

Dekohärenz vs. Willensfreiheit

I. Das Leib-Seele-Problem

Falls man beweisen könnte, dass das Gehirn vollständig kausal determiniert ist, wird es eine äußerst schwierige Aufgabe für einen Libertinisten, seine These vom freien Willen des Menschen aufrechtzuerhalten. Doch wie kommt man überhaupt zur Annahme, dass alle Prozesse, die im Gehirn ablaufen, determiniert sind? Und was wären die Folgen für unser Weltbild, wenn dies wirklich der Fall wäre?

Zunächst begann im 17. Jahrhundert Isaac Newton, ein kausal geschlossenes Weltbild zu entwerfen, in dem jedes Ereignis auf ein zeitlich davor liegendes Ereignis zurückzuführen sein soll, indem die dabei wirkenden Kräfte einfachen mathematischen und universalen Gesetzen folgen. Nachdem die erkenntnistheoretischen Einwände Humes und später die von Kant wieder vergessen waren, erstarkte die Wissenschaftsgläubigkeit in einer Welt des Fortschritts immer mehr. Noch Einstein vertrat die Auffassung, dass alles, was geschieht, durch physikalische Gesetzmäßigkeiten erklärbar und – zumindest theoretisch – berechenbar ist.

Der große Einschnitt kam durch die Quantenmechanik. Plötzlich sahen die Libertinisten, die bis dahin durch immer größere wissenschaftliche Fortschritte zunehmend in die Ecke gedrängt wurden, eine Möglichkeit, sich mit der Physik zu versöhnen. Einzelne Ereignisse auf Quantenebene (wie z.B. die Auftreffposition des einzelnen Teilchens, das durch einen Einfachspalt geschickt wird) wurden nun auch von Physikern als indeterminiert, als zufällig aufgefasst, wobei aber die Summe vieler Einzelereignisse immer noch einer so genannten statistischen Determination unterworfen ist. Zugegeben, Zufall ist noch kein freier Wille, aber Libertinisten konnten nun die These vertreten, dass dieser Indeterminismus auf Quantenebene als eine Schnittstelle zwischen Seele und Körper dient, ähnlich wie es Descartes von der Zirbeldrüse angenommen hatte. Voraussetzung dafür ist, dass der Indeterminismus auf der Quantenebene auch Auswirkungen auf makroskopische Prozesse haben kann und nicht durch

Wechselwirkung die Kohärenzeigenschaften¹ quantenmechanischer Systeme vollständig unterdrückt werden. Diese Frage möchte ich später erörtern.

Doch zunächst möchte ich die verschiedenen metaphysischen Positionen darstellen, um den Libertinismus anderen Weltanschauungen gegenüberzustellen und die geführte Debatte näher zu erläutern. Das Leib-Seele-Problem ist uralt, es geht schon auf Platons Phaidon-Dialog zurück, in dem er wie später Descartes einen strengen Dualismus vertrat. Dieser ist auch erst einmal intuitiv einsichtig. Würde man eine Umfrage auf der Straße machen, würden die meisten Menschen der These nicht zustimmen, sie seien mit ihrem Gehirn identisch oder sie seien etwa mit ihrem Körper identisch. Da die Möglichkeit besteht, dass ich ein geistiges Wesen bin, aber keinen Körper besitze, muss mein Geist vom Körper verschieden sein. Nun war Descartes der Lieblingsgegner vieler späterer Philosophen, denn der Dualismus galt bald als antiquiert, als eine philosophische Last, die durch das ebenso antiquierte Christentum mit in die Neuzeit getragen wurde.

Der erste große Gegner des interaktionistischen Dualismus, wie ihn Descartes vertrat, war Leibniz. Er stellte eine unangenehme Frage: Würde eine kausale Wechselwirkung zwischen Leib und Seele nicht den Energie- und Impulserhaltungssatz verletzen? Dieser Einwand ist berechtigt und schwerwiegend; da jedoch Leibniz' mit seinem Ausweg, einem psychophysischen Parallelismus, also der These, dass Körper und Geist verschieden sind und keine Wechselwirkung aufeinander ausüben, viele neue Probleme schuf² und daher auch nicht überzeugen konnte, wurde in der darauf folgenden Zeit eine vermittelnde Position zwischen Parallelismus und Interaktionismus geschaffen. Dem Geist wurde jegliche ‚kausale Potenz‘ abgesprochen, er sei bloßes Epiphänomen (also eine Erscheinung, die auf etwas anderem aufbaut). Mentale Ereignisse können also nicht auf die Materie zurückwirken. Der Wille ist dabei eine Illusion, bzw. betrachten wir ihn, der Folge eines neuronalen Impuls ist, fälschlicherweise als Ursache beispielsweise einer Körperbewegung, die aber ebenfalls diesen neuronalen Impuls als Ursache hat. Für den wichtigsten Vertreter des Epiphänomenalismus, Thomas Henry Huxley (1825-95) ist das Bewusstsein ein Produkt biochemischer Prozesse im Gehirn. Dazu ein Zitat:

„Das Bewusstsein von Tieren [Menschen mit eingeschlossen] verhält sich zu ihrem Körper-automat wie ein Begleitprodukt seiner Tätigkeit und besitzt nicht die Fähigkeit, diese Maschine zu

¹ Kohärenz ist eine Eigenschaft von Wellen, die in quantenmechanischen System Interferenzen ermöglichen.

² Auf diese soll hier aus Zeitgründen nicht eingegangen werden. Eine überzeugende Kritik an Leibniz findet man in den „Briefen an eine deutsche Prinzessin“ von Leonards Euler, und zwar im 83.,84. und 85. Brief.

beeinflussen, ebenso wie auch eine Dampfpfeife, die die Fahrt einer Dampflokomotive begleitet, keinen Einfluß auf die Mechanik dieser Maschine hat.“³

Die moderne Hirnforschung scheint Huxleys These zu stützen. In den siebziger Jahren führten Kornhuber und Libet Experimente durch, die aufzeigten, dass ein Bereitschaftspotential im Gehirn 550 ms vor einer Körperbewegung gemessen werden kann, während der mentale Willensakt erst 200 ms vor der Bewegung geäußert wurde. Doch man sollte sich vor voreiligen Schlüssen hüten: Auch wenn der Wille bei manchen Prozessen nicht der Initiator ist, kann er immer noch den Prozess aufhalten, also als Zensor fungieren. Das Experiment ist deshalb, entgegen wie es in den Medien gerne dargestellt wurde, in keiner Weise ein Beweis gegen einen freien Willen. Trotzdem sehen viele Epiphänomenalisten solche Experimente als Indizien für die Wahrheit ihrer Weltanschauung, in der der Geist keine Wirkung auf den Körper hat, bloßes Epiphänomen ist, in der es weder handelnde Subjekte noch echte Willensfreiheit geben kann.

Der Epiphänomenalismus wird gerne von Naturwissenschaftlern vertreten, da er mit dem Weltbild einer kausal geschlossenen Natur kompatibel ist. Doch sind die Gegenargumente bedeutsam: 1. Der Epiphänomenalismus widerspricht der Evolutionstheorie: Hätte das Bewusstsein keine kausale Wirkung auf den Körper, gäbe es auch keinen Selektionsvorteil von Tieren mit Bewusstsein. 2. Der Epiphänomenalismus ist extrem kontraintuitiv: Zwar ist die kausale Wirkung von mentalen Ereignissen auf Handlungen (nach Hume) nicht beweisbar, da empirisch immer nur Korrelationen messbar sind, jedoch eben aufgrund von Erfahrungen (durch Induktionsschluss) sehr plausibel. 3. Der Epiphänomenalismus lässt sich transzendentalpragmatisch widerlegen, da er, sobald er als These formuliert wird, andere Subjekte voraussetzt, die diese These verstehen und auch möglicherweise überzeugt werden können; diese Fähigkeiten negiert die These jedoch gleichzeitig.

Nun möchte ich nicht noch tiefer in die Leib-Seele-Debatte eindringen; als eine gute Zusammenfassung möchte ich Thomas Zuglauer zitieren:

„Solange man am Dogma der kausalen Geschlossenheit der physikalischen Welt festhält, hat man nur die Wahl, entweder jede kausale Wirkung des Geistes auf den Körper zu leugnen oder den Geist gleichsam zu materialisieren und zu einem physikalischen Phänomen zu machen und ihn damit philosophisch zu eliminieren. Will man das Gespenst des Epiphänomenalismus wirksam vertreiben und dem Geist jene Autonomie zugestehen, durch die die Willensfreiheit erst möglich wird, so muß man notgedrungen einige zentrale Thesen des Materialismus über Bord werfen und substantielle Zugeständnisse an den Dualismus machen.“⁴

³ Huxley, Thomas H., *On the Hypothesis that Animals are Automata, and its History*, 1893, 240, in: Ders., *Collected Essays* 1, London 1893, 199-250.

⁴ Zuglauer 1998, 221.

Handlungen können nur durch mentale Ereignisse verursacht sein, wenn sie nicht auch Folge einer physikalischen Ursache sind.⁵ Die mentale Ursache muss für eine freie Handlung die einzige und die Letztursache sein. Dies ist nur möglich, wenn man die kausal-physikalische Geschlossenheit der Welt aufgibt – als Zugeständnis an den Dualismus. Doch wie weit können unsere Zugeständnisse gehen?

Nach Descartes steuert der Geist den Körper, indem er die Zirbeldrüse entsprechend dreht. Der Vorwurf, dadurch würde der Impuls- oder Energieerhaltungssatz verletzt werden, wurde schon von Karl Popper aufgegriffen und mit folgendem Beispiel widerlegt:

„[Ich glaube nicht], daß physikalische Erhaltungsgesetze für die Vertreter der Wechselwirkung ein ernstes Problem darstellen. Das läßt sich dadurch zeigen, daß ein Schiff oder ein Fahrzeug von innen gesteuert werden kann, ohne irgendein physikalisches Gesetz zu verletzen. (...) Dazu gehört nur (1), daß das Fahrzeug eine Energiequelle mit sich führt und (2) daß es seine Richtungsänderungen dadurch ausgleichen kann, daß es eine Masse (...) in die entgegengesetzte Richtung stoßen kann.“⁶

Auch Popper vertritt eine kausale Offenheit der physikalischen Welt (bei ihm der ‚Welt 1‘). Um eine kausale Wirkung zu verursachen, könne es ausreichend sein, innerhalb eines abgeschlossenen Systems Energien zu verschieben. Dabei würden weder Impuls- noch Energieerhaltungssatz verletzt. Nun meint Popper, der quantenmechanische Indeterminismus lasse genügend Schlupflöcher offen, durch die der Geist in den Weltverlauf eingreifen kann.⁷ Diese These ist entscheidend für jedes weitere Nachdenken, da ein vollständig determiniertes Gehirn keinen Raum für einen freien Willen lässt.⁸ Doch können einzelne quantenmechanische – scheinbar indeterminierte – Ereignisse überhaupt makroskopische Vorgänge wie z.B. neuronale Prozessen beeinflussen?

II. Quantenkohärenz im Gehirn?

Roger Penrose vertritt den Standpunkt, dass es im Gehirn physikalische Prozesse gibt, die „zu bewusstem Wahrnehmen führen, aber (...) sich nicht angemessen durch Rechnungen simulieren“⁹ lassen. Mithilfe des Gödel-Turing-Argumentes argumentiert er zunächst dafür, dass Verstehen und Bewusstsein nicht-berechenbare Phänomene sind und es daher logisch

⁵ Sie wären sonst „kausal überbestimmt“ (Jaegwon Kim)

⁶ Popper 1989, 225.

⁷ Vgl. Zoglauer 1998, 54.

⁸ Ein metaphysisch freier Wille ist inkompatibel zum Determinismus (Vgl. Peter van Inwagen, *An essay on free will*, Oxford 1986). Die einzige kompatibilistische Theorie, die man evtl. noch vertreten könnte, wäre der Okkasionalismus, bei dem Gott der alleinige Vermittler von körperlichen und geistigen Zuständen sein soll.

⁹ Penrose 1997, 130.

unmöglich ist, dass Bewusstsein nur eine Emergenzerscheinung aus einer berechenbaren Physik ist. Philosophisch wird dabei Kritik am Funktionalismus geübt, also der metaphysischen These, das Bewusstsein sei die ‚Software‘, welche auf der ‚Hardware‘ Gehirn abläuft und zumindest theoretisch auf einen Computer übertragen werden könnte. Penrose plädiert für eine nicht-berechenbare Physik, die er in der Weiterentwicklung der Quantenmechanik sieht. Nur in einer Wirkung der nicht-berechenbaren Quantenmechanik auf neuronale Prozesse könne (auch durch eine Art von Emergenz) ein ebenso nicht-berechenbares Bewusstsein entstehen. Wichtig ist die Eigenschaft der Emergenz: Penrose vertritt einen physikalistischen Monismus¹⁰, der jedoch auf einer spekulativen und nicht-berechenbaren Physik basiert.

Penrose erarbeitete zusammen mit dem amerikanischen Anästhesiologen und Zellspezialisten Stuart Hameroff das viel kritisierte Penrose-Hameroff-Modell einer Nervenzelle, in dem beschrieben wird, wo genau Quantenprozesse eine Rolle für zellinterne makroskopische Prozesse spielen könnten. Nach diesem Modell gibt es im Innern der röhrenförmigen Mikrotubuli, das sind Eiweißmoleküle, die in Neuronen an der Steuerung der Synapsenstärken beteiligt sein sollen, eine Art „weiträumige, quantenkohärente Aktivität – ähnlich wie beim Supraleiter“¹¹. Ein solcher Ansatz wurde auch von Ian Marshall¹² vertreten: Bei sehr niedriger Temperatur kann man ganze Atome delokalisieren und ein Bose-Einstein-Kondensat erzeugen, womit makroskopische Strukturen mit Quanteneigenschaften gebildet werden. Nach Marshall und Penrose findet im Gehirn auf natürliche Weise eine solche Delokalisation und Verschränkung statt, von Penrose als „quantenkohärente Aktivität“ bezeichnet. Dieses Postulat ist zunächst sehr unplausibel, da bei Hirntemperatur die Wechselwirkung zwischen einzelnen Teilchen so groß ist, dass (nach Berechnungen von Max Tegmark) die Dekohärenzzeiten von Mikrotubuli, also die durchschnittliche Zeit, in der das Objekt Quanteneigenschaften besitzt, bevor seine Wellenfunktion durch Wechselwirkungen kollabiert, etwa 10^{-13} s beträgt. Da die Zeitspanne, die für neuronales Feuern und für die Polarisation in Mikrotubuli relevant ist, etwa 10^{-3} bis 10^{-1} s beträgt, kann man laut Tegmark eine Verbindung von Quantenkohärenz und Bewusstsein mathematisch ausschließen.¹³

Jedoch geht Tegmark in seinen Berechnungen nicht näher auf den Vorschlag Hameroffs ein, dass durch eine besondere Art der Isolation „makroskopische Quantenzustände in Mikrotubuli

¹⁰ Dies wird deutlich in einer Antwort Hameroffs auf ein Kritik von Spier und Thomas. Vgl. <http://www.quantumconsciousness.org/views/freewill.html>

¹¹ Penrose 2002, 165.

¹² Vgl. Marshall, Ian, Consciousness and Bose-Einstein Condensates, in: New Ideas in Psychology 7, 73 - 85.

¹³ Tegmark 1999.

(...) umgebungsbedingte Dekohärenz vermeiden“¹⁴ können; spezielle biologische Eigenschaften von Mikrotubuli werden nicht berücksichtigt (Beispielsweise sind Mikrotubuli von einer Debyeschicht aus Gegenionen umgeben, welche Wärmefluktuationen abschirmen können und durch ein Aktin, dass die Ordnung von Wasser in Mikrotubulus-Bündeln verstärkt, den dekohärenzfreien Zeitbereich um einige Größenordnungen erhöht.¹⁵). Unter Berücksichtigung aller dekohärenzverzögernden Annahmen berechnet Hameroff die Dekohärenzzeit in Mikrotubuli auf etwa 10^{-5} bis 10^{-4} s, was die Möglichkeit auf Beeinflussung neuronaler Prozesse eröffnet.

Sollte sich die spekulative OR-Theorie von Roger Penrose zunehmend bestätigt und auch Hameroffs Annahmen über die Beschaffenheit von Mikrotubuli im wissenschaftlichen Diskurs akzeptiert werden (Hameroff selbst hat einige Möglichkeiten zur empirischen Falsifikation seiner Thesen aufgestellt), besteht die Möglichkeit, dass der quantenmechanische Indeterminismus auch in Gehirnprozessen wirkt. Zwar gibt es dafür noch nicht viele empirische Indizien, jedoch wäre die Alternative, dass das Gehirn allein den Gesetzen der makroskopischen Physik unterliegt und folglich vollständig determiniert ist. Diese Tatsache allein widerspricht nur unserer Empfindung; aber die notwendige Folge aus dieser Tatsache, nämlich dass dann unser Gehirn mit einem klassischen Computer vergleichbar wäre, ist nach Penrose ein logischer Widerspruch zur Unberechenbarkeit von Bewusstsein als eine dessen grundlegender Eigenschaften.

III. Ausblick

Dekohärenz ist ein starkes, aber kein zwingendes Argument gegen einen möglichen Indeterminismus auf makroskopischer Ebene. Stefan Bauberger beschreibt die Dekohärenz als eine Theorie, die erklärt, „warum die quantenmechanische Beschreibung, also der Zustandsvektor, in dem viele verschiedene Möglichkeiten gleichzeitig repräsentiert sind, durch eine klassische Beschreibung ersetzt werden kann“, jedoch eben nicht erklärt, „warum immer nur genau eine dieser Möglichkeiten verwirklicht ist.“¹⁶ Die Lücke zwischen quantenmechanischer und klassischer Beschreibung der Wirklichkeit bliebe nach wie vor bestehen; der Prozess des ‚Springens‘ des Zustandsvektors bzw. des ‚Kollapses‘ der Wellenfunktion bleibt unverstanden. Es widerspricht zumindest nicht dem bisherigen

¹⁴ Hameroff 1998, eigene Übersetzung.

¹⁵ Ebd.

¹⁶ Bauberger 2005, 181.

philosophisch interpretierten naturwissenschaftlichen Weltbild, wenn man eine immaterielles Selbst postuliert, das (mit)bestimmt, welche mögliche Welt tatsächlich verwirklicht wird.

Von einem wissenschaftstheoretischen Standpunkt heraus möchte ich am Schluss noch darauf hinweisen, dass keine physikalische Theorie, auch nicht die kausale Geschlossenheit der makroskopischen Welt, als unhinterfragbar wahr gelten kann. Naturgesetze basieren grundsätzlich auf Induktionsschlüssen, die nicht verifiziert sondern nur falsifiziert werden können. Dagegen scheinen logische Gesetze wie z.B. das Nichtwiderspruchsprinzip universale Geltung zu besitzen, eine Leugnung ist jedenfalls nicht möglich. Deshalb plädiere ich dafür, logischen Argumentationen wie die von der Nichtberechenbarkeit von Verstehen und Bewusstsein (die er ja rein mathematisch mit dem Beispiel der Parkettierung von Flächen durch Polyomino-Mengen führt), höheres Gewicht zuzuschreiben als physikalischen („Aufgrund der Theorie ... ist es nicht möglich, dass das Gehirn ein Quantencomputer ist.“). Aus logischer Notwendigkeit zieht Roger Penrose unangenehme Schlüsse für Physik und Neurobiologie, die zwar wissenschaftlich noch sehr unausgereift sind, jedoch Möglichkeiten aufzeigen, damit Vernunft und Wissenschaft sich irgendwann nicht mehr gegenseitig ausschließen.

Literatur

- BAUBERGER, Stefan, Was ist die Welt? Zur philosophischen Interpretation der Physik, Stuttgart ²2005.
- HAGAN, Scott / HAMEROFF, Stuart / TUSZYŃSKI, Jack, Quantum computation in brain microtubules: Decoherence and biological feasibility, in: *Physical reviews* E65 (2002) 061901.
- HAMEROFF, Stuart, The Penrose-Hameroff "Orch OR" model of consciousness, in: *Philosophical Transactions Royal Society London (A)* 356:1869-1896, 1998. <http://www.quantumconsciousness.org/penrose-hameroff/quantumcomputation.html>
- PENROSE, Roger, Das Große, das Kleine und der menschliche Geist, Heidelberg - Berlin 2002.
- PENROSE, Roger, Schatten des Geistes, Heidelberg 1995.
- POPPER, Karl / ECCLES, John, Das Ich und sein Gehirn, München - Zürich 1989.
- TEGMARK, Max, The Importance of Quantum Decoherence in Brain Processes, 1999, in: *Physical reviews* E61 (2000) 4194-4206.
- ZOGLAUER, Thomas, Geist und Gehirn. Das Leib-Seele-Problem in der aktuellen Diskussion, Göttingen 1998.