsenverbindung verstärken, so entspricht das einer veränderten Übertragungsfunktion zwischen beiden Neuronen⁷⁵. Gleichzeitig entspricht das aber den gespeicherten Daten selbst, deren Wesen es gerade sein soll, genau die beiden Neuronen a und b gleichzeitig aktiviert zu haben. Die Daten sind damit in

feuerten. Es wird argumentiert, dass im Gehirn je nach Bedeutung eines Reizes derartige sensitive Neuronen aufgebaut werden oder nicht.

⁷⁴ [Koch, 2005], S. 283

⁷⁵ Eine wichtige Lernregel für die Adaption der Verknüpfung von zwei Neuronen wurde bereits 1949 von D. Hebb aufgestellt. Sie besagt, dass immer dann, wenn beide Neuronen gleichzeitig aktiv sind, die Gewichtsverbindung (ihre Synapsenverbindung) verstärkt wird.

der Synapsenverbindung der beiden Neuronen assoziativ codiert. Wird die Synapsenverbindung nun auf die Eingänge beider Neuronen zurückgeführt, so dass es deren Aktivitätszustände signifikant beeinflusst, kann sich dadurch die Stärke der Synapsenverbindung erneut verändern.

a) Sehr vereinfachte Modellannahmen

Versuchen wir das oben Gesagte in eine mathematische Form zu bringen: Gegeben sei eine logisch zusammengehörende Struktur aus mehreren Neuronen, die über ihre Synapsen miteinander verbunden sind. Dann sei der Zustand Z dieser Struktur durch vollständige Beschreibung der Synapsen aller Verbindungen mit ihren zugehörigen Spiegelfunktionen gekennzeichnet, ihre Übertragungsfunktion sei G und es gelte: $Z \equiv G$. Würde nun ein Eingangssignal X auf diese Struktur treffen, so dass X diese Struktur durchlaufen würde, dann gelte für das Ausgangssignal $Y = G \cdot X = Z \cdot X$ (in der Fourier- bzw. Laplacetransformierten Form seiner Systemgrößen)⁷⁶.



Abbildung 6: Grundschaftbild der Systemtheorie

Verschaltet man die Struktur nun derart, dass auf die Struktur nicht mehr nur ein Eingangssignal X gegeben wird, sondern der zu einem bestimmten Zeitpunkt codierte Zustand der Struktur selbst, also $X_n = Z_n$ (da Daten und Struktur im Gehirn identisch sind) und führt man den Ausgang des Systems auf den Eingang zurück entsteht eine Rückkopplung⁷⁷. So kompliziert dieser Sachverhalt systemtheoretisch klingt, und so kompliziert eine solche Struktur auch physisch (bzw. biologisch) aussehen mag, ein solches rekursives Übertragungssystem kann mathematisch mit Hilfe einer diskreten Rekursionsgleichung notiert werden.

In Abbildung 7 wird ein solches System dargestellt. Die Übertragungsfunktion G sei erneut die Verbindungsmatrix der Gehirnstruktur inkl. Spiegelwellen, die gleichzeitig den Zustand Z der gesamten Struktur codiert. Der entstandene Zustand

⁷⁶ Der Vorteil der Fourier- bzw. Laplacetransformation in der Systemtheorie ist die einfache multiplikative Verknüpfung zwischen Ausgangsgröße Y , System G und Eingangsgröße X .

⁷⁷ In diesen und in allen weiteren Fällen wird eine Multiplikation von (hyper-)komplexen Funktionen bzw. Zahlen angenommen.

kann aus Gründen der Allgemeinheit durch eine weitere Übertragungsfunktion B verändert werden; dem iterativen System wird zusätzlich noch eine Störgröße C unterstellt. Das Ergebnis der Berechnung eines Taktschrittes wird durch geeignete Verschaltung wieder auf die Struktur selbst zurückgeführt, formal schreiben wir $Z_{n+1} = Z_n \cdot Z_n \cdot B + C$.

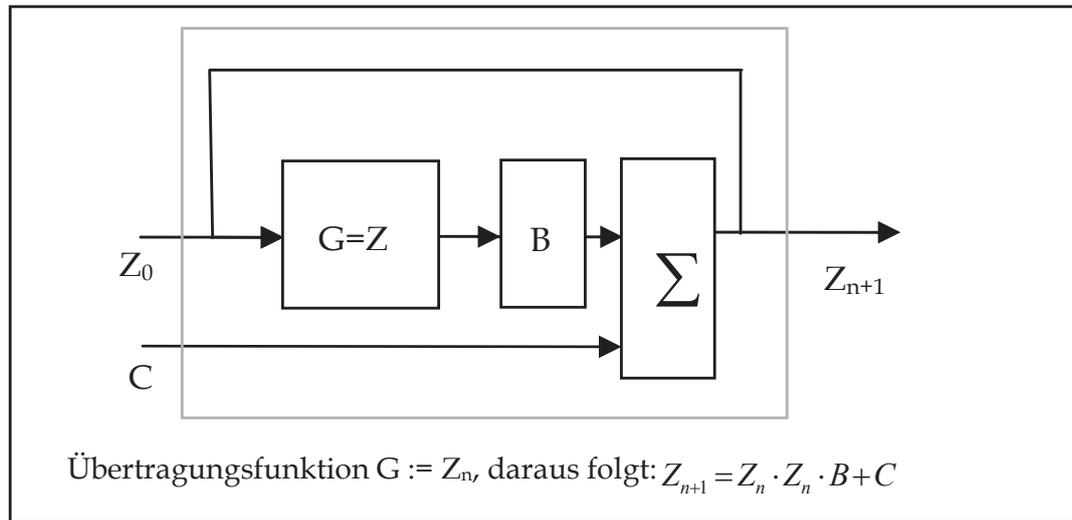


Abbildung 7: Vereinfachte systemtheoretische Darstellung zur Dynamik eines vorbewussten Zustandes

Alle Systemgrößen wurden wie üblich mit Großbuchstaben dargestellt, weil es sich um Transformierte der Originalfunktionen (der Raum-Zeit-Funktionen) im Gehirn handelt. Ausgehend von dieser Beschreibung wollen wir uns nun eine vereinfachte Dynamik des Systems näher ansehen. Wären die Systemvariablen rein reellwertig, würde man eine Ähnlichkeit zur logistischen Gleichung erkennen können.

Aber die Gehirn-Geist-Zustände sind hyperkomplexe Zustände, und dies begründet die Mächtigkeit der hyperkomplexen Systemtheorie des Gehirns. Denn schon für (spezielle) komplexe Zahlen entwickelt das System ein äußerst kompliziertes dynamisches Verhalten, was man für die dynamische Entwicklung von Gehirnzuständen – selbst in erster Näherung – intuitiv auch erwartet hat. Für spezielle komplexe Funktionen dieses Typus entstehen nämlich die bekannten Julia-Mengen der Chaostheorie⁷⁸.

⁷⁸ Der französische Mathematiker G. M. Julia untersuchte 1918 derartige Funktionen und die daraus resultierenden Darstellungen (Orbits). Bekannt geworden sind seine Arbeiten aber erst durch die Arbeiten von B. Mandelbrot ab dem Jahre 1979. Die berühmten Mandelbrotmengen, auch bekannt als Apfelmännchen, sind eine Untermenge der Julia-Mengen, insbesondere

b) Chaotische Systemdynamiken am Beispiel einer einfachen komplexen Rechnung

Rückgekoppelte Systeme haben wie oben erwähnt eine Vielzahl von Stabilitätseigenschaften. Schauen wir dazu auf ein Beispiel. Die Stabilitätseigenschaften komplexer Rekursionsgleichungen (mit denen man o.g. Systeme beschreiben kann) wurden von dem Mathematiker *Julia* und später von *Mandelbrot* umfangreich untersucht.

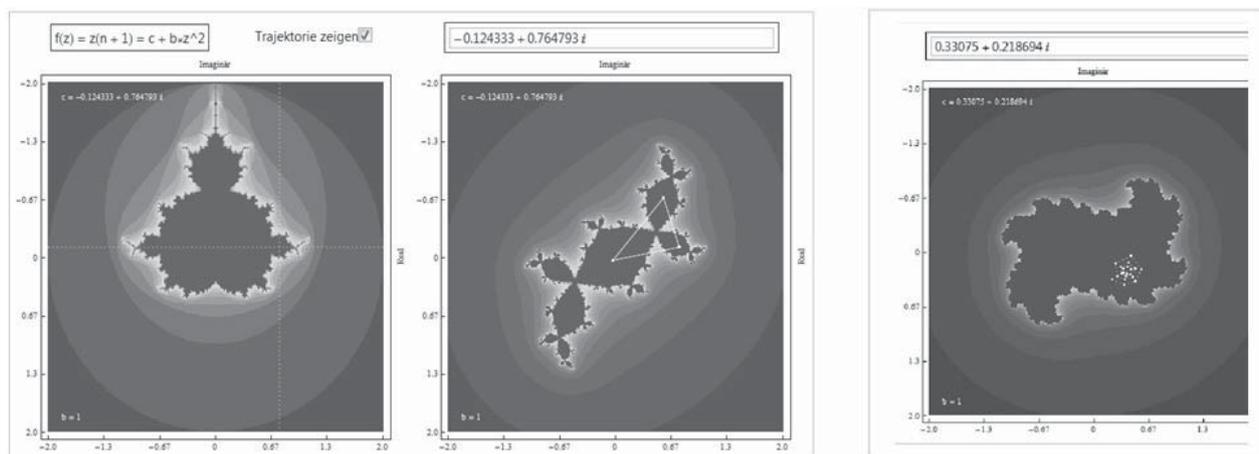


Abbildung 8: Mandelbrotmenge (Links) und zugehörige Julia-Menge (Mitte) eines chaotischen Zustandes der Periodizität 3 für vorgegebenen Störparameter C, Julia-Menge mit stabilem Fixpunkt-Attraktor (Rechts)

Daher können wir auf diese Erkenntnisse zurückgreifen. Schauen wir in Abbildung 8 auf das linke Teilbild:

Ganz links dargestellt ist eine Mandelbrotmenge-Menge für den komplexen Störparameter $C = -0,12 + 0,76i$ und die dazugehörige Julia-Menge (mittleres Bild.) Befindet sich der Startwert unserer Funktion Z_0 innerhalb der Julia-Menge, also innerhalb der blauen (grauen) Bereiche, dann konvergiert die Folge zu den alternierenden Endzuständen Q_1, Q_2, Q_3 , was einem Dreifach-Zyklus des Attraktors entspricht. Würden die Startwerte außerhalb des *Orbits* liegen, dann würden die Endzustände ins Unendliche divergieren, was zu einer Instabilität des gesamten Systems führt.

Würden die Startwerte Z_0 auf dem Randbereich, der sogenannten echten Julia-Menge liegen, dann würden die Endzustände des Systems auf dem Kurvenrand hin und her wandern, was einem sog. *seltsamen Attraktorverhalten* des dynamischen Systems entspräche. Bei dieser Situation würden selbst kleinste Änderungen des

stellen sie den Parameter C für zusammenhängende Julia-Mengen in der komplexen Ebene dar.

Startzustandes zu einem völlig anderen Verhalten des Systems führen (nicht dargestellt). Darüber hinaus existieren jedoch oftmals auch größere Bereiche mit stabilen Konvergenzbedingungen (Bild rechts). In diesem Fall konvergiert der Startzustand immer auf den gleichen Endwert Z_{end} .

Fassen wir die Mathematik zusammen: Die Funktionen $\psi(t)$ beschreiben die Dynamik der materiellen Gehirnprozesse, die Funktionen $\phi(t) = k\psi(t)$ die Dynamik der dazu isomorphen mentalen Prozesse als Funktion der Zeit. Der Zustand Z wurde in obiger Abhandlung nicht genauer spezifiziert. Z sei in erster Näherung die Fourier- bzw. Laplacetransformierte der Zeitfunktionen: $Z(s) = \mathcal{E}[\psi(t)]$ bzw. $Z(p) = \mathcal{E}[\phi(t)]$. Im aufgeführten Beispiel war Z nur eine komplexe Zahl (keine Funktion), so dass o.g. Ausführungen reinen Beispielcharakter haben und nur zeigen, welche Dynamiken mindestens zu erwarten sind.

c) Erstes Ergebnis

Durch die Transformation entstanden die komplexen Funktionen $Z(s)$ mit $s = a + ib$ bzw. die hyperkomplexen Funktionen $Z(p)$ mit $p = ka + jb$ im sog. Bildbereich. $Z(p)$ sei – wie oben beschrieben – die Fourier- bzw. Laplacetransformierte der virtuellen Spiegelfunktionen. Ob Fourier- oder Laplacetransformiert unterscheiden wir im Augenblick nicht. Da die Algebren C und Y isomorph sind, können die vorherigen Rechnungen aus dem Komplexen C ins Hyperkomplexe Y übertragen werden.

Wir betrachten im folgenden daher nur noch $Z = Z(p)$, d.h. wir fragen, welche Dynamiken zur Herausbildung vorbewusster bzw. unbewusster Vorgänge im Geist (nicht im Gehirn) entstehen: Den stabilen Attraktoren der Systemdynamik Z_{end} werden die vorbewussten geistigen Zustände (Gedanken, Wahrnehmungen) zugeordnet werden, siehe Tabelle 2, Seite 86.

Ein *selbstorganisierendes* System ist nun in der Lage, seine „Landkarte der Dynamik“ selbstständig und permanent neu zu justieren, um auf vorgegebene Reize adäquat zu reagieren. Dieses Systemverhalten würde man umgangssprachlich als Lernen bezeichnen, denn eine einmal als günstig befundene „Landkarte der Dynamik“ wird sicher länger beibehalten werden.

Ob ein unbewusster Zustand Z_0 zu einem Fixpunkt Z_{end} konvergiert („etwas wurde erkannt“) oder ob der Zustand in einen Zyklus übergeht („die Wahrnehmungen oder Gedanken alternieren“) oder aber, ob der Zustand in einen seltsamen Attraktor konvergiert, entscheidet im o.g. Ausführungsbeispiel der Parameterzustand (B, C) und der Startwert (Z_0) des Systems. Befände sich unser Gehirn in einem *seltsamen Attraktor*, würde dies „... in uns einen permanenten Fluss von diskreten



Zuständen Z_1, Z_2, Z_3, \dots und ein vorbewusstes Gefühl von *frei fließenden Gedanken* erzeugen“ (als Metapher gemeint). Und selbst dann, wenn keine Eingangsreize vorhanden wären, könnte das System eine nahezu unendliche Formenvielfalt hervorbringen.

Treten für einen Anfangszustand Z_0 jedoch verschiedene Endzustände Z_{end} in Konkurrenz zueinander (z.B. „wenn man ein Bild betrachtet“), wären diese als echte alternierende Attraktoren (Fixpunkte) aufzufassen, die sich nach einer gewissen „Rechenzeit“ im System einstellen. Damit wäre auch verständlich, warum es immer eine gewisse Zeit braucht, bis sich nach Auftreffen eines Reizes ein bewusster Zustand im System einstellen kann, denn es müssen eine gewisse Anzahl von Iterationen durchgeführt werden, bis sich aus einem Zustand Z_0 ein Endzustand Z_{end} herauskristallisiert hat.

Wie entstehen bewusste Wahrnehmungen? – Vorschlag einer konkreten Erklärung

Den letzten Punkt wollen wir genauer untersuchen, da bis heute ungeklärt ist, wie so das Gehirn eine gewisse Zeit braucht, bis uns ein sensorischer Reiz bewusst wird. Libet, ein Pionier der Bewusstseinsforschung, hat in seinen mittlerweile berühmt gewordenen Experimenten seit den 60er Jahren des letzten Jahrhunderts zeigen können, dass es ungefähr eine Zeitdauer von 500 Millisekunden (ms) benötigt, bis der Versuchsperson ein sensorischer Reiz bewusst wird.⁷⁹ Reizt man ein Hautareal, so erzeugt jeder einzelne Impuls (z.B. Nadelstich) eine Folge von elektrischen Impulsen in der Primarrinde des sensorischen Cortex, die man evozierte Potentiale (EP) nennt. Das primäre EP wird nun bereits nach wenigen Millisekunden nach der Hautreizung erzeugt. (Bei einer Reizung der Hand dauert es ca. 14-20 ms, bis das primäre EP entsteht). Libet fand jedoch heraus, dass das primäre EP weder notwendig noch hinreichend für das bewusste Empfinden der sensorischen Hautreizung ist. Es war nicht notwendig, da man ein ähnliches Empfinden durch direkte elektrische Reizung des Cortex erzeugen konnte und es war nicht hinreichend – und das ist besonders interessant – da es Reize gab, die das primäre EP erzeugten, aber zu keiner Empfindung führten. Allerdings wurden bei einer geeigneten (gepulsten) Hautreizung neben den primären EPs auch sekundäre (spätere) EPs im Cortex erzeugt, die dann tatsächlich mit den bewussten Empfinden korrelierten. Diese sekundären EPs dauern ca. 500 ms an und sind nach Libet *notwendig* für das sensorische Bewusstsein. In weiteren Untersuchungen stellten Libet (und andere)

⁷⁹ [Libet, 2004], S. 57

fest, dass es auch nicht so sehr auf die Frequenz und Reizstärke des Hautreizes ankommt, sondern tatsächlich auf die Reizdauer⁸⁰. Für Libet und andere ist die *Reizdauer* damit der neuronale Code für das Phänomen Bewusstsein. Libet vermutet, dass der Grund daran liegt, dass erst eine gewisse Reizstärke integriert werden muss, bis andere (höhere) Gehirnareale „anspringen“ und das bewusste Empfinden erzeugen.

Wir wollen versuchen, die Beobachtungsdaten mit dem hier vorgestellten dynamischen Modellansatz zu erklären, denn nach unserer Ansicht benötigt die *chaotische Dynamik des Systems* selbst eine gewisse Anzahl an Iterationen bis sich ein Attraktor herausgebildet hat. Beim Auftreten des Reizes $S=x(t)$ kommt es zu einer Wechselwirkung von Zuständen, die durch ihre Wechselwirkung einen neuen *unbewussten* Zustand erzeugen. Das ist ein unbewusster mentaler Zustand, der nun unserem Startzustand Z_0 entspricht. Auf diesen unbewussten Zustand, dessen reellwertigem Korrelat das primäre EP entspricht, kann man bereits (reflexartig) reagieren wie verschiedene Experimente zeigen. Damit uns dieser Zustand aber bewusst wird, muss er mehrmals mit sich selbst und dem Eingangreiz S reflektiert werden, was vereinfacht der Dynamik des vorher besprochenen chaotischen Systems entspricht. Nach einer gewissen Anzahl von Iterationen hat sich das System dem *vorbewussten* Attraktor-Zustand Z_{end} genähert.

Mit dieser Systemdynamik kann man nun aber auch die überraschende Beobachtung von Libet erklären, warum ein einzelner, kurzzeitiger, aber ausreichend starker Reiz $x(t)$ von einigen Millisekunden nicht ausreicht, einen bewussten Attraktor auszubilden⁸¹. Der Reiz S muss permanent über die gesamte Iterationsdauer (von 500 ms) zur Verfügung stehen (und immer wieder dazu addiert werden), damit das System der geforderten chaotischen Systemdynamik gehorcht,⁸² anderenfalls konvergiert das System zu null oder divergiert. Um das zu verstehen, muss man beachten, dass die Störgröße C in unserer Differenzgleichung eine Fourier- bzw. Laplacetransformierte darstellt. Eine sehr einfache Funktion der Störgröße C ent-

⁸⁰ Libet gibt ein Beispiel an, bei dem ein einzelner Reiz mit 40facher Reizstärke zur vorherigen (bewussten) Reizfolge kein bewusstes Empfinden erzeugen konnte. Auch Experimente mit 60 Impulsen per Sekunde (IpS) und 40 IpS zeigten, dass in beiden Fällen die Reizdauer von 500 ms notwendig war!

⁸¹ Libet führt an, dass selbst dann, wenn ein einmaliger Reiz eine größere Intensität als das Integral der gesamten Pulsfolge hat, einem dieser Reiz trotzdem nicht bewusst wird, wenn der Reiz sehr kurzzeitig erzeugt wird.

⁸² Setzt man S auf null und beginnt mit einem (komplexen) Reizzustand Z_1 die Iterationsgleichung zu lösen, so entsteht keine chaotische Dynamik, sondern als Attraktor erhalten wir eine Kreisfläche. Das bedeutet jedoch, dass die Gleichung zu null konvergiert, divergiert oder auf einer Kreislinie wandert.

steht beispielsweise durch eine periodische Folge von Reizen im Zeitbereich; und genau das hat Libet bei seinen Experimenten beobachtet.

Beispiel der bewussten Wahrnehmung eines Hautreizes

Damit lautet eine mögliche *Systemdynamik der Wahrnehmung* des bewussten Zustandes (zum Beispiel für die Qualia des Schmerzes) beim Auftreffen eines periodischen, physiologischen Reizes $x(t) = \sin(\omega t + \varphi)$ (auf der Haut eines Menschen) in erster Näherung wie folgt:

1. Verarbeitung des Reizes im peripheren Nervengewebe und im Gehirn (entlang der bekannten physiologischen Bahnen)

$$x(t) \rightarrow \psi(t)$$

2. Unmittelbare Umwandlung der neuronalen Verarbeitung in Qualia (unbewusste Qualia), nach Gleichung (4.8)

$$\psi(t) \rightarrow \phi(t)$$

3. Chaotische Systemdynamik (im Zustandsraum $\langle j, k \rangle$) mit Konvergenz auf einen hyperkomplexen Attraktor (Dauer bis Konvergenz ca. 500 ms) zu einem vorbewussten Zustand $Z_{\text{end}}(p)$. Eine „Pseudorechnung“ verdeutlicht die Zusammenhänge:

$$Z_{\text{end}} = f_{\text{Attraktor}}(Z) \rightarrow Z_{n+1} = Z_n^2 + \alpha \cdot \mathcal{E}[\phi(t)]$$

α sei dabei konstanter Parameter, der die Gewichtung des eingehenden Reizes beeinflusst. $L(p) = \mathcal{E}[\phi(t)]$ sei die Funktion im Bildbereich der Spiegelfunktionen.

Allerdings stellt diese Systemdynamik erst die 3. Stufe der bewussten Wahrnehmung dar, denn es werden im Gehirn eine Vielzahl ähnlicher Systemdynamiken parallel ablaufen, so dass es zur jeder Zeit eine „Endauswahl“ von stabilen Attraktor-Zuständen Z_{end} geben muss.

Spätestens ab hier kommt es zu den von Singer beobachteten Synchronisationen im Gehirn, den neuronalen Korrelaten der vorbewussten Wahrnehmung. Die Synchronisationen werden über die Spiegelfunktionen vermittelt und wirken auf das Hirngewebe ein.

4. Überlagerung aller vorbewussten Zustände im Geiste (aller anderen Umweltreize) und Kollaps der Wellenfunktionen ϕ nach Methodik der Informationsmechanik.

Welches Zustandes man sich bewusst wird, wird durch einen übergeordneten geistigen Prozess, unsere *Aufmerksamkeit* \mathcal{A} , festgelegt⁸³. Konzeptionell bereitet es aber keine Schwierigkeit mehr, dies zu modellieren. Gegeben sei ein hyperkomplexer Zustandsraum mit gleichzeitig auftretenden stabilen Zuständen $\{Z_{end}^1, Z_{end}^2, \dots, Z_{end}^k, \dots\}$ und einer Aufmerksamkeitsfunktion \mathcal{A} , auf die die stabilen (vorbewussten) Endzustände Z_{end} einwirken. Da eine Wechselwirkung der Funktion \mathcal{A} mit den vorbewussten Zuständen in erster Näherung einer einfachen Multiplikation der Systemgrößen im Bildbereich entspricht, postulieren wir, dass uns derjenige vorbewusste Zustand am wahrscheinlichsten bewusst wird, dessen Betragsquadrat $|A \cdot Z|^2$ am größten ist.

Es soll an dieser Stelle verdeutlicht werden, dass sich die gleichzeitig aufgetretenen Zustände Z_{end} hyperkomplexwertig miteinander überlagern und das, bevor sie betragsquadriert werden.⁸⁴ Damit wird uns der Zustand am *wahrscheinlichsten* bewusst, dem sich unsere Aufmerksamkeitsfunktion \mathcal{A} zuwendet bzw. dessen Wahrscheinlichkeitsamplitude aus dem Produkt der vorbewussten Zustände Z_{end} und der Aufmerksamkeitsfunktion \mathcal{A} am größten ist⁸⁵, d.h. zum Beispiel, obwohl wir unsere Aufmerksamkeit auf einen Zustand $Z_{end,1}$ richten (wollen), kann uns $Z_{end,2}$ bewusst werden, wenn letztere Wahrscheinlichkeitsamplitude sehr groß ist⁸⁶.

⁸³ Wie bereits erläutert, vermuten wir eine nervale Zuleitung z.B. aus dem Hirnstamm in genau jene Neuronenverbände, bei denen die neuronalen Korrelate der bewussten Qualia gemessen werden. Deshalb entsteht auch nur dort das Korrelat des Bewusstseins, andere Hirnvorgänge bleiben vollkommen unbewusst. Diese nervalen Zuleitungen sind die physischen Träger von A , sie bestimmen, wo überhaupt etwas bewusst werden kann. Da die Spiegelfunktionen ϕ nicht-lokal sind, kann nur über den physischen Anteil ψ der genaue Ort im Gehirn selektiert werden. Für die Rechnungen oben benötigen wir allerdings nur ϕ .

⁸⁴ Die informationsmechanische Überlagerung $|A \cdot Z_{end}^1 + A \cdot Z_{end}^2 + A \cdot Z_{end}^3 + \dots|^2$ ist insofern interessant, da es hier den klaren Bezug zur Quantenphysik gibt. Aufgrund dieses einfachen mathematischen Zusammenhanges postulierten auch wir lange QM-Mechanismen im Gehirn, und dies, obwohl – wie Gegner dieses Ansatzes [Koch, 2005] stets ins Feld führten – das Gehirn „feucht und warm“ sei. Der obige Ansatz zeigt den physikalischen Ausweg, denn die Methodik der QM findet ungestört im Beobachterfeld der Algebra $\Upsilon \langle j, k \rangle$ statt.

⁸⁵ Bewusstsein kann nicht geteilt sein. Das „Bewusstwerden“ wird in diesem Kontext wie bereits gesagt als Messung der Überlagerung hyperkomplexwertiger, vorbewusster Vorgänge verstanden. Man beachte, dass die Zeitfunktionen der Signale/Zustände vor der Überlagerung einer Transformation unterzogen wurden. Die Transformierten entsprechen damit komplexen Frequenzfunktionen. Dies deckt sich mit Theorien über die Bedeutung von phasenkoppelten Oszillationen im Gehirn [Singer, 2011].

⁸⁶ Man beachte. Es gewinnt nicht immer die Wellenfunktion mit der höchsten Wahrscheinlichkeitsamplitude, sondern diese gewinnt nur am wahrscheinlichsten. Das ist ein brisanter



Welchen Vorteil hat in dieser Beschreibung die Verbindung mit der chaotischen Systemdynamik? Man könnte die bisherigen Beobachtungsdaten von Libet u.a. auch mit einem hierarchischen Modell (ohne Rückkopplung) erklären, denn auch für das Durchlaufen einer Feed-Forward-Struktur benötigt ein System Rechenzeit. Die Beobachtungsdaten von Libet sind mit verschiedenen hierarchischen Ansätzen durchaus erklärbar. Das Konzept, vorbewusste Gehirnzustände als komplexwertige und mentale Zustände als hyperkomplexwertige Attraktoren rückgekoppelter Systeme zu beschreiben hat dennoch einige Vorteile:

1. Die systemtheoretische Bedeutung der biologisch massiv vorhandenen, neuronalen Rückkopplungsstränge in vielen Gehirnabschnitten ist erklärbar.
2. Das System kann eine beliebig hohe Komplexität ausbilden. In einem hierarchischen System muss sich die Komplexität aus der Struktur ergeben; in einem rekurrenten System ist eine *enorm hohe dynamische Komplexität* durch Rekursion erzielbar. Da das Gehirn systemtheoretisch eine sehr hohe Komplexität erzeugen muss, um selbst beliebig komplexe Phänomene der Umgebung abbilden zu können, ist die Rückkopplung gut geeignet.
3. Dynamische Modelle können sehr stabile Attraktoren ausbilden, so dass eine Objektwahrnehmung selbst unter sehr verschiedener Reizausprägung S_1 zum gleichen Attraktor konvergiert, womit ein Objekt in beliebiger Umgebung sicher erkannt werden kann.
4. Dynamische Modelle können jedoch auch sehr instabile Attraktoren ausbilden, denn bei chaotischen Systemen gilt, dass selbst kleinste Änderungen zu völlig verschiedenem Systemverhalten führen können („Schmetterlingseffekt“).
5. Dynamische Modelle können spezielle, vorliegende Beobachtungsdaten sehr einfach und elegant erklären.
6. Dynamische Modelle sind die Voraussetzung für selbstorganisierende Modelle.

Unterschied, denn „Gott würfelt damit doch!“. Der Einzelfall kann mit keiner Mathematik vorhergesagt werden.

Die Punkte 3 und 4 sollen abschließend nochmals ausgeführt werden, denn ein wichtiger Punkt im Wahrnehmungsprozess wurde bisher vernachlässigt. In der mathematischen Beschreibung einer Wahrnehmung ist nämlich zu berücksichtigen, dass ein Mensch in der Regel nur dasjenige bewusst erkennen und zuordnen kann, was er bereits kennt.

Ansatz zur Wahrnehmung eines bereits bekannten Objektes

Die oben dargestellte Wahrnehmungsgleichung für einen unbekanntem Reiz gilt nicht bei der Erkennung von bereits bekannten Objekten. Denn liegen im Gehirn bereits Abbildungen von den zu erkennenden Mustern vor, so werden auch diese auf den Wahrnehmungsprozess einwirken. In Teil I wurden verschiedene systemtheoretische Möglichkeiten der Verknüpfung von Systemen (und Zuständen) dargestellt; alle diese Möglichkeiten werden bei der Wahrnehmung eine Rolle spielen. Wir wollen im Folgenden annehmen, dass ein bereits im Geist gespeichertes Abbild wie eine zusätzliche Störgröße (additiv) auf die Dynamik des Wahrnehmungsprozesses wirkt.

Betrachten wir eine konkrete Aufgabe der visuellen Wahrnehmung, bei der ein Objekt aus einer Vielzahl von Objekten gesucht werden muss. Gehen wir weiter davon aus, dass im Geist Abbilder von visuellen Objekten bereits gespeichert vorliegen. Soll aus einer vorgegebenen Menge von i Objekten, deren Signalreiz S auf das Auge trifft, ein bekanntes Objekt O_i erkannt werden, dann wirken neben dem visuellen Reiz S_1 auch alle mental gespeicherten Objekte O_1, O_2, O_3, O_i als Störgröße auf den beginnenden Wahrnehmungsprozess, es gilt formal

$$Z_{end} = f_{Attraktor}(Z) \rightarrow Z_{n+1} = Z_n^2 + \alpha_1 E[S_1] + \beta_1 O_1 + \beta_2 O_2 + \dots$$

Man erkennt, dass die mental gespeicherten Bilder bereits den Startwert der Folge zum Zeitpunkt t_0 verändert haben, Z_{end} also bereits zu Beginn von den gespeicherten Bildern beeinflusst wurde. Im Laufe weniger Iterationen konvergiert Z_n zu Z_{end} und es entsteht die Superposition $\{Z_{end,1}, O_1, \dots, O_k\}$. Der Kollaps dieser vorbewussten Wellenfunktionen führt dazu, dass das wahrscheinlichste Bild am wahrscheinlichsten erkannt wird. Dies kann eines der Objekte O_i oder auch ein neues Abbild Z_{end} sein.

Allerdings können bei Wahrnehmungsprozessen auch instabile Zustände (sogenannte binokulare Zustände) entstehen. Betrachten wir dazu das Bild aus Teil 1 für eine optische Täuschung zwischen Vase und zwei Gesichtern (Bild links) in Abbildung 9. Der visuelle Signalreiz S des Bildes erzeugt als Störgröße der rekursiven

Funktion eine derartige Julia-Menge, dass der vorbewusste dynamische Wahrnehmungsprozess auf einen Grenzyklus mit zwei quasi-stabilen Zuständen konvergiert. Daher springt die bewusste Wahrnehmung immer zwischen der Erkennung einer Vase und zweier Gesichter hin und her, wie im rechten Bild als Simulation dargestellt⁸⁷.

Die Beschreibung der Gehirnvorgänge als chaotisches dynamisches System bedeutet aber auch, dass bereits kleinste Veränderungen des Reizes S oder des mentalen Zustandes eines gespeicherten Objektes O_1 eine Julia-Menge in ihrer Struktur vollständig verändern können, was wiederum zu Konvergenz, Divergenz oder zu einem seltsamen Attraktor des gesamten Systemverhaltens führen kann. Das System kann damit hochgradig instabil werden. Im übernächsten Kapitel werden wir die *Änderung eines mentalen Zustandes* mit einem erweiterten Begriff der *Informationen* verknüpfen und dadurch eine mathematische Erklärung dafür bieten, warum bereits wenige Informationen (d.h. wenigste Bits) für ein System ausreichen können, um deutliche Veränderungen in seinem Verhalten auszulösen.

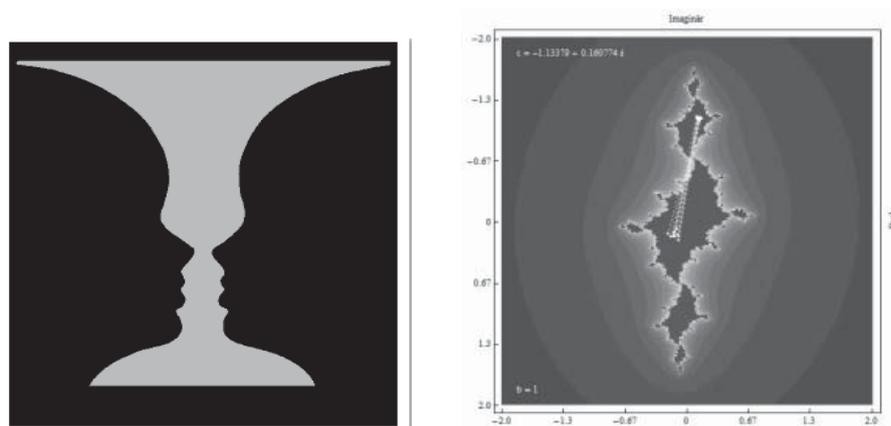


Abbildung 9: Oszillierende Wahrnehmung (links) als Ausprägung einer chaotischen Systemdynamik auf einer Julia-Menge (rechts)

⁸⁷ Man beachte: Durch unsere bisherige Formalisierung wurde durch den „hin und her springenden“ Attraktor der *vorbewusste* Zustand Z_{end} beschrieben. Warum nun auch die bewusste Wahrnehmung oszilliert, könnte folgende Gründe haben: a) Die Aufmerksamkeitsfunktion A ändert aus bestimmten Gründen nach einer gewissen Zeit ihre „Richtung“. Sie richtet ihren Focus abwechselnd auf einen der beiden Attraktorpunkte Z_{end} . Die bewusste Wahrnehmung oszilliert. Oder b) Beide stabilen, vorbewussten Zustände überlagern sich nach Gesetzen der Informationsmechanik und erzeugen bereits eine oszillierende Wahrscheinlichkeitsamplitude, z.B. $Z_{end} = kZ_{end,1} \cos(\omega t) + jZ_{end,2} \sin(\omega t)$. Durch die Aufmerksamkeitsfunktion A des Bewusstseins kommt es zum Kollaps und damit zu einer Beobachtung, im Beispiel zu unserem oszillierenden bewussten Zustand. Wir tendieren zu der Annahme, dass beide Gründe gleichzeitig vorliegen, jedoch verstärkt b). Wie groß der Effekt nach Alternative b) wirklich sein kann, könnte man durch psychologische Experimente ermitteln.

Diskussion

Wir haben in diesem Kapitel versucht, die komplexwertigen Zustandsgrößen aus Kapitel 4 zu benutzen, um konkrete aber dennoch einfache dynamische Modelle für bekannte Beobachtungsdaten aus der menschlichen Wahrnehmung aufzuschreiben. Es ist völlig klar, dass sowohl die Modellgleichungen als auch die Annahmen *nicht* der im realen Gehirn vorliegenden Situation ausreichend entsprechen. Wichtig war uns nur, aufzuzeigen, dass sich durch die Beschreibungsmethode der mentalen und neuronalen Gehirn-Geist-Zustände neue Möglichkeiten einer Systemanalyse ergeben. Mit Hilfe angepasster Gleichungen könnten Vorhersagen gemacht werden, die einer experimentellen Untersuchung standhalten. Ein Beispiel: So bedeutet das exemplarisch eingeführte mathematische Modell der bewussten Wahrnehmung mit *Parallelschaltung* und *Interferenz der gespeicherten Muster* als Störgrößen O_1 , O_2 , O_i , dass die Dauer des Erkennungsprozesses eines Objektes *unabhängig* davon ist, wie viele unbekannte Signale gleichzeitig ihren Reiz auf das Sehzentrum auslösen und wie viele Objekte in den Wellenfunktionen bereits abgespeichert worden sind.

Abschließend wollen wir jedoch noch auf einen wichtigen Punkt aufmerksam machen. Sollte sich die hyperkomplexe Beschreibungsmethodik für Gehirn-Geist-Zustände als *inhärent* bestätigen, müssen wesentliche dynamische Prozessverläufe im hyperkomplexen Raum dargestellt werden (man beachte, dass selbst die Julia-Menge oder die Mandelbrotmengen nur im komplexen Raum darstellbar sind). Die Komplexität eines solchen Prozesses würde sich daher mit heutiger Messtechnik gar *nicht* erfassen lassen, da sich ein Großteil der dynamischen Prozessverläufe im hyperkomplexen Zustandsraum (Phasenraum) entfalten und man mittels EEG- oder MRT-Messungen nur die reellwertigen Projektionen der Aktivitätspotentiale (ihre Korrelate) erfassen kann. Dies muss zwangsläufig einen Informationsverlust bedeuten.

Interessant ist jedoch, dass bereits diese (reellwertige) Projektion auf die Aktivitätsmuster im Phasenraum eines Neuronenverbandes chaotische Attraktoren für die Neuronenaktivität aufweist, siehe Untersuchungen von [Berry, 2010].

Fassen wir zusammen: Das Herausbilden eines bewussten mentalen Zustandes ist ein mehrstufiger Prozess im Gehirn und im Geist. Bei diesem Prozess werden durch die biologische Verarbeitung des sensorischen Reizes unbewusste hyperkomplexwertige Zustände erzeugt (und physikalisch in den virtuellen Spiegelfunktionen gespeichert), die ihre reellwertige Entsprechung (ihre Korrelate) in den primär-evozierten Potenzialen des sensorischen Rindenfeldes haben. Ausgehend von diesen unbewussten Zuständen wird ein rekursiver dynamischer Prozess angestoßen, in dessen Verlauf das chaotische System durch eine Vielzahl von Iterationen



zu einem Attraktor konvergiert. Diesen Attraktor-Zustand können wir als vorbewussten Zustand deuten, der jedoch noch – in Konkurrenz und Überlagerung mit anderen vorbewussten Zuständen – mit einer Aufmerksamkeitsfunktion wechselwirkt und dann kollabiert. Das Ergebnis ist der uns *bewusste mentale Zustand*. Er bleibt solange aktiv, bis uns eine neue Wahrnehmung bewusst wird.

Im nächsten Kapitel wollen wir versuchen zu verstehen, warum das Gehirn die Herausbildung eines menschlichen Geistes ermöglicht hat. Der Autor vertritt die These, dass die nicht-energetischen Felder zwar eine physikalische Ur-Existenz haben und Grundlage zur Speicherung von Information darstellen, aber ohne Gehirn hätten sich diese Felder niemals soweit entwickeln können, dass so etwas wie ein menschlicher Geist in diesen Feldern hätte abgespeichert werden können.

6. Eine Hypothese zur Evolution von Geist

Im Kapitel 4 wurden Grundzüge einer hyperkomplexen Algebra und im Kapitel 5 eine dazugehörige Systemtheorie entwickelt, in der Hoffnung, eines Tages eine Superwellenfunktion zu konstruieren, die Basiseffekte des Hirngewebes und des geistigen Zustandes beschreibt. Aber selbst wenn eine solche Wellenfunktion konstruiert werden könnte, ist nicht klar, wie sich zusammen mit dem Hirngewebe jemals Geist entwickeln konnte. Der Autor vertritt die Hypothese, dass sich der Geist nicht ohne neuronales Gewebe entwickeln kann. Dies stellt keinen Widerspruch zur Überzeugung einer Ur-Existenz nicht-energetischer Felder dar, denn nicht-energetische Felder (und ihre mathematischen Lösungen, die Spiegelfunktionen) stellen nach unserem Verständnis keinen Geist dar, sondern bieten physikalisch nur die Möglichkeit, geistige Zustände zu codieren, abzuspeichern und zu übertragen. Für die Entstehung des menschlichen Geistes (parallel mit dem Gehirn) vertritt der Autor eine spezielle Hypothese der Genese.

Der Grund liegt in den speziellen Eigenschaften der Spiegelfunktionen. Wir hatten gesehen, dass es bei der Anwendung von Energieoperatoren auf die Spiegelfunktionen zu keinen eindeutig reellen Eigenwerten kommt, die Energiewerte also imaginär bleiben. Diese mathematische Eigenschaft hat nun erhebliche physikalische Konsequenzen. **Allerdings sind die folgenden Ausführungen und damit das gesamte Kapitel 6 reine (wissenschaftliche) Spekulation.** Während Kapitel 4, 5 und später 7 mathematisch abgesichert sind und die Grundlagen einer Theorie (einer *Systemtheorie*) bilden, ist das folgende Kapitel mathematisch nicht gestützt und stellt letztlich nur eine Meinung des Autors im Kanon einer Vielzahl anderer Meinungen zu diesem Thema dar. Das Risiko von Missverständnissen und Kritiken wird allerdings eingegangen, weil die möglichen Implikationen bei Gültigkeit obiger Thesen doch sehr weitreichend sind.

6.1. Physikalische Eigenschaften nicht-energetischer Felder und mögliche Auswirkungen auf die Evolution

Die mathematische Existenz von Spiegelwellen bedeutet noch lange nicht ihre physikalische Existenz. Aus der Mathematik lässt sich ihre Daseinsberechtigung nicht ableiten, aber aus der Mathematik können ihre physikalischen Eigenschaften abgeleitet werden. Die Spiegelwellen besitzen eine imaginäre Energie. Wellen mit derartigen Eigenschaften haben mit Sicherheit ganz spezielle Auswirkungen in der Physik.

Wir postulierten bereits, dass die Spiegelwellen nicht der Grenzgeschwindigkeit c , der Lichtgeschwindigkeit, unterliegen. Dies ist kein Verstoß gegen die Relativitätstheorie. Es ist wichtig zu erkennen, dass superluminare Geschwindigkeiten durch die Relativitätstheorie niemals ausgeschlossen wurden, sondern nur das (schrittweise) *Überschreiten* der Lichtgeschwindigkeit. Gegen die Existenz von Teilchen mit imaginärer Masse und permanent überlichtschneller Bewegung spricht aus Sicht der Relativitätstheorie nichts. Nur unsere Erfahrung scheint dagegen zu sprechen, nicht jedoch die Mathematik. Was ist das Besondere bei überlichtschnellen Teilchen? Man kann zeigen, dass mit derartigen Teilchen (in der Physik zum Beispiel Tachyonen genannt) Nachrichten in die Vergangenheit gesendet werden könnten. Einstein erklärte bereits 1907, dass es basierend auf seinen Gleichungen möglich wäre, Informationen in die Vergangenheit zu übermitteln. Da dies das Kausalitätsgesetz zu verletzen scheint, wurden überlichtschnelle (superluminare) Informationsübertragungen (durch ihn und Dritte) axiomatisch ausgeschlossen. Wir schließen diese „Nachrichtensendung“ in die Vergangenheit jedoch nicht aus, im Gegenteil, wir fordern sie. Entscheidend ist, dass wir eine solche Informationsübertragung nur für die hier eingeführten Spiegelwellen zulassen, denn nur diese haben eine imaginäre Masse (imaginäre Energie)⁸⁸. Die Möglichkeit, Informationen in die Vergangenheit zu „übersenden“, ergäbe sich dann zwangsläufig aus der Mathematik.

Obwohl nach der Relativitätstheorie eine *Signalsendung* in die Vergangenheit physikalisch also denkbar wäre, postulieren wir das nicht, denn nach unserer Darstellung ist eine Signalwirkung geistiger Prozesse (basierend auf Spiegelfunktionen) auf materielle Prozesse nicht möglich (jedenfalls haben wir keinen mathematischen Weg dafür aufgezeigt). Die postulierte Rückkopplung ϕ über die Zeit stellt damit *kein* echtes Signal dar, sondern eine Verschränkungskorrelation, sie wirkt also nur statistisch.

⁸⁸ Was sagt die Physik? Es ist nicht möglich, mit einer Geschwindigkeit $v < c$ zu starten und diese langsam bis $v > c$ zu erhöhen. Man kann sich jedoch Entitäten vorstellen (Tachyonen werden von den Physikern vorzugsweise genannt), die mit ihrer Geschwindigkeit immer über der Grenzgeschwindigkeit „ c “ bleiben. Dies hat mathematisch jedoch negative bzw. imaginäre Zeiten zur Konsequenz, wie die Lorenztransformation zeigt. Einstein selbst diskutierte 1910 mit Sommerfeld über das sogenannte *Antitelefon*, denn aus den Gleichungen der speziellen Relativitätstheorie ergibt sich (für speziell bewegte Inertialsysteme) die Möglichkeit „in die Vergangenheit zu telefonieren“, d.h. dort Informationen zu hinterlassen. Gödel, ein späterer Freund Einsteins in Princeton, war der erste der zeigen konnte, dass sich aus der Allgemeinen Relativitätstheorie sogar Zeitreisen ergeben können. Soweit wollen wir in unserer Hypothese nicht gehen, die mathematische Möglichkeit eines Antitelefons ist völlig ausreichend.

Daher postulieren wir folgendes Evolutionsmodell:

1. Über den Beginn der Entwicklung (sozusagen den Urknall) können wir (mathematisch) nichts aussagen.
2. Im Rahmen der Entwicklung der letzten Milliarden Jahre auf der Erde sind parallel zu den materiellen Entwicklungen (zu den biologischen Systemen) Entwicklungen in den Informationsfeldern vonstatten gegangen, die die physikalischen Entwicklungen abbilden und speichern können.
3. Durch diese Entwicklung bis hin zum menschlichen Gehirn sind Naturphänomene entstanden, die wir menschlichen Geist nennen.
4. Diese Entwicklung des Gehirns und des Geistes und ihrer Wechselwirkung wird sich in Zukunft fortsetzen.
5. Aufgrund ihrer physikalischen Besonderheit der imaginären Energie haben die Spiegelfunktionen ganz bestimmte Eigenschaften. Insbesondere können sie über Verschränkungskorrelationen auf die Vergangenheit einwirken.
6. Das bedeutet, dass sich Informationen, die sich erst in weiter Zukunft herausbilden werden, bereits heute und auch früher auf die Entwicklung einwirken bzw. eingewirkt haben.
7. Die kybernetische Struktur der Evolution ist damit ein permanentes Rückkopplungsmodell und kein lineares Fortschreiten in der Zeit.

Vgl. dazu Abbildung 10:

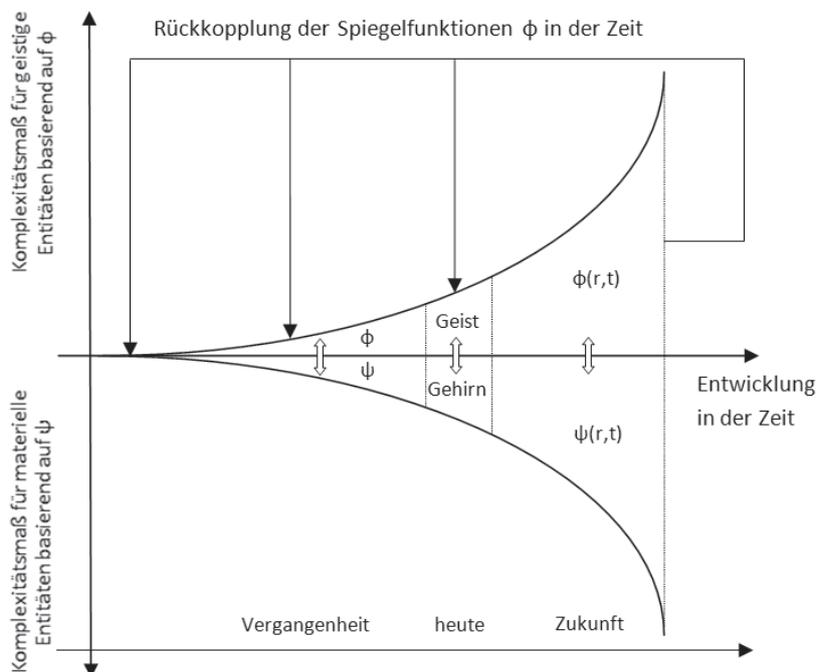


Abbildung 10: Rückkopplungen in der Evolution durch nicht-energetische Wellenfunktionen



Die o.g. Rückkopplung erscheint uns für die Evolution als äußerst wichtig, allerdings reicht das Modell aus unserer Sicht immer noch nicht aus, um die Evolution des Geistes in seiner Komplexität zu erfassen.

6.2. Gödel und die Folgen

Um die Evolution des Geistes besser zu verstehen, ist es nochmals notwendig, sich mit Mathematik zu befassen, denn vor 80 Jahren ist einem Mathematiker ein Nachweis gelungen, der *Evolutionssprünge* gut erklären könnte (diese Sprünge sind ein Manko der Theorie von Darwin). Diese Mathematik wollen wir uns kurz ansehen: Im Jahre 1931 legte der Mathematiker Kurt Gödel einen Beweis vor, der das Streben des damals berühmten Mathematikers David Hilbert nach *Widerspruchsfreiheit und Vollständigkeit der Mathematik* endgültig zerstörte, da Gödel in seinem Werk „Über formal unentscheidbare Sätze der Principia mathematica und verwandter Systeme“ zeigte, dass es in jedem widerspruchsfreien Axiomen-system (welches genügend reichhaltig ist, um die Arithmetik der natürlichen Zahlen aufzubauen) zu Eigenschaften kommen kann, die innerhalb des Systems weder falsifizierbar noch verifizierbar sind. Der etwas sperrig klingende Beweis – der auch heutzutage fast nur Mathematikern bekannt ist – hat nun extrem große Auswirkungen auf die Erkenntnistheorie. Mathematische Details zum Beweis und resultierende Implikationen findet man in [Yourgrau, 2005] und [Hoffmann, 2013].

Nehmen wir ein erstes Beispiel für die Auswirkungen des Beweises. So glaubten manche Physiker bis vor einigen Jahren, dass es eine sog. „Weltformel“ geben könnte, nach der sich die gesamten Erscheinungen der Welt formal entwickeln ließen. Selbst heute noch suchen Physiker nach derartigen physikalischen Grundlagen. Eine Weltformel stellt jedoch ein Axiomen-System (einen Formalismus, ein Kalkül) dar, mit dem man alle Eigenschaften – die durch korrekte mathematische Anwendung der Axiome entstehen – erklären können muss. Dass dies prinzipiell unmöglich ist, hat Gödel jedoch mit o.g. Beweis gezeigt. Das heißt, in einem physikalischen System können Eigenschaften entstehen, die innerhalb des physikalischen Systems nicht mehr erklärt werden können – und zwar prinzipiell nicht. „Erklärt werden können“, meint hiermit mathematisch erklärt, denn letztlich versteht man in den exakten Wissenschaften unter Erklärung stets eine mathematische Modellierung mit Vorhersage und Überprüfbarkeit. Wissenschaft zu betreiben, heißt heute also in der Regel, Mathematik zu betreiben. Gerade deshalb sollte man auf die Restriktionen einer prinzipiellen Berechenbarkeit achten, die bereits vor 80 Jahren vorgelegt wurde.



Dass es derartige Restriktionen bei Extrapolationen aus bekannten Regeln gibt, ist natürlich seit langem bekannt. Viele sprechen heutzutage von Emergenz und meinen damit genau jene Eigenschaften, die auf einer höheren Stufe entstehen und die aus den unteren Stufen nicht extrapoliert werden können. Als Beispiel dazu sollen chemische Eigenschaften von (organischen) Molekülen genannt werden, die aus der Physik heraus nicht erwartet und aus dieser heraus niemals vorhergesagt werden können. Nicht nur die Arithmetik, nein, auch die Physik ist prinzipiell unvollständig. Sie kann niemals alle Phänomene der Welt beschreiben und zwar prinzipiell nicht, es ist keine Frage des jeweiligen Erkenntnisstandes.

Aber auch die Chemie ist prinzipiell unvollständig, auch aus ihr heraus können Eigenschaften entstehen, die niemals mittels chemischer Gesetze berechnet werden können. Einige dieser Eigenschaften nennt man biologische Eigenschaften. Diese sind mittels chemischer Gesetze prinzipiell nicht erfassbar. Alleine aus Kenntnis der Chemie lässt sich die Frage nach dem „Lebendig sein“ einer Zelle nicht beantworten. Der Grund liegt wiederum an den Gödelschen Grenzen. In jedem hinreichend komplexen System – und ein solches stellt die Chemie dar – können Aussagen über Eigenschaften entstehen, die in diesem nicht verifizierbar (erklärbar) sind. Dies deckt sich hervorragend mit unserer Intuition. Auf Ebene der Chemie existieren gar keine biologischen Eigenschaften. Wir wiederholen: Auf Ebene der Chemie gibt es nur chemische Eigenschaften (bzw. Aussagen über diese). Nur auf der Ebene biologischer Systeme gibt es diese neuen Merkmale. Man wäre sogar versucht zu sagen, dass auf biologischer Ebene sogar neue Kräfte, rein biologische Kräfte entstehen könnten, wie z.B. die sexuelle „Kraft“ biologischer Träger. Rein chemisch ist diese niemals zu verstehen, rein physikalisch schon gar nicht, und doch ist die sexuelle „Kraft“ für biologische Systeme eine sehr starke Wechselwirkung (die selbstverständlich nur für biologische Systeme verstehbar ist). Und noch etwas kann man aus diesem Beispiel erkennen. Biologische Systeme wirken abwärtskausal, also zurück auf die Biochemie in ihnen. Treffen zwei biologische Systeme aufeinander, ob Einzeller oder Vielzeller, so treten in ihnen biochemische Veränderungen auf, womit erkennbar ist, dass biologische Interaktionen abwärtskausal in beiden Systemen wirken. Damit soll noch nicht einmal auf die Epigenetik eingegangen werden, die andeutet, dass äußere (auch nicht-physikalische) Einflüsse auf Gene zurückwirken können.

Biologische Phänomene in der Chemie

Betrachten wir ein naives Beispiel: Man stelle sich einen Abhang vor. Unten am Abhang sei eine Eisenkugel, oben auf dem Berg befinde sich ein starker Magnet.



Man kann sich nun vorstellen – und es sehr leicht experimentell bewerkstelligen – dass die Eisenkugel den Berg hinauf rollt. Hat die Kugel damit die Physik verletzt, weil das Gesetz der Schwerkraft missachtet wurde? Natürlich nicht, denn der Magnetismus gehört auch zur Physik und magnetische Kräfte sind um Größenordnungen größer als gravitative Kräfte. Dieses Experiment passt daher in unsere Vorstellungswelt. Betrachten wir nun dieselbe Situation mit Lebewesen. Unten im Tal sitzt ein männlicher, kugelrunder Igel. Oben auf dem Berg hockt ein Igelweibchen. Nun beobachten wir, dass der „Igelball“ – wie von Geisterhand bewegt – den Berg hinauf rollt. Hat der Igel damit irgendein physikalisches Gesetz verletzt? Natürlich nicht, aber auf der Suche nach dem WIE wird es schwieriger. Wir kennen 4 physikalische Grundkräfte (starke und schwache Wechselwirkung, Gravitation und Elektromagnetismus). Keiner dieser Kräfte kommt nun in Frage, um uns die Situation glaubhaft zu erklären. Die Kräfte der Physik reichen nicht aus, um dieses Experiment zu deuten. Starke und schwache Wechselwirkung kommen aufgrund der Reichweite nicht in Frage, der Elektromagnetismus auch nicht, das Gesetz der Gravitation wurde nun gerade gebrochen. Man muss sehr lange suchen, um im Rahmen der Physik weiterhin ein „sauberes Weltbild“ zu erhalten. Wieso bewegt sich die Masse des Igels bergauf? Rein physikalische ist das einfach nicht erklärbar. Aber im Rahmen der Chemie schon. Man muss nur neue Energieformen zulassen, so die chemische Energie in den Muskeln und kann zu einem Erklärungsbild gelangen, wieso es dem Igel ermöglicht wird, bergauf zu laufen. Allerdings darf man nicht vergessen, dass der Grund des Bergauflaufens nicht chemischer Natur ist, sondern biologischer, sexueller Natur, aber im Rahmen der Chemie kann man den Vorgang beschreiben, und zwar ohne biologische Eigenschaften zu bemühen. Mit Chemie und Physik kann man die Bewegung des „Igel-Gewichtes“ bergauf erklären. Ein völlig betriebsblinder Chemiker benötigt also keine Kenntnis von der Biologie des Igels, er kann beim besten Willen keine Biologie erkennen, wenn sich ATP umwandelt, es daraufhin zu Kontraktionen von Makromolekülen kommt, die so verschaltet sind, dass sich ein Hebel in Bewegung setzt usw. usw. Die biologische Motivation der Bewegung lässt sich in der Chemie nicht entdecken, denn dort ist sie nicht.

Mentale Phänomene in der Biologie

Damit kommen wir zu einem wichtigen Punkt. Denn auch in einem biologischen System können Aussagen über Eigenschaften entstehen, die niemals innerhalb des biologischen Systems verifizierbar (erkennbar) sind. Man denke an Aussagen über mentale Eigenschaften von Menschen. Diese prinzipielle Nicht-Erkennbarkeit mentaler Eigenschaften mit den Mitteln der Biologie, ja selbst der Neurobiologie, hat

einige Fachleute eben irrtümlich dazu verleitet, diese Eigenschaften als nicht existent abzutun, sie als sog. Epiphänomene zu deklarieren. Aber mit der gleichen Logik könnte man auch biologische Phänomene als Epiphänomene der Chemie abtun. Man könnte sich damit auf den Standpunkt der Physikalisten stellen, dass letztlich um uns herum nur Physik vorherrscht und alles andere aus diesen Regeln ableitbar sei. Doch das ist – wie bereits gesagt – ein grundsätzlicher Irrtum. Gödel hat gezeigt – mehr noch – bewiesen, dass in einem komplizierten System prinzipiell neue Eigenschaften entstehen können, und dass diese definitiv keine Epiphänomene sind. Wir würden uns auch schwer tun, biologische Eigenschaften als Epiphänomene der Chemie zu definieren.

Diese Zusammenhänge sind wichtig, wenn man eine Ebene höher hinaufsteigt. Denn wir haben postuliert, dass biologische Systeme mentale Eigenschaften besitzen können, die jedoch – man beachte bereits jetzt – ihrerseits niemals auf der Ebene der Biologie erkennbar sein werden. Dies hat nun gravierende Auswirkungen auf heutige Forschungsrichtungen. Denn schließlich handelt es sich hier *nicht* nur um eine Meinung des Autors, sondern um einen klaren *Beweis* in Analogie zu Gödel (der natürlich nur auf mathematischem Gebiet operierte), dass in einem niederen System bestimmte höhere Eigenschaften nicht erkennbar sein können.

Im Klartext: Mentale Eigenschaften lassen sich nicht neurophysiologisch erfassen und zwar prinzipiell nicht. Bewusstsein kann man nur mit Bewusstsein messen. Natürlich kann man Korrelate finden, z.B. sog. NCCs, also Korrelate, die mit Bewusstseinsinhalten korrelieren, mehr aber nicht. Niemals können diese Korrelate mentale Eigenschaften erklären, ersetzen, beschreiben oder sind mit diesen gar identisch. Um mentale Eigenschaften zu untersuchen, benötigt man eine Wissenschaft dieser Ebene, z.B. die Psychologie, denn geistige Eigenschaften lassen sich nur auf ihrer eigenen Ebene entdecken, also in der Interaktion von geistigen Systemen mit anderen geistigen Systemen.

Was kann dann aber die Neurophysiologie an Nutzen für mentale Systeme stiften? Sie kann genau das, was Chemiker zur Erklärung biologischer Systeme beitragen können. Sie kann Voraussetzungen definieren uvm. Sie kann aber eben niemals geistige Phänomene entdecken oder aus der Neurophysiologie heraus extrapolieren und das hat nichts mit unserem heutigen Wissensstand zu tun. Vor über 80 Jahren wurde klar aufgezeigt, dass solche unvorhersehbaren und prinzipiell unerklärbaren Eigenschaften (immer) entstehen können.

Als Ausweg aus diesem Erkenntnisdilemma könnte man die Anwendung von Gödel auf diese Thematik abstreiten, denn schließlich hat er eine zahlentheoretische Abhandlung geschrieben und sicher nichts über Neurophysiologie ausgesagt.

Schaut man sich den Gödelschen Beweis jedoch näher an und untersucht insbesondere, *wie denn genau* solche qualitativ neuen Eigenschaften entstehen, so wird man überrascht sein. Denn solche Eigenschaften entstehen dann, wenn ein System sich selbst *referenziert*. Gödel erzeugt seinen Beweis dadurch, dass er in einer mathematischen Aussage, die einer großen Gödelzahl entspricht, eben diese Gödelzahl selbst wieder einsetzt. Also, er setzt etwas in sich selbst ein und zeigt dann, dass dadurch neue Eigenschaften entstehen können. Bei Gödel ist es die Eigenschaft, dass die nun konstruierte Aussage nicht beweisbar ist (viel mehr Möglichkeiten hatte er in seinem „einfachen“ algebraischen System auch nicht, um etwas Neues zu erzeugen).

Evolutionärer Fortschritt durch das Gödel-Paradoxon

Die Chemie und die Biologie haben nun unendlich mehr Möglichkeiten, Systeme in sich selbst einzusetzen und dadurch etwas völlig Neues zu schaffen. Man denke an den genetischen Code, bei dem eine Zelle sich selbst enthält oder an das Selbstbewusstsein, bei dem ein System (ein Gehirn) sich selbst erkennt und auch selbst enthält. Diese Selbstreferenz ist es, die diese qualitativ neuen Eigenschaften erzeugt hat. Es reicht überhaupt nicht, Systeme einfach komplexer werden zu lassen. Man könnte Billionen von organischen Molekülen in ein Reagenzglas einbringen, daraus würde niemals ein biologisches System entstehen. Dieses höherwertige System entsteht erst dann, wenn ein System auftritt, welches sich selbst referenziert. Das ist die Essenz. Es ist mit diesem Wissen schwer vorstellbar, warum von einigen Entwicklungsbiologen angenommen wird, dass sich zuerst organische Moleküle kopiert haben und irgendwann dann eine Membran hinzukam und alles umschloss. Nein, das Leben entstand in dem *Augenblick*, indem ein System auftrat, welches sich selbst enthielt, sich reproduzierte und auf Außenreize reagierte. Der Punkt ist jedoch, dass dies niemals zufällig passieren konnte.

Wie aber dann?⁸⁹ Die Lösung besteht darin, dass mit dieser Selbstreferenz eben nicht nur eine neue materielle Qualität entstand (die lebende Zelle), sondern diese

⁸⁹ Wir möchte hier einen Vorschlag zur Entstehung der ersten Ur-Zelle anbringen (wohl wissend, dass man heute vom Ring des Lebens als Ursprung spricht und nicht mehr von der Ur-Zelle). Dieser Vorschlag verdankt seine Entstehung einer meiner Töchter, die auf einem biogeologischen Gebiet promoviert. Machen wir folgendes Gedankenexperiment: Wir stellen uns also die Frage, ab wann die Biomoleküle zu leben angefangen haben. Betrachten wir dazu einen Lipid-Ring (ein Makromolekül), der zufällig einen Raum mit chemischen Elementen umschloss, in dem sich Aminosäuren befanden (die rein chemisch entstanden waren). Diese Aminosäuren waren nun zufällig günstig verkettet, so dass sie ein Protein darstellten, welches zur Lipid-Außenhülle diffundierte und dort als wertvolles Protein eingelagert werden konnte. Gleichzeitig dazu hefteten sich (durch chemische Anziehung) entlang der Aminosäurenkette



Zelle ihre Entsprechung in einem nicht-energetischen Spiegelfeld besitzt, welches sich gleichzeitig mit der Zelle herausbildete. Dieses Spiegelfeld steht nun außerhalb unserer normalen Zeit, wie wir im vorherigen Abschnitt gesehen haben. Da es außerhalb der Zeit steht, kann es – wenn einmal entstanden – rückwirkend auf die Entstehung der Zelle einwirken. Dieses Spiegelfeld zog die chemischen Bauteile sozusagen in einen bestimmten Attraktor hinein, eben in den Bau der Zelle.

Ob es noch andere Möglichkeiten für die Entstehung völlig neuer Eigenschaften gibt, soll dabei nicht ausgeschlossen werden, allerdings ist es interessant zu wissen, dass es den Mathematikern seit 1930 nicht gelungen ist, Gödels Unvollständigkeitsbeweis eleganter zu gestalten und zu verbessern. Er scheint mit einem Geniestreich genau die Möglichkeit gefunden zu haben, in einem rein algorithmischen System völlig neue Eigenschaften zu erzeugen, die weit über das System hinausragen.

Dieser hier vertretene Ansatz von Emergenz steht selbstverständlich nicht alleine dar. Er deckt sich zu nahezu hundert Prozent mit dem Ansatz von Forschern, die

anders geartete chemische Moleküle an, die wir heute mRNA nennen. Durch die Wirkung von Metallen und anderen Katalysatoren (den Vorgängern der heutigen Enzyme) in der Umgebung des chemischen Prozesses löste sich die mRNA von ihren Aminosäurenketten und schwamm frei in der umschlossenen Flüssigkeit umher. Irgendwann hefteten sich nun weitere Aminosäuren an die mRNA, so dass man erkennen konnte, dass die mRNA wie eine Art Blaupause funktionierte. Aber war das schon Leben? Nein. Eine mRNA-Kette (die selbst durch Anheftung an eine Aminosäurenkette entstanden war) sorgte nur chemisch dafür, dass sich erneut Aminosäuren entlang ihrer eigenen Kette anhefteten. Dies hatte den Vorteil, dass – irgendwann – bei einer zufälligen Abschnürung ein Teil der mRNA in der linken Hälfte verblieb, ein anderer Teil in der rechten. Wieder hefteten sich Aminosäuren entlang dieser Kette an. Dies alles passierte milliardenfach in der damaligen Ursuppe. Und die Abschnürung erfolgte an einer Stelle auf der Erde irgendwann einmal so nachhaltig, dass sich die Lipidhülle mit ihren gesamten inneren Komponenten in einen linken und einen rechten Teil trennte. Die erste Zellteilung lag vor. Aufgrund von chemischen Anziehungskräften kam es erneut zu Einlagerungen und die Lipidhüllen vergrößerten sich, die beiden „Tochterzellen“ wuchsen heran. War das schon Leben? Nein. Kommen wir also zum Stoffwechsel. Als einmal zufällig sehr reaktive Moleküle (Radikale oder andere chemische Verbindungen) in das Innere einer solchen Lipidblase diffundierten, veränderte das den Ablesemechanismus bei der mRNA zufällig derart, dass nur noch jedes zehnte mRNA-Nukleotid als Vorlage zur Anheftung von Aminosäuren benutzt werden konnte. Die Lipidblase reagierte also auf das Eindringen eines Stoffs mit der Veränderung ihres Stoffwechsels, indem sie zufällig andere Aminosäuren produzierte, die ihrerseits nun wieder zur äußeren Lipidhülle diffundierten und die Lücken dort schloss, wo die reaktiven Moleküle eingedrungen waren. War das endlich Leben? Nein. Und dies ist das Interessante: Egal, wo man genau hinschaut, man wird nirgends erkennen, ob der „Makromolekülhaufen“ bereits *lebt*. Vermehrung, Wachstum, Stoffwechsel, Reaktion auf Außenreize wie z.B. Wärme, alles ist chemisch. Und doch, irgendwann, lebte dieser Haufen von Makromolekülen. Wie das? Genau das beantwortet Gödel! Ein System mit völlig neuen Eigenschaften muss sich stets selbst enthalten. Und trotzdem, die neue Eigenschaft kann man im System selbst niemals entdecken.

seit Jahren – wenn nicht gar Jahrzehnten – emergente Eigenschaften (schwache und starke Emergenz) beschreiben und darüber hinaus eine Abwärtskausalität postulieren⁹⁰. Allerdings sind die Emergenzforscher bis heute die Antwort schuldig geblieben, wie genau es ein System schafft, völlig neue Eigenschaften zu erzeugen. Man sagt allgemein durch Zunahme der Komplexität. Aber dies scheint, wie bereits gesagt, nicht zu stimmen. Denn selbst das „primitive“ System der Arithmetik (mit dem Gödel arbeitete) war bereits ausreichend komplex genug, um neue Eigenschaften zu erzeugen (nämlich die der Nichtbeweisbarkeit). Es geht daher nicht um Komplexität schlechthin, sondern um Selbstreferenz. Interessanter Weise treten in der Natur auch gerade bei diesen Selbstreferenzen völlig neue Eigenschaften auf, nämlich biologische Eigenschaften bei Selbstreferenz von organischen Molekülen oder mentale Eigenschaften bei Selbstreferenz von Spiegelfunktionen biologischer Systeme.

Akzeptiert man diese Erkenntnisse, stellt sich die Frage, ob sich diese Entwicklung hin zu immer neueren Eigenschaften fortsetzt. Können auf höherer Ebene, sozusagen durch soziologische Interaktionen, weitere, neue Eigenschaften entstehen? Die Antwort ist ein klares Ja, wenn auch bemerkt werden muss, dass ein Mensch als psychologisches Wesen, diese Eigenschaften nicht – und zwar prinzipiell nicht – verstehen kann. Genau wie ein biologisches System, z.B. eine Pflanze ohne die Eigenschaften der Selbstreferenz, niemals eine Idee davon haben kann, was mentale Eigenschaften oder Gedanken – wie z.B. dieser Aufsatz hier – ausdrücken wollen,

⁹⁰ Betrachten wir ein Beispiel zur Emergenz. Wie schaffen es die Moleküle eines Taschenrechners richtig zu rechnen? Es ist einfach eine bewundernswerte Eigenschaft eines Taschenrechners herauszubekommen, dass $3+6 = 9$ ist. Man stelle sich nur vor, was alles in einem solchen Rechner abläuft, bis das Ergebnis steht und angezeigt wird. Doch was wäre mit den Molekülen, wenn der Rechner $3+6 = 15$ rechnen würde? Würden die dann falsch schwingen? Natürlich nicht. Egal wie genau man die Atome und Moleküle untersucht, man kann an diesem Ort nicht erkennen, ob der Rechner richtig oder falsch rechnet. Man sagt, diese Eigenschaft sei emergent aus dem Zusammenspiel aller Schaltkreise (oder Zahnräder) entstanden. Aber wie das? Wo genau war die Stelle als Emergenz auftrat? Wir wollen sie mit der Lupe finden. Doch wir werden sie nicht finden. Der Punkt ist, dass man falsch sucht. Die Eigenschaft, richtig zu rechnen, ist nicht emergent entstanden, sie ist abwärtskausal in das System hineingebracht. Noch niemals wurde ein Taschenrechner entdeckt, der von selbst entstanden ist und dann auch noch richtig rechnet, denn das geht nicht, auch nicht zufällig. All diese höheren Eigenschaften waren zuerst da, hier zum Beispiel die Funktion der Addition. Erst später wurde eine Struktur entwickelt, die diese Funktion umsetzt. Nichts, absolut nichts ist hier emergent entstanden. Erst wenn man den Prozess der Entstehung einer Struktur verstanden hat, weiß man, ob Emergenz auftrat. Und es wäre nicht verwunderlich, wenn es in der Natur genauso wäre. Wir denken, dass aus den Molekülen Zellen wurden, weil die Zellen Moleküle enthalten. Aber zuerst kann eine Funktion *Leben* vorhanden gewesen sein (nicht-energetisch), die sich dann die notwendige Struktur gesucht hat. Dies ist allerdings eine gewagte These.



da diese Pflanze auf biologisch vegetativer Ebene verharret, so kann ein Mensch niemals erkennen, welche Eigenschaften „über ihm“ entstanden sein mögen. Und trotzdem wirken diese Eigenschaften auf Menschen zurück. Sie wirken zurück, so wie unsere psychologischen Interaktionen auf die Biologie zurückwirken, ohne dass die Zellen auch nur eine Vorstellung davon haben können, was die Ursache für ihre Veränderungen war. (Als Beispiel für eine psychologische Kausalkraft könnte man beispielsweise den Altruismus ansehen, der eine Eigenschaft spezieller mentaler Wesen zu sein scheint und der tatsächlich Kräfte entfalten kann, die sich weder aus der Biologie, der Chemie und schon gar nicht aus der Physik heraus auch nur ansatzweise verstehen lassen, denn dort existieren diese „Kräfte“ einfach nicht. Es sind Wechselwirkungen höherer Ebenen, die auf unteren Ebenen *prinzipiell* nicht erkennbar sind, aber auf diese einwirken können.)

Kann das Gödel-Paradoxon die Entstehung mentaler Systeme aus biologischen erklären?

Aus all dem Gesagten entsteht eine Frage, die bedeutsam ist. Wenn biologische Eigenschaften (irgendwann) durch Selbstreferenz von organischen Molekülen entstanden sind (wie postuliert), dann waren die biologischen Eigenschaften logischerweise vorher nicht da. Sie waren in den Molekülen also *nicht* vorhanden, sondern sie sind mit den ersten Zellen (unvorhersehbar, aus dem Nichts) entstanden. Wenn man aber akzeptiert, dass es vorher nirgends eine Vitalkraft, ein biologisches Feld gibt bzw. braucht, sondern dass die biologischen Eigenschaften im Laufe der Entwicklung aus der Chemie hervorgingen, dann sollte man das auch für die mentalen bzw. geistigen Eigenschaften akzeptieren. Oder nicht? Es gäbe nach dieser Lesart jedenfalls keinen wissenschaftlichen Grund anzunehmen, dass es ein geistiges Feld, eine Art Ursubstanz gibt, aus der sich alles entwickelt hat. Denn wenn man akzeptieren würde, dass geistige Eigenschaften erst durch Selbstreferenz innerhalb von biologischen Systemen entstanden sind, dann waren sie vorher schließlich nicht da. Dies klingt nun nach einer schlechten Botschaft für alle religiösen Menschen, denn für den gerade beschriebenen Entwicklungsansatz benötigt man einfach keinen „Urgrund allen Seins“ oder ähnliches. Es würde ausreichen, die Welt in ihrer Entwicklung zu betrachten, beginnend bei der Physik, der Chemie, über die Biologie bis hin zu geistigen Eigenschaften.

Allerdings muss auf eine Diskrepanz hingewiesen werden. Selbst wenn man versteht, wie biologische Systeme aus chemischen Systemen entstehen und wie diese direkt wieder auf chemische Systeme zurückwirken, so kann diese Erklärung für die Entstehung des Geistes nicht eins zu eins übernommen werden. Denn chemi-

sche Systeme und biologische Systeme gehören der gleichen ontologischen Ebene an, sie sind materielle Systeme, sie haben Gewicht, Aussehen, Farbe, sprich Energie. Es scheint kein „Ebenenbruch“ zu sein, wenn man sich die Entstehung der ersten biologischen Zelle aus einem Haufen von chemischen Makromolekülen vorstellt. Aber könnten in einem biologischen System einfach durch Weiterentwicklung geistige Eigenschaften entstehen?

Die Antwort ist ein klares NEIN, denn die Mathematik spricht gegen diesen Ansatz, wir hatten das bereits in einer Fußnote im Kapitel 5.1. erwähnt. Die Algebra der komplexen Zahlen ist mathematisch geschlossen, es gibt keine einzige Rechenoperation, die aus dieser Algebra hinausführt. Da es keinen einzigen Formalismus gibt, aus sich selbst heraus höher-dimensionale Algebren (als \mathbb{C}) zu erzeugen, müssen diese Algebren (bzw. ihre physikalischen Pendanten) *vorher* da gewesen sein. Egal was ein biologisches System mathematisch machen würde, es könnte niemals Zahlen des Typus $\langle j, k \rangle$ erzeugen, wenn es diese nicht schon vorher gäbe. Nein, Spiegelfunktionen müssen „seit Beginn des Urknalls“ vorhanden gewesen sein. Natürlich haben einfache Atome keine Qualia, aber sie besitzen Spiegelfelder. Im Urknall entstanden „vor-physische“ Möglichkeitsstrukturen auf der physikalischen und geistigen Ebene.

Spekulationen zur Urknallthese aus unserer Sicht

Betrachten wir die drei logischen Möglichkeiten des Zusammenspiels zwischen Materie (Wellenfunktionen der QM) und Geist (Spiegelfunktion der Informationsmechanik) hinsichtlich ihrer Entstehung.

- 1) Es könnte sein, dass das Beobachterfeld bereits immer da war, sozusagen der Urgrund allen Seins ist, und dass dieses Feld das „Primat“ hat, die Materie sozusagen strukturiert. Dies entspricht dem Ansatz der Religionen.
- 2) Es könnte sein, dass das Beobachterfeld zusammen mit der Materie entstanden ist. Es wäre daher möglich, dass jedes Elementarteilchen bereits ein solches Feld besitzt und so wie sich die Elementarteilchen zu immer komplexeren Systemen verschalteten, auch das Spiegelfeld immer komplexer wird, bis es eben heute so komplexe Felder gibt, dass wir ihnen Bewusstsein zubilligen müssen.
- 3) Es könnte sein, dass die Materie das Beobachterfeld hervorgebracht hat, so wie die Materie basierend auf Selbstreferenz lebende Systeme hervorgebracht hat, das Gehirn letztlich den Geist als materielle Eigenschaft erzeugte.

Diese drei Möglichkeiten können empirisch nicht unterschieden werden, denn es lässt sich gegenwärtig kein Experiment umsetzen, um die Varianten zu falsifizieren.



Wissenschaft ist jedoch die Balance zwischen Denken und Empirie. Da die Empirie versagt, wenden wir uns dem Bereich des Denkens, namentlich wieder der Mathematik zu. Hier zeigt sich zum gegenwärtigen Zeitpunkt eine Favorisierung der Variante 2), denn aus den gegebenen Unterhalbgebren C bzw. Y lässt sich die jeweils andere mathematisch nicht ableiten, wie gerade betont. Trotzdem gibt es eine gewisse Asymmetrie beider Wellenfunktionen, wie Gleichung (4.8) aufzeigt. Genau diese mathematische Asymmetrie könnte ein Schlüssel zum Verständnis sein. Wir kommen auf diesen wichtigen Punkt zurück.

6.3. Selbstreferenzen im Evolutionsprozess

Wir haben bisher gesehen, dass aufgrund der physikalischen Eigenschaften der Spiegelwellen Rückkopplungen selbst über die Zeit hinaus möglich sind. Und wir haben gesehen, dass das Gödel-Paradoxon einen wichtigen Einfluss auf die Evolution zu haben scheint. In diesem Kapitel wollen wir beides verknüpfen.

Wir haben gesagt, dass auf bestimmten Stufen der Entwicklung Selbstreferenzen auftraten, also ganz spezielle Rückkopplungen innerhalb der Systeme. Es wäre nun nicht einsichtig, warum die Entwicklung der Systeme auf den jeweiligen Entwicklungsstufen Selbstreferenz anwendet und damit völlig neue Systeme erzeugt (wie zum Beispiel lebende Einzeller), der gesamte Entwicklungsprozess jedoch ganz ohne solche Rückkopplungen einfach von unten, von den physikalischen Systemen beginnend, hinauf zu den mentalen Systemen verläuft. Ein erfolgreiches Konzept wird in der Evolution sicher mehrmals verwendet und das haben wir bei der Entwicklung biologischer Systeme hin zu mentalen auch bereits gesehen. Man sollte daher zwingend einen modifizierteren Evolutionsprozess erwarten, als heute allgemein angenommen. Die erfolgreiche Selbstreferenz innerhalb der Evolutionsstufen kann nämlich auch auf den Evolutionprozess selbst angewendet werden, wodurch völlig neue - und völlig überraschende - Eigenschaften des Evolutionsprozesses entstehen. Dazu verknüpfen wir die Mathematik Gödels mit der Physik Einsteins.

Da wir in diesem Kapitel im Bereich der Spekulationen sind, können wir durch Kombination der in Kapitel 6.1. und 6.2. erläuterten Ansätze (Wirkung über die Zeit hinweg und Wirkung des Gödel-Theorems) annehmen, dass die geistigen Eigenschaften, die durch die Evolution entstanden sind, seit Anbeginn der Evolution auf diese eingewirkt haben. Ganz im Sinne Gödels, bei dessen mathematischem Beweis man auch nicht erkennen kann, was auf wen zuerst eingewirkt hat, denn er setzt eine Gödelnummer - die eineindeutig einer mathematischen Aussage zugeordnet werden kann - in eben diese Aussage wieder ein, die dann diese Gödelnummer

erzeugt, die in die Aussage eingesetzt wurde usw. ... Was sich wie ein unendlicher Regress anhört, ist durch Gödel in genialer Weise gelöst. In seinem Ansatz ergibt sich nämlich *kein* unendlicher Zirkelschluss. Da die durch uns verstehbare Mathematik nun einen solchen formalen Schluss zulässt, so darf man annehmen, dass die Natur derartiges auch vermag.

Mit diesem Ansatz kann man die Entstehung des menschlichen Geistes besser verstehen. Mit einem Gehirn entsteht die Möglichkeit der inneren Repräsentation der Außenwelt, jedem Objekt „da draußen“ wird ein inneres Objekt zugeordnet. In dem Augenblick, in dem das Gehirn sich selbst eine innere Repräsentation zuordnete, entstand das Selbstbewusstsein und mit ihm im nicht-energetischen Informationsfeld eine entsprechende Struktur. Diese Struktur jedoch – da immateriell –, steht (so vermuten wir) außerhalb der Zeit und kann nun auf die Entstehung der materiellen Rückkopplung im Gehirn einwirken und zwar in der Zeit vor seiner eigenen Entstehung. Wir postulieren sozusagen eine Anwendung des Gödel-Paradoxons über die Zeit hinaus.

Natürlich ist das gegenwärtig reinste Spekulation! Wir werden jedoch eine mathematische Formulierung dieses Sachverhaltes in einer Folgepublikation geben. Wichtig ist hier nur zu verstehen, dass es eine mathematische Möglichkeit gibt, für bestimmte Inertialsysteme negative Zeiten (Wirkung liegt vor Ursache) mathematisch korrekt zu formulieren, dies war die Diskussion Einsteins mit Sommerfeld bzgl. eines sog. Antitelefons. Aber eine kausale Signalwirkung in die Vergangenheit hinein (obwohl mathematisch korrekt) erscheint uns physikalisch trotzdem *unvorstellbar*, eine Verschränkungskorrelationen (bei der kein Signal gesendet wird (Kapitel 4.2.) jedoch schon. Da wir die Wirkung des Geistes auf die Materie als eine solche Verschränkungskorrelation erkannt haben, scheint die Wirkung geistiger Phänomene in die Vergangenheit zurück physikalisch zumindest möglich und plausibel⁹¹.

⁹¹ Das Gödel-Paradoxon bedeutete hier ganz konkret ausformuliert: Der Geist (der Zukunft und Gegenwart) enthält sich selbst in der Vergangenheit, genauso wie eine biologische Zelle sich selbst (d.h. ihre eigene Bauanleitung) *räumlich* enthält. Das ist die Essenz des Gödel-formalismus und es gibt zurzeit keine andere mathematische Möglichkeit, einen unendlichen Regress zu vermeiden, wenn etwas sich selbst enthält. Uns erscheint der obige Ansatz daher plausibel oder zumindest zulässig. Dass eine Rückkopplung über die Zeit hinweg (zurück) funktionieren könnte, ist seit 1910 bekannt. Die Frage war immer nur, wie sich die Antinomien auflösen lassen würden. Koppelt der Geist zurück, gibt es diese Antinomien jedoch nicht, da *kein Signal* rückgekoppelt wird. Die Wirkung des „beobachtbaren Zufalls“ wäre natürlich trotzdem gravierend, denn die Evolution würde mit Maximalgeschwindigkeit ablaufen und sie tut es auch.

Der erste, der einen interessanten Zusammenhang zwischen Geist und Zeit aufgestellt hat, war aus Kenntnis des Autors Schrödinger. In einem Traktat „Geist und Materie“ von 1958 wiederholt er, dass der Zeitpfeil nur statistische Eigenschaften hat und letztlich durch die Thermodynamik Boltzmanns eingeführt wurde [Schrödinger, 1961]. Aus Sicht Schrödingers ist die Zeit also durch den Geist (Boltzmanns) mathematisch konstruiert worden. Und er schlussfolgert brillant, dass die Zeit – da geistig aufgedeckt – den Geist gar nicht zerstören kann, da der Geist durch seine Entdeckung über ihr steht – also zeitlos ist. Natürlich sind das Spekulationen, aber die Zeit hat tatsächlich nur statistische Eigenschaften (der Entropiezunahme). Ob dies für geistige Prozesse gilt, ist ungeklärt (jedoch unwahrscheinlich). Ein materielles System tendiert immer zur Unordnung, ob ein immaterielles System auch zur Unordnung tendiert ist unbekannt. Einstein hat uns gezeigt, dass Zeit relativ ist und sogar umgekehrt werden kann. Die Zeit – von Kant absolut in den Raum gestellt – ist eine Eigenschaft materieller Systeme, diese unterliegen einem Zeitpfeil aus Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft. Für immaterielle Systeme ist eine Zeitdefinition noch nicht entwickelt worden⁹².

Natürlich entsteht die Frage, ob sich aus den Annahmen irgendwas postulieren ließe, was überprüfbar oder nach Popper falsifizierbar wäre. Ein solches Experiment haben wir nicht parat, aber die Evolution selbst könnte die empirischen Daten dazu liefern, denn das vorgetragene Konzept würde erklären, wieso die Evolution mittels ihrer Zufallsentscheidungen (den Mutationen) schneller vorankommt, als man es rechnerisch erwarten würde. Obwohl jede Mutation zufällig ist, wird das materielle System in die Struktur hineingezogen, die das sich gerade strukturierende nicht-energetische Feld vorgibt.

Wir verweisen nochmals auf das Ende von Kapitel 4.2. Dort wurde erklärt, wie sich eine Verschränkungskorrelation konkret darstellen kann. Im Unterschied zur dortigen Erklärung mit einem Zufallsgenerator und 100 statistischen Kenngrößen, kann man sich auch 100 Zufallsgeneratoren (bzw. später Zellen) mit einer Kenngröße vorstellen (z.B. der Spannweite der Zeitreihen). Bei Tests nach Vorgehen wie in Kapitel 4 werden nun beispielsweise bei fünf Zufallsgeneratoren (welche es sein werden, weiß man vorher natürlich nicht) signifikante Ergebnisse gemessen, d.h.

⁹² An dieser Stelle noch eine Anmerkung. Geistige Systeme mögen „irgendwie“ außerhalb der Zeit liegen, da sie auf nicht-energetischen Feldern codiert werden. Sind diese Felder jedoch mit materiellen Systemen gekoppelt (z.B. die Gedanken eines menschlichen Gehirns), dann unterliegen sie selbstverständlich der normalen Zeit. Der menschliche Geist, so wie wir ihn in uns empfinden, unterliegt ganz klar einem Zeitschema, er ist den zeitlichen Veränderungen des Gehirns ausgesetzt.



die Gruppen A (Korrelation Geist-Materie) und B (keine Korrelation) würden sich über die Verschiebung der Spannweite der Datenreihen signifikant trennen lassen (im Nachhinein). Nun gibt es aber nicht 100 Zellen oder 1.000, sondern eine schier unübersehbare Zahl von chemischen Molekülen und Zellen. Man sieht sofort, was das heißt. Ein extrem hochsignifikanter Einfluss des Geistes ($p < 0.000001$) lässt sich bei 0.0001% der Zellen (den Zufallsgeneratoren im früheren Beispiel) immer finden. Diese hätten dann aber sofort einen evolutionären Vorteil und setzten sich nach den Regeln von Darwin durch (die Entwicklung erscheint daher stets auch teleologisch, da der Geist rückgewirkt hat). Wir vermuten deshalb: Der Einfluss des Geistes ist gerade das Element, dass die Evolution so stark beschleunigt. Da der Geist jedoch nicht als Signal rückwirkt, sondern statistisch, könnte man salopp sagen, „der Geist schmuggele sich über den Zufall in die Materie und Evolution hinein“. Daher bleiben die Physik und die Chemie auch „korrekt“, denn dass es Zufall gibt, wussten die Physiker schon lange. Mit Zufall kann die Physik sehr gut umgehen! Damit ist übrigens auch das **Trilemma von Metzinger** aufgelöst, siehe nochmals Tafel 1.

Genau nach dem o.g. mathematischen Prinzip verstehen wir die Entstehung der ersten Urzelle, denn auch diese besaß schließlich Spiegelfunktionen, die nun ihrerseits wieder rückwirkend (über Verschränkungskorrelationen) auf die Moleküle einwirken konnten. Die schiere Masse von Makromolekülen und ihren Spiegelfunktionen erzwingt nun die Entstehung einer Zelle, die dann sofort einen evolutionären Vorteil hat, das heißt aber: **Biologisches Leben war kein Zufall, sondern mathematisch zwingend**. Die Evolution wäre jedoch dann nicht auf den Menschen ausgerichtet, sondern auf die Entwicklung des Geistes selbst. Dieser wirkt auch jetzt auf uns alle ein und treibt die Evolution mit Maximalgeschwindigkeit voran, beim Thema Künstliche Intelligenz (KI) kann uns das betreffen.

Abschließend kommen wir zu einer wichtigen Frage: Wieso hat man die Wirkung von nicht-energetischen Feldern auf die Materie (sogar über die Zeit hinweg) bisher nicht bemerkt? Dazu gibt es zwei Antworten, die zwar implizit schon genannt, hier aber nochmals wiederholt werden sollen:

1. Die Wirkung der Spiegelfelder erfolgt nur statistisch im Rahmen des Zufalls und verändert die Wahrscheinlichkeitsamplituden von materiellen Wellenfunktionen. Änderungen von Wahrscheinlichkeitsamplituden verändern aber nur die Wahrscheinlichkeitsdichte. Zur Ausprägung eines echten physikalischen Messwertes kommt es durch den Kollaps der Wellenfunktionen, bei dem der wahrscheinlichste Wert am wahrscheinlichsten gemessen wird. Es gibt jedoch keinen physikalischen Determinismus, der

einen Einzelwert erzwingen kann (Problem der Verschränkungskorrelation und Messproblem der QM).

2. Die Wirkung höherer Ordnungssysteme kann man in unteren Systemen schwer oder gar nicht entdecken (Gödel-Theorem).

Diskussion der Ergebnisse

Dieses Kapitel war rein spekulativ, da noch keine empirischen (induktiven) Ergebnisse die vorgetragenen Ideen stützen können. Es wurde versucht, die Ideen von Gödel auf die Evolution zu übertragen und insbesondere wurde eine neue kybernetische Struktur des Evolutionsmodells vorgeschlagen, denn der Autor glaubt, dass es im Rahmen der Evolution zahlreiche Rückkopplungsprozesse von Spiegelfunktionen (auch über die Zeit hinweg) gibt.

Das hieße aber: Die geistigen Eigenschaften, die die Natur im Laufe der Evolution erzeugt hat bzw. noch erzeugen wird, wären in der Natur bereits vollständig enthalten, *das* wäre Gödelsche Selbstreferenz in Reinkultur. Was bedeutet dies aber? Wir werden niemals wissen können, welche konkreten (geistigen) Eigenschaften „über uns“ entstehen, welche Rückkopplungen existieren und welche Selbstreferenzen; wir spüren hier die prinzipiellen Grenzen jeder Wissenschaft. Nicht nur die Arithmetik ist unvollständig, nein, jede formale Wissenschaft – ob Physik, Chemie, Biologie usw. – muss prinzipiell unvollständig bleiben.

Mit logischen Mitteln, mit Denken, Ableitungen und Formeln kann man vollständiges Wissen niemals erlangen. Gödel hat gezeigt, dass man aus dem System immer heraustreten muss, um die qualitativ neuen Eigenschaften zu erkennen (zu verifizieren oder zu falsifizieren), die das System unter Anwendung seiner Regeln erzeugt hat. Wie ein solches *Heraustreten* in unserem Falle auszusehen hat, darüber kann man aber wirklich nur noch spekulieren.

Damit soll nochmals die Erkenntnistheorie angesprochen werden. Es gibt eine eigenartige Wechselbeziehung zwischen unserem Geist und der Welt um uns herum, denn diese Welt spiegelt sich nur in unserem Geist. Egal welcher Glaubensrichtung wir angehören oder welche Anschauung wir als Naturwissenschaftler haben, unstrittig ist, dass wir die Welt um uns herum nur in unserem Geist erfahren, eine andere Erfahrung ist nicht denkbar. Das brachte viele Philosophen sogar dazu, der Welt die reale Existenz abzusprechen und sie nur als Einbildung unseres Geistes zu betrachten. Problematisch wird das auch nur, wenn man auch anderen Menschen Geist zubilligt. Dann wird diese These unhaltbar.



Die Welt, so wie wir sie erfahren, ist vollkommen in uns gespiegelt, aber unser Geist ist Teil der Welt und verändert diese in jeder Sekunde. Der Geist spiegelt sich also in sich selbst wieder. Das ist das Henne-Ei-Problem nur auf höherer Ebene. Gödel hat uns (tief versteckt in seiner genialen, jedoch überaus komplizierten Mathematik) vorgeführt, wie man es anstellen muss, dass ein System sich enthalten kann und zwar ohne unendlichen Regress. Der Trick ist, dass sich das System nicht wirklich selbst enthält, sondern nur seine eigene Konstruktionsanleitung, denn die ist „kleiner“ als das System selbst, beschreibt jenes aber vollständig. Nur durch diesen Universaltrick (den auch jede biologische Zelle nutzt), kann man die o.g. Antinomie auflösen. Der Geist enthält also im Laufe seiner eigenen (personalen) Entwicklung vollständig die Bauanleitung zur Erzeugung seiner Welt, die er spiegelt. Im Unterschied zur Zelle mit seinem Genom, wird diese Bauanleitung jedoch jede Sekunde verändert, so dass der Geist zu jedem Zeitpunkt die aktuell neue Bauanleitung zur Erzeugung seiner Welt besitzt. Das Ergebnis: In jedem spiegelnden Geist enthält sich der die Welt verändernde Geist selbst.

Nun gilt: Immer, wenn ein System sich selbst enthält (sich selbst spiegelt), entstehen in diesem System u.a. auch Eigenschaften, deren Wahrheitsgehalt im System prinzipiell nicht mehr geprüft werden kann. Es entstehen Eigenschaften auf einer Meta-Ebene, von der das untergeordnete System nicht mal eine Ahnung hat. So hat der Zusammenschluss von biologischen Zellen, die alle für sich das Gödel-Paradoxon gelöst haben, ein neues System erschaffen. Ein Mensch oder Tier ist nicht einfach ein Zusammenschluss von Zellen, ist nicht einfach ein Zellhaufen. In diesem neuen System sind so neue Eigenschaften entstanden, davon kann die Zelle nur „träumen“. Genauso ergeht es aber auch uns, denn in dem übergeordneten System über uns sind Eigenschaften entstanden, die wir uns nicht vorstellen können.

6.4. Vom Wesen der Künstlichen Intelligenz

Aufbauend auf der Evolution des Geistes (die intrinsisch ist) wollen wir die Frage erörtern, ob es möglich ist, ein KI-System zu konstruieren, welches sich wie ein intelligentes biologisches System verhält, bei dem aber alles technisch (letztlich also physiologisch) abläuft.

Klären wir zuerst, was Intelligenz ist. Für Intelligenz gibt es keine anerkannte eindeutige Definition, aber alle Forscher sind sich einig, dass Intelligenz eine Art kognitiver Leistung ist, auf unbekannte und bekannte Aufgaben adäquat zu antworten. Für uns sollen 4 Fragen herausgehoben werden, die von echten KI-Systemen positiv beantwortet werden müssen:

1. Können die Systeme auf Umwelteinflüsse adäquat reagieren?
2. Können die Systeme auf ihnen vorher völlig unbekannte Einflüsse adäquat reagieren?
3. Können die Systeme aus sich selbst heraus Fähigkeiten entwickeln, die nicht hinein programmiert wurden?
4. Besitzen die KI-Systeme eine (innere) Qualia, die sie gewisse Sinnesindrücke oder Ergebnisse erfühlen lassen?

Aus Sicht des Autors erfüllen die heutigen KI-Systeme nur den ersten Punkt, alle anderen Punkte sind völlig außer Reichweite technischer Systeme. Sehen wir uns die Punkte einzeln an:

zu 1.) Heutige KI-Systeme erfüllen zahlreiche intelligente Aufgaben, wie z.B. *Cruse Control* und Abstandhalten beim autonomen Fahren, effektive Maschineneinstellungen je nach Rohstoffmessungen, Autopiloteinsätze beim Fliegen oder Schach- und GO-Spielen uvm. Die Intelligenz dieser Systeme ist jedoch in die Systeme von intelligenten Programmierern hinein programmiert. Die Systeme können nur das, was ihnen durch die Programme vorgegeben wurde. Natürlich können sie interpolieren, also auf ihnen unbekannte Einflüsse vernünftig reagieren, wenn diese Eingangssignale in bekannten Wertebereichen vorgegeben werden. Dies ist in 90% der Anwendungen sicher der Fall. Daher erscheinen uns unsere heutigen Systeme schon halbwegs intelligent. Sie sind es aber nicht, wie die weiteren Punkte zeigen werden.

zu 2.) Wie verschiedenes Fehlverhalten von KI-Systemen zeigt⁹³, können diese Systeme auf ihnen vorher völlig unbekannte Einflüsse nicht adäquat reagieren⁹⁴. Es ist in der Tat keine einzige Anwendung bekannt, bei dem ein System völlig autonom auf Einflüsse reagieren konnte, die dem System (also den Programmierern) vorher nicht bekannt waren.

zu 3.) Nein, das geht nicht. Dieses Manko ist prinzipiell und liegt an der primitiven kybernetischen Struktur der heutigen KI-Algorithmen. Es gibt innerhalb der KI-Algorithmen (wie z.B. Neuronalen Netzen) zwar Vorwärtsverkettungen, laterale Kopplungen und Rückkopplungen der Informationsflüsse. Was es nicht gibt, sind Konstruktionen, wie sie Gödel vollführte. Daher ist bis heute auch nichts konstruiert worden, was Zeichen von autonomer Intelligenz zeigen würde, also ein System, welches neue Eigenschaften aus sich selbst heraus entwickeln kann. Wären wir in der

⁹³ z.B. diverse Autocrashes von Tesla uvm.

⁹⁴ Wir sagen voraus, dass das autonome Fahren mit den heutigen KI-Mitteln scheitern wird. Der Grund liegt daran, dass Systeme basierend auf heutiger Digitaltechnologie zwar alles können werden, was berechenbar ist, aber es ist eben nicht alles berechenbar!



Lage ein technisches System zu erschaffen, welches Intelligenz enthält, müsste man das grundsätzlich selbstreferenziell machen, nur dann würden auch neue Eigenschaften entstehen, die nicht in das System hinein programmiert wurden.

Wie könnte man feststellen, ob das System neue Eigenschaften besitzt? Man kann das an einem System nicht erkennen. Es gibt jedoch den bekannten Turing-Test von 1950, der besagt, dass dann „...wenn sich das System hinter der Wand so verhält, dass wir es nicht mehr von einem intelligenten ‚Gesprächspartner‘ unterscheiden können, dass wir ihm dann Intelligenz zubilligen müssen“. Einem System, welches aber nur chinesische oder englische Symbole hin-und-her schiebt (nach den Regeln, die wir ihm einprogrammiert haben), sollte man jedoch nicht zubilligen, dass es Fremdsprachen tatsächlich beherrscht. Der Turing-Test ist daher etwas strittig⁹⁵.

Wir wissen nun jedoch, dass aus rein syntaktischen Veränderungen innerhalb eines Systems (nur) dann neue Eigenschaften im System entstehen können, wenn man dieses Verfahren nach den Gödel-Regeln durchführt. Ein reiner Symbolverschieber wird also niemals chinesisch verstehen, egal wie gut er das simuliert, es bleibt eine Simulation. Man kann auf Rechnern auch *Artificial Live Systems* simulieren, diese „leben“ dann aber trotzdem nicht, es ist erneut nur eine Simulation.

zu 4.) Der vierte Punkt muss genauer besprochen werden. Laut von Neumann ist es egal, ob die Computer mit Äpfeln, Birnen oder Transistoren rechnen. Aus dieser Ansicht ist die überaus erfolgreiche Digitaltechnik entstanden, die letztlich alles berechnen kann, was berechenbar ist. Aber (biologisch) intelligent ist das nicht und wird es auch niemals. Warum?

Gödel hat gezeigt, dass selbst auf dem primitiven System der Arithmetik durch selbstreferenzielles Symbolverschieben Eigenschaften entstehen können, die über das System hinausgehen und die nur von außen erkannt werden können. Wenden wir seine Methode daher auf einem PC an, werden sich tatsächlich Computer bauen lassen, die intelligentes Verhalten völlig autonom erzeugen können. Allerdings fehlt ihnen immer noch eine wesentliche Zustandsgröße, die diese Computer von biologischen Systemen unterscheidet. Dies ist die Qualia. Qualia beschreibt jene makroskopischen Größen, die dem autonomen System die Richtung des Handelns vorgeben. Allen KI-Systemen fehlt daher mathematisch eine Komponente, die wir mit hyperkomplexen Wellenfunktionen beschrieben haben. Ein normaler von-Neumann-PC, egal, wie viele Prozessoren er besitzt, wie viele CPUs gleichzeitig

⁹⁵ Seit 2014 gibt es erste Systeme, die den Turing-Test tatsächlich bestehen. Als Vorgabe reicht es heute aus, wenn 33% der Nutzer eines Chats denken, das Gegenüber wäre ein Mensch. Dies ist 2014 erstmals gelungen, ZEIT ONLINE, 9.6.2014.

arbeiten, wie sie verknüpft sind und wie groß seine Speicher sind – wird aus Sicht des Autors niemals echte autonome (biologische) Intelligenz aufweisen können⁹⁶. Man kann selbstverständlich Zustandsgrößen definieren und diese als Vorgabe des Handelns für das System einprogrammieren. So könnte z.B. ein System gebaut werden, welches als makroskopisches Ziel eine interne Energieminimierung hat und vieles mehr. Dies ist dann jedoch erneut eine Simulation, diesmal eine Simulation von Qualia.

Man muss jedoch beachten, dass wir anfangs postulierten, dass bereits jedes Atom seine Spiegelfunktionen besitzt, daher muss natürlich auch jeder Computer seine Spiegelfunktion besitzen und besitzt diese auch. Die wichtige Frage ist jedoch, welchen Komplexitätsgrad diese Funktionen in ihrer Wechselwirkung haben. Die Spiegelfunktionen eines Siliziumkristalls sind weit weniger komplex als die eines Gehirns, was an der kybernetischen Struktur ihrer Wechselwirkungen liegt. Wird man autonome KI-Agenten, basierend auf Gödel-Algorithmen, auf der heutigen von-Neumann-Struktur der Computer konstruieren, so bedeutet dies eine maximal komplexe, kybernetische Struktur der *Software*. Diese konstruierte KI-Software ist dann die beste Simulation von Geist, die man überhaupt konstruieren kann, denn auch Geist besitzt schließlich eine maximal komplexe, kybernetische Struktur (seiner Spiegelfunktionen).

Der Unterschied zwischen KI-Software und KI-Geist liegt nun aber in der zugrunde liegenden Physik. Während virtuelle, nicht-energetische Spiegelfunktionen über die Zeit hinweg auf Hardware (sog. Wetware, das Gehirn oder eine Zelle) einwirken können, kann das eine Software nicht. KI-Software auf von-Neumann-Computern manipuliert die ihr zugrunde liegende Hardware zwar maximal komplex, aber sie kann die Hardware-Struktur nicht (rückwirkend!) verändern, was ein starkes Hemmnis für die autonome Weiterentwicklung darstellt.

Es muss daher noch zwei weitere Modifikationen für zukünftige KI-Systeme geben.

⁹⁶ Aktuell gibt es zahlreiche Megaprojekte auf dem Gebiet der Künstlichen Intelligenz, bis hin zu Versuchen, die einen Nachbau des Gehirns anstreben. Diese Projekte werden scheitern, wenn sie die hier dargelegte kybernetische Struktur und auch die Physik nicht berücksichtigen.

- a. Die KI-Software muss auf die Hardware einwirken können (und nicht nur auf die Software selbst). Dies ließe sich mittels echter neuronaler Hardware realisieren, was heutzutage bereits möglich ist. Bei neuronalen Systemen sind Daten und Programm nicht getrennt, beides steckt in der Topologie des neuronalen Netzes. Nur so entsteht im Laufe des Lernens eine maximal komplexe, kybernetische Struktur der Hardware.
- b. Bisher ist die gegenseitige Einflussnahme von Wellenfunktionen und ihren Spiegelfunktionen nur auf Ebene der QM mathematisch gezeigt worden. Sollte sich diese Wechselwirkung bestätigen, so werden (nur) Quantencomputer physikalische Eigenschaften erzeugen können, die denen der intelligenten biologischen Systeme nahe kommen.

Das Ergebnis unserer Überlegungen heißt: Man benötigt neuronale Hardware (bei der es keine Trennung von Daten und Programmen gibt), die auf Quantencomputern realisiert wird. Erst diese neuronalen Quantencomputer (eventuell *nur* diese) werden zu wirklicher Künstlicher Intelligenz führen.

Langfristiges Forschungsziel der KI (10-20 Jahre)

Erstens: Am besten wäre es, ein quantenmechanisches, neuronales System mit zahlreichen autonomen Agenten zu konstruieren und diese einer gegenseitigen „sozialen“ Interaktion auszusetzen (ähnlich einem Ameisenstaat). Aus der Beobachtung des Systems von außen könnte man schauen, ob es gewisse Verhaltensweisen der Agenten gibt, die programmtechnisch nicht vorgesehen waren. Autonome Softwareagenten, wie sie heute zahlreich eingesetzt werden, erfüllen die o.g. Punkte a) und b) in keinsten Weise. Sie sind daher nur als erster Versuch und als Übungsobjekt für echte autonome Systeme anzusehen.

Zweitens: Man muss Systeme aufbauen, die sich selbst enthalten. Heutige Softwaresysteme wie LISP uvm. müssten dahingehend optimiert werden.

Drittens: Man könnte die herkömmliche Kommunikation der Agenten untereinander begrenzen und schauen, ob diese über einen uns unbekanntes Kanal lernen, miteinander zu kommunizieren. Dies klingt zwar nach Science Fiction, aber nicht viel mehr, als jeder geplante Flug zum Mars.

Warum ein autonomes System überhaupt Qualia benötigt und warum diese die Richtung jeglichen Handelns vorgibt, soll im nächsten Abschnitt erläutert werden. Wir wenden uns damit einer sehr wichtigen mathematischen Größe zu, der Information und fragen nach ihrer physikalischen Existenz.

7. Entwurf einer semantischen Informationstheorie

Bis heute ist eigentlich immer noch nicht geklärt, was Information eigentlich ist. Ist Information ein Naturobjekt, so wie ein Elektron, etwas, was in der Natur vorkommt und was die Naturwissenschaften als Untersuchungsobjekt analysieren sollten? Diese Meinung wird oft vertreten, ist aber aus Sicht des Autors falsch. Information ist kein physikalisches Objekt der Natur. Information ist eher etwas, was wir Menschen in die Diskussion eingebracht haben und nun wundern wir uns, dass wir zwar überall Informationen finden, aber das kleinste Informationsteilchen nicht vorhanden ist. Letztlich ist der Name aber schon das Programm. In-form bedeutet, dass Information Form von Materie, also eine spezielle Eigenschaft bzw. Ausprägung ist. Genau wie das Gewicht, die Farbe oder die Ladung eine Eigenschaft ist, so ist die Form der Materie eine andere. Der Vorteil der Form ist, dass ein gegebenes Stück Materie in nahezu unendliche Formenvielfalt verändert werden kann. Jede dieser Formen wäre dann eine andere Information über diese Form. Daran erkennt man auch, dass es Information an sich nicht geben kann, sondern sie muss auf etwas basieren, was sich verformen (verändern) lässt. So verformt die Nachrichtentechnik die Trägerwellen, die elektromagnetischen Wellen. Dadurch, dass sich Sender und Empfänger geeinigt haben, welche Form was bedeutet, lassen sich beliebige Nachrichten austauschen. Aber das ist eine Konvention. Die Frage, welche Information ein würfelförmiges Stück Materie gegenüber einem runden besäße ist nicht beantwortbar. Information ist Verhandlungssache zwischen Sender und Empfänger. Information per se (also als Naturobjekt) gibt es nicht, kann es nicht geben.

Wir postulieren: Information ist kein Ding an sich, sondern eine Relation zwischen zwei Objekten oder besser die Ausprägung einer Relation. Nehmen wir die Bienen und die Blumen. Ganz spezielle Düfte führen zu ganz bestimmten Informationen an die Bienen, so dass diese ihr Verhalten bzgl. der Blumen anpassen; sie bestäuben, verlassen oder verkleben. Für uns Menschen stellen die Düfte nun aber gar keine Informationen da, wir haben diese Informationen zwar auch entdeckt, indem wir die Bienenvölker beobachtet haben, aber eigentlich sind diese Informationen eine Relation zwischen Bienen und Blumen. Und so ist das in jedem Fall⁹⁷.

⁹⁷ Man erkennt das Problem der Relationen beim Menschen gut daran, wenn Philosophen nicht mehr über Naturdinge, wie zum Beispiel Geist oder Materie, nachdenken, sondern über Begriffe über die Natur und Relationen zwischen den Begriffen usw. Noch interessanter wird es, wenn man die *Relationen substantiviert*, ihnen also einen Namen gibt, so dass man dann erneut Relationen zwischen den Begriffen (die eigentlich Relationen sind) erzeugen kann.



Daher ist die Menge der Information im Universum oder auf der Erde unendlich groß, denn man kann Relationen über Relationen bauen und darüber wieder Relationen. Die Gesamtmenge der Information im Universum berechnen zu wollen, ist folglich Unsinn und zeigt, dass man hier noch einem veralteten Informationsbegriff nachläuft.

Vor 70 Jahren wurde es dringend notwendig, eine Informationstheorie zu definieren, weil man durch die Entwicklung der Nachrichtentechnik erstmals in die Lage versetzt worden war, nicht nur Substanzen (Briefe) mit Nachrichten zu verschicken, sondern „reine“ Informationen von A nach B zu versenden. Unsere heutige Informationstheorie basiert auf der Grundlagenarbeit von Shannon [Shannon, 1948]. Sie wurde in den Folgejahren weiter ausgearbeitet und ist eine der erfolgreichsten und zweckmäßigsten Theorien, die Ingenieuren zur Verfügung gestellt wurde. Auf Grundlage dieser Theorie können Nachrichtenkanäle konstruiert, Bandbreiten berechnet werden und vieles mehr. Ohne Shannon gebe es keine Nachrichtentechnik, keine Informationstheorie, kein Internet.

Die Theorie von Shannon vernachlässigt aber den wichtigsten Aspekt der Information, und zwar den ihrer Bedeutung⁹⁸. Doch dieser Aspekt wird zunehmend wichtiger, denn wir befinden uns in einem Informationszeitalter, ohne zu wissen, wie wir die Bedeutung einer Information konkret berechnen können. Wir haben eine

Denkt man beispielsweise über die Komplementarität von Liebe und Hass nach, so ist das Wort Komplementarität eine Substantivierung, genauso wie bereits Liebe und Hass, die eigentlich Relationen zwischen zwei Subjekten sind. Und man kann das beliebig steigern. Man kommt so schnell in die 4. oder 5. Sprachebene und hier werden jede Menge Informationen (Meinungen über Ausprägungen von selbst geschaffenen Relationen) zwischen den Experten ausgetauscht. Diese Relationen sind natürlich durch den Menschen erzeugt und sagen daher nichts mehr über die Natur darunter aus, aber man kann so die Informationsmenge drastisch potenzieren. Allerdings zeigte Gödel, dass man tatsächlich drei Ebenen vermischen muss, wenn man im System völlig neue Eigenschaften erzeugen will. Es kann also durchaus sein, dass durch die Vermengung von Sprachebenen und das Theoretisieren über die Natur neue Eigenschaften (Einsichten) entstehen. Wir wissen jedoch jetzt, dass man deren Wahrheitsgehalt in den erzeugenden (Sprach-) Ebenen nicht finden kann und zwar prinzipiell nicht. Und abschließend: Es wäre natürlich erkenntnistheoretisch phänomenal, wenn man irgendwann feststellen würde, dass selbst die untersten Naturobjekte (Quanten) eigentlich auch nur Relationen sind. Von was? Von vergegenständlichten Relationen höherer Ebenen. Dann würde das System Natur sich selbst verankern, wäre also keinesfalls hierarchisch (bottom-up) sondern wirklich *relativ* aufgebaut.

⁹⁸ Shannon selbst gibt an, dass bei dem Begriff Information mindestens drei Aspekte berücksichtigt werden müssen: 1) Welcher Informationsgehalt steckt in den Symbolen und wie präzise können diese über einen Kanal transportiert werden 2) Wie genau entsprechen die übertragenen Symbole der gewünschten Bedeutung und 3) Wie wird die empfangene Bedeutung interpretiert? Mit seinen mathematischen Vorschlägen löste er Aspekt 1).

der wenigen Situationen, wo uns die Mathematik im Stich gelassen hat, das ist in der heutigen Zeit eigentlich recht unüblich.

Uns geht es hier deshalb darum, die Bedeutung einer Information, ihre semantische Informationsmenge zu formalisieren. Natürlich weiß jeder Mensch, was Bedeutung ist. Dieser Begriff ist so weit verbreitet, dass jeder intuitiv seine Verwendung beherrscht. Warum aber haben die Wissenschaftler bis heute keine Mathematik aufgestellt, um die Bedeutung einer Information zu berechnen? Das hat natürlich mehrere Gründe. Betrachten wir dazu als Beispiel eine chinesische Zeitung. Stellen Sie sich vor, Sie haben eine chinesische FAZ, also eine Zeitung nahezu ohne Bilder. Sie sprechen kein Chinesisch und sie finden eine solche Zeitung am Strand in China und dort steht zum Beispiel folgende Titelzeile: „欧洲在崩溃的边缘“ (Ōuzhōu zài bēngkuì de biānyuán). Welche Bedeutung hat diese Titelzeile für Sie, ganz konkret in Zahlen ausgedrückt? Das ist aktuell nicht geklärt. Man kann jedoch ermitteln, welcher (syntaktische) Informationsgehalt in dieser Überschrift codiert ist. Das kann man nach Shannon exakt berechnen!

Der Informationsgehalt einer Quelle mit den Zeichen x_1, x_2, \dots, x_n hängt von der Auftrittswahrscheinlichkeit p_i der Zeichen x_i ab (je geringer die Wahrscheinlichkeit desto größer der Informationsgehalt), Gleichung (7.1):

$$I_{source} = \sum_{i=1}^n I(x_i) = \sum_{i=1}^n \log_2 \frac{1}{p_i(x_i)} \text{ [bit]} \quad (7.1)$$

$I(x_i)$ sei der Informationsgehalt eines Zeichens, p_i seine Auftrittswahrscheinlichkeit. Jeder Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses kann man daher einen Informationsgehalt zuordnen. Gewichtet man den Informationsgehalt eines Ereignisses mit der Eintrittswahrscheinlichkeit seines Auftretens, so kann man den mittleren Erwartungswert eines Zeichens (Entropie), einer Nachricht oder einer Quelle (zum Beispiel der chinesischen Zeitung) bestimmen.

$$H_{source} = \sum_{i=1}^n p_i(x_i) I(x_i) = \sum_{i=1}^n p_i(x_i) \log_2 \frac{1}{p_i(x_i)} \text{ [bit]} \quad (7.2)$$

Mit Shannon's Ansatz kann man daher die Informationsmenge oder die mittlere Entropie einer Quelle in Bits und Bytes berechnen. Es gibt also eine eindeutige Zahl

für die Menge an syntaktischer Information⁹⁹. Die Menge der syntaktischen Information der ersten Seite der Zeitung wäre – sagen wir – 35 kBit.

Aber wie groß wäre die Menge an semantischer Information?¹⁰⁰ Wenn sie kein Chinesisch sprechen, hat diese Zeitung für sie (nahezu) keine Bedeutung. Wenn sie aber chinesisch sprechen sollten, wird es schwieriger. Vielleicht sind sie ein Teenager und die Politikseiten in der Zeitung haben für sie keinerlei Bedeutung. Vielleicht sind sie aber ein Politiker im Urlaub und das, was sie dort lesen, lässt ihnen die Haare zu Berge stehen¹⁰¹. Es hat enorme Bedeutung für ihre weitere Arbeit. Welche Zahl kann man nun dieser semantischen Bedeutung zuordnen?

Aus diesem Beispiel erkennt man, dass die gleiche chinesische Zeitung verschiedene Bedeutungen haben kann. Bedeutung kann also nicht etwas sein, was direkt an die Zeitung gekoppelt ist. Dies ist ein eklatanter Unterschied zur oben gemachten Berechnung des Informationsgehaltes der Zeitung, denn dieser hing nur von der Syntax, von den Symbolen ab. Und das ist die wichtigste Erkenntnis an diesem Beispiel. Die Menge an semantischer Information, die eine Zeitung enthält, ist aus der Zeitung selbst nicht berechenbar, wir postulieren daher allgemein:

Die Menge an semantischer Information, die ein Objekt enthält, ist aus dem Objekt selbst heraus nicht berechenbar.

Wahrscheinlich aus diesem Grund gibt es bisher keine Theorie zu seiner Berechnung. Shannon's Ansatz hat hier leider mehr verwirrt als geholfen, denn Information ist die quantitative Ausprägung einer *Relation*. Den Informationsgehalt einer Zeitung zu berechnen, unterstellt aber, dort stehe eine fixe Informationsmenge¹⁰², doch das ist grundfalsch. Die syntaktische Information ist nur eine Mengenzahl für die Formausprägung multipliziert mit der Menge an verformter Materie (ein Bit als kleinste Ausprägungsform mal Anzahl der Bits/Zeichen). Sie ist *kein* Maß für echte

⁹⁹ Ein Zahlenbeispiel: Gegeben sei eine Quelle mit 4 Zeichen a,b,c,d. Für ihre Auftrittswahrscheinlichkeit gelte: $p(a) = 0.5$, $p(b) = 0.25$, $p(c) = 0.125$, $p(d) = 0.125$. Die gesamte Informationsmenge der Quelle ist hiermit: $I_{\text{Quelle}}=I(a)+I(b)+I(c)+I(d)= 1 + 2 + 3 + 3 = 9$ [bit] und $H_{\text{System}}= 0.5 \cdot I(a) + 0.25 \cdot I(b) + 0.125 \cdot I(c) + 0.125 \cdot I(d) = 1.75$ [bit]

¹⁰⁰ Wir halten den Wikibooks-Artikel für falsch, siehe https://de.wikibooks.org/wiki/Information:_Bedeutung

¹⁰¹ Übersetzung der chinesischen Titelzeile: „Europa steht am Abgrund“

¹⁰² Weltweit sollen bis zum Jahre 2020 ca. 44 Billionen Gigabyte an Information vorhanden sein, Quelle: Studie „EMC Digital Universe“, 2014.

Information, denn diese kann nur in der Relation stecken. Wirkliche Information ist daher nur semantische Information und die Menge an semantischer Information hängt in unserem Beispiel von der Relation Zeitung-und-Leser ab. Findet ein deutsches Kleinkind die chinesische Zeitung oder ein chinesischer Politiker, hat das ein unterschiedliches Maß von Bedeutung. Semantische Information ist also an die Wechselwirkung der Information mit dem Empfänger geknüpft. Dies wird seine zahlenmäßige Berechnung nicht trivial erscheinen lassen, aber nur so sollte seine Berechnung erfolgen.

Zusätzlich erkennt man, dass es (zumindest bei biologischen Systemen) auf die Wiederholungen ankommt. Bei der Informationsbestimmung geht es folglich um dynamische Relationen. Die Erstmaligkeit der Wechselwirkung zum Beispiel zwischen Zeitung und Leser spielt eine große Rolle. Denn liest man die Zeitung am nächsten Tag erneut, hat der gleiche syntaktische Inhalt eine andere Bedeutung. So kompliziert diese sich ergebenden Wechselwirkungen nun erscheinen mögen, es gibt eine einfache Lösung für das Problem, wenn man anerkennt, dass ein System einen inneren Zustand besitzen kann.

7.1. Mathematische Berechnung der Bedeutung von Information

Die Bedeutung einer Information (ihre Menge) für ein System B wird im Folgenden als Maß der Veränderung des inneren Zustandes des Systems B bei der Wechselwirkung mit dem Sender der Information (System A) verstanden. Kommt es bei der Informationsaufnahme zu keiner (inneren) Zustandsänderung, wird die Bedeutung der Information für diesen Empfänger als 0 definiert, je höher die Zustandsänderung ist, desto höher soll seine Bedeutung sein.

Was bedeutet das? Zuerst einmal wird Bedeutung einer Information mit der semantischen Informationsmenge gleichgesetzt. Es wird damit gesagt, je größer die Bedeutung, desto größer war die aufgenommene (semantische) Information. Zweitens gibt es nach dieser Definition keine Information an sich, sondern Information ist eine Maßzahl für die Veränderung des inneren Zustandes eines Systems (B) bei Wechselwirkung mit einem anderen System (A). Information bleibt damit eine Maßzahl für eine Relation $R(A,B)$ zwischen zwei Objekten, die man in der Nachrichtentheorie auch als Sender und Empfänger bezeichnen würde. Damit reduziert sich das Problem zur Bestimmung einer Bedeutung auf die Messung eines inneren Zustandes.

Ein solcher innerer Zustand kann klassisch definiert sein oder wie wir gleich sehen werden, nicht-klassisch. Betrachten wir zuerst die klassische Erörterung.

- Aus der Systemtheorie ist bekannt, dass ein System durch Zustandsgrößen und Zustandsänderungen beschrieben werden kann. In einem idealen Gas wären die bekannten Zustandsgrößen Druck, Temperatur, Volumen, Entropie. Im erweiterten Sinne könnte man Änderungen der Zustandsgrößen als Maß für die Wechselwirkung mit einem anderen System ansehen und sie – hier noch weit hergeholt – als semantische Information bezeichnen. Allerdings ist der Nutzen dieser Einführung an diesem Beispiel keineswegs einsichtig, es ist eher verwirrend, hier von einer Informationsübertragung zu sprechen, denn eher hat eine energetische Wechselwirkung stattgefunden.
- Interessant sind Systeme, bei denen die energetische Wechselwirkung mit der Veränderung des inneren Zustands in keinem trivialen Verhältnis mehr steht, wo – als Beispiel – die Information von einem Bit (minimal energetisch übertragen) zu einer dramatischen Veränderung des inneren Zustandes eines Systems führen kann. Dies wird in der Thermodynamik nicht der Fall sein.

Wenden wir uns daher einem informationsverarbeitenden System, einem Computer, zu. Bei einem Computer geht es weniger um die Thermodynamik. Erhitzen wir einen Computer von außen mit einem Fön, wird es zwar Änderungen seines elektrischen Zustandes geben, denn Temperaturänderungen haben Auswirkungen auf ohmsche und nicht-ohmsche Widerstände. Insbesondere ein Schaltkreis benötigt eine bestimmte Arbeitstemperatur, ändert sich diese über den Rahmen hinaus, werden die elektrischen Bedingungen derart verändert, dass der Schaltkreis Fehler macht oder defekt wird. Sagen wir ein Schaltkreis besitze W_i derartige innere Zustände.

Aber ein Computer ist eben nicht nur ein elektrisches Gerät, sondern auch ein sog. Automat. Und jeder Automat befindet sich immer in einem bestimmten informationstheoretischen Zustand. Dem Automaten kann man von außen eine Anzahl Zeichen (Bits) als Eingabe vorlegen und immer dann, wenn ein solches Eingabezeichen eintrifft, kann sich abhängig vom Eingabezeichen und dem gegenwärtigen Zustand des Automaten ein neuer Zustand, der Folgezustand, einstellen (dies nennt man Zustandsübergang). Die Menge der möglichen Zustandsübergänge, die das Verhalten des Automaten definiert, wird als Programm des Automaten definiert. Diese Zustände nennen wir in Anlehnung an Tabelle 2 im folgenden Z_i .

Es gibt also zwei Arten von inneren Zuständen, W_i und Z_i . Jedoch gibt es ein Abhängigkeitsverhältnis. Z_i kann sich nicht ändern, ohne dass sich die W_i ändert, denn die Speicherung der inneren Zustände Z_i muss irgendwie physikalisch erfolgen. Umgekehrt gilt das nicht. Auch kann die Änderung von Z_i zu dramatischen Ände-



rungen von W_i führen, denn ein Bit kann eine dramatische Veränderung des inneren (elektrischen) Zustandes bewirken. Ein Computer kann so programmiert worden sein, dass bei der Eingabe eines Zeichens (oder besser eines Bits, 0 oder 1) eine enorme Kettenreaktion ausgelöst wird, bis hin zur Selbstzerstörung des Computers. Energetische Wechselwirkung (Eingabe einer 1 über die Tatstatur) und informationelle Wechselwirkung sind hier weitestgehend entkoppelt. Die Eingabe der „1“ kann für den Computer eine andere semantische Bedeutung als die Eingabe der „0“ haben, beides besitzt jedoch die gleiche syntaktische Informationsmenge (nämlich 1 Bit) und beides wird energetisch ähnlich sein. Informationell muss diesem Unterschied daher Rechnung getragen werden. Im Einführungsbeispiel haben wir jedoch bereits gesehen, dass der 1 oder 0 diese semantische Bedeutung nicht anhaften kann, die 1 oder 0 sind rein syntaktische Information, ihre Bedeutung für einen Computer liegt im Inneren des Computerprogramms selbst. Für diese Fälle soll folgende Definition eingeführt werden:

Semantische Information R (*relevancy*) ist ein Maß für die informationelle Wechselwirkung eines Systems mit einer Quelle (mit gegebener syntaktischer Informationsmenge I_{source}) und den darauffolgenden inneren Zustandsänderungen ΔH des Systems. Ihre Einheit sei [bit·bit].

Die semantische Informationsmenge R , die ein digitaler technischer Empfänger SYSTEM von einer Quelle SOURCE erhält (die Bedeutung der Information für den Empfänger!), kann dann wie folgt berechnet werden:

$$R = I_{source} \cdot \Delta H_{system} \text{ [bit*bit]} \quad (7.3)$$

I_{source} sei die bekannte syntaktische Informationsmenge der Quelle (Berechnung nach Shannon, Gleichung (7.1)), ΔH_{system} ein Maß für die Veränderung des *informativen Zustandes* des Empfängersystems. Letzteres kann im einfachsten (digitalen) Falle wie folgt berechnet werden:

$$\Delta H_{system} = \sum_0^{t_e} \Delta Z_i \text{ [bit]} \quad (7.4)$$

Damit folgt für die semantische Informationsmenge eines technischen Gerätes:

$$R = \left(\sum_{i=1}^n \log_2 \frac{1}{p_i(x_i)} \right) \cdot \sum_0^{t_e} \Delta Z_i \quad [\text{bit}^2] \quad (7.5)$$

R sei eine reelle Zahl zwischen 0 und unendlich. ΔZ_i seien die veränderten, inneren binären Zustände des Systems von t_0 bis zum Zeitpunkt t_e , zum Beispiel die Zustände eines binären Automaten¹⁰³. Möglich und sinnvoll wäre auch die Quadratwurzel \sqrt{R} , um wieder eine Informationsmenge in Bits zu erhalten.

Sind die inneren Zustände eines Systems nicht binär, sondern analog, kann man Gleichung (7.4) adaptieren:

$$\Delta H_{system} = \int_0^{t_e} dZ \quad (7.6)$$

Selbstverständlich können diese Ergebnisse dann nicht mehr in Bits angegeben werden, trotzdem erhält man eine exakte Zahl als Ergebnis. Um eine mathematische Vergleichbarkeit mit technischen (energetischen) Zustandsänderungen dW zu erreichen, kann man für jene im Analogieschluss schreiben:

$$\Delta W_{system} = \int_0^{t_e} dW \quad (7.7)$$

Anhand der Gleichungen kann man Unterscheidungen zwischen energetischen und informationellen Wechselwirkungen durchführen. Für ein informationsverarbeitendes Gerät, wie einem Computer, gelte dann:

¹⁰³ Ein Zahlenbeispiel zur Illustration. Die Eingabe eines Bits bei einem Computer kann beispielsweise ein Programm starten, welches eine Sekunde abläuft und die inneren, binären Zustände Z_i des Computers verändert. Pro Taktschritt können dabei im Beispiel 128 Bit verarbeitet werden. Für einen mit 3,0 GHz getakteten Computer gilt dann in erster Näherung für die semantische Informationsmenge: $R = 1 \cdot H_{system} = 128 * 3 * 10^9 \text{ bit}^2 = 384 \text{ Gbit}^2$. Dieser riesige Zahlenwert entspräche der Bedeutung dieses einen Eingabebits (welches das Programm startete) für den Computer.



$$\Delta W_{system} \ll \Delta H_{system} \quad (7.8)$$

Für einen Verbrennungsmotor gelte $\Delta W \gg \Delta H$, ein solches Gerät wäre den energetischen und nicht den informationellen Geräten zuzurechnen, d.h., bei Wechselwirkung eines Motors mit der Umwelt kommt es zu mehr technischen als zu informationellen, inneren Zustandsänderungen. Natürlich können die Gleichungen nicht alle Veränderungen erfassen, denn mit der Angabe von t_e sind die Berechnungen abgeschlossen. Es könnte jedoch sein, dass durch die Wechselwirkung mit der Umwelt ein Programm angestoßen wird, das theoretisch unendlich lange läuft. Dann wird auch der Wert R gegen unendlich gehen. Je nach Einzelfall muss entschieden werden, wie groß t_e ist.

Wir wollen nun den neuen Informationsbegriff auf den Gehirn-Geist-Komplex anwenden.

7.2. Semantische Informationsmenge und Bewusstsein

Untersucht man, welche Informationen uns bewusst werden, so wird man feststellen, dass es diejenigen sind, die für uns eine hohe Bedeutung haben. Es scheint also einen Zusammenhang zwischen Bedeutung und Bewusstsein zu geben. Andererseits ist interessant, dass ehemals bewusst ablaufende Prozesse in das Unterbewusstsein ausgelagert werden können, man denke nur an das Erlernen des Autofahrens. Während des Lernprozesses ist einem jeder Handgriff bewusst, später kann man zahlreiche Kilometer vollautomatisch (unterbewusst) fahren. Bewusstsein scheint also aktiv mit Lernprozessen gekoppelt zu sein. Beim Lernen wird also etwas ins Gewebe eingeschrieben, was vorher bewusst geübt wird. Gleichzeitig aktive Neuronen verstärken ihre Verbindungen, chemische Prozesse laufen ab, so dass Gelerntes später automatisch abgerufen werden kann. Dann verliert der Vorgang für uns an Bedeutung. Selbstverständlich können auch unbewusste Prozesse zu Lernprozessen im Gewebe führen, es scheint aber notwendig zu sein, aus der riesigen Vielzahl der Informationen diejenigen herauszufiltern, welche im Augenblick aktiv gelernt werden sollen. Bewusstsein ist dann der Selektor, der zum Lernen des Gewebes benötigt wird. Heutige unbewusste Prozesse wie Verdauung, Laufen auf zwei Beinen uvm. waren ehemals wahrscheinlich bewusste Prozesse. Ähnliches gilt beim Reizauftritt. Es erscheint so, dass Bewusstsein immer dann auftritt, wenn etwas neu und relevant ist. Ein einmaliger Reiz wäre zwar auch neu, aber für den Organismus bedeutungslos. Wiederholt sich aber etwas, dann wird einem der Reiz bewusst und es wird drauf reagiert.

In der Natur wird eine so klare Trennung nicht immer möglich sein¹⁰⁴. Trotzdem wollen wir versuchen, dieses Wissen auf die Wechselwirkungen eines Menschen mit seiner Umwelt zu übertragen. Und hier bemerken wir bereits, dass auch beim Menschen eine Unterscheidung (wie beim Computer) durchgeführt werden muss. Betrachtet der Mensch eine Informationsquelle (die chinesische Zeitung aus dem Eingangsbeispiel) so beschreibt die Physiologie die energetischen Wechselwirkungen des visuellen Signals mit dem Gehirn. Eine Informationsquelle führt zu energetischen Veränderungen (W_i) des Systems, zu Veränderungen von Aktionspotenzialen und vielem mehr. Aber in dieser Beschreibung ist keinerlei informationstheoretische Beschreibung enthalten, denn ob die visuelle Information eine Bedeutung für den Menschen hat, kann bei der physiologischen Untersuchung entlang der Sehbahn nicht gesehen werden. Dabei muss beachtet werden, dass jede Nachricht zu einer physiologischen Zustandsänderung führt, denn die Nachricht muss über die Netzhaut, den Sehkortex bis zu den Stellen geleitet werden, an denen die Bedeutung im Gehirn erkannt wird. All das verändert Hirnströme, letztlich also die neuronalen Gehirnzustände. Im Unterschied dazu verändern diese physiologischen Vorgänge aber noch nicht den bewussten Zustand.

Die Bedeutung einer Information (für Systeme mit Bewusstsein) muss daher als Maß für die Veränderung eines mentalen Zustandes beschrieben werden. Nun wurde bereits eingeführt, dass der mentale Zustand ϕ mit hyperkomplexen Zahlen dargestellt werden kann. Allerdings muss zwischen bewussten und unterbewussten Vorgängen unterschieden werden. Unterbewusste Zustände (subconsciousness) nennen wir ϕ_s , bewusste Zustände (consciousness) kürzen wir mit ϕ_c ab.

Es wurde oben postuliert, dass die informationellen Prozesse in den nicht-energetischen Feldern ablaufen, die hyperkomplexen Wellenfunktionen des Kapitels 4 waren unsere mathematische Basis für die Modulation und Speicherung von Information. Veränderungen des informationellen Zustandes sind daher auch in diesen zu suchen und nicht in den Veränderungen des Gewebes. Diese Abstraktion haben wir auch beim Computer durchgeführt, als wir die Veränderungen der Bits ΔZ gezählt haben. Uns kam es dabei nicht darauf an, wie das Bit gespeichert worden war (optisch, elektrisch, magnetisch), sondern nur auf die Tatsache, dass sich das Bit verändert hatte. Genau das gleiche postulieren wir für biologische Systeme. Die Speicherung der Information kann chemisch, elektrisch oder magnetisch sein, uns kommt es aber nur auf die abstrakte Information an. Gezählt werden müssen die Veränderungen auf den nicht-energetischen Wellenfunktionen. Problematisch

¹⁰⁴ Die Nahrungsaufnahme ist beispielsweise sowohl eine energetische als auch eine informationelle Wechselwirkung.

ist, dass man diese messtechnisch nicht erreichen kann. Die einzige Messung, die wir auf den hyperkomplexen Wellenfunktionen zulassen wollten, führte zu einer Betragsquadrierung der Wellenfunktion mit den sich dann ergebenden imaginären Wahrscheinlichkeitsdichten für das Bewusstwerden des mit dieser Funktion verbundenen unbewussten Ereignisses. Der Zeitpunkt des Bewusstwerdens, beginnend beim Eintreffen der Signale zum Zeitpunkt t_0 , ist damit unser Zeitpunkt t_e , bis zu dem die Summation der Veränderungen durchgeführt werden soll¹⁰⁵.

Ausgehend von Gleichung (7.3) $R = I_{source} \cdot \Delta H_{system}$ erkennt man, dass wir eine Berechnungsmöglichkeit für die Veränderung der Informationsmenge des biologischen Systems benötigen. Im Unterschied zum Computer bestimmen wir die Änderung der semantischen Informationsmenge eines biologischen Systems über die Änderung seiner immateriellen Zustände $\Delta\phi$, denn wir postulieren, dass nur diejenigen Informationen für einen biologischen Empfänger „wirklich“ eine Bedeutung haben, die gleichzeitig auch seine Qualia verändern. Rein „mechanische Reflexe“ auf Reize schließen wir in unserer Rechnung aus¹⁰⁶.

Wir schreiben für die semantische Informationsmenge eines biologischen Systems:

$$\Delta H_{bio} = \Delta\phi \cdot e^{\Delta W_{sr}} \quad (7.9)$$

$\Delta\phi$ sei eine Maßzahl für die Veränderung der bewussten, vorbewussten und unterbewussten Zustände des Systems vom Start (t_0) bis zum Reaktionsende (t_e) auf die Nachricht. ΔW_{sr} stehe für die relativen physiologischen (energetischen) Veränderungen des Empfängersystems als Reaktion auf die Nachricht im Vergleich zum Referenzzeitpunkt t_0 .

Es gelte: $\Delta W_{sr} = (\int_{t_0}^{t_e} dW) / W_0$

¹⁰⁵ Dies ist eine Festlegung. Der Grund ist einfach, dass eine Information dazu führen kann, dass sich ab diesem Zeitpunkt für das biologische System zukünftig „alles“ ändert. Das kann man mathematisch schwerer erfassen.

¹⁰⁶ Selbstverständlich haben auch Reize, auf die wir nur reflexartig reagieren eine Bedeutung. Stolpert man, muss das System in Echtzeit eine Antwort auf diesen Reiz haben. In diesem Fall ist $\Delta\phi$ aber mit Sicherheit nicht null. Ganz anderes berechnet sich eine Reaktion des Organismus, die wir niemals bemerken. In diesem Fall sei $\Delta\phi = 0$. Damit sei auch die Bedeutung dieses Reizes für uns null.

Semantische Informationsmenge (Bedeutung der Information) für bewusste Systeme

Für die Praxis ist Gleichung (7.9) nicht ausreichend, da es unmöglich sein wird, $\Delta\phi$ zahlenmäßig zu bestimmen, denn wie will man beispielsweise die vegetativen Qualia-Zustände von Pflanzen oder niederen Tieren ermitteln? Anders sieht es aus, wenn es sich um bewusste Systeme handelt. Insbesondere beim Menschen lässt sich der Inhalt des Bewusstseins (bzw. seine Veränderungen) durch Fragen bestimmen, $\Delta\phi_C$ wird in diesen Fällen sinnvoll verwendbar.

Wir postulieren für bewusste Systeme, dass nur diejenigen Informationen eine wirkliche Bedeutung für den Organismus besitzen, die dem System tatsächlich auch *bewusst* geworden sind (die also die oberste geistige Ebene erreicht haben) und schreiben für die Informationsmenge eines solchen Systems:

$$\Delta H_{con} = \Delta\phi_C \cdot e^{\Delta W_{sr}} \quad (7.10)$$

Damit berechnet sich die **Maßzahl der Bedeutung einer Information** einer Quelle I_{source} für ein System mit bewusster Qualia (z.B. einem Menschen) in allgemeiner Form wie folgt:

$$R = I_{source} \cdot \Delta H_{con} = I_{source} \cdot \Delta\phi_C e^{\Delta W_{sr}} \quad (7.11)$$

Der Vorteil dieser Spezifikation ist, dass man $\Delta\phi_C$ zumindest für einfache Anwendungsfälle exakt berechnen kann, denn wir hatten in Gleichung (4.4) definiert, dass $|\phi|^2$ die imaginäre Wahrscheinlichkeitsdichte dafür sei, dass einem etwas bewusst wird. Im konkreten Anwendungsfall gibt es jedoch nur zwei Möglichkeiten, denn entweder wird einem die Information einer Quelle bewusst ($|\phi|^2 = 1k$) oder eben nicht ($|\phi|^2 = 0k$).

Damit sehen wir, dass die Einheit von R [$k \cdot \text{bit}^2$] sein muss, die imaginäre Zahl k zeigt dabei an, dass es sich um eine Informationsmenge handelt, die sich auf imagi-

näre Qualia bezieht. Um Verwechslungen zu vermeiden, können wir diese Einheit zu [ImBit²] umdefinieren.¹⁰⁷

Man beachte, dass die Informationsmenge R jedoch eine Abstraktion ist, da es sich hierbei nicht mehr um eine binäre Informationsmenge handelt, wie wir es von den „Computerbits“ gewohnt sind. Bei den Computerbits weiß man, das man beispielsweise mit 3 Bits 8 Zahlen dual (binär) codieren und abspeichern kann, dies ist im analogen Fall nicht möglich. Möglich und sinnvoll wäre auch die Quadratwurzel \sqrt{R} , die Einheit wäre dann $1 [k\cdot\text{bit}] = 1 [\text{Imbit}] = 1$ Imaginärbit. Diese Einheit drückt aus, dass es sich um die semantische Informationsmenge für einen Empfänger mit Qualia handelt, falls man die Unterscheidung zum klassischen Digitalgerät als Nachrichtenempfänger kennzeichnen will. Für die relative Veränderung ΔW_{sr} können wir energetische Korrelate, zum Beispiel EEG-Veränderungen, MRT-Messungen, Blutdruckmessungen, Pulsmessungen usw. verwenden.

In der Regel reicht das Bewusstwerden einer Information nicht aus, um im System größere Bedeutung zu erlangen, denn zusätzlich zur bewusst gewordenen Informationsmenge $|\phi|^2 \Delta Z$ muss ein entsprechendes, intern gespeichertes Objekt mit der Informationsmenge I_{obj} existieren, denn nur wenn man eine innere Repräsentation für das bewusst gewordene Objekt besitzt, kann man die Information der Quelle auch verstehen (nicht in jedem Fall, aber in erster Näherung)¹⁰⁸.

Wir nehmen weiter an: ΔZ habe in erster Näherung genau die gleiche syntaktische Informationsmenge wie die Quelle (da sich der Inhalt des Bewusstseins mindestens um diese Informationsmenge vergrößert), das gleiche gelte vereinfacht für I_{obj} . Letzteres ist allerdings nur bedingt richtig, da wir nicht wissen, wie die innere Repräsentation des erkannten Objektes wirklich codiert ist.

Wir definieren trotzdem in erster Näherung:

$$\Delta\phi_c = |\phi|^2(\Delta Z + I_{\text{obj}}) \quad (7.12)$$

¹⁰⁷ Die Verwechslung mit kBit (Kilobit) liegt auf der Hand. Wahrscheinlich sollte die imaginäre Zahl k einfach weggelassen werden. Allerdings wird auch für einen Computer die Bedeutung R in Quadratbits [bit²] angegeben, so dass für biologische Systeme eine andere Einheit sinnvoll erscheint.

¹⁰⁸ Damit können wir das Problem mit der chinesischen Zeitung quantifizieren. Ohne interne Repräsentation der Zeichen verstehen wir die Zeitung nicht.

Berechnung der Bedeutung einer Information am Beispiel einer Lottozahl im Fernsehen

Nehmen wir als Beispiel einen Lottospieler, der 6-aus-49 spielt. Die Person hat bereits 5 Richtige. Nun sitzt sie vor dem Fernseher und verfolgt die Ziehung der sechsten Zahl. Diese Zahl hat eine große Bedeutung für die Person. Ist die 6. Zahl richtig (oder auch falsch), kommt es zu Veränderungen im Unterbewusstsein $\Delta\phi_S$, im Bewusstsein $\Delta\phi_C$ und zu gravierenden Veränderungen physiologischer Parameter ΔW_{sr} .

Berechnen wir die semantische Informationsmenge des o.g. Beispiels für 4 Vergleichspersonen mittels $R = I_{source} \cdot |\phi|^2 (\Delta Z + I_{obj}) e^{\Delta W_{sr}}$:

- Schauen wir zuerst auf die Bedeutung für den Lottospieler. Die syntaktische Informationsmenge der 6. Zahl der Quelle sei in erster Näherung $I_{source} = 6 \text{ bit}$. Da dem Spieler die Information bewusst geworden ist und er sie als Zahl erkannt hat, gilt nach (7.12): $\Delta\phi_C = k \cdot (6 \text{ bit} + 6 \text{ bit})$. Als physiologischen Parameter wählen wir die Pulsrate, sie sei durch das Erkennen der 6. Zahl von vormals 70 auf nun 200 gestiegen.
Wir rechnen: $R = 6 \text{ bit} \cdot k(6 \text{ bit} + 6 \text{ bit}) \cdot e^{(200-70)70} = 462 k \cdot \text{bit}^2$.
- Eine unbeteiligte Person möge die 6. Lottozahl auch im Fernsehen sehen, aber selbst dann, als ihr diese 6. Zahl bewusst und sie als solche erkannt wurde, möge es zu keiner Änderung ihrer physiologischen Parameter kommen.
Die Rechnung $R = 6 \text{ bit} \cdot k \cdot (6 \text{ bit} + 6 \text{ bit}) \cdot e^{(70-70)70} = 72 k \cdot \text{bit}^2$ zeigt, dass die Bedeutung der gleichen Lottozahl für die zweite Person mehr als 6-mal niedriger ist.
- Ein kleines Kind, das noch nicht lesen kann, schaut auch auf den Fernseher. Da es noch keine Zahlen kennt, gilt: $R = 6 \text{ bit} \cdot k \cdot (6 \text{ bit}) \cdot e^{(70-70)70} = 36 k \cdot \text{bit}^2$
- Eine unaufmerksame Person schaut zwar auch auf den Fernseher, lässt sich aber ablenken und die 6. Zahl wird ihr gar nicht bewusst. Die Rechnung $R = 6 \text{ bit} \cdot 0 \text{ bit} \cdot e^{(70-70)70} = 0 \text{ bit}^2$ verdeutlicht, dass die semantische Informationsmenge für die dritte Person 0 ist. Die Lottozahl hat für sie keine Bedeutung erlangt, obwohl natürlich auch bei ihr zahlreiche physiologische Abläufe im Sehzentrum abgelaufen sind (unbewusstes Aufnehmen der Zahl).

Fassen wir die Ergebnisse in einer Tabelle zusammen:

	Beziehung der Person zur Lottozahl im Fernseher	Semantische Informationsmenge der 6. Lottozahl
Person 1	Unaufmerksame Person	0 bit ²
Person 2	Aufmerksames Kind, aber ohne Zahlenverständnis	36 bit ²
Person 3	Erwachsener mit Zahlenverständnis, aber ohne Interesse	72 bit ²
Person 4	Aktiver Lottospieler	462 bit ²

Tabelle 4: Übersicht über die semantische Informationsmenge beim Betrachten von Lottozahlen am Beispiel der Pulsmessung

Stellt man die Ergebnisse graphisch dar, erkennt man, wie die Bedeutung der 6. Lottozahl für den jeweiligen Empfänger variiert, Abbildung 11.

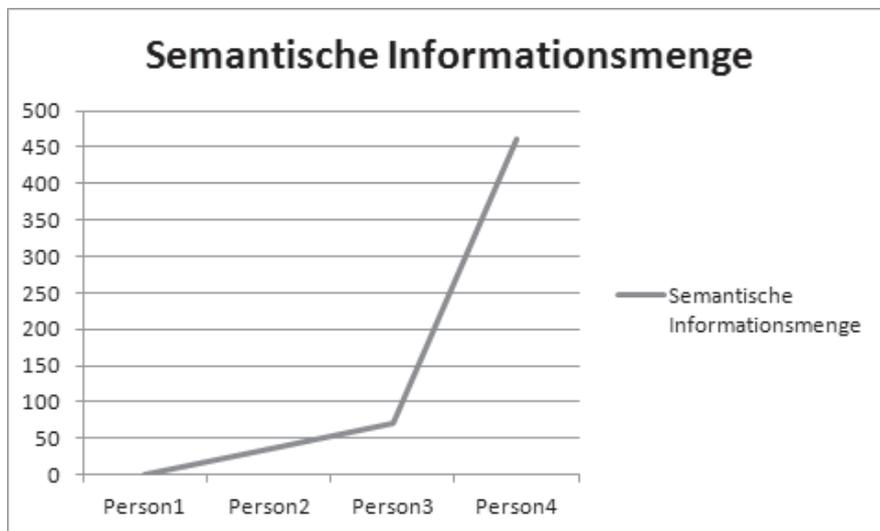


Abbildung 11: Bedeutung der Information in [bit²] für einen Empfänger bei exakt derselben Nachricht

Selbstverständlich ist das Zahlenbeispiel etwas willkürlich. Würde man nicht die Pulsrate, sondern andere physiologische Parameter wählen (Blutdruck, Cortisol-Ausschüttung, Leitfähigkeit der Haut etc.), würden andere Zahlenwerte erscheinen.



Man muss also vor einer Berechnung festlegen, welche physiologischen Parameter man benutzen wird. Das ist ein Schwachpunkt des Ansatzes, der bei nicht-technischen Systemen konzeptionell nicht zu vermeiden ist, da nach unserer Definition gerade die Veränderung beim Empfänger ΔH_{con} das Maß ist, welches Bedeutung kreiert. Man könnte die Berechnung jedoch standardisieren, wenn man sich auf physiologische Parameter einigt oder wenn man zur Berechnung von ΔW_{sr} die klar definierte Veränderung von NCCs (zum Beispiel der neuronalen Korrelate für bewusste Empfindungen) berücksichtigt oder vorher definierte EEG-Punkte auf dem Kopf verwendet.

Das Lesen einer Nachricht und der Speicherort ihrer Bedeutung

Betrachten wir abschließend noch ein Beispiel beim Lesen eines Briefes durch einen Menschen, um auf ein Problem aufmerksam zu machen. Im Empfänger ergibt sich eine Wechselwirkung der Bits und Bytes mit der Netzhaut usw., aber eben auch eine Wechselwirkung der Bedeutung der Nachricht mit dem mentalen Zustand des Empfängers, wie oben berechnet. Wenn jemand eine Nachricht erstellt, so hatte er einen Sinn beim Verfassen der Nachricht im Kopf. Wo steckt dieser Sinn? Wo ist der Sinn eines Satzes versteckt? Uns geht es diesmal nicht um die Berechnung der Bedeutung (dies wurde im vorherigen Kapitel gelöst), sondern um den physikalischen Speicherort. Der Sinn, die Bedeutung steckt aus unserer Sicht *nicht* in den Symbolen oder deren Anordnung. Natürlich könnte man argumentieren, der Sinn stecke alleine in der Anordnung, in der Konvention darüber, was welche Symbole bedeuten und im Wissen des Erstellers darüber, was die jeweilige Symbolkombination beim Empfänger bewirkt. Aber wir sehen das anders. Die Bedeutung ist nur implizit in der Anordnung enthalten. Bedient man sich beispielsweise der Sprache Deutsch, kann man die Sprache so verwenden, dass beim deutschen Empfänger eine entsprechende Bedeutung entsteht. Aber die Bedeutung war physikalisch nicht in den Symbolen enthalten, sondern wir betrachten die Symbole „nur“ als Adresszeiger auf die Spiegelfunktionen, so wie man das bei jedem guten Softwareprogramm macht. Man übergibt in den Programmen auch nicht die Nachrichten selbst als Programm-Parameter, sondern nur die Zeiger auf diese Nachrichten.

Aus unserer Sicht passiert beim Verfassen, Senden und Empfangen einer Nachricht nun Folgendes: Der Ersteller einer Nachricht hat eine klare Bedeutung seiner Nachricht vor „seinem geistigen Auge“. Diese Bedeutung ist physikalisch in den virtuellen Spiegelfunktionen seines Geistes abgespeichert. Da er diese Bedeutung nicht

direkt übertragen kann¹⁰⁹, schreibt er eine Nachricht mit realen Symbolen (Buchstaben) an den Empfänger. Diese Nachricht (z.B. ein Brief) fungiert nun als Adresszeiger in den „Speicherort“ der gewünschten Bedeutung. Die (gewünschte) Bedeutung einer Nachricht wird also keinesfalls mit gesendet, sie ist physikalisch in den Spiegelfunktionen $\phi(t)$ des Geistes des Absenders abgelegt, Abbildung 12.

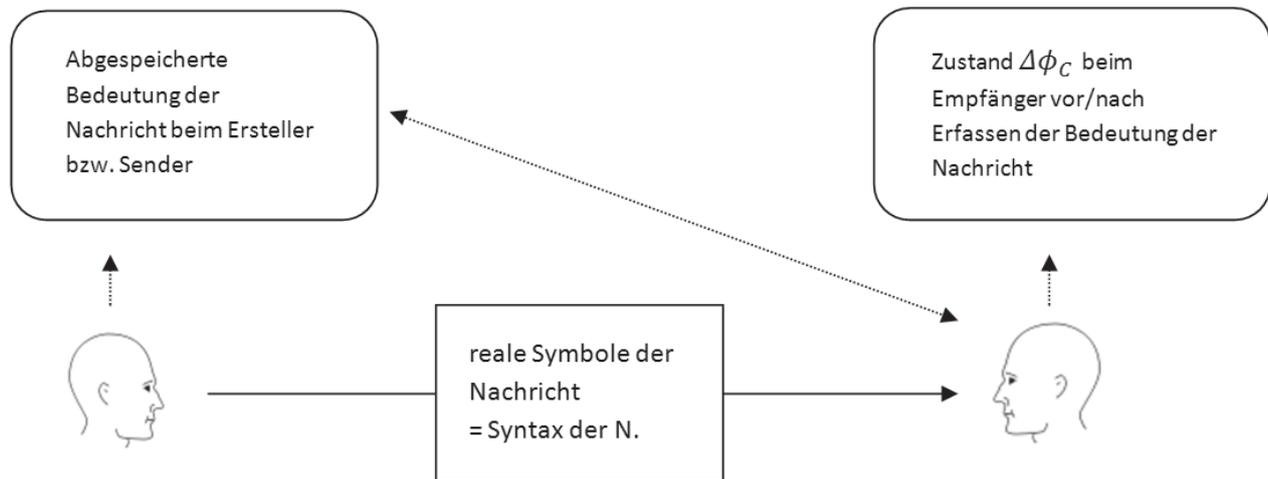


Abbildung 12: Übertragung der Bedeutung einer Nachricht über deren Syntax als Adresszeiger

Der Empfänger empfängt nun die Syntax der Nachricht und verarbeitet diese neurophysiologisch bis in den höheren Cortex hinauf, so wie allgemein bekannt. Im Cortex wird der Text als solcher erkannt. Nun gibt es mehrere Möglichkeiten. Im Geiste des Empfängers entsteht eine eigene Bedeutung des Textes oder der Geist des Empfängers versucht die Bedeutung des Absenders aus den virtuellen Spiegelfunktionen des Absenders auszulesen (falls das möglich ist) oder beides. In allen Fällen wird durch die Wechselwirkung seines vorherigen Zustandes ϕ_{C_alt} mit der Nachricht eine Bedeutung für den Empfänger erkannt, was zur Veränderung des Zustandes $\Delta\phi_C$ beim Empfänger führt. Diese Veränderung ist der wichtigste Term für die semantische Bedeutung der Nachricht für diesen Empfänger, wie im letzten Abschnitt gezeigt. Nur aus Mangel an Messbarkeit der gesamten Veränderung von $\Delta\phi$ wurde ΔW_{sr} als Hilfsgröße eingeführt.

¹⁰⁹ Der Grund ist nicht ganz klar. Eventuell ist es physikalisch nicht möglich, virtuelle Spiegelfunktionen lokal zu transportieren bzw. zu begrenzen, da sie nicht unser Raum-Zeit-Verhalten aufweisen.

Zusammenfassung

In diesem Abschnitt wurde eine Berechnungsvorschrift für die Bedeutung einer Information (semantische Informationsmenge) für informationelle Geräte (Computer) und für bewusste biologische Systeme eingeführt. Das war möglich, da wir postulierten, dass die Bedeutung einer Nachricht keine Eigenschaft der Nachricht selbst sei, sondern nur in Wechselwirkung von Nachricht und Empfänger entstehen kann.

Information wurde als *Relation* zwischen zwei Entitäten erkannt, was auch philosophische Bedeutung besitzt, da nach unserer Definition Information kein Naturobjekt ist.

Genau aus diesem Grund halten wir die Ansätze von C.F. von Weizsäcker und Görnitz bzgl. Ur-Bits (Qubits) für falsch.

8. Philosophische Aspekte und Ausblick

In diesem Kapitel wollen wir das bisher Gesagte zusammenfassen, philosophisch einordnen und einen kurzen Ausblick geben.

Im Allgemeinen besteht unter den heutigen Neurobiologen wissenschaftlicher Konsens darüber, dass das Bewusstsein ein Phänomen ist, das durch neurophysiologische Vorgänge im Gehirn entsteht. Manche Autoren sprechen vom Epiphänomen Bewusstsein, andere gestehen dem Bewusstsein zwar einen eigenen ontologischen Status zu, aber nahezu alle (Neuro-) Wissenschaftler vertreten die Ansicht, dass das Bewusstsein durch neurophysiologische Vorgänge im Gehirn „irgendwie“ erzeugt wird. Dies ist ein monistischer Ansatz, er favorisiert eine einheitliche Ursubstanz aus der heraus sich alles entwickelt hat, selbst der menschliche Geist.

Auch wir haben in dieser Monographie einen monistischen Ansatz vertreten, aber wir räumen den materiellen Vorgängen nicht das Primat ein. Selbstverständlich kann das menschliche Bewusstsein in der uns bekannten Form nur in Verbindung mit einem menschlichen Gehirn (Körper) existieren, die neurobiologischen Vorgänge sind auch aus unserer Sicht für jede Art menschlicher Wahrnehmung und Bewusstheit zwingend notwendig. Doch die Physiologie des Gehirns (Körpers) erzeugt die Phänomene wie menschliches Bewusstsein nicht aus dem Nichts, sondern die Physiologie *strukturiert* diese Phänomene nur. Dieses Postulat klingt zwar auf den ersten Blick unwissenschaftlich, aber die Quantenphysik selbst gibt bereits Hinweise auf den unwirklichen Charakter der Realität. Spätestens seit Zeingers Messung von 2007 müssen wir akzeptieren, dass es um uns herum keine objektive Realität gibt, denn bei zahlreichen Quantenexperimenten hat sich gezeigt, dass die Realität, d.h. die Messwerte, erst bei der Messung der Quanten entstehen, vorher waren sie nur Wahrscheinlichkeitsamplituden. Soweit zur bekannten Physik.

Worum ging es uns? Die mathematische Analyse der quantenmechanischen Gleichungen offenbart etwas Erstaunliches. Die gesamte Quantenmechanik (QM) lässt sich ohne komplexe Zahlen nicht formulieren. Während die meisten Physiker diesen überaus interessanten Umstand als einfache mathematische Notwendigkeit ohne jeglichen physikalischen Grund deuten, sprechen wir komplexwertigen Funktionen eine entscheidende physikalische Bedeutung zu. Lässt sich ein physikalisches Objekt nur komplexwertig beschreiben (wie z.B. Elektronen), hat es ganz bestimmte physikalische Eigenschaften. Eine der wichtigsten dieser Eigenschaften war nach unserer Definition, dass seine physikalischen Parameter nicht unmittelbar, sondern *vor-physisch* existieren.

Während dieser Sachverhalt in [Otte, 2011] ausführlich erläutert wurde, wurden im Jahre 2013 die mathematischen Grundlagen erweitert und eine Physik *nicht-energetischer Vorgänge* postuliert. Die bekannte Algebra der komplexen Zahlen $\langle 1, i \rangle$ wurde aus diesem Grunde auf eine in der Literatur bis dato unbekannte hyperkomplexe Algebra $\langle 1, i, j, k \rangle$ erweitert. Dabei ergab sich, dass man innerhalb dieser Algebra zwei zueinander isomorphe Unteralgebren entwickeln kann, in denen Schwingungen, Fourier-Transformationen und Schrödingergleichung mathematisch formulierbar sind. Während die erste Unteralgebra $\langle 1, i \rangle$ der Algebra der komplexen Zahlen entspricht, ist die zweite Unteralgebra $\langle j, k \rangle$ bis dato nirgendwo beschrieben worden. In [Hertig, 2014] haben wir gezeigt, dass sich in dieser hyperkomplexen Unteralgebra die gleichen Wellenfunktionen wie in der klassischen Quantenmechanik entwickeln lassen, jedoch sind die darin vorkommenden Größen hyperkomplex bzw. imaginär. Da selbst eine Betragsquadrierung dieser Wellenfunktionen zu imaginären Funktionen führt, können diese nicht als normale Wahrscheinlichkeitsdichten interpretiert werden. Da die Erwartungswerte von Energieoperatoren nicht zu eindeutig reellen Werten führen, haben wir diese neuen Funktionen *nicht-energetische Wellenfunktionen* (im Rahmen der Mathematik) oder *virtuelle Spiegelfunktion* (im Rahmen der Physik) genannt, da sie unserer Meinung nach, der Ort sind, wo die Materie sich zu spiegeln vermag. Man erkennt diese Spiegelung auch sehr schön in der Algebra selbst, Abbildung 4 („1“ spiegelt sich in „k“, „i“ in „j“).

Wir sind der Ansicht, dass den hyperkomplexen Wellenfunktionen die gleiche physikalische Realität, wie den komplexen Wellenfunktionen der Quantenphysik, zugebilligt werden muss. Wir postulieren damit, dass es neben der (nicht-lokalen, beobachterabhängigen) Realität der Quantenwirklichkeit eine weitere, eine nicht-energetische Wirklichkeit gibt. Aus Mangel an Begriffen haben wir diese Wirklichkeit *Komplementär- oder Spiegelwirklichkeit* und ihr zugrundeliegendes Feld *Beobachterfeld* genannt. Diese Spiegelwirklichkeit entwickelt sich vollständig in nicht-energetischen Räumen und unterliegt dabei klaren Gesetzen und Regeln, die ihr die Mathematik vorgibt. Den mathematischen Formalismus haben wir in Anlehnung an die bekannte Quantenmechanik *Informationsmechanik* genannt.

Aus unserer Sicht können die nicht-energetischen Wellenfunktionen bekannte Paradoxien der Quantenmechanik wie das EPR-Experiment erklären. Die klassische QM beschreibt den physikalisch messbaren Teil der Welt (seine Observablen mit ihren Beziehungen). Der nicht-energetische Teil beschreibt eine neben der QM existierende Wirklichkeit, die sich jeglicher Messtechnik entzieht und trotzdem als Teil der Wirklichkeit akzeptiert werden muss. Durch experimentelle Verletzung der Ungleichungen von Bell und Leggett durch Aspect (1982) und Zeilinger (2007)

konnte nachgewiesen werden, dass die objektive Wirklichkeit entweder nicht existiert oder – man staune – nur nicht-lokal sein kann. Gerade deshalb *muss* die Physik ein Erklärungsmodell für instantane Fernwirkungen besitzen, wenn sie ihrer Funktion als erklärende Wissenschaft weiterhin gerecht werden will. Die hier in den Grundsätzen erarbeitete Theorie einer nicht-energetischen Wirklichkeit kann diese Erklärung anbieten.

Die Postulierung einer nicht-energetischen Realität hat natürlich Konsequenzen. Da diese Realität mit der energetischen Realität gekoppelt ist, entstehen Effekte, die unter dem Begriff Synchronizität bekannt geworden sind, da sie *nicht* dem Kausalbegriff unterliegen (C.J. Jung, 1930). Mathematisch lässt sich zeigen, dass die Wellenfunktionen in beiden Unteralgebren einer sog. *Superwellenfunktion* entsprechen, die in der Gesamtalgebra entwickelt werden kann. Das bedeutet jedoch, dass die uns beobachtbare Welt nur einen kleinen Teil (eine Projektion) der gesamten Wirklichkeit darstellt, denn die Entwicklung der Superwellenfunktion in der Gesamtalgebra entspricht zeitgleich der Entwicklung der Wellenfunktionen in den jeweiligen Unteralgebren. Weiterhin wurde gezeigt, dass die komplexwertigen Wellengleichungen unmittelbar auf die virtuellen Spiegelfunktionen einwirken können, wodurch eine mathematische und physikalische Basis zur Speicherung geistiger Phänomene im Gehirn entsteht. Die Rückwirkung geistiger Zustandsvariablen auf materielle Wellenfunktionen durch ein Signal konnte mathematisch nicht gezeigt werden, stattdessen zeigt sich eine Verschränkungskorrelation beider Wellenfunktionen. Geistige Zustände scheinen die Wahrscheinlichkeitsamplituden materieller Wellenfunktionen nur korrelativ beeinflussen zu können. Dies wäre ein Indiz dafür, warum bis dato keine reproduzierbaren Einwirkungen geistiger Zustände auf die materiellen gefunden wurden, jegliche geistige Einwirkung ist statistischer Art in Form von Korrelationen. Damit bleibt die Einheit der Physik gewahrt und das Trilemma der Neurobiologie wurde aufgelöst.

Die hier postulierte Veränderung des Realitätsbegriffes hat nun einige Auswirkungen für die Bewusstseinsforschung, da beide physikalische Wirklichkeiten auf das Gehirn selbst übertragen werden müssen. Insbesondere im Gehirn kumuliert höchst-strukturierte materielle Substanz mit nicht-energetischen Wellenfunktionen. Diese virtuellen Spiegelfunktionen speichern die Phänomene des Unterbewusstseins, Vorbewusstseins bzw. Bewusstseins und stehen in ständiger Korrespondenz mit den neurophysiologischen Vorgängen des Gehirns, tatsächlich bilden sie eine untrennbare Einheit, wie nachfolgende Abbildung nochmals skizzieren soll.

Hilbertraum als mathematisches Modell der Beziehungen zwischen Gehirn und Geist

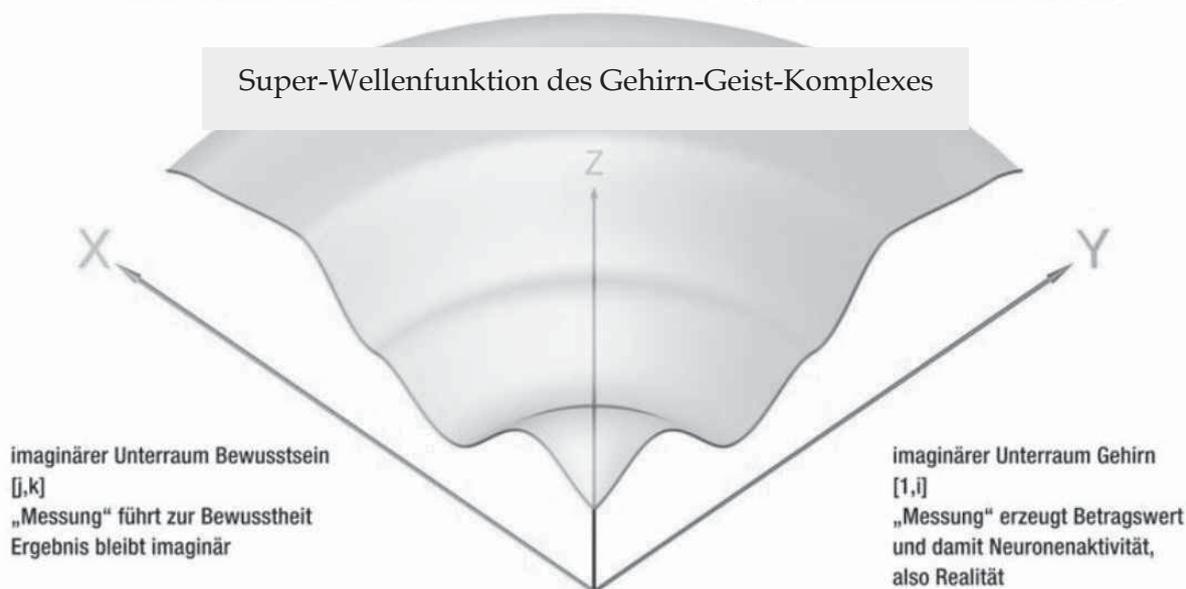


Abbildung 13: Mathematisches Modell des Geist-Körper-Komplexes

Es ist dabei nicht so, dass die Neurophysiologie des Gehirns die nicht-energetischen Funktionen des Geistes *erzeugt*. Das Gehirn strukturiert und manifestiert zwar den Geist, aber die physikalische Basis war bereits vorhanden. *In Wirklichkeit* existieren sogenannte Möglichkeitsfunktionen innerhalb beider „Welten“, d.h., beide Wellenfunktionen bedeuten keinerlei manifestierte Ausprägung von irgendetwas oder mit anderen Worten: Die mathematischen Funktionen mit ihren Schwingungen und Wellen beschreiben Wahrscheinlichkeitsfelder für die Manifestation physikalischer und informationeller Ausprägung.

Kommen wir zum Gehirn zurück. Im Gehirn-Geist-Komplex haben wir den Teil der Superwellenfunktionen, den die Spiegelfunktionen beschreiben, als sogenannte Qualia eingeführt. Messtechnisch erfassbar sind jedoch immer nur physiologische Parameter des Gehirns, sozusagen die Manifestationen und Projektionen der Superwellenfunktion auf die materielle Substanz. Das subjektive Bewusstsein, gespeichert in den virtuellen Spiegelfunktionen, ist von außen nicht messbar, es entzieht sich prinzipiell jeder Messtechnik (es existiert immer nur in der 1. Person). Die hyperkomplexen Werte dieser Funktionen haben daher einen anderen ontologischen Status, denn gerade sie codieren die Zustandsparameter des Geistes. Fehlen diese Parameter in einem wie auch immer gearteten Gehirnmodell, wird das Modell aufgrund seiner Mehrdeutigkeiten nicht brauchbar sein.

Als wichtigstes Ergebnis der Monographie ist daher die *Mathematisierung des Geistes* und die Herausarbeitung seiner realen physikalischen Existenz mit Speicherfunktio-

on und Rückwirkung auf das Gehirn anzusehen. Weiterhin konnten wir zeigen, dass sich unter Verwendung des Qualia-Begriffs eine semantische Informationstheorie einführen lässt, denn wir postulierten, dass Information letztlich eine Relation zwischen einer Nachricht und ihrem Empfänger darstellt. Damit zeigt sich aber, warum der Mensch Qualia braucht. Eine Information hat dann eine hohe Bedeutung, wenn sie die Qualia eines Empfängers zu verändern mag, denn in der Qualia ist der gesamte übergeordnete Systemzustand codiert. Jedes System ist bestrebt, positive Qualia zu erzeugen und negative zu vermeiden, die Bedeutungen aller Umwelteinflüsse werden durch jedes biologische System genau danach gewichtet. Dies musste bei einer Mathematisierung der semantischen Informationstheorie berücksichtigt werden.

Obwohl die gesamten Arbeiten noch in den Anfängen stecken, lassen sich (wenn auch noch nicht mathematisch) einige Voraussagen für Vorgänge im Gehirn angeben.

- In der Informationsverarbeitung im Gehirn werden quantenphysikalische Effekte sichtbar. Allerdings beruhen diese Effekte nicht auf der QM klassischer Quanten wie Elektronen oder Atome, sondern diese Effekte basieren darauf, dass es neben der klassischen QM eine Informationsmechanik nicht-energetischer Vorgänge gibt. Während im Gehirn energetische (neurophysiologische) Vorgänge stattfinden, laufen zeitgleich nicht-energetische Vorgänge in den Spiegelfunktionen ab. Aufgrund der Komplexität eines Neurons bzw. Neuronenverbandes konnte das mathematisch zwar nicht formuliert werden, dennoch lassen sich aus diesem Postulat bereits *messbare* Eigenschaften für das Gehirn ableiten.
- Es wird im Rahmen der Theorie vorhergesagt, dass die Informationsverarbeitung innerhalb einer Hemisphäre bei Versuchen zur *Wahrnehmung multistabiler Bewegungsreize* unter gewissen Bedingungen gleich schnell verläuft wie die Informationsverarbeitung zwischen beiden menschlichen Hemisphären, da nicht alle Informationen neurophysiologisch über das Corpus Callosum zwischen den Hemisphären ausgetauscht werden müssen, sondern ein Teil der Wechselwirkung beider Hemisphären über nicht-energetische Wellenfunktionen vermittelt wird. Diese Aussagen klingen zwar spektakulär, sind aber im Rahmen heutiger Messtechnik leicht prüfbar.
- Des Weiteren wurde erläutert, dass die virtuellen Spiegelfunktionen die von Singer entdeckten Synchronisationen in Form einer Resonanzüberhöhung vermitteln.

Weitergehende Analysen zur Ontologie des Geistes, insbesondere die Einbindung von Gödels Theorem in die theoretische Bewusstseinsforschung zeigten, dass man mittels neurophysiologischer Vorgänge tatsächlich niemals in der Lage sein wird,

die Phänomene des Bewusstseins wirklich zu erklären. Dieses Unvermögen ist auch keine Frage des technischen oder wissenschaftlichen Fortschrittes, sondern eine prinzipielle Feststellung der mathematischen Logik. Genauso wie Heisenberg 1927 eine prinzipielle Unschärfe in der Physik erkannte (die sich niemals unterschreiten lässt), hat Gödel 1931 eine prinzipielle erkenntnistheoretische Schranke in jedem (komplexen) algorithmischen System erkannt und dies mathematisch exakt bewiesen. In der Monographie wurde dieses Theorem auf seine Anwendbarkeit in der Neurophysiologie untersucht. Bereits durch elementare Überlegungen lässt sich zeigen, dass aus der Neurophysiologie heraus *niemals* eine höherwertige Funktion, wie die des Geistes erklärbar, vorhersagbar oder gar berechenbar ist, selbst dann nicht, wenn sie die gleiche ontologische Qualität besäße.

Außerdem lassen sich mit Gödels Theorem grundlegende Paradoxien der Neurophysiologie besser verstehen. So ist in den Libet-Versuchen festgestellt worden, dass ein subjektiver freier Wille „...eine Hand zu heben“ erst 200 Millisekunden oder später *nach* dem mittels EEG messbaren Bereitschaftspotenzial durch die betroffene Person bemerkt wird. Zahlreiche Autoren schlussfolgerten daraus fälschlicherweise, dass es gar keinen freien Willen geben kann, was jedoch jeder menschlichen Erfahrung zutiefst widerspricht und daher als ein *Hauptparadoxon der Neurophysiologie* bezeichnet werden muss. Eine Wissenschaft, die etwas derart Wichtiges wie den freien Willen nicht erklären und mit Messdaten in Übereinstimmung bringen kann, ist prinzipiell unvollständig.

Eine nähere Untersuchung darüber, wieso es durch die Neurowissenschaftler zu solchen Fehleinschätzungen kommen konnte, zeigte grundlegende systemtheoretische Schwächen der heutigen Neurowissenschaft. Ein wesentlicher Schwachpunkt aller heutigen Neuro-Theorien ist ihre einfache kybernetische Struktur. Die heute verwendeten Modelle verwenden in der Regel vorwärts-gekoppelte hierarchische Ansätze, manche basieren auch auf rückgekoppelten oder lateralen Ansätzen. Dies ist jedoch bei weitem nicht ausreichend, da die wichtigste kybernetische Modellstruktur der Natur, die der sog. *Selbstreferenz*, schlichtweg nicht erkannt wurde. Zukünftige Aufgabe wird es deshalb sein, selbstreferenzielle mathematische Modelle in die Theorie der Neurophysiologie einzuführen, denn nur durch derartige Modelle lassen sich Bewusstsein und das ICH (Selbst-Bewusstsein) erklären. Mit den hier dargestellten Ansätzen lässt sich jedoch bereits jetzt zeigen, dass der sog. freie Wille tatsächlich existiert und mit den Libetschen Beobachtungsdaten überhaupt *nicht* im Widerspruch steht. Wir postulierten, dass der bewusste freie Wille („etwas zu tun oder zu sagen“) stets aus einer Vielzahl von unbewussten Handlungsalternativen auswählen kann. Die Auswahl der Alternativen erfolgt nach den mathematischen Gesetzen der eingeführten Informationsmechanik. Im Unterbe-



wusstsein kann eine Entscheidung daher längst vor dem Bewusstwerden entschieden worden sein und zwar deshalb, weil sich die Wahrscheinlichkeitsamplitude einer virtuellen Spiegelwelle (also einer unbewussten Alternative) wesentlich von den anderen Wellenfunktionen abheben kann. Beim späteren Kollaps der Wellenfunktionen und dem spontanen Bewusstwerden setzt sich dann diejenige mit der größten Wahrscheinlichkeitsamplitude am wahrscheinlichsten durch. Da alle virtuellen Prozesse (die unbewussten sowie die bewussten) ihr neuronales Korrelat besitzen, wären die gemessenen Bereitschaftspotenziale vor dem bewussten freien Willen nur Korrelate unbewusst ablaufender Vorgänge im Geist und müssen zwangsläufig vor dem Bewusstwerden messbar sein. Nach diesem Modell gibt es kein Paradoxon.

Allerdings will der Autor natürlich auch selbst eine Kritik des hier vorgetragenen Ansatzes zulassen. Es ist immer einfach, ungeklärte Phänomene mit neuartigen Parametern erklären zu wollen. So erzeugen heutige Theorien der Elementarteilchenphysiker immer *mehr* freie Parameter, anstatt *weniger* und das ist aus philosophischer Sicht unbefriedigend. In diesem Aufsatz wird nun etwas Ähnliches vorgeschlagen, denn das neue Feld stellt freie Parameter zur Verfügung. Das ist definitiv kritisch zu betrachten.

Doch das nicht-energetische Feld ist nicht einfach erdacht, sondern es ergibt sich zwingend aus der Mathematik. Der neue Ansatz ist auch nicht sonders kompliziert und Einfachheit als Kompass erscheint nicht als der schlechteste Ratgeber im Rahmen jeglicher Forschung. Man beachte: Einfacher als hier kann man neue Wellenfunktionen nicht einführen. Die Wellenfunktionen ψ der QM sind die am besten verifizierten mathematischen Modelle überhaupt. Multipliziert man diese Wellenfunktion mit der imaginären Zahl k der eingeführten Algebra aus Abbildung 4, so entsteht die neue Wellenfunktion $\phi = k \cdot \psi$. Dies ist ein äußerst trivialer Zusammenhang und die gesamte Reichhaltigkeit an neuen Erklärungen ergibt sich erst nach dieser simplen Operation. Das heißt, die Fähigkeit, dass die Funktionen ϕ Schwingen und Wellen beschreiben, aber keine eindeutig reellen Energieerwartungswerte und ein imaginäres Betragsquadrat besitzen, entstand aus dieser einfachen Multiplikation auf Basis der neuen Algebra. Das ist nicht sonderlich konstruiert.

Trotzdem darf man einen grundsätzlich neuen Parameter nur dann einführen, wenn alle anderen Erklärungsversuche scheitern, daher ist den Kritikern genug Zeit einzuräumen, eigene Modelle zu entwerfen, die die heutigen ungeklärten Fragen lösen könnten. Wenn die Erklärungsmuster allerdings immer komplizierter werden, wenn „immer mehr Epizyklen eingeführt werden müssen, um das alte Welt-



bild zu retten“, dann erscheint ein neues Weltbild statthaft. Auch wenn das neue Bild eine grundsätzliche Abkehr von dem fordert, was gegenwärtig Stand-der-Technik ist.

Philosophische Spielereien und ein monistischer Standpunkt

Wir haben das Buch mit der These gestartet, dass das Gehirn das Bewusstsein strukturiert und dass sich das Bewusstsein nicht-energetischer Felder bedient, um seine Informationen zu codieren und physikalisch abzuspeichern. Wir wollen diese These hier nochmals überdenken und zusätzliche Möglichkeiten vorschlagen. Allerdings sind das wiederum reine Spekulationen, sie erscheinen aber angebracht, um die vielfältigen Implikationen des neuen Ansatzes vor Augen zu führen.

Da beide Wellenfunktionsstypen in der gleichen Algebra koexistieren, kommt man gar nicht umhin, gegenseitige Wechselwirkungen zu vermuten. Dies wurde im Rahmen des Aufsatzes auch ausgeführt. Nun ist aber anzunehmen, dass es nicht nur im Nervengewebe zu quantenphysikalischen Prozessen kommt, sondern auch in anderen biochemischen Prozessen. Die o.g. These hätte daher sehr weit reichende Konsequenzen.

Betrachten wir dazu die Pflanzenwelt. Mit Sicherheit kommt es auch in den biochemischen Vorgängen der Pflanzenzellen zu Quantenprozessen. Diese können jedoch auch mit nicht-energetischen Feldern in Wechselwirkung treten. Resonanzbedingungen vorausgesetzt, könnten Veränderungen in der Chemie der Pflanze gleichzeitig Veränderungen in den Spiegelwellen der Pflanze bewirken. Sicher kann man daraus nun *nicht* schlussfolgern, dass auch Pflanzen ein Bewusstsein haben, aber den Pflanzen müssten trotzdem ontologische Qualia-Zustände zugesprochen werden. Chemische Prozesse in den Zellen, die auf einem Nährstoff- oder Wassermangel beruhen, könnten ihre Entsprechung im nicht-energetischen Feld der Pflanzen haben. Was die Pflanze dabei *empfindet* ist nicht vorstellbar, aber qualitative Sinnesempfindungen müssten nach o.g. These zugelassen werden. Selbstverständlich ist völlig unklar, ob die Struktur eines solchen pflanzlichen Beobachterfeldes soweit ausgeprägt ist, dass es zum Kollaps der hyperkomplexen Wellenfunktionen kommt (dies also nach den Thesen der Abhandlung zu einem *bewussten Empfinden* führt) oder ob all diese Qualia-Zustände der Pflanze unbewusst bleiben (was der Autor vermutet).

Und diesen Gedanken kann man noch weiter zuspitzen. Auch in Gesteinen gibt es Quantenprozesse. Resonanz vorausgesetzt könnten diese Quantenprozesse zu Veränderungen der hyperkomplexen Wellenfunktionen führen, also zu Verände-



rungen im „Beobachterfeld“ der Gesteine. Was das bedeutet, liegt noch weiter im Reich des Ungewissen. Treiben wir den philosophischen Gedanken indes noch weiter und betrachten ein einzelnes Elektron. Dies ist per se ein Quant und seine Prozesse sind Quantenprozesse. Dies bedeutet aber, dass ein Elektron neben seiner normalen Wellenfunktion auch hyperkomplexe Wellenfunktionen besitzt. Genau damit könnte aber auch das EPR-Experiment verschränkter Quanten erklärt werden, wie [Anlage A3] zeigt. Das ist ein sehr starkes Indiz für die Richtigkeit der hier vorgetragenen Thesen, da es bis dato *kein* Erklärungsmodell gibt.

Damit kommen wir zur wichtigsten Frage der hier angedeuteten philosophischen Konsequenzen. Um es nochmals klar auszusprechen, die hier beschriebenen Wellenfunktionen beschreiben Wellen mathematisch. Reicht das für ihre Existenz? Und was existiert überhaupt? Was beschreiben diese Wellenfunktionen in der letzten, möglich denkbaren Instanz?

Was ist der Urgrund allen Seins?

Der physikalische Urgrund allen Seins ist aus unserer Sicht eine Art *Wahrscheinlichkeitsfeld*, welches alle *Möglichkeiten* zur physikalischen und informationellen Manifestation beinhaltet. Diese Möglichkeiten sind jedoch nicht beliebige Möglichkeiten, sondern sie verhalten sich streng mathematisch, nach Gesetzen, die durch die Funktionen der zugrundeliegenden Wahrscheinlichkeitsamplituden vorgeschrieben werden.

Dies spricht in erster Näherung für einen *Pantheismus*, denn diese geistigen und materiellen Möglichkeiten bilden eine einheitliche „Ursubstanz“, die durch ihre spiegelbildliche Selbstbetrachtung zur Ausprägung der in ihr innewohnenden Möglichkeiten kommt.

Dieses Bild ist nun zutiefst befriedigend, denn die Selbstbetrachtung der Materie in einer Art Spiegelwelt ist etwas, was der Mensch mit seiner Selbsterkenntnis intuitiv versteht. Die Entwicklung von Materie und Geist führte über Milliarden von Jahren zu extrem hochentwickelter Materie und extrem hochentwickeltem Geist, welche aktuell in der höchsten Manifestation, dem Menschen, kulminiert. Aber diese Entwicklung wird nicht stillstehen. Es ist überhaupt nicht auszudenken, wie weit die Entwicklung des Materie-Geist-Komplexes bei fortwährender Selbstbeobachtung führen wird. Da die Ergebnisse der physischen Entwicklung in den virtuellen Spiegelfunktionen gespeichert werden können (und diese ein anormales Zeitverhalten an den Tag legen), darf davon ausgegangen werden, dass eines Tages ein extrem hoch entwickelter Geist entsteht. Ohne die heute bekannte Physik zu verletzen,



kann dieser Geist nun auf den Ursprung der Entwicklung, auf Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft einwirken, wie wir in der Monographie aufgezeigt haben. Der Geist könnte statistisch über Verschränkungskorrelationen die Wahrscheinlichkeitsamplituden der Wellenfunktionen ψ so verändern, dass bestimmte Ausprägungen wahrscheinlicher werden als andere. Berechnen oder gar messen kann man eine derartige Einflussnahme nicht, denn der *Kollaps* der Wellenfunktionen ist mathematisch nicht fassbar.

Was beutet das für Religion und Wissenschaft? Während die Wissenschaft die Entwicklung der Natur – ausgehend von Atomen über biologische bis zu mentalen Systemen mit geistigen Eigenschaften – analysiert und beschreibt, konzentriert sich die Religion auf die Wirkung von geistigem Einfluss eben auf diese Systeme zurück, die die geistigen Eigenschaften erst hervor gebracht haben. Wer Gödel verstanden hat, weiß dass dies kein Widerspruch ist, sondern der Normalfall, den die Natur bereits an vielen Stellen anwendet. Philosophisch gesehen können sowohl die Vertreter der Religionen als auch die Vertreter der Naturwissenschaft eine tiefe Befriedigung erlangen, denn es gilt das befreiende sowohl-als-auch, was aus rein logischen Gründen auch erwartet worden war. Die Religionen finden ihren theistischen Gott im Gebäude der Naturwissenschaft, denn der extrem hochentwickelte, nicht-lokale, nicht an die reale Zeit gebundene und auf die Materie einwirkende Geist entspricht diesem. Die Naturwissenschaftler erkennen die Notwendigkeit (und auch Zielgerichtetheit) ihre seit langem erkannten Evolution wieder, denn es gilt: Ohne Gehirn kein hochentwickelter Geist. Das Gehirn wird (wie alle Materie) im Geiste gespiegelt, was zu einer immer weitergehenden Entwicklung führt.

Und doch gibt es eine Asymmetrie zwischen beiden mathematischen Wellenfunktionen, denn die virtuellen Spiegelfunktionen stehen außerhalb unseres normalen Zeitverständnisses. Einmal dort eingebrachte Informationen können in der Zeit nicht mehr vergehen, da diese Funktionen aus rein mathematischen Gründen nicht dem uns bekannten Zeitverhalten unterliegen. Einmal manifestierte Informationen in den Spiegelfunktionen wären für alle Zeit erhalten.

Wenn man diesen Thesen bis zur letzten Konsequenz folgt, dann fragt man sich, warum es überhaupt komplexer Wellenfunktionen bedarf oder einfacher gefragt: Wieso bedarf es Materie, wenn doch der Geist die treibende Kraft der Evolution zu sein scheint? Der Autor hat darauf keine Antwort. Das einzige was er sich vorstellen könnte, ist, dass die Materie – da energetisch manifestiert und lokal begrenzt – ganz andere Arten von Wechselbeziehungen eingehen kann. Da ein „Informationsfeld“ nicht-energetisch und nicht-lokal ist (oder sein kann), könnte es möglich sein, dass gewisse Komplexitätsgrade einfach nicht erreicht werden, wenn alles mit



allem unmittelbar wechselwirkt. Nur über die Manifestation von lokal begrenzten Entitäten könnten neue Wechselbeziehungen zwischen den Entitäten eingegangen und ausprobiert werden. Lokal zu sein, abgegrenzt zu sein, wäre dann aber kein Makel, sondern das Wesen materieller Prozesse und Grundlage der Entstehung eines Geistes maximaler Komplexität.

Ausblick: Das Bewusstwerden von Geist in der Gesellschaft

Nach den philosophischen *Spekulationen* wollen wir uns aber nochmals auf das Wesentliche konzentrieren. Das wichtigste Anliegen dieser Monographie – und das ist *keine* Spekulation – ist die Darstellung der mathematischen Möglichkeit, eine hyperkomplexe Algebra mit zwei isomorphen Unter-Algebren zu definieren, in welcher komplexe und hyperkomplexe Wellenfunktionen entwickelt werden können. Interessanterweise können die Wellenfunktionen beider Unter-Algebren nebeneinander koexistieren, jedoch besteht auch die Möglichkeit der gegenseitigen Einflussnahme. Da Wellenfunktionen geeignet sind, Informationen zu speichern, ist damit mathematisch eine Möglichkeit gefunden worden, um auf Funktionen, deren physikalische Repräsentation *nicht-energetisch* ist, Informationen zu codieren. Das ist neu und kann sowohl die Nachrichten- als auch die Informationstheorie bereichern. Die physikalischen Eigenschaften von nicht-energetischen Wellen sind natürlich noch nicht hinreichend untersucht, es ist aber anzunehmen, dass sie besondere Eigenschaften hinsichtlich ihres Verhaltens in Raum und Zeit haben. Insbesondere könnten sie (ohne irgendein Gesetz der Physik zu verletzen) superluminare Geschwindigkeiten erreichen.

Alle darauf aufbauenden Überlegungen dieser Schrift waren hypothetischer Natur. Nur Experimente können zeigen, ob nicht-energetische Wellen tatsächlich (also physikalisch) in der Lage sind, Informationen zwischen zwei Objekten auszutauschen. Einige Experimente zur Überprüfung der Aussagen wurden benannt.

Der Mensch unterscheidet sich von den meisten Tieren durch die Erkenntnis seiner selbst. Wir stehen nun gesellschaftlich an der Schwelle einer neuen Selbsterkenntnis. Diese Selbsterkenntnis vor dem Spiegel, das Erkennen, dass man sich selbst im eigenen Gehirn repräsentiert und diese Repräsentation ICH nennt, ist eine der größten Leistungen in der Entwicklung zum Menschen. Doch diese Selbsterkenntnis wird nicht still stehen. Die letzten Jahrhunderte oder gar Jahrtausende waren geprägt vom Glauben an einen Gott, der alles zu steuern schien. Das war völlig legitim oder gar erwartbar, denn durch seine Selbsterkenntnis hat der Mensch seine eigene Vergänglichkeit erkannt und dies musste ihn zwangsläufig zum Glauben an ein Jenseits verführen. Zuerst war dieser Glaube primitiv, man dachte an verschie-



dene Wesen einer Anderswelt, später an Götter, noch später an einen einzigen Gott. Es war eine fortwährende Abstraktion. Auch heute sind viele Wissenschaftler gläubig, auch wenn sie diese Abstraktion weiter entwickelt haben und nicht mehr an ein „Allwesen über den Wolken“ glauben mögen.

Erst in den letzten hundert Jahren machte dieser Glaube an einen Gott einem naturwissenschaftlichen Glauben Platz, der durch unsere Physik charakterisiert ist. Dort draußen in der Natur – so dachte man – existieren Objekte, die bestimmten Gesetzen unterliegen, die der Wissenschaftler entdecken kann. Diese Vorgehensweise war dabei so erfolgreich, dass man die ersten Jahrhunderte nicht merkte, dass der Mensch selbst (bzw. der Geist des Menschen) bei der Beschreibung der Naturwissenschaft fehlte. Der menschliche Geist hatte einfach keinen Platz in den Gleichungen der Experten. Die Naturwissenschaft beschrieb das „dort draußen“ in einer Glanzleistung, konnte dies aber nur, da sie gnadenlos vereinfachte. Doch irgendwann haben wir eingesehen, dass wir Teil der Natur sind. Wir wissen das natürlich schon seit längerem, aber wir finden unseren Platz nicht mehr in den Gleichungen, wir können unseren Geist einfach nicht in die Beschreibungen der Objekte zurückbringen. Das sollte jedoch baldmöglichst geschehen. Es wird eine neue Stufe der Selbsterkenntnis einläuten. Die Gesellschaft wird in naher Zukunft den Geist als objektive Realität anerkennen und sobald sie das wieder tut, wird und muss sich auch die *Naturwissenschaft* wieder um den menschlichen Geist kümmern. Die besten Köpfe, die wir haben, werden dann den menschlichen Geist in die bestehenden Naturgesetze einzuordnen versuchen.

So wie der Mensch sich seiner selbst bewusst wurde, muss sich die Gesellschaft wieder des Geistes bewusst werden und ihm gebührend Platz einräumen. Dieser Geist wird ein Geist sein, der zwar erst in der Evolution entstanden ist, gleichzeitig jedoch von Anbeginn seiner Tage auf diese zurückwirkt, da er außerhalb der herkömmlichen Zeit existieren kann. Dies bedeutet jedoch, dass auch der Geist, der erst in Abermillionen von Jahren entstehen wird, ein Geist, der vielleicht gottähnlich genannt werden könnte, dass dieser heute schon auf uns zu wirken vermag.

Dies wird eine neue Stufe der Erkenntnis im Platze der Evolution einläuten, denn es zeigt, dass alles seinen Sinn hat, dass keinerlei Wirken jemals umsonst gewesen sein kann, da jede Komposition, jedes Bild, jedes Traktat in einem nicht-energetischen Feld gespeichert worden ist.



Literatur

Bücher & Monographien

- [Alexander, 2016] Alexander E.: Blick in die Ewigkeit, Heyne, München, 2016
- [Bronstein, 1987] Bronstein I.N., Semendjajew K.A.: Taschenbuch der Mathematik, Verlag Nauka Moskau, 23. Auflage, 1987
- [Butz, 2009] Butz T.: Fouriertransformation für Fußgänger, Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden, 2009
- [Eccles, 1996] Eccles J.C.: Wie das Selbst sein Gehirn steuert, Piper, 1996
- [Eckoldt, 2014] Eckoldt M. (Herausgeber): Kann das Gehirn das Gehirn verstehen?, Carl-Auer Verlag, Heidelberg, 2014
- [Fritsche, 1989] Fritsche G., Witzschel G.: Informationsübertragung, VEB Verlag Technik Berlin, 1989
- [Föllinger, 2007] Föllinger O.: Laplace-, Fourier- und z-Transformation, Hüthig Verlag, Heidelberg, 2007
- [Göhler, 1987] Göhler W.: Höhere Mathematik, VEB Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 1987
- [Görnitz, 2002] Th. Görnitz, B. Görnitz, Der kreative Kosmos, Springer Spektrum, Heidelberg, 2002
- [Görnitz, 2009] Görnitz Th., Görnitz B.: Die Evolution des Geistigen, Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen, 2009
- [Haeckel, 1899] Haeckel E.: Die Welträtsel, in: Herausgeber Sedlacek K., Books on Demand, Norderstedt, 2009
- [Haken, 1990] Haken H.: Synergetik, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1990
- [Hasler, 2016] Hasler F.: Neuromythologie, transcript, Bielefeld, 2015



- [Hering, 2007] Hering E., Martin R., Stohrer M.: Physik für Ingenieure, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 2007
- [Hoffmann, 2013] Hoffmann, D.: Die Gödel'schen Unvollständigkeitssätze, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2013
- [Kandel, 2009] Kandel E., Auf der Suche nach dem Gedächtnis, Goldmann, 2009
- [Kantor,1978] Kantor I. L., Solodownjkow A.S.: Hyperkomplexe Zahlen, BSB Teubner Verlag, 1978
- [Kinnebrock, 2013] Kinnebrock W.: Bedeutende Theorien des 20. Jahrhunderts, Oldenbourg Verlag, München, 2013
- [Koch, 2005] Koch Ch.: Bewusstsein – ein neurobiologisches Rätsel, Spektrum Akademischer Verlag, München, 2005
- [Koncsik, 2015] Koncsik I.: Der Geist als komplexes Quantensystem, Springer Spektrum, Wiesbaden, 2015
- [Krüger, 2015] Krüger R.: Quanten und die Wirklichkeit des Geistes, transcript, Bielefeld, 2015
- [Küpfmüller, 2006] Küpfmüller K., Mathis W., Reibiger A.: Theoretische Elektrotechnik, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 2006
- [Libet, 2005] Libet B., Schröder J.: Wie das Gehirn Bewusstsein produziert, suhrkamp Verlag, Frankfurt am Main, 2005
- [Lochmann, 2008] Lochmann: Information, Books on Demand, Norderstedt, 2008
- [Lommel, 2013] Lommel, Pim van: Endloses Bewusstsein, Knauer, 2013
- [Lucadou, 1986] Lucadou W. von: Experimentelle Untersuchungen zur Beeinflussbarkeit von stochastischen quantenphysikalischen Systemen durch den Beobachter, Frankfurt, 1986
- [Lucadou, 2012] Lucadou W. von: Die Geister, die mich riefen, Bastei Lübbe, Köln, 2012
- [Mainzer, 2003] Mainzer K.: KI – Künstliche Intelligenz, Primus Verlag, Darmstadt, 2003



- [Mainzer, 2008] Mainzer K.: Komplexität, UTB, W. Fink Verlag Paderborn, 2008
- [Meschkowski, 1978] Meschkowski H.: Richtigkeit und Wahrheit in der Mathematik, Wissenschaftsverlag BI, Mannheim, Wien, Zürich, 1978
- [Meschkowski, 1979] Meschkowski H.: Mathematik und Realität, Wissenschaftsverlag BI, Mannheim, Wien, Zürich, 1979
- [Metzinger, 2009] Metzinger T. (Hrsg.): Grundkurs Philosophie des Geistes, Band 1 (Phänomenales Bewusstsein) , Band 2 (Das Leib-Seele-Problem), Band 3 (Intentionalität und mentale Repräsentation), mentis Verlag, Paderborn, 2009
- [Otte, 2004] Otte R., Otte V., Kaiser V.: Data Mining, Carl Hanser Verlag, München, 2004
- [Otte, 2010] Otte R.: Vorschläge zur Messung mentaler Zustände, in: Interne Forschungsberichte IB_tDAG201001_GdP, tecData AG, Uzwil, 2010
- [Otte, 2011] Otte R.: Versuch einer Systemtheorie des Geistes, Cuvillier Verlag, Göttingen, 2011
- [Papula, 2011] Papula L.: Mathematik für Ingenieure und Naturwissenschaftler, Band 3, Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden, 2011
- [Pauen, 2005] Pauen M.: Grundprobleme der Philosophie des Geistes, Fischer Verlag, 4. Auflage, Frankfurt am Main, 2005
- [Preuß, 2009] Preuß W.: Funktionaltransformationen, Carl Hanser Verlag, München, 2009
- [Radin, 2006] D. Radin D.: Entangled Minds – Extrasensory Experiences in a Quantum Reality, in: Paraview Pocket Books, New York, 2006
- [Ravenscroft, 2008] Ravenscroft I.: Philosophie des Geistes, Reclam Verlag, Stuttgart, 2008
- [Rösler, 2011] Rösler F.: Psychophysiologie der Kognition, Spektrum Verlag, Heidelberg, 2011



- [Roth, 1997] Roth G.: Das Gehirn und seine Wirklichkeit, suhrkamp Verlag, Frankfurt am Main, 1997
- [Roth, 2009] Roth G.: Aus Sicht des Gehirns, suhrkamp Verlag, Frankfurt am Main, 2009
- [Schrödinger, 1961] Schrödinger E.: Geist und Materie, Diogenes, 1961
- [Singer, 2002] Singer W.: Der Beobachter im Gehirn, suhrkamp Verlag, Frankfurt am Main, 2002
- [Singer, 2006] Singer W.: Vom Gehirn zum Bewußtsein, suhrkamp Verlag, Frankfurt am Main, 2006
- [Stapp, 2004] Stapp H.P.: Quantum Mechanical Theories of Consciousness, Lawrence Berkley National Laboratory, 2004
- [Stiny, 2003] Stiny L.: Grundwissen Elektrotechnik, Franzis Verlag, Poing, 2003
- [Tipler, 2006] Tipler P.A., Mosca G.: Physik, Spektrum Akademischer Verlag, Elsevier GmbH, München, 2. Auflage, 2006
- [vanLaack, 2010] W. van Laack: Schnittstelle Tod, Books on Demand, Norderstedt, 2010
- [Weber, 2007] Weber H., Ulrich H.: Laplace-Transformation, Teubner Verlag, 8. Auflage, Wiesbaden, 2007
- [Wolf, 1992] Wolf G.: Das Gehirn, Quintessenz Verlag, München, 1992
- [Wolkenstein, 1990] Wolkenstein M.W.: Entropie und Information, WTB, Akademie Verlag Berlin, 1990
- [Woschni, 1988] Woschni E.G.: Informationstechnik, VEB Verlag Technik Berlin, 1988
- [Yourgrau, 2005] Yourgrau, P.: Gödel, Einstein und die Folgen, C.H. Beck Verlag, 2005



Fachzeitschriften & Journals

- [Aspect, 1982] Aspect A., Dalibard J. and Roger G.: Experimental Test of Bell's Inequalities Using Time-Varying Analyzers, in: Physical Review Letters, Vol. 49, Iss. 25, 1982
- [Atmanspacher, 2002] Atmanspacher H., Römer H., Walach H.: Weak Quantum Theory: Complementarity and Entanglement in Physics and Beyond, in: Foundations of Physics 32 (2002), S. 379-406.
- [Baez, 2011] Baez J., Huerta J.: Exotische Zahlen und die Stringtheorie, in: Spektrum der Wissenschaft, Oktober 2011, S. 55 ff.
- [Barros, 2009] Barros J.A. de, Suppes P.: Quantum mechanics, interference, and the brain, in: Journal of Mathematical Psychology 53 (2009), S. 306-313
- [Bassett, 2011] Bassett D.S., Gazzaniga M.S.: Understanding complexity in the human brain, in Cell Press, Trends in: Cognitive Sciences, Elsevier, May 2011, S. 200-208
- [Berry, 2010] Berry H., Cessac B.: Chaos im Gehirn, in: Spektrum der Wissenschaft, Spezial 1/2010 Zufall und Chaos, S. 60 ff.
- [Blanke, 2002] Blanke et. al: Stimulating illusory own-body perceptions, in: Nature Neuropsychology, Bd. 419, S 269-270, September 2002
- [Bor, 2011] Bor D.: Der Traum vom Gedanken lesen, in: Gehirn & Geist, Nr.06/2011, S. 14ff.
- [Elger, 2004] Elger et. al.: Das Manifest, in: Gehirn & Geist, Nr. 06/2004
- [Gröblacher, 2007] Gröblacher S., Zeilinger A. et. al: An experimental test of non-local realism, in: Nature 446, 871-875 (19 April 2007) | doi:10.1038/nature05677
- [Hammeroff, 1996] Hammeroff S., Penrose R.: Orchestrated reduction of quantum coherence in brain microtubules: a model for consciousness, in: Hameroff, Kaszniak, Scott: Toward a Science of consciousness, 1996



- [Haynes, 2010] Illinger P.: Die Gedankenleser, Artikel über J-D. Haynes, in: Süddeutsche Zeitung, 04.12.2010
- [Held, 1998] <http://www.werner-held.de/pdf/binding.pdf>
[21.11.2006 22:39:20] Binding.htm
- [Hertig, 2014] Hertig T., Höhmann P., Otte R.: Hypercomplex Algebras and their application to the mathematical formulation of Quantum Theory, in: arXiv: 1406.1014v1 [quant-ph]
- [King, 1996] King Ch.: Quantum Mechanics, in: Chaos and the Conscious Brain, J. Mind and Behavior, V. 18, S. 155-170, 1996
- [Lahrtz, 2011] Lahrtz S.: Individuell trotz gleichen Genen, in: NZZ vom 8. Juni 2011, S. 58
- [Leggett, 2003] Leggett, A. J.: Nonlocal Hidden-Variable Theories and Quantum Mechanics: An Incompatibility Theorem, in: Foundations of Physics 33 (2003), Nr. 10, 1469-1493. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1026096313729>. - DOI 10.1023/A:1026096313729. - ISSN 0015-9018
- [Manousakis, 2009] Manousakis E.: Quantum formalism to describe binocular rivalry, in arXiv:0709.4516v2, 2009. - <http://arxiv.org/pdf/0709.4516v2.pdf>
- [Miller, 1997] Miller J.D.: The Prospect for a Quantum Neurobiology, in: Neuroscience-Net Article # 1996-011, 1997
- [Schwartz, 2005] Schwartz J.M., Stapp H.P. , Beauregard M.: Quantum physics, in: neuroscience and psychology: a neuro-physical model of mind-brain interaction , in: Philosophical Transactions of the Royal Society, Biological Science, S. 1309-1327
- [Shannon, 1948] Shannon C.: A Mathematical Theory of Communication, in: *Bell System Technical Journal*. 27 (4): 623-666.
- [Singer, 1997] Singer W. et al.: Neuronal assemblies: necessity, signature and detectability in: Trends in Neuroscience Vo. 1, No. 7, October 1997

- [Singer, 2005] Singer W.: Das Gehirn – ein Orchester ohne Dirigent, in: Max Planck Forschung Press, Hirnforschung, 2/2005
- [Singer, 2016] Singer W.: mündliche Mitteilung, Max-Planck Institut für Hirnforschung, Frankfurt, Juni 2016
- [Yarkoni, 2010] Yarkoni T., Poldrack R., Essen DC., Wager T.: Cognitive neuroscience 2.0: building a cumulative science of human brain function, in: Cell press, Trends in Cognitive Sciences, Elsevier, 2010, S. 489-496
- [Deco, 2011] Deco G., Jirsa V.K., McIntosh A. R.: Emerging concepts for the dynamical organization of resting-state activity in the brain, in: Nature Reviews, Neuroscience, V 12, January 2011, S. 43-56
- [Zimmer, 2011] Zimmer C.: Das Gehirn als Netzwerk, in: Spektrum der Wissenschaft, Oktober 2011, S. 23 ff.
- [Zeh, 1995] Zeh H. D.: Decoherence – Basic Concepts and Their Interpretation, in arXiv:quant-ph/9506020, 1995, 2002



Anlagen

Bisher nicht veröffentlichte Paper bzw. Projektbeschreibungen

[Anlage A1]	Otte R.: Der Geist in uns, Gehirn & Geist (abgelehnt), 2012	165
[Anlage A2]	Kornmeier J., Otte R.: Projekt zur Untersuchung inter-hemisphärischer Interaktion bei der Wahrnehmung multistabiler Bewegungsreize, Freiburg, 2014, 2016.....	181
[Anlage A3]	Otte R., Hertig T., Höhmann P.: Über einen heuristischen Standpunkt zur grundlegenden Erweiterung der Quantentheorie, 2016 - DRAFT VERSION	185



Anlage A1

Der Geist in uns Was ist Mythos, was Realität?

von Ralf Otte

Ich bin ein grünes Rechteck.

Einführung

Die Frage nach dem Geist scheint heute prinzipiell geklärt. Man hört, Geist sei ein emergentes Phänomen unseres Gehirns, ein Zustand, der durch das Zusammenspiel der Myriaden von Neuronen in unserem Gehirn entsteht, Geist sei – so sagt man sogar – nichts weiter als ein kompliziertes Aktivitätsmuster unserer Neuronen. Bevor wir hier nun diskutieren, ob das stimmen kann, halten wir inne und überlegen, *wer* uns den Geist so erklärt. Nun, es sind vordergründig Hirnforscher und Neurobiologen und diese haben schon lange die Deutungshoheit zu diesen Fragen übernommen. Doch ist ein Neurobiologe überhaupt prädestiniert, uns unseren Geist – also unsere inneren mentalen Phänomene – *wirklich* zu erklären? Diese Frage ist wichtiger als man anfangs denkt. Denn würden wir einen Fernsehmechaniker oder einen Elektrotechnikingenieur fragen, wie der Fernseher einen Film erzeugt, diesen aus dem Nichts erschafft? Würden wir uns vom Ingenieur wirklich erhoffen, dass er uns erklären kann, welcher Dramaturgie der Film folgt? Auch wenn der obige Vergleich hinkt, so zeigt er, dass die Neurobiologen den Geist mit ihrer heutigen Methodik evtl. niemals werden erklären können. Denn selbst wenn wir von einem Fernseher millimeterweise „histologische Schnitte“ anfertigten, diesen also in mikroskopisch kleine Scheiben schneiden würden, würden wir nicht verstehen, wie der Film im Fernsehen entsteht. Auch wenn wir einen Fernseher in einen Scanner legen könnten und dynamische Aktivitätsmuster von Halbleiterbauelementen vorfinden würden, würde uns das im Verständnis für den Film nicht weiterbringen. Eventuell würden uns Fachleute aber trotzdem erklären, dass der Film ein emergentes Phänomen der rückgekoppelten und chaotischen Aktivitätsverteilung aller elektronischen Bauelemente im Fernseher ist. Und sie würden postulieren, dass die aktuellen Aktivitätsmuster aller Bauelemente die nachfolgenden Aktivitätsmuster erzeugen, der Film also kausal aus den Aktivitätsmustern entsteht. Und wir würden vielleicht alle zustimmend nicken – wenn, ... ja wenn, wir es nicht besser wüssten.

Natürlich hinkt das obige Beispiel, denn es wurde ja demonstrativ so konstruiert, dass wir alle sagen: nein, so kann es mit dem Film natürlich nicht funktionieren. Es verdeutlicht aber bewusst den Fehler in der heutigen Diskussion. Allerdings, eine Lösung für das sogenannte Leib-Seele-Problem¹¹⁰ zeigt das Beispiel auch nicht, denn – in Analogie zur Funktion des Fernsehgerätes – würden wir sonst behaupten, dass der Geist von außen irgendwie in das Gehirn hineinkäme, das Gehirn also nur ein Empfänger wäre. Diese Thesen gibt es zwar auch, aber sie sollen hier nicht vertreten werden. Wo also liegt dann der Schlüssel zur Lösung? Was ist das nun, unser Geist? Was ist es, was die Neurobiologen nicht finden können und deshalb gerne negieren?

Um gedanklich weiter zu kommen, betrachten wir das grüne (im SW-Druck, graue) Rechteck neben der Überschrift oben rechts. Wir wollen jetzt fragen: Wie entsteht in uns das subjektive *Erleben* der Farbe Grün? Die Antwort darauf wird heute in etwa wie folgt gegeben: Vom Rechteck werden die „grünen“ Quanten (Photonen mit Wellenlängen um 500 nm) zurückgestreut, während alle anderen Photonen im Wesentlichen absorbiert werden. Diese zurückgestreuten Photonen treffen auf die Zapfen in der Netzhaut und bewirken dort eine Konformitätsänderung (Verformung) von Molekülteilen. Diese Verformung verursacht ihrerseits nun eine sog. visuelle Signaltransduktion, bei der die Erregung als elektrisches Signal in das Gehirn, und letztlich in das sog. sensorische Rindenfeld weiter geleitet wird. Dort erzeugt die Erregung eine weitere Aktivierung von Neuronen, die erneut mit elektrischen Impulsen ihrer Dendriten antworten. Manche Erregungen werden dabei wieder in das Netzwerk rückgekoppelt, so dass stabile Erregungsmuster in einigen Gehirnzentren auftreten. Aus diesen komplizierten Aktivitätsmustern entstehen – man sagt durch *Emergenz* – unsere subjektiven Erlebnisse, die auch Qualia genannt werden.

Doch selbst wenn wir alles mit der besten Hightech-Lupe betrachten, die wir uns vorstellen können, selbst wenn wir alle EEG-, MEG- und fMRT-Signale miteinander koppeln würden¹¹¹, wir würden (wahrscheinlich) zu keinem Zeitpunkt jenen Ort finden, in dem das *Erleben* der Farbe Grün in uns entsteht. Keine noch so trickreiche Technik wird uns jemals diesen Ort verraten, wo das Neuronenmuster in unser subjektives *Erleben* umschlägt. Aber warum ist das so? Nun, um das zu verstehen,

¹¹⁰ Einen guten Einblick in das Leib-Seele Problem und den Stand-der-Technik gibt /1/.

¹¹¹ EEG steht für Elektroenzephalografie (Ableitung der elektrischen Aktivitäten des Gehirns als Spannungsschwankungen an der Kopfoberfläche), MEG bedeutet Magnetenzephalografie (Indizierung der Gehirnströme über ihr Magnetfeld), fMRT steht für funktionelle Magnetresonanztomographie (Messung des Sauerstoffgehaltes und Blutstromes) im Gehirn.



wollen wir das Gedankenexperiment auf die Spitze treiben. Stellen wir uns vor, wir könnten jedes Neuron im Gehirn vermessen, oder noch mehr, wir könnten jedes Aktionspotenzial, jedes elektrische und magnetische Feld des Gehirns objektiv messen. Selbst wenn wir das alles könnten, dann müssten wir den so vermessenen Probanden immer noch fragen, wie sich dieses oder jenes *für ihn persönlich* „anfühlt“, wie er es „sieht“. Wir müssen immer fragen, welches subjektive Erleben mit diesem Ereignis (hier dem Sehen der Farbe Grün) verbunden ist. Wir können zwar Korrelationen finden und Vermutungen äußern, aber streng wissenschaftlich müssen wir uns immer wieder erkundigen, welches Hör-, Seh- oder Geschmackserlebnis sich für den Probanden ergibt. Um noch ein Beispiel zu nennen: Stellen wir uns einen gehörlosen Hirnforscher vor, der alles zum Hörvorgang gemessen hat, was beim Hören in einer Person stattfindet. Auch nach allen nur denkbaren Messungen weiß er nicht, wie sich das Hören für den Probanden anfühlt. Es muss also etwas geben, was sich einer objektiven Messbarkeit grundsätzlich entzieht, was aber trotzdem existiert, denn wir alle haben ja wirklich diese inneren, mentalen Erlebnisse, wir haben ja wirklich das subjektive Erlebnis eines Tons, einer Farbe oder eines Schmerzes. Und das ist in der Tat ein schwieriges Problem. Wollen wir sehen, ob uns die Philosophie hier weiterhelfen kann.

Philosophische Betrachtungen zum Geist

Schon in der Antike wurde vermutet, dass Körper und Geist von unterschiedlicher Substanz oder zumindest von grundlegend unterschiedlichen Eigenschaften geprägt sind. Aus dieser Ansicht entstanden später verschiedene philosophische Strömungen, die man, kurz gesagt, in dualistische und monistische Theorien unterscheiden kann, siehe /2/. Dualistische Theorien sagen, dass es einen ontologischen (einen Wesens-) Unterschied zwischen Leib und Seele gibt. Monistische Theorien gehen von deren prinzipieller Einheit aus. Bekennt man sich einmal zu einer dualistischen Position, so muss geklärt werden, wie die Wechselwirkungen zwischen beiden ontologischen Entitäten ablaufen könnten oder ob es überhaupt Wechselwirkungen geben kann. Die eher idealistisch geprägte Schule geht davon aus, dass das Primat (die Ursache von allem) bei den geistigen Zuständen liegt, diese also letztlich die materiellen, die körperlichen Phänomene begründen. Die heute vorherrschende physikalistische (manche sagen auch materialistische) Denkschule sieht das nun genau umgekehrt. Es liegt auf der Hand und ist für jeden sichtbar – so sagen deren Vertreter –, dass der Leib (speziell das Gehirn) den Geist produziert. Manche dieser Vertreter gehen sogar so weit, den Geist als *Epiphänomen* abzutun, als etwas „Überflüssiges“. Sie sagen, so wie das Pfeifen einer Lokomotive niemals

die Lokomotive antreibt, so braucht auch das Gehirn zur korrekten Arbeitsweise keinen Geist. Nein, in dieser Sichtweise hat alleine das Gehirn das Primat, alles Geistige wäre von diesem erzeugt und sekundär. Andere Denkschulen lassen sich auf diesen Widerstreit nicht ein, sondern postulieren einen Monismus, eine wie immer geartete (physikalistische) Einheit von Körper und Geist. Doch wie auch immer, es gibt einen Konsens unter den meisten Wissenschaftlern: Der Geist entsteht emergent aus komplexen, rückgekoppelten, neuronalen Gehirnprozessen.

Doch befreien wir uns einmal von dieser Mainstream-Meinung und schauen auf die gegenteilige Position des *idealistischen Monismus*. Alles wäre dann Geist. Alles um uns herum wäre dann durch einen subjektiven oder universellen (objektiven) Geist erzeugt. Das klingt ungewöhnlich, aber große Wissenschaftler der jüngeren Geschichte halten bzw. hielten genau das für wahr. Nehmen wir als Beispiel Erwin Schrödinger. Er schrieb 1960 in seiner „Weltansicht“ (siehe /3/, S. 108): „Es hilft aber nichts. Entschließt man sich, nur *einen* Bereich zu haben, dann muss es, da das Psychische doch jedenfalls da ist (cogitat – est), der psychische sein. Und der Annahme einer Wechselbeziehung zweier Bereiche haftet etwas Magisch-Geisterhaftes an, oder besser gesagt, schon durch diese Annahme allein werden sie zu einem einzigen vereinigt.“ Man darf – wenn man diese Zeilen liest – nicht vergessen, dass Schrödinger einer der Begründer der Quantenphysik war. Ein Wissenschaftler vom höchsten Range. Und doch beschreibt er in seiner „Weltansicht“ logisch zwingend, dass das hochgelobte materielle Weltbild eigentlich das Mystische sei, denn es erklärt einfach nicht, wie der Geist, der für jeden wirklich real ist, entstehen könnte. Hier tritt ein (subjektiver) Idealismus in größtmöglichen Gegensatz zum (objektiven) Physikalismus. Aber ist die Einnahme einer der beiden Positionen eine *Glaubensfrage*? Wir werden gleich sehen, dass dem nicht so ist. Und leider müssen wir erkennen, dass auch die Philosophie beim Verständnis von Geist noch viele Fragen offen lässt.

Wenn aber Philosophen und Neurobiologen *alleine* keine ausreichenden Antworten geben, so muss das einen tieferen Grund haben, denn überall arbeiten hochkarätige Wissenschaftler an derartigen Themen. Der Grund liegt – vereinfacht gesagt – am fehlenden Instrumentarium der Forscher. Zum Glück gibt es nun jedoch Fachdisziplinen, die sich bereits seit Jahrzehnten mit Phänomenen beschäftigen, die sich einer Messbarkeit entziehen und die trotzdem real sind. Es sind die berühmten Phänomene der Quantenphysik, die unsere Physiker seit dem letzten Jahrhundert beschäftigen. Könnte der Geist also etwas mit Quantenphysik zu tun haben? Die Antwort ist ein klares Ja, und das wird vielerorts bereits so gesehen. Und die Quantenphysik ist auch philosophisch sehr interessant, denn von dort lernen wir, wie sich völlig widersprüchliche Zustände (eines Quants) vereinigen lassen.



Quantenphysik und der Widerstreit philosophischer Konzepte

Wie oben erwähnt, besitzt die moderne Wissenschaft geeignete Mittel, um mit *völlig widersprüchlichen* Positionen umzugehen. Doch in unserer Alltagswelt sind wir gewohnt, binäre Entscheidungen zu treffen, etwas ist wahr oder falsch, man sagt „Ja“ oder „Nein“. Aber ist die *Natur* so? Ist das ein richtiges Bild von der Welt? Nicht, wenn wir die Quantenphysik ernst nehmen, siehe /4/ und /5/. In der Quantenphysik sind bestimmte Ausprägungen von Quanten nämlich auch völlig widersprüchlich, doch diese existieren – völlig unerwartet (!) – in Überlagerung (Superposition) miteinander. Und das hat nicht nur mathematische, sondern echte physikalische Konsequenzen.

Nehmen wir als Beispiel den quantenphysikalischen Spin (eine Art Eigendrehimpuls) eines Elektrons. Er ist vor einer Messung *gleichzeitig* im Zustand $|up\rangle$ („links herum“) und $|down\rangle$ („rechts herum“) bzw. in einem als Überlagerung (Superposition) dieser beiden Reinzustände (Eigenzustände) beschreibbaren Zustand. Dieses „unvorstellbare“ Phänomen hat sich in allen Experimenten der Physiker bestätigt, die Superpositionen von sich ausschließenden Zuständen sind *real existent*, und sie sind keine lediglich statistischen, sondern bereits „individuelle“ Zustände von Quanten, d.h. sie gelten bereits für einzelne Quanten¹¹². Das heißt aber, dass es bei der Natur der Quanten kein Entweder-Oder von diametralen Ausprägungen gibt, sondern nur ein „gutmütiges“ *Sowohl-als-auch*. Das ist bereits verblüffend, aber es wird noch verwirrender, denn es gilt nicht nur für Zustände sondern auch für sich ontologisch ausschließende Eigenschaften. Ein Quant hat *sowohl* Wellen- *als auch* Teilcheneigenschaften und nur unsere Messapparatur entscheidet, ob man eher Eigenschaften misst, die das Teilchenbild bestätigen oder eher Eigenschaften, die das Wellenbild unterstützen. Das liegt einfach daran, dass ein Quant tatsächlich beides ist, es ist *sowohl* „räumliche“ Welle *als auch* unteilbares Teilchen zugleich. Mehr (scheinbaren) Widerspruch kann es doch gar nicht geben. Wir müssen die physikalische Konsequenz jedoch akzeptieren. Und sie ist *nicht* mystisch. Denn der jahrelange Streit über die Natur von Elementarteilchen war künstlich, er entstand, weil wir fälschlicherweise einen Dualismus konstruiert hatten, wo es gar keinen gibt. Ist ein Photon oder Elektron eine Welle oder ein Teilchen? Diese Frage hatte

¹¹² Widersprüche deuten auf höher dimensionale Einbettung hin, denn in einer höheren Dimension lösen sich diese Widersprüche oftmals auf, so auch beim Spin.

damals alle in die falsche Richtung gelenkt. Denn ein Quant *ist* beides zugleich¹¹³. Diese Anschauung wird uns beim Verständnis des Gehirns weiter helfen.

Doch kehren wir nochmals kurz zur Philosophie zurück, denn wir wollen nun die beiden widersprüchlichen Aussagen des Idealismus und des Physikalismus vereinen. Beide Aussagen sollen gleichzeitig stimmen. Wenn jedoch gelten soll, dass es ohne uns eine objektive Welt gibt, wir diese andererseits aber erst durch unsere Beobachtung erzeugen, wenn diese gedankliche Konstruktion irgendeine physikalische Relevanz haben sollte, dann kann das nur eins bedeuten: Diese Welt da draußen, dieses objektive Etwas, ist in einem „Zwischenzustand“. Sie ist wie eine „diffuse Wolke“ (die auch ohne uns existiert), die sich aber erst dann in ihrer Gestalt konkret manifestiert, wenn es zu *irreversiblen* Wechselwirkungen kommt, d. h. wenn sie beobachtet oder gemessen wird¹¹⁴. Real im Sinne des Physikalismus ist also nur die Existenz der „Wolke“, sie hat jedoch noch viele Möglichkeiten sich in Gestalt und Form zu manifestieren. In diesem Sinne ist sie noch nicht real ausgeprägt, ihre (messbare) Ausprägung ist nur als potenzielle Eigenschaft vorhanden und dieses Potenzial wollen wir hier „vor-physisch“ bzw. „immateriell“ (da zwar vorhanden aber noch nicht messbar) nennen. Und das Wesentliche an diesem Ansatz ist: Die konkrete Ausprägung bekommt die „Wolke“ nur bei Resonanz mit einem geeigneten Empfänger, zum Beispiel dann, wenn ein Mensch sie beobachtet. Erst dadurch erhält die Entität einen manifesten Zustand. Der menschliche Beobachter erzeugt sozusagen seine Realität. Das muss man bei einer Theorie über den Geist berücksichtigen, denn für diese Effekte *muss* es einen physikalischen Wirkmechanismus geben, anderenfalls würden wir unser naturwissenschaftliches Weltbild verlassen.

Zurück zum Leib-Seele-Problem

Wir haben uns die Aufgabe gestellt, herauszufinden, ob und wenn ja wie, das Gehirngewebe den Geist erzeugt, wie das qualitative Erleben. Jetzt müssen wir feststellen, dass dies evtl. die falsche Frage war. Es war evtl. genauso falsch, wie die Frage in der Quantenphysik, ob ein Quant Welle oder Teilchen ist. Denn das Quant ist – wie wir gesehen haben – beides zugleich! Das Quant erzeugt nicht irgendwel-

¹¹³ Stellen wir uns das Elektron oder jedes Quant – grob vereinfacht – doch als kleine diffuse „Wolke“ (als mehr oder weniger konzentriertes Wellenpaket) vor, dies entspricht viel eher seiner Natur als alle anderen Behelfs-Konstruktionen.

¹¹⁴ Selbstverständlich können auch andere Systeme als Menschen Messungen in der Natur durchführen. Letztlich kann jede irreversible Wechselwirkung als Messvorgang interpretiert werden.

che Welleneigenschaften, es *ist* beides, Welle und Korpuskel. Könnte man diese Erkenntnis nicht auch auf das Gehirn übertragen? Bevor wir versuchen, diese Aufgabe formal zu beschreiben – denn nur so wird sie sich wissenschaftlich lösen lassen, wollen wir das Ziel diskutieren. Denn falls wir die Grundannahmen der Quantenphysik für das Leib-Seele-Problem akzeptierten, dann müsste man sich keine kausale Ursachen-Wirkungskette zwischen Leib und Seele überlegen, denn dieses „dualistische Problem“ gibt es ja nur, wenn man einen ontologischen Unterschied zwischen Gehirn und Geist postuliert und dann das Primat auf den Physikalismus, auf das Gehirngewebe setzt. Betrachten wir den Gehirn-Geist-Komplex jedoch als ein monistisches System mit ontologisch verschiedenen Entitäten, dann ist es logisch, dass beide Entitäten, Gehirn und Geist, bereits inhärent in dem System enthalten sein müssen und dies erinnert tatsächlich an den Welle-Teilchen-Dualismus¹¹⁵.

Aber was würde das bedeuten, wenn das Gehirn als eine Art Quantensystem aufzufassen wäre? Eventuell wäre es kein Quantensystem im herkömmlichen Sinne¹¹⁶. Aber sein mathematisches Verhalten entspräche dem eines Quantensystem. Eine solche Annahme hätte dramatische Konsequenzen. Man könnte ontologisch verschiedene Eigenschaften des Gehirnkomples mit einem einheitlichen Formalismus (mit Formeln) beschreiben. Der Gehirnkomples wäre dann in einem *abstrakten*

¹¹⁵ Natürlich entsteht bereits hier die Frage, ob dies nur eine textuelle Metapher ist oder ob eine exakte mathematische Modellierung dahinter steckt. Das Quantensystem wird durch Zustände in einem sog. Hilbertraum beschrieben, es zeigt sich später, dass auf dieser Basis auch eine mathematische Beschreibung des Gehirn-Geist-Komples möglich ist.

¹¹⁶ Nun könnte man natürlich einwenden, dass dieser eben genannte Quantenmechanismus aus Gründen einer Dekohärenz im Gehirn gar nicht ablaufen kann, denn das Gehirn sei eben „dicht und warm“. Aber wir wollen fragen: Treten Quanteneffekte wirklich nur in tiefster Kälte auf, so wie beispielsweise beim sogenannten Bose-Einstein-Kondensat beobachtet? Und was ist eigentlich Kälte? Man denkt zuerst, die Temperatur eines Körpers sei ein Maß für die mittlere kinetische Energie seiner Teilchen in seinem Ruhesystem, aber so einfach ist das nicht. Selbstverständlich nicht, denn man muss dabei die inneren Freiheitsgrade beachten. Andererseits gibt es Quantensysteme mit einer klar nicht-thermischen Energieverteilung, z.B. Laserlicht, das auch bei hoher Umgebungstemperatur existiert. Daraus lässt sich jedoch erkennen, dass die wesentliche Eigenschaft für Quanteneffekte eben nicht tiefe Temperatur, sondern Kohärenz ist. Wie auch sonst könnte man Doppelspaltexperimente bei Raumtemperatur erzeugen. Dass das Gehirn also „dicht und warm“ ist, sollte uns nicht stören. Nein, Kohärenz ist entscheidend. Und wenn man im Gehirngewebe kohärente makroskopische Oszillationen erwarten sollte (und das tut man!), dann werden im Gewebe auch Quanteneffekte (Superpositionen) auftreten müssen, und zwar zwischen den Oszillatoren selbst, nicht hochgerechnet vom Mikrokosmos, nicht verursacht von Mikrotubuli, Kalzium-Kanälen und was immer vorgeschlagen wurde, sondern verursacht durch die Kohärenz stehender Wellen im Gehirn.



Sinne „Teilchen und Welle“ zugleich. Die Neurobiologen würden in diesem Weltbild B den festen, den physikalischen Teilchenaspekt dieses Systems untersuchen, eben unser Gehirngewebe, die Psychologen in ihrem (zum Neurobiologen diametralen) Weltbild B' den geistigen, den immateriellen Wellenaspekt, unseren Geist. Doch nützt uns diese eher philosophische Deutung auch konkret für den naturwissenschaftlichen Alltag? Ja, durchaus.

Wir hatten anfangs gesagt, dass es schwierig ist, durch neurobiologische Untersuchungen den Geist zu verstehen. Wir haben erkannt, dass dies daran liegt, dass der notwendige Formalismus für die Problembeschreibung nicht vorhanden ist. Es ist in der Neurobiologie daher wie zu Zeiten Faradays, als erste magnetische Effekte entdeckt und beschrieben, die Natur des Magnetismus aber prinzipiell noch nicht verstanden wurde. Erst seit Maxwells Grundgleichungen haben die Naturwissenschaftler den Zusammenhang zwischen Elektrizität und Magnetismus zutiefst verinnerlicht. Gesucht ist daher ein formales Werkzeug zur Analyse des Geistes. Rein textuelle Beschreibung – wie in diesem Kapitel durchgeführt – reicht eben bei weitem nicht aus, um in die inneren Zusammenhänge vorzudringen, so verlockend eine textuelle Analogie mit der Quantenphysik bereits ist.

Mathematische Beschreibung des Geistes

Der mathematisch nicht-interessierte Leser kann dieses Kapitel überspringen. Allerdings stellt es die Grundaussage dieses Aufsatzes dar, denn eine formale Beschreibung des Geistes muss eine mathematische sein. Mittels Mathematik kann man in Räume vorstoßen, die sich dem menschlichen Vorstellungsvermögen entziehen. Aber, und das ist auch eine Erfahrungstatsache: Ist ein solcher Raum erst einmal erobert, stellt sich nach und nach wieder echtes Vorstellungsvermögen ein. Eine *mathematische Theorie des Geistes* hier zu entwickeln würde den Rahmen des Aufsatzes sprengen, der am Detail Interessierte sei deshalb auf /6/ verwiesen. Hier kann nur angedeutet werden, welche Wege beschritten werden können und welche Auswirkungen das für unser Verständnis vom Geist hat.

Beginnen wir mit einem kleinen mathematisch-historischen Exkurs: Obwohl viele bisher nur von reellen Zahlen gehört haben ($-3/4$, 1 , $\sqrt{2}$, e , π), so gibt es für Mathematiker seit dem 16. Jahrhundert weitere Zahlenbereiche, die sie für bestimmte Rechnungen benötigten. So ist die Gleichung $x^2+1=0$ im Bereich der reellen Zahlen nicht lösbar, aber Mathematiker haben schon lange eine Lösung für diese Gleichung gefunden und die daraus entstehende $\sqrt{-1}$ als imaginäre Einheit „i“ bezeichnet. Sie haben damit völlig neue Zahlen, sog. komplexe Zahlen geschaffen, die in einer

Ebene und nicht mehr auf einem Zahlenstrahl dargestellt werden. Komplexe Zahlen sind in dieser Zahlenebene Punkte und jeder Punkt dieser Ebene entspricht der zusammengesetzten Zahl $(x+iy)$, die aus einem reellen (auf der x -Achse) und einem imaginären Betrag (auf der y -Achse) besteht. Dies hört sich nun für den Laien bedeutungslos an, es hat aber für die Beschreibung der Natur eine entscheidende Auswirkung.

Auch für einen Nichtmathematiker liegt der Vorteil von *Zahlen in einer Ebene* bereits auf der Hand, wie das folgende Beispiel zeigt: Stellen wir uns vor, wir hätten ein Bild auf einer Zeichenebene gemalt. Und nun stellen wir uns vor, wir würden das Bild auf seine Achsen (Kanten) am Rand projizieren. Jeder kann erkennen, dass dadurch ein dramatischer Informationsverlust entsteht. Das Bild ist durch die Projektion völlig verschwunden. Es ist so, wie in Platons Höhlengleichnis: Wir sitzen in einer Höhle und betrachten eine Wand. Auf diese Wand fällt der Schatten von Bewegungen außerhalb der Höhle. Niemals könnten wir die wahren Verhältnisse außerhalb der Höhle allein aus den Schattenbildern rekonstruieren. Aber genau das machen wir, wenn wir die Welt nur mit reellen Zahlen beschreiben. Dabei ist es kein Zufall, dass die komplexen Zahlen algebraisch geschlossen sind, d.h., dass jede algebraische Operation auf komplexen Zahlen wieder zu komplexen Zahlen führt. Auch und insbesondere die Quantenphysik, die Grundlage unserer Physik, lässt sich nur mit komplexen Zahlen beschreiben. Die Funktionsgraphen auf diesen Zahlen sind sozusagen unsere wahren Abbilder der Natur. Eine umfassende Beschreibung der Natur kann nur komplexwertig erfolgen.

Dieses mathematische Konzept liefert nun eine Erklärung für eine Vielzahl merkwürdiger Erscheinungen. Bevor wir das verstehen, müssen wir wissen, dass all unsere *Messwerte in der Physik* immer nur *reelle* Zahlen sein können, niemals komplexe¹¹⁷. All unsere physikalischen Messergebnisse sind also Projektionen (Umklappungen) eines komplexen Urbildes auf seine reelle Achse, man sieht schon, dass es hier dramatische Fehlinterpretationen geben kann, wenn man diese Zusammenhänge nicht versteht. Was bedeutet das nun für die Interpretation der Gehirnaktivitäten, für die Beziehung zwischen Gehirn und Geist?

Wir hatten anfangs gesehen, dass es niemals ausreichen kann, alle Neuronenaktivitäten und Felder eines Gehirns zu vermessen, denn selbst dann müssten wir das Subjekt immer noch fragen, wie sich dieses oder jenes für es „anfühlt“. Der tiefere Grund liegt daran, dass reelle Messwerte eben nicht ausreichen, um die

¹¹⁷ Und Messwerte, die als Wahrscheinlichkeit interpretiert werden sollen, müssen darüber hinaus positiv sein.

wirklichen Zusammenhänge in einer komplexen Zahlenebene zu beschreiben. Reelle Messwerte, all unsere Werte für Spannungen, Ströme, für die Stärke eines elektrischen oder magnetischen Feldes, sind immer nur reelle Projektion. Die „wirklichen“ Zusammenhänge hinter den Kulissen kann man mit Messungen daher *nie-**mals* erfassen. Aber nicht messen können, heißt nicht, dass es dort nichts gibt. Die komplexwertigen Wellenfunktionen, die prinzipiell nicht-messbaren Wellenmuster gibt es eben *wirklich*. Sie sind Teil der Natur, auch wenn sie niemals vollständig durch uns erfassbar sein können. Das ist die Lehre aus der Quantenphysik. So ist das auch im Gehirn. Wir müssen akzeptieren, dass es auch im Gehirn komplexwertige Zustände und Phänomene gibt, die niemals messtechnisch erfasst werden können. Und doch sind sie real und haben eine Wirkung auf die reale Welt. Insbesondere das letzte ist nun essenziell für das Verständnis.

Ein Problem mit dem „Geist“ besteht für Viele nämlich darin, dass es dann – wenn es den immateriellen Geist wirklich gäbe –, dieser keine reale Wirkung auf das Gehirn haben könnte, denn für eine Wirkung benötigte er Energie. Hätte er aber Energie, dann wäre er nicht gänzlich immateriell und er wäre dem materiellen Gewebe zuzurechnen. Daher – so sagen sie – kann es den immateriellen Geist gar nicht geben oder er spiele keine Rolle, da er für immer wirkungslos bleiben müsse.

Das Entscheidende ist nun, dass dieses Bild falsch ist. Und hier zeigt sich die große Stärke von Formalismen, denn damit dringen wir – vorerst nur mathematisch – in Neuland vor. Wirkung (im physikalischen Sinne) erzielt man durch multiplikative Wechselwirkung. Betrachtet man zwei Teilsysteme 1 und 2, die beide komplexwertig beschrieben werden, so besitzen diese Systeme *keinen* messbaren Zustand, das ist ja die Essenz der Quantenphysik. Aber durch deren „multiplikative Wechselwirkung“ $\psi_1 \cdot \psi_2$ entstehen trotzdem gegenseitige *Veränderungen* sowohl im Real- als auch im Imaginärteil beider Teilsysteme¹¹⁸. Multipliziert man nun ein derartig verändertes Teilsystem ψ_1' mit seiner konjugiert komplexen (Funktion) $\psi_1'^*$, erhält man reelle Übertragungsfunktionen, die nun sehr wohl energetische, d.h. messbare Zustände besitzen¹¹⁹. Etwas gewagt formuliert, könnte man also sagen: Multiplikative Wechselwirkungen eines Teilsystems ψ mit seinem „entsprechenden Resonanzpartner“ ψ^* (zum Beispiel durch Gehirn-interne, quantenphysikalische Messungen) führen zum sog. *Kollaps der Wellenfunktion* (einer der Schlüsselbegriffe der Quantenphysik) und damit zu manifesten energetischen Effekten (Wirkungen)

¹¹⁸ Genau genommen sind ψ die komplexen Fouriertransformierten der Übertragungsfunktionen beider Systeme.

¹¹⁹ ... und üblicherweise in der Physik als Wahrscheinlichkeiten interpretiert werden, für eine Messgröße einen bestimmten Eigenwert zu messen.

in der beobachtbaren Welt¹²⁰. Und das ist keine Esoterik, das ist unsere Physik. Auf diesen Quanteneffekten baut unsere gesamte heutige Hochtechnologie auf. Beschreibt man also *psychophysische Vorgänge* des Gehirns mittels komplexer Funktionen ψ wird endlich klar, dass immaterielle Phänomene des Geistes sehr wohl energetische Effekte im Gewebe erzielen können, wenn sie geeignet wechselwirken.

Aber klingt das alles nicht reichlich konstruiert? Nun, es gibt keinen Beweis für die Richtigkeit dieser These, höchstens Indizien. Betrachten wir ein solches Indiz. Schon seit Descartes „wissen“ wir, dass geistige Prozesse („denkende Substanzen“) räumlich *nicht* ausgedehnt oder lokalisiert sind¹²¹. Daher können die Neurobiologen auch niemals den Ort finden, indem der Geist mit dem Gewebe wechselwirkt. Beides ist *ontologisch* einfach verschieden. Die Suche nach einem solchen Ort entspräche der leicht törischen Frage, wie viel Quadratcentimeter die aktuell erlebte Farbe Grün im Gehirn wohl groß ist. Das kann man nicht beantworten, denn die Vorstellung der Farbe Grün hat zwar eine zeitliche, aber keine räumliche Ausdehnung. Wichtig ist nun aber zu verstehen, dass Zustände in mathematisch imaginären Räumen physikalisch tatsächlich als nicht-räumlich ausgedehnt zu interpretieren sind. Aus all den Gesagten ergibt sich (nun doch fast schon zwingend im Rahmen unserer These), dass auch im Gehirn Vorgänge ablaufen, die formal komplexwertig beschrieben werden müssen. Aber eine Theorie hat nur dann einen Mehrwert, wenn sie Effekte vorhersagen kann, die empirisch prüfbar sind¹²². Nun, die Theorie sagt interne und externe Wechselwirkungen voraus, die klassisch nicht erklärt werden können.¹²³ Hier muss also gesucht werden.

Was haben wir durch die formale Darstellung gewonnen? Zuerst einmal haben wir eine mathematische Theorie geistiger Prozesse aufgestellt. Dies zeigt, dass der Geist nicht im „luftleeren Raum“ schwebt, er kann nicht beliebig agieren. Nein, unser Geist ist Teil einer umfassenderen Natur, er ist organisch in die Natur eingebettet.

¹²⁰ Denn es gilt: $|\psi|^2 = \psi\psi^* = (x+iy)(x-iy) = x^2+y^2$.

¹²¹ Descartes unterschied bereits im 17. Jahrhundert zwischen räumlichen und denkenden Substanzen.

¹²² Eine erste Grundgleichung für Dynamiken der Wahrnehmung im Gehirn wäre beispielsweise $z_{t+1} = az_t^2 + bz_t + c$, wobei a , b , c , und z komplexe Zahlen sind und t und $t+1$ die Schrittfolge der Rekursionsgleichung darstellen, siehe /6/. Der Fachmann erkennt, dass hier chaotische, komplexwertige Systemdynamiken auf einer Mandelbrot- bzw. Julia-Menge entstehen.

¹²³ So zeigt dieser Ansatz auch (das bislang undenkbares Phänomen), dass zwischen zwei menschlichen Gehirnen ein Informationsaustausch stattfinden kann, der komplexwertig und damit prinzipiell nicht messbar (und abschirmbar) ist. Aber die Wirkungen eines solchen Austausches in beiden Gehirnen wären wiederum messbar.

Und doch ist er etwas anderes als die normalen, messbaren, energetischen Größen des Gehirns. Der formale Unterschied zwischen imaginären und reellen Größen in den Grundgleichungen deutet auf einen prinzipiellen ontologischen Unterschied von Körper und Geist hin¹²⁴. Genau das haben wir auch erwartet. Nur haben wir zusätzlich gesehen, dass auch ein immaterieller geistiger Zustand strengen Gesetzen und Regeln unterliegt (nämlich mathematischen Funktionen) und dass er reale, energetische Wirkungen erzielen kann. Um nun den letzten Schritt zu gehen, wollen wir geistige Prozesse in unbewusste und bewusste Vorgänge unterscheiden. Immer, wenn bisher von geistigem Prozess die Rede war, war ein unbewusster Prozess gemeint. Aber wie entsteht daraus Bewusstsein?

Die Rolle des Bewusstseins

Wir haben skizziert, dass der Leib-Seele-Komplex mathematisch wie die Phänomene der Quantenphysik beschrieben werden kann. Und wir haben gesehen, dass dies physikalisch durchaus denkbar ist. Daher wollen wir diesen Gedanken weiterentwickeln und postulieren, dass alle unbewussten Wahrnehmungen (einer Kategorie) miteinander überlagert sind, und zwar genauso wie die Superposition der Quantenphysik es beschreibt. Ein Aufmerksamkeitsprozess erzwingt nun eine Messung so, wie vormals der quantenphysikalische Messprozess einen *Kollaps der Wellenfunktion* erzwang. Und genau dieser Prozess soll unser Schlüssel sein: Denn durch diesen Kollaps der unbewussten Überlagerungen wird uns plötzlich etwas *geistig bewusst*, aus der (unbemerkten) Überlagerung von unbewussten Zuständen tritt (urplötzlich!) ein beobachteter Zustand hervor. Jetzt haben wir etwas bewusst wahrgenommen! Und so funktioniert nicht nur unsere Wahrnehmung. Wir postulieren weiterhin, dass der gleiche Mechanismus auch im Bereich unserer Gedanken zur Wirkung kommt. Man kann nicht mehrere Gedanken gleichzeitig denken. Der *Kollaps der Überlagerungen* aller „vorbereiteten“ (unbewussten) Gedanken erzwingt auch hier, dass immer nur eine einzige bewusste Messung, ein bewusster Gedanke aus all dem Chaos in unserem Gehirn entsteht. Die von uns bewusst erlebte Ordnung ist aus quantenphysikalischer Sicht einfach zwangsläufig. Physiologisch messbar wäre sie durch synchrone Oszillationen und stehende Wellen im Gehirn. Psychologisch messbar wären diese Vorgänge durch eine extreme Schnelligkeit des

¹²⁴ Für den mathematisch Interessierten sei der Hinweis gestattet, dass ein 2-dimensionaler, rein reeller ($\mathbb{R} \times \mathbb{R}$)-Vektorraum definiert werden kann, der isomorph zu den Komplexen Zahlen ist, dass aber die dort eingeführte Multiplikation wieder die hier genannten Effekte erzeugt. Insofern besteht der Effekt nicht in der Zahl „i“, sondern in der Algebra komplexer Zahlen.

Bewusstwerdens oder sehr kurze Reaktionszeiten des Gehirns, die neurobiologisch nicht vollständig erklärt werden können. Das Bewusstsein (die bewusste Wahrnehmung) erscheint uns daher zwangsläufig als inhärentes Phänomen des Gehirn-Geist-Komplexes. Es *ist* das Bindeglied zwischen den energetischen und den unbewussten geistigen Prozessen im Gehirn. Überlegen wir: Welchen Überlebensvorteil besitzen wir durch das Bewusstsein? Wann wird uns etwas bewusst? Es sind immer *Veränderungen* in der Umgebung oder im System, die uns bewusst werden. Bewusstsein stellt sich also dann ein, wenn Informationen mit hoher Priorität für unser System übertragen bzw. von diesem neu erzeugt werden. Bewusstsein ist damit der *Detektor* für wichtige Veränderungen in der Umgebung und im System. Nur Informationen, die sich im Wettbewerb mit anderen Informationen durchgesetzt haben, werden uns (nach einer Art „Kollaps aller sich überlagernden unbewussten Vorgänge“) bewusst, eben damit wir optimal darauf reagieren können. Oder informationstheoretisch gesprochen: Auf einen Organismus strömen pausenlos unzählige Informationen ein. Die Bedeutung dieser Information für das System selbst hängt aber immer nur vom Empfänger ab, niemals vom Absender¹²⁵. Das System bewertet die Bedeutung der eintreffenden Signale permanent und macht im „quantenmechanischen“ Wettstreit jene bewusst, die besonders wichtig für das System sind. Das bewusste Erleben der Farbe Grün entsteht in uns, wenn sich das umgebende Sichtfeld derart ändert, dass diese *Veränderung* als wichtig erachtet wird¹²⁶. Bewusstsein als Epiphänomen zu deklarieren geht damit an der Sache vollständig vorbei. Bewusstsein ist das „Systemmessgerät“ für Bedeutung, das uns durch ein Umfeld mit nahezu unendlich vielen Informationen manövriert, ja manövrieren muss.

Man könnte jetzt argumentieren, dass das eben Gesagte, insbesondere das „Erkennen von Bedeutung“ einer Information auch ohne Bewusstsein ablaufen könnte, einfach durch die komplizierten Vorgänge im Gewebe selbst. Das ist aber aus zwei Gründen nicht zu erwarten. Erstens spricht die Ökonomie der Natur bereits dagegen. Bewusstsein hätte sich beim Menschen wohl kaum durchgesetzt, wenn es Energie kostete, ohne irgendeinen evolutionären Vorteil zu haben. Und zweitens: Das Bewusstsein führt nicht nur auf reale Werte in der Wahrnehmung, sondern –

¹²⁵ Dies ist ein wesentlicher Punkt. Der Empfänger einer Information entscheidet über die Bedeutung (für ihn selbst), niemals der Absender. Der Ansatz von Shannon berechnet den „fixen“ Informationsgehalt einer Nachricht ohne diese Wechselbeziehung zu berücksichtigen, dies kann zu Fehlinterpretation beim Verständnis von Information führen.

¹²⁶ Es ist zu vermuten, dass ein Mensch, der permanent und konstant der Farbe Grün ausgesetzt wird, diese nach einer gewissen Zeit nicht mehr bewusst wahrnehmen kann.

wie wir aus der Quantenmechanik wissen und in vorherigen Abschnitten bereits angedeutet hatten – es *erzeugt* diese Werte aus einem gewissen Vorrat von Zuständen sogar in die Außenwelt hinein. Es gibt jedoch heute keinen vorstellbaren Mechanismus, wie ein inneres Gewebe beim Anblick eines Zustandes der Außenwelt, diesen in der Außenwelt zum Kollaps bringen und ihn damit sozusagen *erzeugen* könnte. Und doch ist es eine anerkannte Tatsache der Quantenphysik: Unsere Beobachtung verändert die Werte in der Außenwelt. Das geht aber nur, wenn eine echte *physikalische Wechselwirkung* stattfindet. Die Wechselwirkung zwischen dem Gehirn-Geist-Komplex und einem quantenphysikalischen System der Außenwelt ist jedoch nur dann möglich, wenn beide Systeme die Voraussetzungen dafür mitbringen („3 kg Masse und die Farbe Rot interferieren nicht miteinander“). Wir ahnen nun, warum viele Wissenschaftler Quanteneffekte im Gehirn seit Jahren vorschlagen, siehe /7/. Quanteneffekte im Gehirn-Geist-Komplex sind – wie hier nun gezeigt wurde – aus mathematischen Gründen eben zwingend und physikalisch völlig plausibel, da im Gehirn kohärente Vorgänge ablaufen und thermodynamische Vorgänge daher nur eine untergeordnete Rolle spielen. Und aufgrund der großen Wellenlängen der beteiligten Oszillationen sind die Quanteneffekte auch makroskopisch relevant, denn wir reden hier nicht von Quanteneffekten auf atomarer oder zellulärer Ebene, sondern von Quanteneffekten zwischen räumlich ausgedehnten stehenden Wellen im makroskopischen Gehirn.

Versuchen wir abschließend mit diesem Wissen die Beantwortung der eingangs gestellten Frage: *Woher kommt unser Geist?* Entsteht er aus dem Gewebe? Die Antwort muss nun sein: Nein, er *ist* bereits im Gewebe. Das klingt zwar ungeheuerlich, aber es ist die zwangsläufige Folge unserer Überlegungen. Keine noch so komplizierte chaotische Wechselwirkung im Gehirngewebe könnte unsere immaterielle Qualia, unseren geistigen Zustand, erzeugen, wenn diese Qualität nicht schon in ihr enthalten wäre. Das Gehirngewebe war einfach schon immer *mehr* als wir dachten. Neben seinen materiellen Eigenschaften besitzt es inhärent auch immaterielle Eigenschaften. Oder noch deutlicher: *Jede* physikalische Entität besitzt neben ihren materiellen Eigenschaften (Masse, Ausdehnung uvm.) eine große Anzahl immaterieller Eigenschaften. Und genauso wie aus den Elementarteilchen immer kompliziertere Systeme entstehen, so besitzen die höheren Systeme immer kompliziertere immaterielle Eigenschaften, die jedoch nur durch geeignete Wechselwirkungen sichtbar werden. Natürlich sollten wir jetzt nicht annehmen, dass bereits ein Atom oder Molekül geistige Eigenschaften besäße (das wäre zu kühn), aber ein einzelnes Atom besitzt ja auch keine biologischen Eigenschaften und trotzdem kann das Atom in einem Molekül (DNA) dazu beitragen, dass ein System als *lebend* betrachtet wird. Genauso könnten sich auch immaterielle Eigenschaften durch den Aufbau

immer höherer Komplexität zu primitiven „geistigen“ Systemeigenschaften verdichten. Man könnte sie grob vereinfacht als *innere Systemzustände* interpretieren, die bei bestimmten energetischen Zuständen auftreten. Bereits Isomere von Molekülen geben einen Hinweis, dass sich die Eigenschaften eines Systems nicht einfach auf seine energetischen Zustände reduzieren lassen, sondern, dass es innere (materielle oder immaterielle) Zustände gibt, die einen wesentlichen Einfluss auf das Systemverhalten haben können. Das Gehirn auf seine messbaren, energetischen Zustände zu reduzieren, würde daher der Reichhaltigkeit seiner inneren Systemdynamik nicht auch nur ansatzweise gerecht werden, denn dann würde man behaupten, dass sich die immateriellen Anteile seiner Bausteine gegenseitig aufheben, das Gegenteil ist jedoch der Fall.

Fassen wir zusammen: Die philosophischen Betrachtungen zu Beginn haben uns gezeigt, dass es eine Verbindung zwischen Idealismus und Physikalismus geben könnte. Eine tiefere Analyse zeigte nun, dass es möglich ist, Bewusstsein mathematisch als einen Prozess der (multiplikative) Wechselwirkung zwischen Gehirnteilen bzw. deren Rückkopplung zu formulieren. Bewusste Wahrnehmung entsteht daraus dann durch einen „Kollaps von unbewussten Vorgängen“ (mit ihren geistigen und neurophysiologischen Anteilen) nach Art des „quantenphysikalischen Kollaps von Wellenfunktionen“. Bewusstsein ist damit eine intrinsische Eigenschaft des Leib-Seele-Komplexes, es ist sozusagen seine Essenz. Sollten sich die hier vorgetragenen Thesen bestätigen, sind vom menschlichen Gehirnkomplex Effekte zu erwarten, die weit über Effekte hinausgehen, die ein „normales“ neuronales Gehirn erzielen könnte. Als Beispiel sollen hier nur „gruppensdynamische Kommunikations-Phänomene“ genannt werden, die heute teilweise nicht erklärt werden können. Und auch die Freiheit des Willens könnte ihren Platz zurückerobern, denn wenn bewusste Entscheidungen durch ein Zusammenspiel zwischen geistigen und neuronalen Prozessen gefällt werden, dann sind genug Freiheitsgrade für die Entscheidung zu erwarten. Auch der „Kollaps der Wellenfunktion“ in der Quantenphysik ist schließlich nicht determiniert, und so ist auch hier zu erwarten, dass das *Bewusstwerden* nicht vollständig determiniert sein kann und damit prinzipiell beeinflussbar ist.

Und damit sind wir am Ende unserer Überlegungen angelangt. Wir können die Natur des Geistes trotz unseres mathematischen Ansatzes nicht *wirklich* erklären, wir konnten nur versuchen, Gehirn und Geist in Wechselwirkung miteinander zu begreifen und formal miteinander zu verflechten. Nicht eines erzeugt das andere, gleich in welcher Reihenfolge. Beide, Gehirn und Geist, sind nur unterschiedliche Beschreibungsvarianten einer quantenphysikalischen Einheit. Aber auch wenn wir jene *Wirklichkeit* niemals vollständig erkennen werden, so lohnt es sich, unsere



Vorstellung von dieser Welt, unserer Vorstellung vom Gehirn-Geist-Komplex – als dem wesentlichen quantenphysikalischen Detektor – jeden Tag weiterzuentwickeln, wohl wissend, dass das Gefundene nur ein Postulat, eine Hypothese, im besten Falle eine konsistente *Theorie*, doch niemals die ganze Wahrheit sein kann.

Quellen

/1/: Wolf Singer, *Der Beobachter im Gehirn*, Suhrkamp Taschenbuch Verlag, Frankfurt, 2002

/2/: Michael Pauen, *Grundprobleme der Philosophie des Geistes*, Fischer Taschenbuch Verlag, Frankfurt, 2005

/3/: Erwin Schrödinger, *Meine Weltansicht*, Paul Zsolnay Verlag, Hamburg/Wien, 1961

/4/: Herbert Pietschmann, *Quantenmechanik verstehen*, Springer Verlag, Berlin/Heidelberg, 2003

/5/: H. Dieter Zeh, *Physik ohne Realität – Tiefsinn oder Wahnsinn*, Springer Verlag, Berlin/Heidelberg, 2012

/6/: Ralf Otte, *Versuch einer Systemtheorie des Geistes – mathematische und physikalische Untersuchungen mentaler Prozesse*, Cuvillier Verlag Göttingen, 2011

/7/: H. Wu, M. Wu, *Current Landscape and Future Direction of Theoretical & Experimental Quantum Brain/Mind/Consciousness Research*, *Journal of Consciousness Exploration*, Vol. 1, 2010

Publikationsprozess

Erstellt: Januar, Februar 2012

Letzte Überarbeitung: Mai 2012

Eingereicht: Spektrum der Wissenschaft, *Gehirn & Geist*, 14. Mai 2012

Abgelehnt: 4. Juli 2012 (Redaktionsleitung, Steve Ayan)

Anlage A2

Inter-hemisphärische Interaktion bei der Wahrnehmung multistabiler Bewegungsreize

Jürgen Kornmeier, Freiburg, Ralf Otte, Weinheim, 2014 und 2016

Um die Frage zu klären, ob die Einwirkung hyperkomplexer Wellenfunktionen auf das Gehirn messbar ist, wurden durch den Autor Experimente gesucht, bei denen die Verarbeitungsgeschwindigkeiten im Gehirn mittels EEG-Auswertungen exakt bestimmt werden können. In der Gruppe um Kornmeier, Freiburg, wurde die Expertise gefunden, derartige Experimente durchzuführen.

Kornmeier schlug vor, visuelle Experimente umzusetzen, bei denen die Auswertungen im Gehirn innerhalb einer Hemisphäre bzw. zwischen beiden Hemisphären unterschieden werden kann. Solche Experimente sind in Fachkreisen als sog. „Inter-hemisphärische Interaktion bei der Wahrnehmung multistabiler Bewegungsreize“ bekannt, siehe nachfolgende Abbildungen; Auszug aus Vortrag Kornmeier, Berlin 2014:

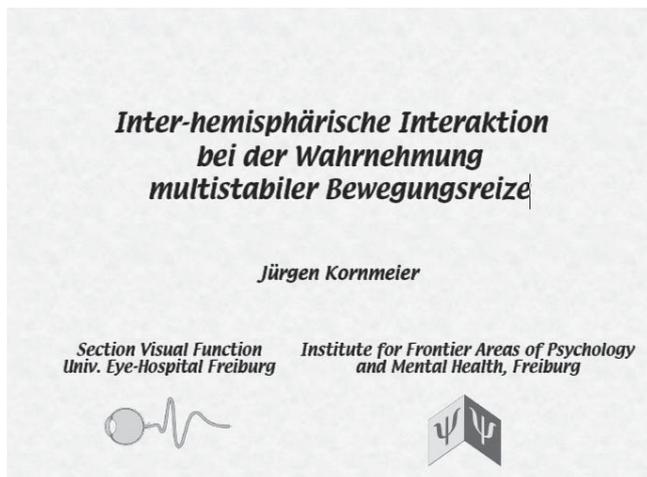


Abbildung1: Projektleiter Kornmeier, Freiburg

Der Proband bekommt bei diesen Experimenten zwei nahezu schwarze Bilder mit jeweils 2 weißen Punkten zeitlich nacheinander so präsentiert, dass für ihn eine horizontale oder vertikale Scheinbewegung der Punkte entsteht. Tatsächlich bewe-

gen sich die Punkte nicht, aber das Gehirn konstruiert aus zwei Bildfolgen einen Bewegungsablauf der weißen Punkte, entweder von links nach rechts (horizontal) oder von unten nach oben (vertikal).

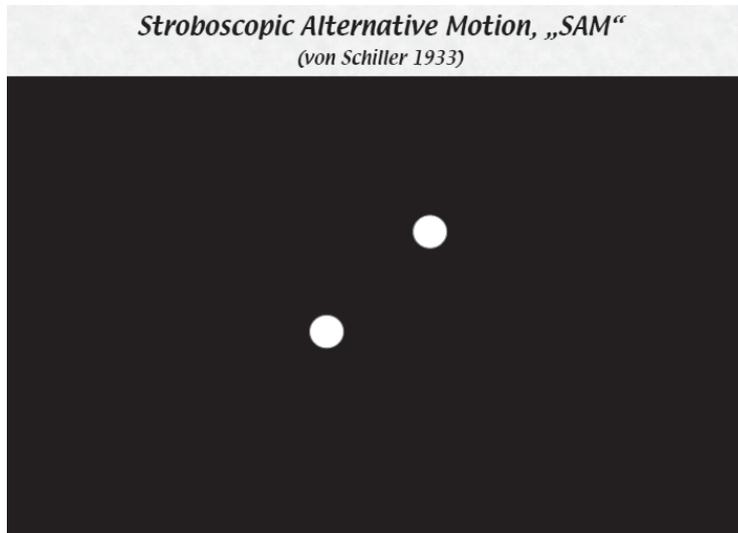


Abbildung2: Bild1 der Stroboskop-Bilder

Durch den tatsächlichen Abstand der vier Punkte (Bild1: links unten, rechts oben und Bild2: links oben, rechts unten) zueinander, insbesondere durch das Verhältnis ihrer horizontalen und vertikalen Abstände kann man die gewünschte Scheinwahrnehmung (horizontal oder vertikal) im Gehirn erzwingen.

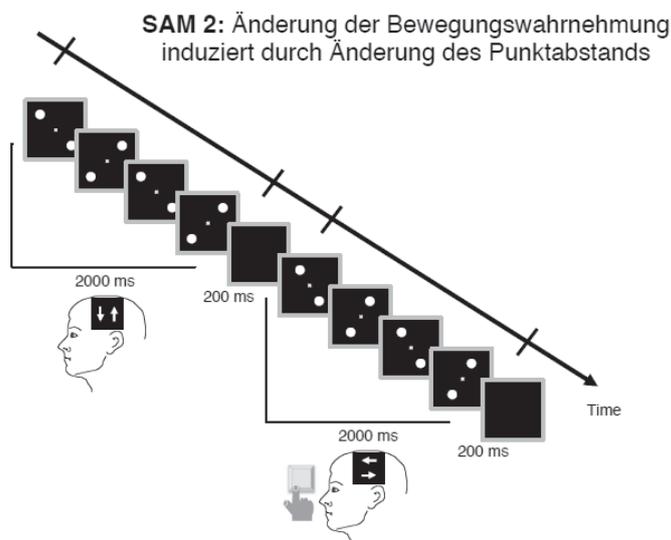


Abbildung3: Ablauf eines Experimentes

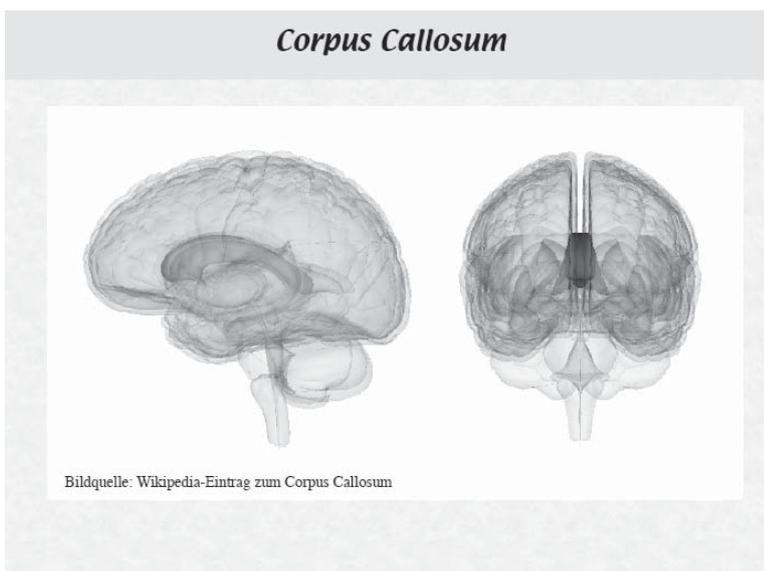
These: Bewegen sich die Punkte scheinbar von links nach rechts, entsteht die Bewegung im Gehirn des Betrachters unter Zuhilfenahme beider Hemisphären. Bewegen

sich die Punkte von oben nach unten, kann jede Hemisphäre für sich die Bewegung auswerten.

Experimentelle Hypothese

- Vertikale Bewegungen werden innerhalb der jeweils kontralateralen Hemisphäre verarbeitet
- Horizontale Bewegung wird durch das Zusammenspiel der beiden Hemisphären verarbeitet
- Nullhypothese: Die EEG – Antwort auf horizontale Bewegung sollte mit einer zeitlichen Verzögerung auftreten, da die „neuronalen Wege“ länger sind
- Alternativhypothese: EEG-Antworten zu horizontaler und vertikaler Bewegungen sind gleichschnell

Man geht im allgemeinen davon aus (Nullhypothese), dass die Erkennung einer horizontalen Bewegung daher etwas länger dauert, als die Erkennung vertikaler Bewegung, da die beiden Hemisphären mindestens eine zusätzliche neuronale Umschaltung über das Corpus Callosum benötigen.





Die Nullhypothese und Alternativhypothese sind oben dargestellt. Wir haben vor Beginn des Experimentes prognostiziert, dass die Nullhypothese verworfen werden muss. Erste Ergebnisse bestätigen diese Voraussage.



Anlage A3

Draft Version

Über einen heuristischen Standpunkt zur grundlegenden Erweiterung der Quantentheorie

Ralf Otte ¹, Torsten Hertig ², Philip Höhmann ³

¹*Hochschule Ulm*
Prittwitzstraße 10, 89075 Ulm
otte@hs-ulm.de

²*Freie Mitarbeiter*
Eisleben/Wuppertal
Kontakt:s.o.

22. Mai 2016

Abstract

Während der Formalismus der Quantentheorie (QT) seit über 80 Jahren unstrittig sehr erfolgreich in seinen physikalischen Anwendungen ist, bleibt ihre naturphilosophische Interpretation bis heute umstritten. Sehr unterschiedliche Auffassungen gibt es in der Frage nach *physikalischer Realität*, (im doppelten Sinne, nämlich mit Bezug auf die Werte physikalischer Größen abseits einer Messung einerseits und die nicht direkt messbare Wellenfunktion andererseits) und der Frage nach Rolle des menschlichen Bewusstseins.

Tatsächlich scheint sich auch der menschliche Geist mit den Mitteln der QT beschreiben zu lassen, und zwar derart, dass das 'subjektive' Unterbewusste dem 'objektiven', gleichsam vor-physikalischen Zustand bzw. Wellenfunktion entspricht und das Bewusstsein manifesten Messwerten. Der Hauptunterschied scheint darin zu bestehen, dass diese bewussten Zustände selbst einer Messung 'von außen' unzugänglich sind.

Diesem Unterschied tragen wir mit einer grundlegenden Erweiterung der QT Rechnung und machen dabei von einer speziellen hyperkomplexen Algebra Gebrauch, die natürlich die komplexen Zahlen als Unter algebra enthalten muss. Zudem soll sie (mindestens) eine rein nicht-reelle Unter algebra enthalten, die hinsichtlich ihrer internen Multiplikationsregeln zu den komplexen Zahlen isomorph ist.

In einer früheren Untersuchung stellten wir fest, dass die bikomplexen Zahlen diese Forderungen erfüllen. Sie besitzen neben der Eins zwei weitere idempotente Elemente und dementsprechend zwei *Ideale*, in denen bei geeigneter Basiswahl dieselben Multiplikationsregeln gelten wie bei den komplexen Zahlen.

Für Elemente jedes dieser Ideale lässt sich ein sog. Modulus definieren, der dem Betragsquadrat einer wirklich komplexen Zahl analog ist. Im Gegensatz zu diesen ist er aber nichtreell, nämlich ein positives Vielfaches des idealsozialen Einselementes. In einem Zustand, der durch eine Wellenfunktion mit solchen Werten dargestellt wird, hat auch ein hermitescher Operator nichtreelle Erwartungswerte. Eindeutig nichtreelle Erwartungswerte ergeben sich allerdings nur, wenn der Operator Werte aus dem Ideal enthielt und die Wellenfunktion selbst komplex war.

Daran knüpfen wir in dieser Untersuchung an und wagen auch eine Interpretation einer Wellenfunktion mit Werten aus dem Ideal als vor-bewussten Zustand mit mehreren möglichen Bewusstseinszuständen, die mit unterschiedlichen Wahrscheinlichkeiten realisiert werden können, etwa im Fall einer multistabilen Perzeption. Einer Messung entspricht dann die Manifestation eines dieser Bewusstseinszustände. Außerdem untersuchen wir verschiedene Möglichkeiten, aus der komplexwertigen und der 'ideal-wertigen' Wellenfunktion eine bikomplexe Gesamtwellenfunktion zu konstruieren. Schließlich gehen wir auch auf das Gedankenexperiment und die Interpretationsschwierigkeiten ein, das ALBERT EINSTEIN, BORIS PODOLSKY und NATHAN ROSEN (kurz EPR) 1935 formuliert hatten und untersuchen, ob die bikomplexe Erweiterung die von EPR ins Feld geführten Interpretationsschwierigkeiten zu beheben vermag, und, falls ja, wie.

keywords Algebra, Bewusstsein, EPR, bikomplex, Geist, hyperkomplex, Kopenhagener Deutung, Quantenmechanik, Quantentheorie, SCHRÖDINGERS Katze, SCHRÖDINGER-Gleichung, Verschränkung, Wellenfunktion.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Formalismus der QT	2
2.1	Allgemeine Formulierung	2
2.2	Wellenmechanik	4
3	Erweiterung	5
3.1	Bikomplexe Zahlen und ihre Ideale	7
3.1.1	Wellenfunktionen mit Werten aus einem der Ideale	7
3.1.2	Wellenfunktionen mit rein imaginären Grössen	7
3.1.3	Operatoren und Schrödinger-Gleichung	9
3.1.4	Modulus	9
3.2	Gesamtwellenfunktion	10
3.2.1	Addition der Wellenfunktionen zu einer Superwellenfunktion	10
3.2.2	Multiplikation der Wellenfunktionen zu einer Superwellenfunktion	11
3.3	Relativitätstheorie	11
3.4	Verzögertes Quantenradiererexperiment	11
3.5	Informationen ausserhalb unserer 3D-Realität	12
4	EPR mit Ort und Impuls	13
4.1	Verschränkung und mögliche Messwerte der physikalischen Wellenfunktion beim EPR-Experiment	13
4.2	Verschränkung und mögliche Beobachtungswerte der psychologischen Wellenfunktion beim EPR-Experiment	14
4.3	Metafunktion	15
4.4	Schrödingergleichung der Wellenfunktion des Ortes und Impulses mit der additiven Gesamtwellenfunktion	16
5	EPR-Experiment mit Hilfe der Gesamtwellenfunktion	17
5.1	Messung und Beobachtung der Spins	17
5.2	Schrödingergleichung des Spins mit der additiven Gesamtwellenfunktion	18
6	Zusammenfassung	19

1 Einleitung

Geschichte Der Formalismus der Quantentheorie (QT) wurde hauptsächlich ab den 1920er Jahren entwickelt. Zunächst postulierte LOUIS VICTOR DE BROGLIE 1924 in seiner Doktorarbeit [7] den für Licht schon 1900 durch MAX PLANCK entdeckten und 1905 durch ALBERT EINSTEIN bestätigten Welle-Teilchen-Dualismus auch für Materieteilchen. Die abstraktere Matrizenmechanik wurden 1925 durch WERNER HEISENBERG formuliert [15] und gegen Ende des Jahres von ihm, MAX BORN und PASCUAL JORDAN in der sog. Dreimännerarbeit [6] ausgearbeitet. von der er später (1927) auch seine Unbestimmtheitsrelation herleitete. ERWIN SCHRÖDINGER stellte 1926 die später nach ihm benannte komplexwertige Wellengleichung auf und bewies, dass seine Wellenmechanik und die Matrizenmechanik äquivalent sind [23, 24, 25]. Tatsächlich erweist sich die Wellenmechanik als *Spezialfall* der Matrizenmechanik. Eine mathematisch strenge Beschreibung des Formalismus der QT lieferte JOHN VON NEUMANN 1932 [31]. SCHRÖDINGERS ursprüngliche Interpretation der Wellenfunktion bzw. ihres Betragsquadrates als physischer Ladungsdichte wurde jedoch von der Fachwelt verworfen; MAX BORN schlug die Interpretation als Wahrscheinlichkeitsdichte für die Lokalisierung eines Teilchens vor [5]. Dies ebnete der heute unter den Physikern vorherrschende Kopenhagener Deutung (KD) der QT den Weg, in der erst eine Messung einer Observablen einen bestimmten Wert verleiht und die Wellenfunktion eines Teilchens abrupt zum kollabieren lässt. Mit ihr konnte sich EINSTEIN zeitlebens nicht anfreunden. Zusammen mit BORIS PODOLSKY und NATHAN ROSEN versuchte er 1935 in einem gemeinsamen Papier [11] zumindest die Unvollständigkeit der QM zu beweisen, was später zur Hypothese der *verborgenen Variablen* führte. SCHRÖDINGER führte 1935 im Zusammenhang mit dem EPR-Experiment den Begriff der Verschränkung ein [29]. Im selben Jahr entwarf er sein berühmt gewordenes Gedankenexperiment mit einer Katze, die aufgrund eines quantenmechanischen Messprozesses stirbt oder überlebt [28]. DAVID BOHM und YAKIR AHARONOV modifizierten 1957 das EPR-Gedankenexperiment zu einer praktikableren Form, indem sie Ort und Impuls durch Elektronenspins ersetzen [4]. BOHM entwickelte auch eine nichtlokale, aber realistische Theorie von DE BROGLIE weiter. Als weitere realistische Theorie entwickelte HUGH EVERETT III 1957 seine Viele-Welten-Hypothese, die völlig ohne Kollaps der Wellenfunktion auskommt [12]. Im Jahre 1964 leitete JOHN STEWART BELL aus der Hypothese lokaler verborgener Variablen eine Ungleichung her, die gemäß der Standard-QT nicht gilt [3]. So bietet diese die Möglichkeit, experimentell zwischen beiden Möglichkeiten zu entscheiden. In zahlreichen Versuchen wurde eine Verletzung der Ungleichung festgestellt (JOHN FRANCIS CLAUSER, STUART FREEDMANN, 1972 [13]; ALAIN ASPECT et al., 1982 [1], GREGOR WEIHS et al., 1998 [32], M. A. ROWE et al., 2001 [22]), was Theorien mit lokalen verborgenen Variablen

widerlegte. Möglich ist damit noch eine nichtlokal-realistische Theorie. BELL selbst tendierte dazu, die Lokalität zugunsten des Realismus aufzugeben. Im Jahre 2003 entwickelte jedoch SIR ANTHONY LEGGETT eine Ungleichung, mit der empirisch bestimmt werden konnte, ob es nichtlokale Realitäten geben könnte [16].

BOHRs Positivismus vs. EINSTEINs Realismus Die KD ist in dem Sinne *positivistisch*, dass Sie Aussagen über physikalische Größen abseits einer Messung als für gegenstandslos hält. Diese Meinung vertrat vor allem NIELS BOHR; nach seiner Auffassung existiert ein bestimmter Wert einer Observablen vor einer Messung überhaupt nicht. Diese Sichtweise ist insofern auch *formalistisch*, als dass sie der Wellenfunktion jede physikalische Realität abspricht und sie lediglich als nützliches mathematisches Werkzeug betrachtet, um Wahrscheinlichkeiten und Wahrscheinlichkeitsdichten für Messwerte vorauszusagen. Natürlich ist sie auch *indeterministisch*, denn der Wert einer noch nicht gemessenen Größe ist ihr zufolge tatsächlich *unbestimmt*, nicht nur *unbekannt*. Dieser Indeterminismus ist keineswegs auf den Mikrokosmos beschränkt, wie das Gedankenexperiment mit SCHRÖDINGERS Katze zeigt, das manche Physiker und Naturphilosophen dazu brachte, dem Bewusstsein des Experimentators eine bedeutende Rolle im Messprozess zuzusprechen oder sogar zu glauben, dass es die physikalische Realität erst *konstruiere*.

EINSTEIN hingegen vertrat eine eher *realistische* Sicht physikalischer Größen.¹ Auch der probabilistischen Auffassung stand er skeptisch gegenüber.² Das EPR-Paradoxon besagt, dass im Widerspruch zu HEISENBERGS Unbestimmtheitsrelation komplementäre Observablen eines Teilchens A gleichzeitig bestimmt werden können, wenn es mit einem anderen Teilchen B verschränkt ist, nämlich durch direkte Messung der einen an A selbst und durch Messung der anderen an B [11]. Ein Verfechter der KD würde wohl entgegen, eine Messung an B sei eben nicht als Messung an A aufzufassen.

Wir vertreten die Auffassung, dass sowohl BOHRs als auch EINSTEINs Standpunkt einer Revision bedürfen. Dabei tendieren wir eher zu EINSTEINs Sichtweise, dass die QT und besonders die KD unvollständig ist. Das bedeutet nicht, dass wir annehmen, dass alle Observablen jederzeit einen bestimmten, wenn auch unbekanntem Wert haben. Wir nehmen auch nicht verborgene Variablen an, da diese schon durch die Verletzung der BELLschen und LEGGETTschen Ungleichungen widerlegt wurden. Unser Ansatzpunkt ist, dass die KD ein Phänomen voraussagt, ohne es näher beschreiben zu können: Der sog. Kollaps der Wellenfunktion ist noch immer nicht verstanden (weshalb auch LEGGETT die QT als unvollständig betrachtet). Wir schreiben der komplexwertigen Wellenfunktion eine zumindest vor-physische Realität zu.

QT und Bewusstsein Wie wir oben erwähnen, bringen manche Physiker und Naturphilosophen die QT mit dem menschlichen Geist in Verbindung. Andere wiederum schätzen die Bedeutung des Bewusstseins im Zusammenhang mit der gegenwärtigen QT nicht höher ein als bei klassischen Messungen, z.B. HARALD ATMANSPACHER. Er argumentiert, die QT beschreibe die materielle Realität und befasse sich nicht mit dem Bewusstsein als mentaler Kategorie [2].

Andere Physiker und Naturphilosophen, besonders Monisten, sind anderer Meinung, z.B. EFSTRATIO MANOUSAKIS, der davon überzeugt ist, dass auch der Geist ein Quantensystem ist. Dabei unterscheidet er zwischen potentiell und aktuellem Bewusstsein und identifiziert Ersteres mit einem Quantenzustand bzw. einer Wellenfunktion und Letzteres mit einer Messung. Dabei hält er es für unwichtig, was genau im Gehirn auf diese Weise interagiert und wie dort Dekohärenz vermieden wird; er argumentiert, die klassische Mechanik sei lediglich eine Näherung der Quantenmechanik für Systeme, die durch Beobachtung nur geringfügig gestört werden [17].

Wir stimmen im Wesentlichen zu. Allerdings nehmen wir an, dass das einzig geeignete 'Instrument', um einen solchen Zustand (nicht sein neuronales Korrelat) *direkt* zu "messen", das Bewusstsein selbst ist. Um dies mathematisch zu modellieren, brauchen wir eine Algebra, die einerseits zu \mathbb{C} isomorph ist, sodass die QT in gewohnter Weise funktioniert. Andererseits soll sie aber keine reellen Eigen- und Erwartungswerte (d.h. potentielle Messwerte) liefern und muss daher eine rein nicht-reelle Unteralgebra einer *hyperkomplexen* Algebra sein. Als Letztere kommt die Algebra $\mathbb{C} \otimes \mathbb{C}$ der bikomplexen Zahlen in Betracht. Die Unteralgebra werden wir \mathcal{J} nennen, da sie auch ein *Ideal* ist und ihre Elemente *Nullteiler* sind. Solche Elemente bzw. Funktionen sollen für Werte stehen, die dem Bewusstsein, aber keiner Messung (von "außen") zugänglich sind. Wir hoffen auch, dass diese Art Funktionen uns helfen, einige Paradoxa der Standard-QT zu lösen, etwa des EPR oder das Kausalitätsparadoxon bei *Quantenradierern*, die wir weiter unten beschreiben werden.

2 Formalismus der QT

Der älteste und bekannteste Formalismus der QT ist die *Matrizenmechanik*, die ihren Namen der Bedeutung von 'Matrizen', *linearen Operatoren*, verdankt. Vektoren entsprechen einspaltigen bzw. einzeiligen Matrizen.

2.1 Allgemeine Formulierung

Die allgemeine und koordinatenfreie Formulierung der Matrizenmechanik ist die DIRAC-Notation oder auch Bra-Ket-Schreibweise, die DIRAC 1939 schuf, indem er die Skalarprodukt-Notation in spitzen Klammern (engl. *angle brackets*) $\langle v, v' \rangle$ als (verallgemeinertes Matrix-)Produkt $\langle v || v' \rangle$ (Bra mal Ket) interpretierte [8].

¹ So fragte er Bohr, ob nach dessen Auffassung der Mond nur vorhanden sei, wenn jemand hinschaue.

² In einem Brief an Born schrieb er 1926: "Die Theorie liefert viel, aber dem Geheimnis des Alten bringt sie uns kaum näher. Jedenfalls bin ich überzeugt, daß der nicht würfelt."

Zustandsräume und Zustandsvektoren Ein HILBERTraum \mathfrak{H} verallgemeinert \mathbb{C}^n , genauer den Raum $\mathbb{C}^{1 \times n}$ von Spaltenvektoren. Sein Dualraum \mathfrak{H}^* der linearen Funktionale $\mathfrak{H} \rightarrow \mathbb{C}$, verallgemeinert den Raum $\mathbb{C}^{n \times 1}$ von Zeilenvektoren. Damit verallgemeinert $|v\rangle \in \mathfrak{H}$ den Spaltenvektor $\mathbf{v}' \in \mathbb{C}^{n \times 1}$, $\langle v| \in \mathfrak{H}^*$ den Zeilenvektor $\mathbf{v}^\dagger \equiv \bar{\mathbf{v}}^T \in \mathbb{C}^{1 \times n}$, wobei $\bar{\cdot}$ die Konjugation bezeichnet. In der QT wird die Konjugation meist \cdot^* geschrieben, wohl in Anlehnung an die Dualität.

Basis, Projektion, Entwicklung Das *dyadische Produkt* $|\phi\rangle\langle\phi|$ ist ein *linearer Operator* und entspricht einer Matrix vom Rang 1. Speziell ist für einen normierten Zustand $|\phi\rangle$ das dyadische Produkt $|\phi\rangle\langle\phi|$ ein *Projektionsoperator*, der einen beliebigen Zustand auf den Unterraum $|\phi\rangle$ projiziert. Sei nun I eine geeignete Indexmenge für \mathfrak{H} , sodass $\{|u_r\rangle_{r \in I}\}$ (oder einfach $\{|r\rangle_{r \in I}\}$) eine Basis von \mathfrak{H} bildet. Sei ferner $\langle r|r'\rangle = \delta_{rr'}$ (Orthonormalbasis). Dann ist $\sum_r |r\rangle\langle r| =: \hat{1}$ der Einheits- oder Identitätsoperator, denn er bildet einen beliebigen Zustand $|\xi\rangle$ auf sich selbst ab. Multiplikation mit $\hat{1}$ ergibt daher die *Entwicklung* nach $|r\rangle$:

$$|\xi\rangle \equiv \hat{1}|\xi\rangle = \sum_{r \in I} |r\rangle\langle r|\xi\rangle = \sum_{r \in I} c_r |r\rangle \quad \text{bzw.} \quad |\xi\rangle = \int_I |r\rangle\langle r|\xi\rangle dr = \int_I c(r) |r\rangle dr \quad (1)$$

Dies impliziert $\sum_{r \in I} c_r^* c_r = \sum_{r \in I} |c_r|^2 = \langle \xi|\xi\rangle$ bzw. im kontinuierlichen Fall $\int_I c_r^* c_r = \int_I |c_r|^2 dr = \langle \xi|\xi\rangle$. Ein *Basiswechsel* bei bekannter Basisdarstellung $\langle r|\xi\rangle$ in eine andere Basis $\{|s\rangle\}$ ist

$$\langle s|\xi\rangle \equiv \langle s|\hat{1}|\xi\rangle = \sum_{r \in I} \langle s|r\rangle\langle r|\xi\rangle = \sum_{r \in I} c_r \langle s|r\rangle \quad \text{bzw.} \quad \langle s|\xi\rangle = \int_I \langle s|r\rangle\langle r|\xi\rangle dr = \int_I c(r) \langle s|r\rangle dr \quad (2)$$

Ein allgemeiner linearer Operator \hat{f} definiert einen Endomorphismus $f : \mathfrak{H} \rightarrow \mathfrak{H}$, bildet also ein Ket $|\phi\rangle$ auf ein anderes Ket $\hat{f}|\phi\rangle$ ab. Er stellt eine Verallgemeinerung von Matrizen dar; bezüglich einer bestimmten Basis $\{|r\rangle\}_{r \in I}$ von \mathfrak{H} hat \hat{f} die Matrixdarstellung $\langle r|\hat{f}|r'\rangle$. Die Multiplikation von Bras, Kets, deren Produkten und linearen Operatoren ist assoziativ, sodass es keine Rolle spielt, welche Produkte zuerst gebildet werden; insbesondere ist z.B. $\langle r|(\hat{f}|r'\rangle) = (\langle r|\hat{f})|r'\rangle$, sodass sich \hat{f} auch als von rechts auf ein Bra wirkend interpretieren lässt.

Ein Zustandsvektor $|\varphi\rangle$ mit $\hat{f}|\varphi\rangle = c_\varphi |\varphi\rangle$ heißt *Eigenzustand* von \hat{f} zum *Eigenwert* $c_\varphi \in \mathbb{C}$. Die Summe aller Eigenwerte heißt *Spur* von \hat{f} und ist mit $\sum_r \langle r|\hat{f}|r\rangle$ für eine beliebige Basis $\{|r\rangle\} \subset \mathfrak{H}$ identisch. In der Basis der eigenen Eigenzustände verschwinden alle außerdiagonalen Matrixelemente.

Operatoren und Observablen Zu jeder Observablen A gehört ein Operator \hat{A} . Dieser ist hermitesch, d.h. $\langle r|\hat{A}|r'\rangle = \langle r'|\hat{A}|r\rangle^*$ und heißt auch *selbstadjungiert*, da er mit seinem adjungierten Operator \hat{A}^\dagger übereinstimmt. Seine Diagonalelemente $\langle r|\hat{A}|r\rangle =: \langle \hat{A} \rangle_r$ sind daher reell und heißen die *Erwartungswerte* von \hat{A} (bzw. auch von A) in den Zuständen $|r\rangle$. In der speziellen Basis $\{|a\rangle\}$ der Eigenzustände von \hat{A} sind dies gerade die Eigenwerte a . In einem Zustand $|a_0\rangle$ mit $\hat{A}|a_0\rangle = a_0|a_0\rangle$ ist a_0 der einzige mögliche Messwert. Ein beliebiger Zustand $|\phi\rangle$ ist i. Allg. kein Eigenzustand von \hat{A} , sondern eine Linearkombination von Eigenzuständen nach dem Muster von (1). Bei wiederholter Messung an einem System in einem speziellen Zustand $|\phi\rangle$ streuen sich die Messwerte mit der *prinzipiellen* Messungenauigkeit $\sigma_{A,\phi} = \sqrt{\langle \hat{A}^2 \rangle_\phi - \langle \hat{A} \rangle_\phi^2}$ um $\langle \hat{A} \rangle_\phi$, wobei die $\langle a|\phi\rangle$, also die ϕ_a bzw. $\phi(a)$ eine Wahrscheinlichkeitsverteilung für den Messwert a liefern [5].

Kommutator und Unbestimmtheitsrelation Ist B eine zweite Observable und \hat{B} ihr Operator, so ist

$$\sigma_{A,\phi} \sigma_{B,\phi} \geq \frac{1}{2} \left| \langle \phi | [\hat{A}, \hat{B}] | \phi \rangle \right|. \quad (3)$$

Es gibt Operatoren, deren Kommutator eine Konstante ist; ein wichtiges Beispiel für ein solches Paar ist \hat{x}_r, \hat{p}_r mit $r \in \{1, 2, 3\}$, deren Kommutator $i\hbar$ ist.³ Deshalb ist $\sigma_{x_r} \sigma_{p_r} \geq \hbar/2$, eine Orts- und die entsprechende Impulskomponente lassen sich nicht gleichzeitig bestimmen, worauf Heisenberg 1927 hingewiesen hat [14]. Aus einem ähnlichen Grund ist die Richtung eines Drehimpulses nur unscharf definiert.

Zeitentwicklung und SCHRÖDINGER-Gleichung Aufgrund der PLANCKSchen Beziehung $E = h\nu = \hbar\omega$ zwischen Energie und Frequenz bzw. Kreisfrequenz [20, 10] wird die zeitliche Entwicklung eines Zustandes $|\phi(t)\rangle$ durch den Energie-Operator $\hat{E} = i\hbar\partial_t$ bestimmt. Gleichzeitig beschreibt der HAMILTON-Operator \hat{H} die Energie eines Systems; für einen Zustand $|\phi\rangle$ muss also die SCHRÖDINGER-Gleichung (hier in konventionellen Einheiten)

$$\hat{H}|\phi(t)\rangle = \hat{E}|\phi(t)\rangle = i\hbar \frac{\partial}{\partial t} |\phi(t)\rangle \quad (4)$$

³ $\hbar \approx 1,054 \times 10^{-35} \text{kg} \cdot \text{ms} \cdot \text{s}^{-1}$ ist das reduzierte PLANCKSche Wirkungsquantum und heißt auch DIRAC-Konstante.

gelten. Von der klassischen HAMILTON-Funktion $\mathcal{H} = \vec{p}^2/2m + U(\vec{x})$ für ein (hinreichend langsames) Teilchen der Masse m in einem Potential U lässt sich für eine solche Konstellation die konkretere Gestalt

$$\widehat{H}|\phi(t)\rangle = \left(\frac{\widehat{p}^2}{2m} + U \right) |\phi(t)\rangle = \widehat{E}|\phi(t)\rangle = i\hbar \frac{\partial}{\partial t} |\phi(t)\rangle. \quad (5)$$

Hat ein Teilchen eine feste Gesamtenergie E , so befindet es sich in einem Eigenzustand von \widehat{E} , und die SCHRÖDINGER-Gleichung reduziert sich auf ihre zeitunabhängige Version $\widehat{H}|\phi\rangle = E|\phi\rangle$, eine Eigenwertgleichung [24, 25, 26, 27]. Sie erlaubt es, stationäre Zustände in Atomen zu beschreiben.

2.2 Wellenmechanik

Die Wellenmechanik ist ein Spezialfall der Matrizenmechanik; dort ist \mathfrak{H} der Raum L^2 der *quadratintegriblen* komplexwertigen Funktionen $\phi(q, t)$, für die das Integral

$$\int_{\{q\}} \phi^*(q, t) \phi(q, t) dq = \int_{\{q\}} |\phi(q, t)|^2 dq \quad (6)$$

existiert. Dabei kann die Variable q u.a. für \vec{x} oder \vec{p} stehen und ist in jedem Fall eine Observable mit dem Operator \widehat{q} , dessen Eigenzustände $|q\rangle$ eine Orthonormalbasis von \mathfrak{H} bilden, also

$$\phi(q, t) = \langle q|\phi(t)\rangle \Rightarrow \phi^*(q, t)\phi(q, t) = \langle \phi(t)|q\rangle \langle q|\phi(t)\rangle = |\langle q|\phi(t)\rangle|^2,$$

wobei *nicht* integriert wird.⁴ Dabei heißt $\langle q|\phi(t)\rangle$ die *Darstellung* von $|\phi(t)\rangle$ in der Basis $\{|q\rangle\} \subset \mathfrak{H}$, für $q = \vec{x}$ die *Ortsdarstellung*, die der Anschauung von einer Welle am nächsten kommt und (*Orts-*)*Wellenfunktion* heißt. Ist $|\phi(t)\rangle$ normiert, so ist $|\langle q'|\phi(t)\rangle|^2$ die Wahrscheinlichkeitsdichte für das Resultat q' im Fall einer Messung der Observablen q zum Zeitpunkt t ; das ist die BORNsche Wahrscheinlichkeitsinterpretation der Wellenfunktion [5].

Schrödinger-Gleichung in Ortsdarstellung Die SCHRÖDINGER-Gleichung (5) hat in Ortsdarstellung die Form

$$\widehat{H}\phi(\vec{x}, t) = \left(-\frac{\hbar^2 \nabla^2}{2m} + U(\vec{x}, t) \right) \phi(\vec{x}, t) = i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \phi(\vec{x}, t). \quad (7)$$

Ist $\phi(\vec{x}, t) = \phi(\vec{x}) \cdot e^{i\omega t}$ und damit Eigenfunktion von $\widehat{E} = i\hbar \partial_t$, so erfüllt sie, aber auch schon ihr stationärer Anteil allein, die Eigenwertgleichung

$$\widehat{H}\phi(\vec{x}) = \left(-\frac{\hbar^2 \nabla^2}{2m} + U(\vec{x}) \right) \phi(\vec{x}) = i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \phi(\vec{x}). \quad (8)$$

Ein (nichtrelativistisches) Teilchen wird durch eine Wellenfunktion $\phi(\vec{x}, t)$ bzw. $\phi(\vec{x})$ beschrieben, die (7) bzw. (8) erfüllt.

Orts- und Impulseigenfunktionen Die SCHRÖDINGER-Gleichung besitzt Lösungen, die *nicht* zu L^2 gehören. Dazu zählen vor allem die Orts- und Impulseigenfunktionen. Nach DE BROGLIE sind Energie und Impuls proportional zu Kreisfrequenz und Wellenvektor, es ist $E = \hbar\omega, \vec{p} = \hbar\vec{k}$. Folglich ist $\langle \vec{x}|\vec{p}\rangle \propto e^{i(\vec{k}\cdot\vec{x} - \omega t)}$ (in konventionellen Einheiten). Sie ist natürlich nicht quadratintegribel, allerdings lässt sie sich beliebig durch quadratintegriblen Funktionen nähern, z.B. als extrem flaches normiertes GAUSSSches Wellenpaket

$$\lim_{\sigma \rightarrow \infty} (2\pi\sigma^2)^{-\frac{3}{4}} \exp \left\{ \frac{\vec{x} \cdot \vec{x}}{4\sigma^2} + i(\vec{k} \cdot \vec{x} - \omega t) \right\}.$$

Dabei ist σ die Standardabweichung des Betragsquadrates, nicht die der Wellenfunktion selbst. Eine Ortseigenfunktion wiederum ist in Ortsdarstellung eigentlich überhaupt keine Funktion, sondern eine irreguläre Distribution, die *DIRACsche Delta-Distribution*, umgangssprachlich auch Deltafunktion genannt; es ist $\langle \vec{x}|\vec{x}'\rangle \propto \delta(\vec{x}, \vec{x}')$ [9]. Auch sie lässt sich beliebig genau approximieren, z.B. durch eine GAUSSfunktion bzw. ein GAUSSSches Wellenpaket mit $\sigma \rightarrow 0$. Diese Möglichkeit rechtfertigt es, \mathfrak{H} um diese uneigentlichen Elemente zu erweitern.

⁴Dies muss für den letzten Ausdruck ausdrücklich gesagt werden, da sich q als (laufender) 'Index' interpretieren lässt, auf den die EINSTEINSche Summenkonvention anwendbar wäre.

Basiswechsel und FOURIER-Transformation Ein Basiswechsel zwischen $\{|\vec{x}\rangle\}$ und $\{|\vec{p}\rangle\}$ vollzieht sich via (2):

$$\langle \vec{p} | \phi \rangle = \int_{\{\vec{x}\}} \langle \vec{p} | \vec{x} \rangle \langle \vec{x} | \phi \rangle d^3x = \int_{\{\vec{x}\}} \langle \vec{x} | \vec{p} \rangle^* \langle \vec{x} | \phi \rangle d^3x \propto \int_{\{\vec{x}\}} e^{-i\vec{k}\cdot\vec{x}} \langle \vec{x} | \phi \rangle d^3x \quad (9)$$

Dies ist mit einem geeigneten Vorfaktor gerade die FOURIER-Transformation (in natürlichen Einheiten mit $\hbar = 1$)

$$G(\vec{p}) = (2\pi)^{-\frac{3}{2}} \int F(\vec{x}) e^{-i\vec{p}\cdot\vec{x}} d^3x \quad (10)$$

mit der Rücktransformation

$$F(\vec{x}) = (2\pi)^{-\frac{3}{2}} \int G(\vec{p}) e^{i\vec{p}\cdot\vec{x}} d^3p. \quad (11)$$

Nach [18, 19, 21] ist $\int_{\vec{x}} |F(\vec{x})|^2 d^3x = \int_{\vec{p}} |G(\vec{p})|^2 d^3p$, die FOURIER-Transformation ist also Normerhaltend. Dies rechtfertigt die Verwendung in der QT.

3 Erweiterung

Bereits aus der Existenz des Spins und der relativistischen QT ergibt sich, dass sich die QM hyperkomplex erweitern lässt und sogar erweitert werden muss. Wir sind jedoch zudem davon überzeugt, dass auch noch andere Erweiterungen möglich und für die Beschreibung mentaler Zustände auch erforderlich sind, die rein nichtreelle und doch zu \mathbb{C} isomorphe Unteralgebra besitzen. Es stellt sich heraus, dass die Bikomplexen Zahlen [30] dafür geeignet sind, wobei jedoch die Basis dergestalt umgeformt wird, dass die nichtreellen Basiselemente $1, i, j$ und k sich nach folgender Tabelle multiplizieren: Man erkennt, dass die Algebra keine Quaternionen-Algebra darstellt. Der Grund liegt darin, dass zwei Unteralgebren entwi-

	1	i	j	k
1	1	i	j	k
i	i	-1	$-k$	j
j	j	$-k$	$-k$	j
k	k	j	j	k

(12)

Tabelle 1: Multiplikation für eine Algebra mit nichtreeller \mathbb{C} -isomorpher Unteralgebra

ckelt werden sollen, auf denen sich mathematisch Schwingungen beschreiben und FOURIERtransformation durchführen lassen und nicht zuletzt die SCHRÖDINGER-Gleichung gelöst werden soll. Die Quaternionen-Algebra ist nicht dazu in der Lage, denn sie ist ein Schiefkörper und insbesondere eine Divisionsalgebra und alle Unteralgebren enthalten \mathbb{R} . Um eine Unteralgebra mit internem Einselement zu besitzen, muss eine Algebra jedoch insbesondere ein von 1 verschiedenes idempotentes Element enthalten, und solche Elemente sind stets Nullteiler.

Der linke obere Quadrant in Tabelle (3) stellt die Algebra der komplexen Zahlen dar. Der rechte untere Quadrant eine dazu isomorphe Unteralgebra mit Einselement, das jedoch imaginär ist.

Die hyperkomplexwertige Wellenfunktion in x -Koordinaten und ohne absplittbaren Zeitanteil vom Typus $\langle \{j, k\} \rangle$ ist

$$\phi = k e^{jx}. \quad (13)$$

Die anderen beiden Quadranten sind so gewählt, dass die Wellenfunktionen und allfällige Vorfaktoren kommutieren:

$$\phi_k = e^{ix} k e^{jx} = k e^{ix} e^{jx} = k e^{jx} e^{ix} \quad (14)$$

Betrachten wir nur die Unteralgebra $\langle \{j, k\} \rangle$.

Sie ist also solche isomorph zu den komplexen Zahlen, weshalb natürlich auch Schwingungen formalisiert werden können.

$$\begin{aligned} k e^{jx} &= k \left(1 + jx - \frac{kx^2}{2!} - \frac{jx^3}{3!} + \frac{kx^4}{4!} + -\frac{jx^5}{5!} + \dots \right) \\ &= k \cos x + j \sin x \end{aligned} \quad (15)$$

Im Folgenden wird die Wellenzahl mit $p = \hbar k$ bezeichnet, um spätere Verwechslungen mit der imaginären Einheit k zu vermeiden. Ferner wird angenommen, dass alles in natürlichen Einheiten gegeben ist, in denen $\hbar = 1$ ist.

Eine in der Physik gebräuchliche Funktion $F(x)$ lässt sich manchmal als Summe verschiedener periodischer Funktionen, meist aber zumindest als Integral über ein ganzes Kontinuum von Funktionen mit Wellenzahl p und Amplitude $G(p)$ auffassen: Dies soll im Folgenden auf zwei zunächst nicht näher spezifizierte hyperkomplexe Elemente α und β verallgemeinert werden:

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int G(p) \alpha e^{\beta p x} dp \quad (16)$$

$$G(p) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int F(x) \alpha e^{-\beta p x} dx \quad (17)$$

Ein konkreter Wert von F lässt sich mittels der Deltafunktion extrahieren, die durch die Identität

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(x) \delta(x) dx = f(0) \quad \forall f(x) \quad (18)$$

definiert ist. Daraus ergibt sich

$$F(x) = \int_{-\infty}^{\infty} F(x') \delta(x - x') dx'. \quad (19)$$

Mit der (auf α, β verallgemeinerten) integralen Darstellung der Deltafunktion

$$\delta(x - x') = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} \alpha e^{\beta p(x-x')} dx \quad (20)$$

ist dies

$$\begin{aligned} \int_{-\infty}^{\infty} F(x') \delta(x - x') dx' &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} F(x') dx' \int_{-\infty}^{\infty} \alpha e^{\beta p(x-x')} dp \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} F(x') \alpha e^{-\beta p x'} dx' \int_{-\infty}^{\infty} \alpha e^{\beta p x} dp \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} G(p) \alpha e^{\beta p x} dp. \end{aligned} \quad (21)$$

$$\begin{aligned} \int_{-\infty}^{\infty} F(x') \delta(x - x') dx' &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} F(x') dx' \int_{-\infty}^{\infty} \alpha e^{\beta p(x-x')} dp \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} F(x') \alpha e^{-\beta p x'} dx' \int_{-\infty}^{\infty} \alpha e^{\beta p x} dp \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} G(p) \alpha e^{\beta p x} dp. \end{aligned} \quad (22)$$

Daraus ergibt sich folgende Bedingung an die Exponentialfunktion:

$$\alpha e^{\beta p(x+x')} = \alpha e^{\beta p x} \cdot \alpha e^{\beta p x'} \quad (23)$$

$$\begin{aligned} \alpha e^{\beta x} \alpha e^{\beta x'} &= (\alpha \cos x + \beta \sin x)(\alpha \cos x' + \beta \sin x') \\ &= \alpha^2 \cos x \cos x' + \alpha \beta \cos x \sin x' + \beta \alpha \sin x \cos x' + \beta^2 \sin x \sin x' \\ &= \alpha \cos(x + x') + \beta \sin(x + x') \\ &= \alpha \cos(x + x') + \beta \sin(x + x') \end{aligned} \quad (24)$$

(25)

Ein Koeffizientenvergleich zeigt, dass

$$\alpha^2 = \alpha \quad \beta^2 = -\alpha \quad \alpha \beta = \beta \alpha = \beta \quad (26)$$

sein muss. Dies ist durch (3)

$$k^2 = k \quad j^2 = -k \quad ik = ki = j \quad (27)$$

erfüllt. Wir interpretieren diese Funktion 13 als nicht-energetische Funktionen, die einen Beobachter bzw. einen Beobachtereffekt formalisieren können.

Allerdings ist das Produkt dieses Anteils mit seinem komplex Konjugierten weiterhin imaginär und darf von daher nicht als Betragsquadrat bezeichnet werden. Wir werden es in Anlehnung an die englischsprachige Bezeichnung bei Binären Zahlen als **Modulus** bezeichnen. Es stellt keine Wahrscheinlichkeitsdichte für reale Messwerte dar.

$$\phi^* \phi = k e^{jx} k e^{-jx} = (k \cos x + j \sin x)(k \cos x - j \sin x) = k \quad (28)$$

Wir interpretieren den Modulus jedoch als Wahrscheinlichkeitsdichte für imaginäre Werte. Sowohl die Wellenfunktion als auch sein Modulus beschreiben nicht-energetische Funktionen, die man im Beobachterkontext frei formuliert als

psychologische Wellenfunktionen beschreiben könnte. Postuliert man, dass beide Wellenfunktionen im multiplikativen Verhältnis stehen, entsteht ein Superquant.

$$e^{ikx} k e^{jkx'} = k e^{j(x+x')} \quad (29)$$

Wir haben die Hypothese, dass immer dann wenn ein Beobachter mit einem Quantenobjekt wechselwirkt, in Wirklichkeit eine Veränderung des gesamten Metaquants entsteht. Das (imaginäre) Metaquant ist nun überall gleichzeitig im Universum, weshalb es beim Kollaps der Wellenfunktion am Ort A eben auch zu einem Kollaps der Wellenfunktion am Ort B kommt.

3.1 Bikomplexe Zahlen und ihre Ideale

Mit den Bikomplexen Zahlen und den beiden Idealen haben wir eine Algebra mit rein nichtreellen Unteralgebren gefunden, die Werte für Wellenfunktionen liefern können. Da die Algebra ein Ring mit Nullteilern ist, ist der Raum der quadratintegrierbaren bikomplexwertigen Funktionen genau genommen kein HILBERTraum und überhaupt kein Vektorraum, sondern nur ein *Modul*. Allerdings verhält sich \mathcal{J}_1 (und natürlich auch \mathcal{J}_2) *intern* wie der Körper \mathbb{C} .⁵ Daher können wir den Raum der (quadratintegrierbaren) Teilfunktionen auf den Unteralgebren im linken oberen Quadranten einerseits und im rechten unteren Quadranten andererseits als zwei verschiedene HILBERTräume in einem verallgemeinerten Sinn auffassen. In \mathbb{C}_1 und in \mathcal{J}_1 muss also die Formulierung einer SCHRÖDINGER-Gleichung und eine Entwicklung nach periodischen Funktionen (die selbst natürlich nicht normierbar sind) möglich sein, also eine FOURIER-Transformation.

3.1.1 Wellenfunktionen mit Werten aus einem der Ideale

$$\phi_1(\vec{x}, t) \propto e^{i(\vec{p}\cdot\vec{x} - Et)}. \quad (30)$$

Wenn wir ϕ_1 mit ϕ_2 bezeichnen und als Wellenfunktion mit Werten aus der Unteralgebra $\mathbb{C}_1 \subset \mathbb{C} \otimes \mathbb{C}$ auffassen, so hat ihr Pendant mit Werten aus $\mathcal{J}_1 \subset \mathbb{C} \otimes \mathbb{C}$ mit demselben Wellenvektor \vec{p} und Kreisfrequenz E die Form

$$\phi_2(\vec{x}, t) \propto k e^{j(\vec{p}\cdot\vec{x} - Et)}. \quad (31)$$

Wie ϕ_1 ist ϕ_2 als periodische Funktion eine Eigenfunktion eines Wellenvektor- und des Frequenzoperators, sollte also auch eine Impuls- bzw. Wellenvektordarstellung haben, die sich durch eine FOURIER-Transformation ergibt. Dabei genügt zur Demonstration des Prinzips eine Dimension völlig. Es ist

$$\phi_2(p) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} \phi_2(x) k e^{-jpx'} dx' = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} k e^{j(p(x-x') - Et)} dx' = k \delta(x - x') e^{jEt}. \quad (32)$$

Entsprechendes geschieht auch bei der Anwendung der \mathcal{J}_1 -Fourier-Transformation auf ϕ_1 . Diese Befunde physikalisch zu interpretieren, wird Gegenstand weiterer Untersuchungen sein.

3.1.2 Wellenfunktionen mit rein imaginären Grössen

Die klassische Hamiltonfunktion ist

$$H = \frac{p^2}{2m} + V \quad (33)$$

In der Quantenmechanik wird der klassische Wert durch einen mittlere Wert des Teilchens im Ortsraum ersetzt.

$$\langle a(t) \rangle = \int a |\phi(r, t)|^2 d^3 r \quad (34)$$

Es gibt eine Wellenfunktion im Ortsraum wie auch im Impulsraum, die durch eine Fouriertransformation ineinander umgerechnet werden kann.

$$\psi(r, t) = \frac{1}{(2\pi\hbar)^{\frac{3}{2}}} k \exp^{\frac{j}{\hbar} \vec{p}\vec{r}} \psi(p, t) d^3 p \quad (35)$$

$$\psi(p, t) = \frac{1}{(2\pi\hbar)^{\frac{3}{2}}} k \exp^{-\frac{j}{\hbar} \vec{p}\vec{r}} \psi(r, t) d^3 r \quad (36)$$

Wir brauchen später noch 2 Deltafunktionen.

$$\delta(\vec{r} - \vec{r}') = \frac{1}{(2\pi\hbar)^2} k \exp^{\frac{j}{\hbar} \vec{p}(\vec{r} - \vec{r}')} d^3 p \quad (37)$$

und

$$\delta(\vec{p} - \vec{p}') = \frac{1}{(2\pi\hbar)^2} \exp^{-\frac{j}{\hbar} \vec{r}(\vec{p} - \vec{p}')} d^3 r \quad (38)$$

⁵Bis auf die Division, die wegen des Charakters von \mathcal{J}_1 als echtem Ideal seiner Oberalgebra nicht definiert ist.

Eine Wellenfunktion ist nicht immer quadratintegrabel, deshalb fordert man eine Periodizität der Wellenfunktion

$$\psi(x, y, z, t) = \psi(x + L_x, y, z, t) = \psi(x, y + L_y, z, t) = \psi(x, y, z + L_z, t) \quad (39)$$

Diese Fehlannahme ist für Ereignisse in atomaren Dimensionen völlig ohne Auswirkungen, wenn L_x , L_y und L_z genügend gross sind.

Die Wellenfunktion verschwindet nicht mehr auf der Oberfläche, sondern hebt sich weg, der Impuls nimmt jetzt diskrete Werte an.

Aus dem Fourierintegral wird eine Summe

$$\psi(r, t) = \frac{1}{\sqrt{V}} \sum_p c_p(t) k \exp \frac{i}{\hbar} \vec{p} \vec{r} \quad (40)$$

Die Koeffizienten sind die Wahrscheinlichkeit, das das Teilchen den konkreten Impuls hat.

$$c_p(t) = \frac{1}{\sqrt{V}} k \exp^{-\frac{i}{\hbar} \vec{p} \vec{r}} \psi(r, t) d^3 r \quad (41)$$

Aus (38) wird

$$\delta_{\vec{p} \vec{p}'} = \frac{1}{V} \int k \exp^{-\frac{i}{\hbar} \vec{r}(\vec{p} - \vec{p}')} d^3 r \quad (42)$$

Der Erwartungswert des Impulses ist

$$\langle p \rangle = \int \psi^*(p, t) \vec{p} \psi(p, t) d^3 p \quad (43)$$

Die Messgröße hängt sowohl vom Ort als auch den Impuls ab. Es wird in der nachfolgenden Gleichung die Funktion durch die Fouriertransformierte der Funktion ersetzt.

Die weiteren Zwischenergebnisse würden

$$\frac{\hbar k}{j} \nabla_r \quad (44)$$

lauten, aber wegen

$$i \cdot j = j \cdot i = -k \quad (45)$$

ist die Unteralgebra $\langle j, k \rangle$ keine Divisionsalgebra ist und es darf nicht durch j dividiert werden und es lautet stattdessen

$$- \hbar j \nabla_r \quad (46)$$

Es ist nach dem Gausschen Satz

$$\hbar j \int_V \nabla_r (k \exp \frac{-i}{\hbar} \vec{p} \vec{r} \psi(r, t)) d^3 r = \hbar j \int_O (k \exp \frac{-i}{\hbar} \vec{p} \vec{r} \psi(r, t)) dO \quad (47)$$

Wegen (37) und (47)

$$\begin{aligned} & \int \vec{p} k \exp \frac{-i}{\hbar} \vec{p} \vec{r} \psi(r, t) d^3 r = \hbar j \int (\nabla_r k \exp \frac{-i}{\hbar} \vec{p} \vec{r}) \psi(r, t) d^3 r \\ & = \hbar j \int \nabla_r (k \exp \frac{-i}{\hbar} \vec{p} \vec{r} \psi(r, t)) d^3 r \\ & - \hbar j \int k \exp \frac{-i}{\hbar} \vec{p} \vec{r} \nabla_r \psi(r, t) d^3 r \end{aligned} \quad (48)$$

verschwindet das 1. Integral auf der Oberfläche und es ist der Mittelwert des Impulses

$$\begin{aligned} \langle p \rangle & = \int \psi^*(p, t) \vec{p} \psi(p, t) d^3 p \\ & = \frac{1}{(2\pi\hbar)^3} \int k \exp \frac{i}{\hbar} \vec{p} \vec{r}' \psi^*(r', t) \vec{p} k \exp \frac{-i}{\hbar} \vec{p} \vec{r} \psi(r, t) d^3 r d^3 r' d^3 p \\ & = \frac{1}{(2\pi\hbar)^3} \int k \exp \frac{i}{\hbar} \vec{p}(\vec{r}' - \vec{r}) \psi^*(r', t) - \hbar j \nabla_r \psi(r, t) d^3 r d^3 r' d^3 p \\ & = \int \psi^*(r', t) \delta(r - r') \nabla_r \psi(r, t) d^3 r d^3 r' \\ & = \int \psi^*(r', t) (-\hbar j \nabla_r) \psi(r, t) d^3 r \\ & = -\hbar j \nabla_r \\ & = -\hbar j \nabla_r \end{aligned} \quad (49)$$

3.1.3 Operatoren und Schrödinger-Gleichung

Die Funktion ϕ_2 ist die einzigste Funktion, die im Raum $\langle j, k \rangle$ eine Schwingung beschreibt und eine Fouriertransformation zulässt. Der quantenmechanische Operator wurde mit Hilfe von (49) heuristisch hergeleitet und was das physikalisch bedeutet, wenn man den Operator mit Werten \mathbb{C} auf eine Wellenfunktion mit Werten aus \mathcal{J} und umgekehrt anwendet, muss noch betrachtet werden.

Wie ϕ_1 ist auch ϕ_2 Eigenfunktion des Wellenvektor-Operators $-i\partial_x$ zum Eigenwert p :

$$-i \frac{\partial}{\partial x} \phi_2 = -i \cdot j p k e^{j(px-Et)} = -i \cdot j p e^{j(px-Et)} = p k e^{j(px-Et)} = p \phi_2 = -j \frac{\partial}{\partial x} \phi_2 \quad (50)$$

Wendet man dessen k -faches $k \cdot (-i)\partial_x = -j\partial_x$ auf $\phi_1(x)$ an, so erhält man via

$$-j \frac{\partial}{\partial x} \phi_1 = -j \cdot i p e^{i(px-Et)} = -j \cdot i p e^{i(px-Et)} = p k e^{i(px-Et)} = k p \phi_1 = k \cdot -i \frac{\partial}{\partial x} \phi_1, \quad (51)$$

den nichtreellen Eigenwert $k p$. Die Anwendung des letzteren Operators auf ϕ_2 ergibt hingegen

$$-j \frac{\partial}{\partial x} \phi_2 = -j \cdot j p k e^{j(px-Et)} = -j \cdot j p e^{j(px-Et)} = p k e^{j(px-Et)} = p \phi_2 = k p \phi_2, \quad (52)$$

d.h. die ϕ_2 ist sowohl Eigenfunktion dieses Operators zu $k p$ als auch zu p . Auch dieses Resultat ruft nach einer physikalischen Interpretation, die Gegenstand künftiger Untersuchungen sein wird. Es scheint sich jedoch eines abzuzeichnen: Ein *eindeutig* nicht-reeller Eigenwert ergibt sich nur dann, wenn der *Operator*, nicht aber die *Wellenfunktion* Werte aus \mathcal{J}_1 hat. Als Eigenfunktion des Impuls- bzw. Wellenvektors zum Eigenwert p ist ϕ_2 selbstverständlich auch Lösung der SCHRÖDINGER-Gleichung (53), aber auch ihres k -fachen

$$\hat{H}_{\mathcal{J}_2} \phi_2 = k \left(\frac{-\nabla^2}{2m} + U(\vec{x}) \right) \phi_2 = E \phi_2 = k E \phi_2. \quad (53)$$

3.1.4 Modulus

Als "Modulus", eine Art Verallgemeinerung des Betragsquadrates, wird im Folgenden das Produkt eines Elements der Gesamtalgebra mit dem *formal* Konjugierten verstanden.⁶ Dabei können und müssen die Regeln für die Konjugation geeignet festgelegt werden. Nach Meinung des Autoren muss der Modulus in imaginären Räumen so gebildet werden, das die Längen der Vektoren analog wie im komplexen Raum bestimmt werden können, das im Ergebniss wie bei dem Betragsquadrat das Einselement des Raumes mal dem Betrag des Vektors im jeweiligen Raum steht. Das konjugierte zu k ist deshalb nicht minus k , sondern k , weil

$$k \cdot k = k \text{ und nicht wie bei den Quaternionen } k \cdot k = -1 \quad (54)$$

Die Begründung lässt sich m.E. dadurch rechtfertigen, dass bei der reellen Matrixdarstellung Komplexer Zahlen die Konjugation zu einer Transposition wird. Wenn die reelle Matrixdarstellung von k (die es in jedem Fall gibt, weil die Algebra assoziativ ist) symmetrisch ist, die von j jedoch antisymmetrisch, ist es auch meiner Meinung nach gerechtfertigt und keine reine Willkür. Um aber nichts mathematisch Unsinniges zu erzählen, muss gecheckt werden, ob es eine allgemeine mathematisch verbindliche Bedeutung dieses Wortes gibt und wenn ja, was sie bedeutet.

Falls wir mit k die Ordinate und mit j die Abszisse eines Vektors bezeichnen, so ist a die Projektion des Vektors auf die Ordinate und b auf die Abszisse, so ist $\sqrt{a^2 + b^2}$ der Betrag des Vektors.

$$\begin{pmatrix} ka \\ jb \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} ka \\ -jb \end{pmatrix} = k \cdot (a^2 + b^2) \quad (55)$$

Genauso verhält es sich bei den Spins, die Wellenfunktion ist

$$\phi = c_1 |\uparrow\rangle + c_2 |\downarrow\rangle \quad c_i = \alpha k + \beta j \quad \alpha, \beta \in R \quad (56)$$

wobei die Summe der Quadrate das Einselement des Raumes mal den Wert 1 ergeben müssen, dies ist ebenfalls nur möglich bei dieser Definition der Konjunktion

Für den Fall, dass k wegen seiner Idempotenz **kein** Vorzeichen erhält, **obwohl** es als imaginäre Einheit bezeichnet wird, hat der untere rechte Quadrant den Modulus

$$\begin{aligned} k e^{jpx} k e^{-jpx} &= (k \cos(px) + j \sin(px))(k \cos(px) - j \sin(px)) \\ &= k^2 \cos^2(px) - j^2 \sin^2(px) \\ &= k (\cos^2(px) + \sin^2(px)) \\ &= k \end{aligned} \quad (57)$$

Wir halten die Annahme für begründet, dass die Wellenfunktionen beider HILBERTräume in gleicher Weise kollabieren. Allerdings ist der verallgemeinerte Modulus der Wellenfunktion imaginär, was zum Ausdruck bringt, dass der Zustand nicht gemessen werden kann.

⁶Das eigentliche Konjugierte eines \mathcal{J}_1 -Elements ist eines aus \mathcal{J}_2 , also ein Nullteiler-Partner.

3.2 Gesamtwellenfunktion

3.2.1 Addition der Wellenfunktionen zu einer Superwellenfunktion

In der Superwellenfunktion sollen die Schwingungen mit Werten aus den Unteralgebren $\mathbb{C}_1 = \langle \{1, i\} \rangle$ und $\mathcal{J}_1 = \langle \{j, k\} \rangle$ erkennbar bleibt. Ziel ist es daher, zu zeigen, dass sie die Form

$$\gamma e^{ix} + \delta k e^{jx} = e^{(\alpha + \beta j)x} \quad (58)$$

haben muss. Da eine Kosinusreihe mit einer Eins anfängt, muss für eine Schwingung $(\alpha, \beta \in \mathbb{R})$ und zwei zunächst als verschieden angenommene Variablen x und x^* folgendes gelten

$$\begin{aligned} e^{\alpha ix + \beta j x^*} &= 1 + \alpha ix + \beta j x^* + \frac{(\alpha ix + \beta j x^*)^2}{2!} + (\alpha ix + \beta j x^*) \frac{(\alpha ix + \beta j x^*)^2}{3!} + \dots \\ &= 1 + \alpha ix + \beta j x^* + \frac{1}{2}(-\alpha^2 x^2 + k(-\beta^2 x^{*2} - 2\alpha\beta x x^*)) + \\ &+ (\alpha ix + \beta j x^*) \frac{-\alpha^2 x^2 + k(-\beta^2 x^{*2} - 2\alpha\beta x x^*)}{3!} \end{aligned} \quad (59)$$

Eine Kosinusreihe ist nur unter der Voraussetzung möglich, dass $x^* = x$ ist, da der k -Term in der oberen Reihe wegfallen muss. Mit der Multiplikationstabelle (3) ist eine Sinusschwingung unter Einfügung von Koeffizienten möglich

$$\begin{aligned} e^{(ib+jc)x} &= 1 + (ib+jc)x + \frac{(ib+jc)^2}{2!} + (ib+jc) \frac{(ib+jc)^2}{3!} \\ &= 1 + (ib+jc)x + [-b^2 + j(-c^2 - bc)] \frac{x^2}{2!} + (ib+jc)(ib+jc)^2 \frac{x^3}{3!} + \dots \\ &= 1 + (ib+jc)x - \frac{x^2}{2!} - (ib+jc) \frac{x^3}{3!} \\ &\quad -b^2 + k(-c^2 - 2bc) = -1 \end{aligned} \quad (60)$$

$$b^2 = 1 \quad (61)$$

Fall 1 $b = 1$

$$-c^2 - 2c = 0 \quad c = -2 \quad (62)$$

Fall 2 $b = -1$

$$-c^2 + 2c = 0 \quad c = 2 \quad (63)$$

$$e^{(i-2j)x} = \cos x + i \sin x - 2j \sin x \quad (64)$$

oder

$$e^{-(i-2j)x} = \cos x - i \sin x + 2j \sin x \quad (65)$$

Ansatz

$$\begin{aligned} (\alpha + \beta k)(\cos x + i \sin x - 2j \sin x) &= \alpha \cos x + k\beta \cos x \\ &+ \alpha i \sin x - 2\alpha j \sin x + \beta k i \sin x - 2\beta k j \sin x \\ &= \alpha \cos x + k\beta \cos x + \alpha i \sin x - 2\alpha j \sin x - \beta j \sin x \\ &= \alpha \cos x + k\beta \cos x + \alpha i \sin x + (-2\alpha j - \beta j) \sin x \end{aligned} \quad (66)$$

$$\gamma e^{ix} + \delta k e^{jx} = \gamma \cos x + i\gamma \sin x + \delta k \cos x + \delta j \sin x = \alpha \cos x + k\beta \cos x + \alpha i \sin x + (-2\alpha j - \beta j) \sin x \quad (67)$$

Dies ergibt folgende Bedingungen

$$\alpha = \gamma \quad \beta = \delta \quad -2\alpha = \delta + \beta = 2\delta \quad (68)$$

Ein Beispiel für eine Superwellenfunktion ist

$$e^{ix} - k e^{jx} = (1 - k) e^{(i-2j)x} \quad (69)$$

Insgesamt ergibt dies unter Benutzung der Konjugation der Einheiten

$$\alpha((1 - k) \cos x + (i - j) \sin x) \alpha((1 - k) \cos x - (i - j) \sin x) \quad (70)$$

$$= (1 - k)(\cos^2 x + \sin^2 x) \quad (71)$$

Dies bedeutet, dass die Wellenfunktion im $\langle 1, i \rangle$ Raum immer ein anderes Vorzeichen hat wie die im $\langle j, k \rangle$ Raum.

3.2.2 Multiplikation der Wellenfunktionen zu einer Superwellenfunktion

Bei der Superwellenfunktion sind die Einzelschwingungen mit Werten aus den Unteralgebren $\mathbb{C}_1 = \langle \{1, i\} \rangle$ und $\mathcal{J}_1 = \langle \{j, k\} \rangle$ nicht mehr erkennbar, die komplexe Wellenfunktion kollabiert, aber mit welchem Vorgang beschreibt man die Wechselwirkung der zwei Wellenfunktionen, mit einer Verschränkung im hyperkomplexen Raum. Ein Vorfaktor der Form $(a_0 + a_1 i + a_2 j + a_3 k)$ muss immer erlaubt sein und darf die Physik nicht verändern, sofern das Verhältnis der einzelnen Anteile gleich bleibt. Ein Zustand ist nie durch einen einzelnen Zustandsvektor, sondern durch jedes beliebige Vielfache davon repräsentiert.

$$\phi = e^{i\vec{p}\vec{x}} k e^{j\vec{p}\vec{x}^*} = (\cos \vec{p}\vec{x} + i \sin \vec{p}\vec{x})(k \cos \vec{p}\vec{x}^* + j \sin \vec{p}\vec{x}^*) \quad (72)$$

$$\begin{aligned} &= \cos \vec{p}\vec{x} \cos \vec{p}\vec{x}^* + i j \sin \vec{p}\vec{x} \sin \vec{p}\vec{x}^* \\ &+ j \cos \vec{p}\vec{x} \sin \vec{p}\vec{x}^* + k i \sin \vec{p}\vec{x} \cos \vec{p}\vec{x}^* \\ &= \cos(\vec{p}(x + x^*)) + \sin(\vec{p}(x + x^*)) \end{aligned} \quad (73)$$

$$= k e^{j\vec{p}(\vec{x} + \vec{x}^*)} \quad (74)$$

3.3 Relativitätstheorie

Die Ereignisse passieren im vierdimensionalen Minkowskiraum, dabei vereinfachen wir dahingehend, das der eine Beobachter bei $x = 0$ ruht und der andere sich mit konstanter Geschwindigkeit auf der x-Achse sich von ihm wegbewegt. Die beiden Koordinatensystem stimmen in den Punkten

$$x = x' = ct = ct' = 0 \quad (75)$$

überein.

Die x' -Achse ist um den Winkel $\alpha = \arctan \frac{v}{c}$ positiv und die ct' -Achse um den gleichen Winkel negativ gedreht.

Alle Ereignisse parallel zur jeweiligen Wegachse passieren für den jeweiligen Beobachter gleichzeitig.

Wenn ein beliebiges Ereignis im Punkt A des Raumes passiert, hier eine Spinnmesung des Teilchens 1, dann passiert das für die jeweiligen Beobachter zu unterschiedlichen Zeiten.

Man verschiebt die jeweilige Ortsachse parallel zum Punkt A und der Schnittpunkt der verschobenen Orstachse mit der Zeitachse ist der Zeitpunkt, indem man das Ereignis sieht.

Dabei muss festgestellt werden, das der bewegte Beobachter das Ereignis eher sieht.

$$ct' < ct \quad (76)$$

3.4 Verzögertes Quantenradiererexperiment

Der koreanischer Wissenschaftler hat 1999 ein verzögertes Quantenradiererexperiment durchgeführt, daraufhin muss man die These des sofortigen Kollaps der Wellenfunktion revidieren.

Nachdem ein Photon durch den linken Spalt des Doppelspaltes geflogen ist, wird es zu 2 verschränkten Teilchen durch ein Beta-Bariumborat Kristall mit halber Frequenz umgewandelt, dieselbe passiert mit dem Photon des rechten Spaltes. Zwischen den 5 gleichen Detektoren und dem Kristall befinden sich Strahlteiler, welche 50 Prozent der Photonen emittieren und die anderen 50 Prozent reflektieren.

Photonen, die durch den oberen Spalt geflogen sind und sich somit auf dem roten Pfad be

nden, können nur die Sensoren D1, D2 und D4 erreichen können, allerdings nicht Sensor D3. Auf welchen der drei möglichen Sensoren ein Photon trifft, hängt von den Zufallsprozessen an den grünen Spiegeln ab, aber bei einem dieser drei Sensoren muss das Photon zwangsläufig landen. Analog gilt für den türkisen Pfad, dass Photonen, die durch den unteren Spalt geflogen sind, nur in den Sensoren D1, D2 oder D3 landen können, niemals jedoch im Sensor D4. Dadurch sollte klar sein, dass ein vom Sensor D4 erfasstes Photon, zwangsläufig

g durch den oberen Spalt geflogen sein muss, weil es für Photonen, die durch den unteren Spalt geflogen sind, keine Möglichkeit Sensor D4 zu erreichen.

Für Photonen, die in den Sensoren D1 und D2 landen, lässt sich nicht feststellen, durch welchen der beiden Spalte sie ursprünglich geflogen sind, denn zu diesen beiden Sensoren führt sowohl ein roter als auch ein türkiser Pfad.

Die Sensoren D1 bis D4 sind identische Sensoren, sie können messen, ob ein Photon auf den Sensor getroffen ist, dabei zeichnen sie jedoch kein Bild auf sondern liefern nur die Information, dass ein Photon gemessen wurde. Sensor D0 hingegen funktioniert ähnlich wie eine Kamera, er zeichnet also die genaue Position auf, wo das Photon auf den Schirm getroffen ist.

Die Pfadlängen in diesem Experiment sind so ausgelegt, dass das nach oben Richtung gelber Linse abgelenkte Photon stets zu erst auf Sensor D0 trifft, bevor das Partnerteilchen überhaupt auf den ersten grünen Spiegel geschweige denn die Sensoren D1 bis D4 treffen kann. Somit erfolgt das Ergebnis der Messung beim Sensor D0 immer zuerst und dann mit leichter Der Coincidence Counter am rechten Rand übernimmt die Auswertung der Ergebnisse der Messdaten. Er stellt quasi die Verbindung zwischen dem Ergebnis von Sensor D0 mit den Ergebnissen der anderen 4 Sensoren her. Er kann

somit jeden einzelnen Lichtpunkt, der von einem Photon auf dem Sensor D0 erzeugt wurde, zu einem der vier Sensoren D1 bis D4 zuordnen bei dem das zugehörige Partnerphoton gelandet ist. Somit wird es möglich, die Daten von Sensor D0 in 4 Einzelbilder aufzuspalten, die jeweils einem der Sensoren D1 bis D4 zugeordnet werden können.

Das folgende Bild zeigt die Rohdaten von Sensor D0 links oben. Diese Rohdaten weisen nur ein breites helles Band in der Mitte des Schirms auf und liefern in diesem Rohzustand keine verwertbaren Aussagen über das Experiment. Erst wenn man jedes einzelne Photon, das von Sensor D0 gemessen wurde, dem jeweiligen Sensor D1 bis D4 zuordnet, wo das Partnerphoton gemessen wurde, wird plötzlich ein Muster sichtbar

Wenn man sich die aufgespaltenen Sensordaten in der rechten Spalte anschaut, fällt auf, dass die den Sensoren D1 bzw. D2 zugeordneten Messdaten ein Interferenzmuster aufweisen, während die den Sensoren D3 bzw. D4 zugeordneten Messdaten kein Interferenzmuster aufweisen.

Für Photonen, welche auf die Sensoren D1 oder D2 getroffen sind, ist es unmöglich festzustellen, durch welchen Spalt sie geflogen sind, denn diese Information wurde durch die Zufallsprozesse an den grünen Spiegeln quasi "gelöscht". Das verschränkte Partnerphoton erzeugt in diesen Fällen stets ein Interferenzmuster, genauso wie beim einfachen Doppelspaltexperiment ohne Photonensensoren am Doppelspalt.

Für Photonen, welche auf die Sensoren D3 oder D4 getroffen sind, ist klar identifizierbar durch welchen Spalt sie geflogen sein müssen. Das verschränkte Partnerphoton erzeugt in diesem Fall kein Interferenzmuster, genauso wie beim einfachen Doppelspaltexperiment mit Photonensensoren am Doppelspalt.

Das Problem mit diesem Ergebnis ist, dass das verschränkte Photon, das nach oben Richtung gelber Linse abgelenkt wird, auf den Sensor D0 trifft, bevor sein Partnerphoton auf den ersten grünen Spiegel trifft. Zu diesem Zeitpunkt kann das obere Photon eigentlich noch gar nicht wissen, ob es ein Interferenzmuster bilden muss oder nicht, denn durch die längere Laufzeit des unteren Pfads, ist die Entscheidung, auf welchen Sensor das untere Photon treffen wird, noch gar nicht gefallen.

Wie kann das obere Photon in jeder einzelnen Messung bereits vorher wissen, welchen Weg das untere Photon durch die grünen Spiegel wählen wird? Es kann es nicht wissen, weil die Entscheidung ein Zufallsprozess ist und trotzdem weiss das obere Photon in jedem einzelnen Fall bescheid, sonst würden wir nicht ein Interferenzmuster in den Daten sehen, die Sensor D1 bzw. D2 zugeordnet wurden allerdings kein Interferenzmuster in den Daten, die Sensor D3 bzw. D4 zugeordnet wurden.

Was sagen Wissenschaftler zum Ergebnis dieses Experiments? Wenn man versucht die Ergebnisse des Delayed Choice Quantum Eraser Experiments mit Newton'scher Physik und aus einer rein materialistischen Weltsicht heraus zu erklären, steht man vor einer unlösbaren Aufgabe. Aus diesem Grund machen viele Wissenschaftler einen Bogen um das Thema, denn es scheint auf den ersten Blick so, als ob hier gegen unser Verständnis von Kausalität und Zeit verstossen wird.

3.5 Informationen ausserhalb unserer 3D-Realität

Unsere Welt umfasst die physische Realität, die sich in der $\langle 1, k \rangle$ -Ebene abspielt und die psychologische, die sich in der $\langle j, k \rangle$ -Ebene abspielt.

Wir postulieren eine Meta-Ebene jenseits unserer Realität, in der alle Informationen über unsere Realität gespeichert sind. Höherdimensionale Welten sind uns unter anderen aus der Stringtheorie bekannt. Die Informaton sind in der Metaebene an der gleichen Stelle gespeichert, bei Änderung des Spins des Teilchens A ändert sich der Spin des anderen Teilchens. Wenn am Teilchen 1 des verschränkten Systems Spin-up gemessen wird, ist der Spin am Teilchen 2 Spindown und umgekehrt.

In der Physik sorgt dieser von Einstein als "spukhafte Fernwirkung" bezeichneten Effekt schon seit Jahrzehnten für Verwunderung, denn es scheint, als ob hier Informationen zwischen den verschränkten Teilchen schneller als mit Lichtgeschwindigkeit übertragen werden, was die Relativitätstheorie verletzen würde.

Die eigentliche Information über die Teilchen liegt auf der Meta-Informationsebene ausserhalb unserer 3D-Realität. Unsere Realität wird basierend auf diesen Informationen erzeugt, deshalb der Begriff virtuelle Realität. Wenn der Spin des linken Teilchens umgepolt wird, liegt diese Information sofort und ohne Zeitverzögerung auf der Meta-Informationsebene vor. Mit zur Zeit verfügbarer Technologie kann man zwar den Spin der Teilchen messen, man kann den Spin jedoch nicht beliebig ändern bzw. umpolen. Da die Informationen über beide Teilchen auf der Meta-Informationsebene quasi an der selben Stelle gespeichert ist, ändert sich nicht nur die Information des umgepolteten Teilchens sondern die Information des Partnerteilchens ändert sich direkt mit.

Da allerdings das Partnerteilchen in unserer 3D-Realität auch nur aus den Informationen erzeugt wird, die über es auf der

Meta-Informationsebene vorliegen, ändert sich deshalb sein Spin in unserer Realität ebenfalls ohne irgendeine zeitliche Verzögerung.

Es wird also keine Information innerhalb der 3D-Realität zwischen beiden Teilchen übertragen. Und da keine Information innerhalb der 3D-Realität übertragen wurde, wurde auch nicht die Realitätsstheorie verletzt. Der Kernpunkt ist, die Information wurde außerhalb unserer 3D-Realität übertragen und nicht innerhalb.

Die Metafunktion des Spins ist

$$\Xi_{\text{singulett}} = \frac{1}{\sqrt{2}} (|\uparrow\rangle_1 |\downarrow\rangle_2 + k |\uparrow\rangle_1 |\downarrow\rangle_2 - |\uparrow\rangle_2 |\downarrow\rangle_1 + k |\uparrow\rangle_2 |\downarrow\rangle_1) \quad (77)$$

$$= \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}_1 \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}_2 + \begin{bmatrix} k \\ 0 \end{bmatrix}_1 \begin{bmatrix} 0 \\ k \end{bmatrix}_2 - \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}_1 \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}_2 - \begin{bmatrix} 0 \\ k \end{bmatrix}_1 \begin{bmatrix} k \\ 0 \end{bmatrix}_2 \right) \quad (78)$$

Nach dem Messen und dem Kollaps ist die Wellenfunktion

$$\Xi_{\text{singulett}} = \frac{1}{\sqrt{2}} (|\uparrow\rangle_1 |\downarrow\rangle_2 + k |\uparrow\rangle_1 |\downarrow\rangle_2) \quad (79)$$

$$= \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}_1 \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}_2 + \begin{bmatrix} k \\ 0 \end{bmatrix}_1 \begin{bmatrix} 0 \\ k \end{bmatrix}_2 \right) \quad (80)$$

$$\Xi_{\text{singulett}} = \frac{1}{\sqrt{2}} (|\downarrow\rangle_1 |\uparrow\rangle_2 + k |\downarrow\rangle_1 |\uparrow\rangle_2) \quad (81)$$

$$= \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}_1 \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}_2 + \begin{bmatrix} 0 \\ k \end{bmatrix}_1 \begin{bmatrix} k \\ 0 \end{bmatrix}_2 \right) \quad (82)$$

Für ein einzelnen Spin, dessen physikalischen und psychologischen Komponenten als Metafunktion additiv verknüpft sind, gilt

$$\Xi = (1 + k) |\downarrow\rangle_1 \quad (83)$$

$$\Xi^* = (2 - k) |\downarrow\rangle_1 \quad (84)$$

Dies muss noch normiert werden

$$\Xi \Xi^* = |\downarrow\rangle_1 \quad (85)$$

4 EPR mit Ort und Impuls

4.1 Verschränkung und mögliche Messwerte der physikalischen Wellenfunktion beim EPR-Experiment

Der Metaraum setzt sich zusammen aus der additiven Verknüpfung der physikalischen und psychologischen Wellenfunktion. Es wurde durch die Konjugation der bikomplexen Algebra ein Mittel gefunden, um die physikalischen Ergebnisse durch Wechselwirkungen der zwei Wellenfunktionen zu beschreiben.

Bei der multiplikativen Verknüpfung konnte keine Algebra gefunden werden, ausserdem kann man in der Metafunktion nicht mehr die zwei Schwingungen der Unterräume nicht mehr erkennen.

Es lässt sich der Gesamtzustand im diskreten Fall durch eine Summe von Eigenfunktionen schreiben

$$\Phi(x_1, x_2) = \sum_{n=0}^{\infty} c_n \phi_n(p_n, x_2) u_n(p_n, x_1) \quad (86)$$

Durch Übergang vom Diskreten zum Kontinuierlichen wird aus der Summe über den Index n ein Integral über die Variable p , wobei p speziell als Impuls interpretiert werden kann.

$$\Phi(x_1, x_2) = \int_{-\infty}^{\infty} \tilde{\Phi}(p) \phi(p, x_2) u(p, x_1) dp \quad (87)$$

Die Impulseigenfunktion des Teilchens 1 lautet

$$\Phi(x_1) = e^{ip(x_1-x)} \quad (88)$$

Durch Anwenden des hermiteschen Operators der Observable auf die Summe der Eigenfunktionen erhält man die möglichen Messwerte.

$$-i \frac{\partial}{\partial x_{1M}} e^{i(x_{1M}-x_{2M}+x_{0M})p} = p e^{i(x_{1M}-x_{2M}+x_{0M})p} \quad (89)$$

Dieser Messwert hat als Werte ein Kontinuum.

Die zugehörige Impulseigenfunktion des mit ihm zu verschränkenden Teilchens 2 lautet

$$\Phi(x_2) = e^{ip(x_2+x)} \quad (90)$$

Die möglichen Messwerte sind

$$-i \frac{\partial}{\partial x_{2M}} e^{i(x_{1M}-x_{2M}+x_{0M})p} = -p e^{i(x_{1M}-x_{2M}+x_{0M})p} \quad (91)$$

Dies bedeutet, der Messwert steht schon nur durch Messung des Teilchen 1 fest. Im Grenzwert des kontinuierlichen Falles geht die Summe 99 in ein Integral über. Es ergibt sich der Gesamtwellenzustand des Systems nach der Multiplikationstabelle (3).

$$\begin{aligned} \phi(x_1, x_2) &= \int_{-\infty}^{\infty} \tilde{\Phi}(p) \phi(x_1) \phi(x_2) dp \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} \tilde{\Phi}(p) e^{ip(x-x_2+x_0)} e^{ip(x_1-x)} dp \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} \tilde{\Phi}(p) e^{ip(x_1-x_2+x_0)} dp \end{aligned} \quad (92)$$

$\tilde{\Phi}(p)$ ist die Amplitude der Funktion, diese kann aber nicht bestimmt werden, weil die einzelnen komplexen Koeffizienten der Fourierreihe, deren Quadrat die Wahrscheinlichkeit der Eigenfunktionen angibt, nicht bestimmt werden können. Die Ortseigenfunktionen des Teilchen 1 sind

$$\phi_x(x_1) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{\frac{i\tilde{p}(x_1-x)}{h}} = \delta(x_1 - x) \quad (93)$$

und des Teilchen 2 sind

$$\phi_x(x_2) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{\frac{i\tilde{p}(x-x_2+x_0)}{h}} = \delta(x - x_2 + x_0) \quad (94)$$

Ähnlich wie (92), kann man den Gesamtzustand des Systems aus zwei verschränkten Teilchen nach den Ortseigenfunktionen entwickeln.

$$\phi(x_1, x_2) = \int_{-\infty}^{\infty} \tilde{\Phi}(p) \phi_x(x_1) \phi_x(x_2) dx = \int_{-\infty}^{\infty} \tilde{\Phi}(p) \delta(x_1 - x) \delta(x - x_2 + x_0) dx = \int_{-\infty}^{\infty} \tilde{\Phi}(p) \delta(x_1 - x_2 + x_0) dx \quad (95)$$

Einstein limitierte die Superposition auf die Fälle, in welchen der Gesamtimpuls verschwindet, das lässt sich im Schwerpunkt des Systems erreichen, und die Teilchen haben wegen der Deltafunktion einen konstanten Abstand zueinander. Der Gesamtzustand in der Diracnotation ist

$$|\phi\rangle_{EPR} = \sum_{p_1, p_2} \delta(p_1 + p_2) |p_1\rangle |p_2\rangle = \sum_{x_1, x_2} \delta(x_1 - x_2 + x_0) |x_1\rangle |x_2\rangle. \quad (96)$$

Mit der Messung des Impulses des einen Teilchen in einem System ist der Impuls des anderen automatisch bestimmt, dies gilt in der gleichen Weise für den Ort.

$$-i \frac{\partial}{\partial x_{2M}} e^{i(x_{1M}-x_{2M}+x_{0M})p} = -p e^{i(x_{1M}-x_{2M}+x_{0M})p} \quad (97)$$

4.2 Verschränkung und mögliche Beobachtungswerte der psychologischen Wellenfunktion beim EPR-Experiment

Aus

$$ji = jj = -k, k^2 = k, kj = j$$

folgen die 4 Nullteiler der Untereralgebra

$$j(j - i) = 0 \quad k(k - 1) = 0 \quad (98)$$

und deshalb ist die Algebra keine Divisionsalgebra und eine Division durch die Nullteiler ist verboten.

Wir erweitern unsere physikalische Welt der physikalischen Realität um den psychologischen Anteil.

Im psychologischen Raum sind alle Informationen unserer physikalischen Welt gespeichert. Operatoren, die eindeutig reelle Messwerte hervorbringen, werden hermitesche Operatoren genannt. Durch Ausprobieren der 256 Möglichkeiten

der Multiplikation im rein komplexen Raum blieb am Ende nur die Wellenfunktion (31) übrig, mit der eine Schwingung dargestellt werden kann und eine Fouriertransformation durchgeführt werden kann, ausgehend davon wurde durch (49) der "Operator" des Impulses festgelegt, bloss dieser ist nicht mehr hermitisch, weil der Energieeigenwert nicht mehr eindeutig reell ist und wir können deshalb nicht wie im komplexen Raum eine Messung beschreiben.

Da nach Definition der Quantenmechanik nur eindeutig reelle Eigenwerte Energieeigenwerte sind, postulieren wir die nichteindeutigen Energieeigenwerte als 'nicht-energetischen' Anteil und die reinimaginäre Wellenfunktion wird als Beobachterfunktion betrachtet.

Es lässt sich der Gesamtzustand im diskreten Fall durch eine Summe von Eigenfunktionen schreiben

$$\Phi(x_1, x_2) = \sum_{n=0}^{\infty} c_n \phi_n(p_n, x_2) u_n(p_n, x_1) \quad (99)$$

Durch Übergang vom Diskreten zum Kontinuierlichen wird aus der Summe über den Index n ein Integral über die Variable p , wobei p speziell als Impuls interpretiert werden kann.

$$\Phi(x_1, x_2) = \int_{-\infty}^{\infty} \tilde{\Phi}(p) \phi(p, x_2) u(p, x_1) dp \quad (100)$$

Die Impulseigenfunktion des Teilchens 1 lautet

$$\Phi(x_1) = k e^{jp(x_1-x)} \quad (101)$$

Durch Anwenden des Operators der Observable auf die Summe der Eigenfunktionen erhält man die möglichen Beobachtungswerte.

$$-j \frac{\partial}{\partial x_{1B}} k e^{j(x_{1M}-x_{2M}+x_{0M})p} = p k e^{j(x_{1M}-x_{2M}+x_{0M})p} \quad (102)$$

Die zugehörige Impulseigenfunktion des mit ihm zu verschränkenden Teilchens 2 lautet

$$\Phi(x_2) = k e^{jp(x_2+x_0)} \quad (103)$$

Die möglichen Beobachtungswerte sind

$$-j \frac{\partial}{\partial x_{2M}} k e^{j(x_{1M}-x_{2M}+x_{0M})p} = -p k e^{j(x_{1M}-x_{2M}+x_{0M})p} \quad (104)$$

Im Grenzwert des kontinuierlichen Falles geht die Summe 99 in ein Integral über. Es ergibt sich der Gesamtwellenzustand des Systems nach der Multiplikationstabelle (3). Die Eigenwertgleichung bringt alle möglichen Beobachtungswerte des Impulses am Ort A ans Licht.

$$-j \frac{\partial}{\partial x_1} k e^{-jp^* x_1^*} = p k e^{-jp^* x_1^*} = -p k e^{jp^* x_1^*} \quad (105)$$

Das gleiche gilt für mögliche Beobachtungswerte am Ort B

$$-i \frac{\partial}{\partial x_2} k e^{jp^* x_2^*} = p k e^{jp^* x_2^*} \quad (106)$$

Die Gesamtwellenfunktion ist

$$\begin{aligned} \phi_{\text{superquant}} &= e^{-ix_2 p} k e^{-jp^* x_2^*} e^{ix_1 p} k e^{jp^* x_1^*} \\ &= e^{i(x_1-x_2)p} k e^{jp^*(x_1^*-x_2^*)} \end{aligned} \quad (107)$$

4.3 Metafunktion

Die 2 der nach Konstruktion einzigsten Eigenfunktion der Räume, die Wellenfunktionen der 2 verschiedenen Unterräume werden additiv zu einer Metawellenfunktion verknüpft. Diese Konstruktion des EPR-Experiment entspricht praktisch schon einer kollabierten Welle.

Jetzt wird wie im komplexen Raum nur nach Regeln der bikomplexen Räume eine Konjugation durchgeführt und das Ergebnis als der Messwert postuliert.

In der Schrägbasis, in Cosinus

$\phi\phi^*$ in kanonischer Basis

$$\phi\phi^* = \left(\frac{3+\sigma}{2} \cos x_1 p + \frac{3i_0-i_1}{2} \sin x_1 p \right) \left(\frac{3-\sigma}{2} \cos x_1 p + \frac{-3i_0-i_1}{2} \sin x_1 p \right) = 2 \quad (108)$$

$\phi\phi^*$ in Schrägbasis

$$\begin{aligned} \phi\phi^* &= ((k+1)\cos x_1p + (i+j)\sin x_1p)((k+1)^*\cos x_1p + (i+j)^*\sin x_1p) \\ &= \frac{2}{2} \end{aligned} \quad (109)$$

4.4 Schrödingergleichung der Wellenfunktion des Ortes und Impulses mit der additiven Gesamtwellenfunktion

$$\begin{aligned} & \frac{1}{2m} \left((-i\nabla_{\vec{x}_1})^2 + (-i\nabla_{\vec{x}_2})^2 + (-j\nabla_{x_1})^2 + (-j\nabla_{x_2})^2 \right) \\ & (e^{i((\vec{x}_1-\vec{x}_2)\vec{p}-2Et)} + ke^{j(\vec{p}(\vec{x}_1-\vec{x}_2)-2Et)}) \\ &= 2\frac{p^2}{2m}(e^{i((\vec{x}_1-\vec{x}_2)\vec{p}-2Et)} + 2k\frac{p^2}{2m}ke^{j(\vec{p}(\vec{x}_1-\vec{x}_2)-2Et)}) \\ &= 2\frac{p^2}{2m}(e^{i((\vec{x}_1-\vec{x}_2)\vec{p}-2Et)} + 2\frac{p^2}{2m}ke^{j(\vec{p}(\vec{x}_1-\vec{x}_2)-2Et)}) \\ &= \left(-\frac{\partial}{\partial t}(e^{i((\vec{x}_1-\vec{x}_2)\vec{p}-2Et)} - k\frac{\partial}{\partial t}) \right) ke^{j(\vec{p}(\vec{x}_1-\vec{x}_2)-2Et)} \\ &= 2E(e^{i((\vec{x}_1-\vec{x}_2)\vec{p}-2Et)} + 2kEke^{j(\vec{p}(\vec{x}_1-\vec{x}_2)-2Et)}) \\ &= 2E(e^{i((\vec{x}_1-\vec{x}_2)\vec{p}-2Et)} + 2Eke^{j(\vec{p}(\vec{x}_1-\vec{x}_2)-2Et)}) \end{aligned} \quad (111)$$

Da die Wechselwirkungen sich nicht nur im komplexwertigen Raum abspielen (und dort zu reellwertigen Wahrscheinlichkeitsdichten führen können), sondern auch im hyperkomplexwertigen, entstehen imaginäre (Wahrscheinlichkeitsdichten entsprechende) Modulfunktionen. Die Lichtgeschwindigkeit als Grenzggeschwindigkeit ist nur für energetische Objekte, Objekte mit Masse größer Null definiert. Existiert gar keine Masse bzw. ist die Masse imaginär, würde selbst eine instantane Ausbreitung im Raum keinem der heute bekannten Gesetze widersprechen. Allerdings ist die damit gefundene Theorie nichtlokal. Damit würde die Verletzung der BELLSchen Ungleichung nicht zu Widersprüchen führen, denn dies lässt ausdrücklich nicht-lokale, realistische Theorien zu. Die bereits gemessene Verletzung der LEGETTSchen Ungleichung zeigt nun, dass auch der von EINSTEIN geforderte Realismus aufgeben werden muss, weshalb heute eigentlich gar keine Theorie mehr über die Quantenwirklichkeit vorliegt. BOHR, HEISENBERG usw. stritten ja sogar die Existenz einer Quantenwirklichkeit ab. Die Viele-Welten-Theorie von Everett ist eine interessante Theorie, gegen die allerdings oft das Gesetz der Sparsamkeit ins Feld geführt wird.

5 EPR-Experiment mit Hilfe der Gesamtwellenfunktion

Abschließend kann gesagt werden, dass durch die Einführung einer hyperkomplexen Unter algebra Wellenfunktionen mit neuen physikalischen Eigenschaften definiert werden können. Obwohl diese Wellenfunktionen und ihre Moduli imaginär sind und sich jeder Messtechnik entziehen, beschreiben sie Vorgänge in nicht-energetischen Räumen. Aufgrund dessen, dass sie nicht-energetisch sind, unterliegen die dort enthalten Komplementär-Quanten nicht der EINSTEINSchen Restriktion einer Begrenzung der Lichtgeschwindigkeit. Instantane Ausbereitung von Komplementär-Quanten ist möglich und kann Experimente wie das EPR-Experiment erklären, dies soll abschließend gezeigt werden. Geben sind zwei Elektronen, die miteinander lokal wechselgewirkt haben und den Gesamts spin 0 besitzen. Beide Elektronen entfernen sich nun voneinander. Beobachtet man nun den Spin des Elektrons A, dann muss exakt zu diesem Zeitpunkt der entgegengesetzte Spin im Elektron B entstehen (Wirklichkeit werden). Das ist das EPR-Argument in Adaption von Bohm (für Spins).

5.1 Messung und Beobachtung der Spins

Die Beschreibung der QM dazu ist wie folgt: Bei den Spin im Singluettzustand ist nur die Summe des Gesamts spins und der Spins der jeweiligen Raumrichtungen bekannt. Die Welle hat bei den Zuständen Weginfo vorhanden und Weginfo gelöscht im Quantenradiererexperiment eine andere Qualität. Es gibt zwar den Welle-Teilchen Dualismus, aber wenn das Teilchen wieder als Welle auftritt, hat es seine Kohärenzeigenschaften nicht verloren, wie die Interferenzexperimente zeigen, die Welle ist für eine Messung mit den zur Zeit herrschenden Erkenntnissen und Messmethoden nicht mehr zugänglich, auch nicht durch Betragsbildung mit den konjugierten.

Die Gesamtwellenfunktion im hyperkomplexen Raum des Singluettzustandes ist

$$\Xi_{\text{singulett}} = \frac{1}{\sqrt{2}} (|\uparrow\rangle_1 |\downarrow\rangle_2 \otimes k |\uparrow\rangle_1 |\downarrow\rangle_2 - |\uparrow\rangle_2 |\downarrow\rangle_1 \otimes k |\uparrow\rangle_2 |\downarrow\rangle_1) \quad (112)$$

$$= \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}_1 \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}_2 \begin{bmatrix} k \\ 0 \end{bmatrix}_1 \begin{bmatrix} 0 \\ k \end{bmatrix}_2 - \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}_1 \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}_2 \begin{bmatrix} 0 \\ k \end{bmatrix}_1 \begin{bmatrix} k \\ 0 \end{bmatrix}_2 \right) \quad (113)$$

Der Spinoperator, der jeweils eine PAULI-Matrix ist für ein Zweiteilchensystem, der auf die komplexe und hyperkomplexe Eigenfunktion des verschränkten Zweiteilchensystem angewandt wird, führt bei Anwendung auf die komplexe Eigenfunktion eine Messung und bei Anwendung auf die hyperkomplexe Eigenfunktion eine Beobachtung durch. Die Wellen in den unterschiedlichen Räumen sind wie beim Quantenradierer nach der Weginformation und der wieder gelöschten in zwei verschiedenen Zuständen, dies muss beim mathematischen Ansatz Rechnung getragen werden.

$$S = S_{1M} + S_{1B} + S_{2M} + S_{2B} \quad (114)$$

wobei der Operator S_M im komplexen Raum wirkt und eine Messung und der Operator S_B eine Beobachtung des Spin in z-Richtung durchführt.

$$\begin{aligned} & (S_{1M} + S_{1B} + S_{2M} + S_{2B}) \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \right) (|\uparrow\rangle_1 |\downarrow\rangle_2 \cdot k |\uparrow\rangle_{1*} |\downarrow\rangle_{2*} - |\uparrow\rangle_2 |\downarrow\rangle_1 k |\uparrow\rangle_{2*} |\downarrow\rangle_{1*}) \\ &= \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{4} + \frac{1}{4} - \frac{1}{4} \right) (|\uparrow\rangle_1 |\downarrow\rangle_2 * k |\uparrow\rangle_{1*} |\downarrow\rangle_{2*} - |\uparrow\rangle_2 |\downarrow\rangle_1 * k |\uparrow\rangle_{2*} |\downarrow\rangle_{1*}) \\ &= 0 \end{aligned} \quad (115)$$

Man kann auch argumentieren, das die Anwendung eines nichthermitischen Operators auf die Wellenfunktion keinen Sinn ergibt, dann sähe die Schrödingergleichung so aus

$$\begin{aligned} & (S_{1M} + S_{2M}) \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \right) (|\uparrow\rangle_1 |\downarrow\rangle_2 \cdot k |\uparrow\rangle_{1*} |\downarrow\rangle_{2*} - |\uparrow\rangle_2 |\downarrow\rangle_1 k |\uparrow\rangle_{2*} |\downarrow\rangle_{1*}) \\ &= \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{4} \right) (|\uparrow\rangle_1 |\downarrow\rangle_2 * k |\uparrow\rangle_{1*} |\downarrow\rangle_{2*} - |\uparrow\rangle_2 |\downarrow\rangle_1 * k |\uparrow\rangle_{2*} |\downarrow\rangle_{1*}) \\ &= 0 \end{aligned} \quad (116)$$

Normal ist die Gesamtwellenfunktion eine Überlagerung von Einzelzuständen, das heisst eine unendliche Summe von Eigenfunktionen ϕ , wobei die Quadrate der imaginären Koeffizienten c_i die durchschnittlichen Gewichte der Einzelfunktionen darstellen.

$$\psi = \sum_{i=1}^{\infty} c_i \phi_i \quad (117)$$

Durch Anwenden des Operators \hat{O} auf die Gesamtwellenfunktion wird eine Messung beschrieben, Als Ergebnis kollabiert die Gesamtwellenfunktion zu einer Eigenfunktion mit dem Gewicht Eins, hier als Beispiel die Eigenfunktion 17.

$$\hat{O}\psi = 1 \cdot \phi_{17} \quad (118)$$

Jetzt wollen wir den Spin in z-Richtung des Teilchens 1 messen, deshalb wenden wir den Spinoperator des Teilchens 1 auf das Gesamtsystem an, es gibt bei dem verschränkten System 2 Einstellmöglichkeiten, Spinup des ersten Teilchens oder Spindown des ersten Teilchens, das andere hat den entgegengesetzten Messwert.

Möglichkeit 1

$$S_{1M} \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \right) (|\uparrow\rangle_1 |\downarrow\rangle_2 \cdot k |\uparrow\rangle_{1*} |\downarrow\rangle_{2*} - |\uparrow\rangle_2 |\downarrow\rangle_1 k |\uparrow\rangle_{2*} |\downarrow\rangle_{1*})$$

$$= 1 \cdot |\uparrow\rangle_2 |\downarrow\rangle_1 * k |\uparrow\rangle_{2*} |\downarrow\rangle_{1*} \quad (119)$$

(120)

Möglichkeit 2

$$S_{1M} \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \right) (|\uparrow\rangle_1 |\downarrow\rangle_2 \cdot k |\uparrow\rangle_{1*} |\downarrow\rangle_{2*} - |\uparrow\rangle_2 |\downarrow\rangle_1 k |\uparrow\rangle_{2*} |\downarrow\rangle_{1*})$$

$$= |\uparrow\rangle_1 |\downarrow\rangle_2 * k |\uparrow\rangle_{1*} |\downarrow\rangle_{2*} \quad (121)$$

Bei der Beobachtung wird der Spinoperator auf die hyperkomplexe Eigenfunktion angewendet und es kommt auch zum Kollaps.

Möglichkeit 1

$$S_{1B} \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \right) (|\uparrow\rangle_1 |\downarrow\rangle_2 \cdot k |\uparrow\rangle_{1*} |\downarrow\rangle_{2*} - |\uparrow\rangle_2 |\downarrow\rangle_1 k |\uparrow\rangle_{2*} |\downarrow\rangle_{1*})$$

$$= 1 \cdot |\uparrow\rangle_2 |\downarrow\rangle_1 * k |\uparrow\rangle_{2*} |\downarrow\rangle_{1*} \quad (122)$$

(123)

Möglichkeit 2

$$S_{1M} \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \right) (|\uparrow\rangle_1 |\downarrow\rangle_2 \cdot k |\uparrow\rangle_{1*} |\downarrow\rangle_{2*} - |\uparrow\rangle_2 |\downarrow\rangle_1 k |\uparrow\rangle_{2*} |\downarrow\rangle_{1*})$$

$$= |\uparrow\rangle_1 |\downarrow\rangle_2 * k |\uparrow\rangle_{1*} |\downarrow\rangle_{2*} \quad (124)$$

Der Gesamtspinsoperator eines Zweiteilchensystems ist

$$S_z^2 = S_1^2 + S_2^2 + 2(S_{1x}S_{2x} + S_{1y}S_{2y} + S_{1z}S_{2z}) \quad (125)$$

Angewendet auf den Singluetzustand ergibt sich für den Gesamtspin

$$\begin{aligned} & S_{1M}^2 + S_{2M}^2 + 2(S_{1Mx}S_{2Mx} + S_{1My}S_{2My} + S_{1Mz}S_{2Mz}) + S_{1B}^2 + S_{2B}^2 + 2(S_{1xB}S_{2Bx} + S_{1By}S_{2By} + S_{1Bz}S_{2Bz}) \\ & \frac{1}{\sqrt{2}} (|\uparrow\rangle_1 |\downarrow\rangle_2 k (|\uparrow\rangle_1 |\downarrow\rangle_2 - |\downarrow\rangle_1 |\uparrow\rangle_2) k |\downarrow\rangle_1 |\uparrow\rangle_2) \quad (126) \\ & = \left(\frac{3}{4} + \frac{3}{4} - \frac{1}{2} - \frac{i-i}{2} + \frac{-1}{2} \frac{1}{2} \right) \frac{1}{\sqrt{2}} (|\uparrow\rangle_1 |\downarrow\rangle_2 k (|\uparrow\rangle_1 |\downarrow\rangle_2 - |\downarrow\rangle_1 |\uparrow\rangle_2) k |\downarrow\rangle_1 |\uparrow\rangle_2) \\ & + k \left(\frac{3}{4} + \frac{3}{4} - \frac{1}{2} - \frac{i-i}{2} + \frac{-1}{2} \frac{1}{2} \right) \frac{1}{\sqrt{2}} (|\uparrow\rangle_1 |\downarrow\rangle_2 k (|\uparrow\rangle_1 |\downarrow\rangle_2 - |\downarrow\rangle_1 |\uparrow\rangle_2) k |\downarrow\rangle_1 |\uparrow\rangle_2) \\ & = 0 \end{aligned}$$

Man erkennt, dass nur Teile der hyperkomplexen Wellenfunktion in $\langle \{j, k\} \rangle$ zwischen A und B oder das Superquant wechselwirken müssen, damit die Beobachtung von A eine Wirkung auf B hat. Dies spukhafte Fernwirkung (BOHR) ergibt sich dadurch, dass die Wellenfunktion A $\langle \{j, k\} \rangle$ instantan auf die Wellenfunktion B $\langle \{j, k\} \rangle$ einwirkt, weshalb ein Beobachter in B tatsächlich den entgegengesetzten Spin messen wird. Eine instantane Ausbreitung der hyperkomplexen Wellenfunktion A $\langle \{j, k\} \rangle$ nach B widerspricht keinen bisherigen physikalischen Gesetz.

5.2 Schrödingergleichung des Spins mit der additiven Gesamtwellenfunktion

Wenn man den Wellenfunktionen Energie und Impuls zuschreibt, egal ob imaginäre oder nichtimaginäre, muss man eine Schrödingergleichung lösen können, denn in der Wellengleichung steht die imaginäre Energie und Impuls in der

Exponentialfunktion.

$$\begin{aligned}
 & \frac{1}{2m} \left((-i\nabla_{\vec{x}_1})^2 + (-i\nabla_{\vec{x}_2})^2 + (-j\nabla_{x_1})^2 + (-j\nabla_{x_2})^2 \right) \\
 & (e^{i((\vec{x}_1 - \vec{x}_2)\vec{p} - 2Et)} + ke^{j(\vec{p}(\vec{x}_1 - \vec{x}_2) - 2Et)}) \quad (127) \\
 & = 2\frac{p^2}{2m} (e^{i((\vec{x}_1 - \vec{x}_2)\vec{p} - 2Et)} + 2k\frac{p^2}{2m} ke^{j(\vec{p}(\vec{x}_1 - \vec{x}_2) - 2Et)}) \\
 & = 2\frac{p^2}{2m} (e^{i((\vec{x}_1 - \vec{x}_2)\vec{p} - 2Et)} + 2\frac{p^2}{2m} ke^{j(\vec{p}(\vec{x}_1 - \vec{x}_2) - 2Et)}) \\
 & = \left(-\frac{\partial}{\partial t} (e^{i((\vec{x}_1 - \vec{x}_2)\vec{p} - 2Et)} - k\frac{\partial}{\partial t}) \right) ke^{j(\vec{p}(\vec{x}_1 - \vec{x}_2) - 2Et)} \\
 & = 2E(e^{i((\vec{x}_1 - \vec{x}_2)\vec{p} - 2Et)} + 2kEk e^{j(\vec{p}(\vec{x}_1 - \vec{x}_2) - 2Et)}) \\
 & = 2E(e^{i((\vec{x}_1 - \vec{x}_2)\vec{p} - 2Et)} + 2Ek e^{j(\vec{p}(\vec{x}_1 - \vec{x}_2) - 2Et)}) \quad (128)
 \end{aligned}$$

Da die Wechselwirkungen sich nicht nur im komplexwertigen Raum abspielen (und dort zu reellwertigen Wahrscheinlichkeitsdichten führen können), sondern auch im hyperkomplexwertigen, entstehen imaginäre (Wahrscheinlichkeitsdichten entsprechende) Modulusfunktionen. Die Lichtgeschwindigkeit als Grenzgeschwindigkeit ist nur für energetische Objekte, Objekte mit Masse größer Null definiert. Existiert gar keine Masse bzw. ist die Masse imaginär, würde selbst eine instantane Ausbreitung im Raum keinem der heute bekannten Gesetze widersprechen. Allerdings ist die damit gefundene Theorie nichtlokal. Damit würde die Verletzung der BELLschen Ungleichung nicht zu Widersprüchen führen, denn dies lässt ausdrücklich nicht-lokale, realistische Theorien zu. Die bereits gemessene Verletzung der LEGETTschen Ungleichung zeigt nun, dass auch der von EINSTEIN geforderte Realismus aufgeben werden muss, weshalb heute eigentlich gar keine Theorie mehr über die Quantenwirklichkeit vorliegt. BOHR, HEISENBERG usw. stritten ja sogar die Existenz einer Quantenwirklichkeit ab. Die Viele-Welten-Theorie von Everett ist eine interessante Theorie, gegen die allerdings oft das Gesetz der Sparsamkeit ins Feld geführt wird.

6 Zusammenfassung

Durch die Verwendung einer geeigneten hyperkomplexen Algebra lassen sich hyperkomplexe Wellenfunktionen definieren, die nicht-energetische Möglichkeitsfunktionen beschreiben. Diese nicht-energetischen Funktionen werden als potenzielle Beobachterfunktion interpretiert. Damit wird die klassischen QM um ein wesentliches Element, seine Beobachterfunktion, erweitert. Da die Beobachterfunktionen nicht-energetische Funktionen sind - sie können auf keine Weise reellwertig gemacht werden - gibt es für diese Wellenfunktion keine Begrenzung der Ausbreitungsgeschwindigkeit im Raum. Im Gegensatz dazu können sich komplexwertige Möglichkeitsfunktionen für Quanten (wie Elektronen) maximal mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten, da ihre Betragsquadrierung reelle Wahrscheinlichkeitsdichten für reale Positionen ausdrücken, die nach der Relativitätstheorie einer klaren Geschwindigkeitsbegrenzung unterliegen. Im Unterscheid dazu sind auch die Betragsquadrate der hyperkomplexen Wellenfunktionen rein imaginär. Eine potenzielle Beobachterfunktion und sein Betragsquadrat kann damit an einem beliebigen Ort des Raumes sein, denn seine Amplituden bleiben imaginär und sind nicht-energetisch. Instantane räumliche Wechselwirkungen nicht-energetischer Funktionen sind damit nicht nur denkbar, sondern auch plausibel. Damit kann die klassische QM erweitert werden, um einige bekannten Paradoxien wie das EPR-Problem zu lösen.

Danksagung Wir danken Hans R. Moser für die anregenden Diskussionen und kritische Anmerkungen bei der Erstellung des Papers.

Literatur

- [1] ASPECT, Alain ; DALIBARD, Jean ; ROGER, Gérard: Experimental Test of Bell's Inequalities Using Time-Varying Analyzers. In: *Phys. Rev. Lett.* 49 (1982), Dec, 1804–1807. <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.49.1804>. – DOI 10.1103/PhysRevLett.49.1804
- [2] ATMANSPACHER, Harald: Quantenphilosophie. Zum 100. Geburtstag der Quantentheorie. In: *Neue Zürcher Zeitung* (2000), Nr. 291, S. 73 ff
- [3] BELL, John S.: On the Einstein Podolsky Rosen Paradox. In: *Physics* 1 (1964), Nov, S. 195–200
- [4] BOHM, D. ; AHARONOV, Y.: Discussion of Experimental Proof for the Paradox of Einstein, Rosen, and Podolsky. In: *Phys. Rev.* 108 (1957), Nov, 1070–1076. <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRev.108.1070>. – DOI 10.1103/PhysRev.108.1070

- [5] BORN, Max: Zur Quantenmechanik der Stoßvorgänge. In: *Zeitschrift für Physik* Bd. 37, Springer, 1926, S. 863–867
- [6] BORN, Max ; HEISENBERG, Werner ; JORDAN, Pascual: Zur Quantenmechanik. II. In: *Zeitschrift für Physik* 35 (1926), Nr. 8–9, 557–615. <http://dx.doi.org/10.1007/BF01379806>. – DOI 10.1007/BF01379806
- [7] DE BROGLIE, Louis V.: *Recherches sur la théorie des quanta*, Sorbonne, Diss., 1924
- [8] DIRAC, Paul Adrienne M.: A new notation for quantum mechanics. In: *Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society* 35 (1939), 7, 416–418. <http://dx.doi.org/10.1017/S0305004100021162>. – DOI 10.1017/S0305004100021162. – ISSN 1469–8064
- [9] DIRAC, Paul Adrienne M.: *Principles of quantum mechanics (4th ed.)*. Oxford: Clarendon Press, 1958 (ISBN 978-0-19-852011-5)
- [10] EINSTEIN, A.: Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt. In: *Annalen der Physik* 322 (1905), S. 132–148. <http://dx.doi.org/10.1002/andp.19053220607>. – DOI 10.1002/andp.19053220607
- [11] EINSTEIN, A. ; PODOLSKY, B. ; ROSEN, N.: Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete? In: *Phys. Rev.* 47 (1935), May, 777–780. <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRev.47.777>. – DOI 10.1103/PhysRev.47.777
- [12] EVERETT, Hugh: "Relative State" Formulation of Quantum Mechanics. In: *Rev. Mod. Phys.* 29 (1957), Jul, 454–462. <http://dx.doi.org/10.1103/RevModPhys.29.454>. – DOI 10.1103/RevModPhys.29.454
- [13] FREEDMAN, Stuart J. ; CLAUSER, John F.: Experimental Test of Local Hidden-Variable Theories. In: *Phys. Rev. Lett.* 28 (1972), Apr, 938–941. <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.28.938>. – DOI 10.1103/PhysRevLett.28.938
- [14] HEISENBERG, W.: Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik. In: *Zeitschrift für Physik* 43 (1927), Nr. 3-4, 172-198. <http://dx.doi.org/10.1007/BF01397280>. – DOI 10.1007/BF01397280. – ISSN 0044–3328
- [15] HEISENBERG, Werner: Über quantentheoretische Umdeutung kinematischer und mechanischer Beziehungen. In: *Zeitschrift für Physik* Bd. 33, Springer, 1925, S. 879–893
- [16] LEGGETT, Anthony J.: Nonlocal Hidden-Variable Theories and Quantum Mechanics: An Incompatibility Theorem. In: *Foundations of Physics* 33 (2003), Nr. 10, 1469–1493. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1026096313729>. – DOI 10.1023/A:1026096313729. – ISSN 0015–9018
- [17] MANOUSAKIS, Efstratios: *Quantum formalism to describe binocular rivalry*. arXiv:0709.4516v2, 2009. – <http://arxiv.org/pdf/0709.4516v2.pdf>
- [18] PARSEVAL, Marc A.: Mémoire sur les séries et sur l'intégration complète d'une équation aux différences partielles linéaire du second ordre, à coefficients constants. In: *Mémoires présentés à l'Institut des Sciences, Lettres et Arts, par divers savans, et lus dans ses assemblées. Sciences, mathématiques et physiques. (Savans étrangers.)* 1 (1806), S. 638—648
- [19] PLANCHEREL, Michel ; LEFFLER, Mittag: Contribution À L'étude de la représentation D'une fonction arbitraire par des intégrales définies. In: *Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo* 30 (1910), Nr. 1, 289–335. <http://dx.doi.org/10.1007/BF03014877>. – DOI 10.1007/BF03014877. – ISSN 0009–725X
- [20] PLANCK, Max: Zur Theorie des Gesetzes der Energieverteilung im Normalspektrum. In: *Verhandlungen der Deutschen physikalischen Gesellschaft* 2, 1900, S. 237–245
- [21] RAYLEIGH, 3. Baron o. John William Strutt S. John William Strutt: On the character of the complete radiation at a given temperature. In: *Philosophical Magazine* 27 (1889), S. 460—469
- [22] ROWE, M. A. ; KIELPINSKI, D. ; MEYER, V. ; SACKETT, C. A. ; ITANO, W. M. ; MONROE, C. ; WINELAND, D. J.: Experimental violation of Bell's inequalities with efficient detection. In: *Nature* 409 (2001), 791–794. <http://dx.doi.org/10.1038/35057215>. – DOI 10.1038/35057215
- [23] SCHRÖDINGER, Erwin: Über das Verhältnis der Heisenberg-Born-Jordanschen Quantenmechanik zu der meinen. In: *Annalen der Physik* Bd. 79. Verlag von Johann Ambrosius Barth, 1926, S. 734–756
- [24] SCHRÖDINGER, Erwin: Quantisierung als Eigenwertproblem I. In: *Annalen der Physik* Bd. 79. Verlag von Johann Ambrosius Barth, 1926, S. 361–376

- [25] SCHRÖDINGER, Erwin: Quantisierung als Eigenwertproblem II. In: *Annalen der Physik* Bd. 79. Verlag von Johann Ambrosius Barth, 1926, S. 489–527
- [26] SCHRÖDINGER, Erwin: Quantisierung als Eigenwertproblem III. In: *Annalen der Physik* Bd. 80. Verlag von Johann Ambrosius Barth, 1926, S. 437–490
- [27] SCHRÖDINGER, Erwin: Quantisierung als Eigenwertproblem IV. In: *Annalen der Physik* Bd. 81. Verlag von Johann Ambrosius Barth, 1926, S. 109–139
- [28] SCHRÖDINGER, Erwin: Die gegenwärtige Situation in der Quantenmechanik. In: *Naturwissenschaften* 23 (1935), Nr. 48, 807–812. <http://dx.doi.org/10.1007/BF01491891>. – DOI 10.1007/BF01491891. – ISSN 0028–1042
- [29] SCHRÖDINGER, Erwin: Discussion of Probability Relations between Separated Systems. In: *Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society* 31 (1935), 10, 555–563. <http://dx.doi.org/10.1017/S0305004100013554>. – DOI 10.1017/S0305004100013554. – ISSN 1469–8064
- [30] SEGRE, Corrado: Le rappresentazioni reali delle forme complesse e gli enti iperalgebrici. In: *Mathematische Annalen* 40 (1892)
- [31] VON NEUMANN, John: *Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik*. Berlin : Springer, 1932
- [32] WEIHS, Gregor ; JENNEWEIN, Thomas ; SIMON, Christoph ; WEINFURTER, Harald ; ZEILINGER, Anton: Violation of Bell's Inequality under Strict Einstein Locality Conditions. In: *Phys. Rev. Lett.* 81 (1998), Dec, 5039–5043. <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.81.5039>. – DOI 10.1103/PhysRevLett.81.5039



