



Freiheit inmitten von Bestimmtheit

Manfred Salmhofer

Auszug aus dem Jahresbericht
„Marsilius-Kolleg 2014/2015“



Die – manchmal bezweifelte – Fähigkeit des Menschen, freie Entscheidungen zu treffen, steht in eklatantem Gegensatz zum Determinismus, der oft in naturwissenschaftlichen Gesetzen gesehen wird (und selbst aus vielerlei Gründen hinterfragt wird). Die Kluft zwischen den gegensätzlichen Vorstellungen von freiem Willen und schicksalhafter Bestimmung beschäftigt uns auf vielen Ebenen der Reflektion.

Freiheit inmitten von Bestimmtheit

Manfred Salmhofer

In der menschlichen Erfahrung sind Entscheidungsfreiheit und Zwangsläufigkeit von gewissen Abläufen ineinander verwoben. Ein unglücklicher Goldschürfer, der in seiner Hütte von einer Klippe hinabfällt, mag die Wahl haben, ein Stoßgebet zu sprechen oder einen letzten Blick auf sein Nugget zu werfen, aber selbst die größte Willensstärke hat noch niemandem in einer solchen Situation erlaubt, die Bahn der Hütte zu verändern. Sie folgt bis zum Aufschlag den Gesetzen der Newton'schen Mechanik. Weniger vordergründig und nicht so unmittelbar fatal, aber für das Individuum oft genauso tragisch ist die Tatsache, dass Gewohnheiten, Instinkte und Denkmuster unsere Gedanken und Entscheidungen durchdringen und Reaktionsweisen und Abläufe festlegen, die unsere Entscheidungsfähigkeit einschränken. Entitäten, die das Individuum überschreiten, wie die staatliche Gesellschaft oder Teile davon, folgen ebenfalls Gesetzen, die sich zwar mit der Zeit ändern können, aber einschränkend wirken, solange sie gelten. Schließlich ist es eine einfache Einsicht, dass eine Entscheidung überhaupt nur in einem Kontext von determinierten Abläufen möglich ist. Wenn alles so chaotisch ist, dass eine Entscheidung keine erkennbaren Folgen hat, verliert dieses Konzept – abgesehen von rein innerlicher Wahrnehmung – seine Bedeutung.

Im Vergleich zu grundlegenden subjektiven Erfahrungen wie Selbstbewusstsein und Selbstbestimmtheit ist die hier besprochene Entscheidungsmöglichkeit bzw. -fähigkeit nur eine speziellere Eigenschaft. Sie scheint mir aber gerade deshalb leichter zu identifizieren, insbesondere, wenn man sich vom menschlichen Individuum entfernt, sei es in Richtung größerer gesellschaftlicher Einheiten, oder umgekehrt in Richtung des kollektiven Verhaltens von Objekten, denen man einzeln keine Individualität zuordnen würde.

Außerdem kann man Teilaspekte dadurch von der Frage der Beziehung von Subjekt und Objekt lösen, sodass man hoffen kann, mit Konzepten, die sich in der Naturwissenschaft bewährt haben, sinnvoll zu arbeiten. Es sind dann folgende

Fragen naheliegend: (1) enthalten die fundamentalen Naturgesetze prinzipiell Freiräume für nicht Vorherbestimmtes, (2) wenn ja, wo liegen diese Freiräume konkret und (3) wie kommt es über die Möglichkeit hinaus zur Fähigkeit zur Richtungsentscheidung.

Ausgangspunkt meines Projektes *Freiheit inmitten von Bestimmtheit* war mein Wunsch, meine Vorstellungen zu (1) und (2) im Austausch mit Kollegen aus anderen Disziplinen zu präzisieren und weiterzuentwickeln (und die weit grenzüberschreitende Frage (3) wenigstens anzureißen). Dabei spielen sowohl Konzepte aus der Theorie der komplexen Systeme als auch Ideen die aus der Quantentheorie kommen eine Rolle. Von besonderem Interesse war deshalb auch ein physikalisch-philosophischer Dialog über die Begriffe Materie und Realität.

Deterministische und stochastische Elemente spielen in der Physik eine wesentliche Rolle. Die Gleichungen, als die physikalische Grundgesetze mathematisch formuliert werden, tragen deterministische Züge. Auch die Schrödingergleichung der Quantentheorie determiniert die sogenannte Wellenfunktion zu allen Zeiten durch ihren Anfangswert. Erst die physikalische Interpretation dieses abstrakten mathematischen Objekts durch Born, Bohr und Heisenberg gibt ihr eine statistische Bedeutung: Messergebnisse an Quantensystemen sind prinzipiell zufällig – die Wellenfunktion liefert nur ein Verteilungsgesetz für ihre Wahrscheinlichkeiten, über das hinaus selbst bei perfekter Kenntnis des Anfangszustandes keine genauere Aussage über das einzelne Ereignis, wie z.B. den Zeitpunkt des radioaktiven Zerfalls eines einzelnen Atoms, möglich ist. Dies, und die Heisenberg'sche Unschärferelation, wurden oft herangezogen, um für die Willensfreiheit zu argumentieren.

Ebenso fundamental wie die Formulierung von Grundgesetzen ist in der Physik die Untersuchung von Phänomenen, die bei deren Anwendung auf Systeme aus sehr vielen Teilen entstehen. Im 19. Jahrhundert im Rahmen der Theorie der Gase begonnen, reicht diese *Theorie komplexer Systeme* mittlerweile von der Physik über die Chemie bis hin zur Biologie und über die Naturwissenschaften hinaus. Das Motto „das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile“ wurde im Laufe der Entwicklung dieses Gebiets durch die Identifikation sogenannter kollektiver Phänomene konkretisiert und präzisiert, und an sehr vielen Beispielen verifiziert.

Der Zufall kommt darin als eine effektive Beschreibung ins Spiel – eine deterministische, aber chaotische (d.h. irreguläre und deshalb de facto nicht vorher-sagbare) Dynamik wird effektiv in stochastischer Weise beschrieben, ebenso der Einfluss sehr vieler, im Prinzip deterministischer, Variablen.

Frage (1), nach der Unbestimmtheit, stand schon am Anfang der Quantentheorie. Die Heisenberg'sche Unschärferelation eröffnet allerdings keine Freiheit, sondern schränkt im Gegenteil die Möglichkeiten, wie man überhaupt in die Materie eingreifen kann, ein. Die Abwesenheit von strenger Kausalität und Determinismus aus der Quantentheorie wurde vor einigen Jahren summarisch und besonders prägnant als ein *Theorem über den freien Willen*¹ formuliert:

Angenommen (a) die Naturgesetze erlauben ein sogenanntes Bell- oder GHZ-Experiment² (was der Fall ist), (b) die Experimentatoren können ihre Detektoren einstellen, wie sie wollen (d.h. in einer Weise, die durch die Vorgeschichte des Universums nicht vollkommen festgelegt ist), (c) es gibt eine größte Signalgeschwindigkeit (die Lichtgeschwindigkeit). Dann ist das Resultat des Experiments auch nicht durch die Vorgeschichte des Universums festgelegt.

Die Quantenwelt ist unter diesen Voraussetzungen also nicht deterministisch. Der Bezug auf den freien Willen ist natürlich angreifbar, denn Unbestimmtheit bedeutet nicht Freiheit, und es ist alles andere als offensichtlich, wie zufällige Elemente einen freien Willen hervorbringen sollen. Letzterer ist aber mit der Quantenwelt zumindest kompatibel.

Hier eröffnet sich allerdings ein anderer grundlegender Punkt: Es gibt nach meinem Verständnis keine vom beobachtenden Subjekt unabhängige Formulierung der Quantentheorie, die mit den obigen Postulaten konsistent ist.³ In physikalischen Laborexperimenten wird nur ein festgelegter Ausschnitt der Welt betrachtet, die Experimentatoren können als existent vorausgesetzt werden. Versuchsbedingungen und Messungen sind reproduzierbar und die Statistik der Messwerte objektiv. Trotzdem steht am Ende des Aufbaus ein Subjekt, das feststellen muss, welche der Möglichkeiten realisiert wurde (im Fall von Schrödingers Katze geht es dabei um Leben oder Tod). Dieses Problem verschärft sich noch, wenn man die Natur als Ganzes quantentheoretisch verstehen möchte. Dies wäre wünschenswert, da Resultate der Quantentheorie im Verständnis der Entwicklung des Universums an vielen Stellen eine zentrale Rolle spielen (z.B. bei der Entstehung der chemischen Elemente, zu einer Zeit, in der menschliche Beobachter nicht vorhanden waren,

und ohne jegliche erkennbare subjektive Einflüsse). Konzeptionell stellt sich also die Frage, in welchem präzisen Sinn (d.h. mehr als nur „für praktische Zwecke“) ein Teil der Quantenwelt als objektiv betrachtbar ist. Sie bleibt eine wesentliche offene Frage im Grenzbereich von Physik und Philosophie.

Zur Diskussion der Frage (2) benötigen wir den Begriff des dynamischen Systems, bei dem der Zustand des Systems durch die Lösung einer Differentialgleichung erster Ordnung (oder eine diskreten, rekursiven Gleichung) mit einer bestimmten Anfangsbedingung gegeben ist. Die Geschwindigkeit der Veränderung wird durch ein Vektorfeld festgelegt. Ein anschauliches Beispiel ist die Bewegung eines kleinen, praktisch trägheitslosen Holzstückchens, das auf einer Wasseroberfläche treibt. Das Vektorfeld ist hier gegeben durch das Geschwindigkeitsfeld des Wassers, und es bestimmt die Drift- und Rotationsbewegung des Holzes. Der abstrakte mathematische Begriff des dynamischen Systems schließt viel allgemeinere physikalische Gesetze ein – auf fundamentaler Ebene eigentlich alle.⁴ Die Formulierung durch entsprechend modifizierte stochastische dynamische Systeme ist auch in Bereichen der Physik, in denen die Zufallsnatur der Phänomene wesentlich ist, möglich und sehr erfolgreich, und spielt auch in Biologie und Physiologie eine Rolle.⁵

In einer solchen Dynamik gibt es typischerweise Stillstandspunkte (Fixpunkte), in deren Nähe das sich selbst überlassene System beinahe zur Ruhe kommt. In der Nähe der sogenannten hyperbolischen Fixpunkte, die stabile und instabile Richtungen haben, genügen sehr kleine steuernde Eingriffe, um die langfristige Bahn des Systems sehr stark zu verändern. Man kann sie deshalb als Wendepunkte bezeichnen. In der Theorie des deterministischen Chaos spielt diese Hyperbolizität eine zentrale Rolle, aber auch in nichtchaotischen Fällen prägt sie das Verhalten des Systems. Im Gold-Rush-Beispiel ist ein Wendepunkt der Moment, in dem die Hütte an der Kippe steht, und der Insasse das Gewicht noch verlagern kann.

Meine Antwort zu Frage (2) ist, dass in natürlichen Abläufen Richtungsentscheidungen generisch an solchen Wendepunkten fallen, und auf diese Weise ein Zusammenspiel mit deterministischen Abläufen entsteht. Mit „generisch“ ist gemeint, dass dies typischerweise so passiert, und zwar deshalb, weil auf diese Weise die Effizienz am größten wird – ein kleiner Aufwand genügt, um eine große Änderung zu erzeugen. Man kann vielleicht auch später mit größerer Anstrengung gegen den Strom schwimmen, aber die Möglichkeiten sind dann offensichtlich begrenzt.

In Vorträgen des Marsilius-Projekts, das sich mit der frühkindlichen Entwicklung beschäftigt, wurden Richtungsentscheidungen in der frühkindlichen Entwicklungsphase als Weichenstellung bezeichnet – letztlich ist das Bild eines Gleises, auf dem ein Zug nach der Weichenstellung fährt, das Symbol schlechthin für einen determinierten, sogar auf eine Linie eingeschränkten Ablauf. Die im Kolleg besprochenen sensitiven Entwicklungsphasen entsprechen den Umgebungen von hyperbolischen Punkten. Die Beschreibung von instabilem bzw. oszillatorischem Verhalten in Abhängigkeit von der Ausgangssituation ist im Rahmen der dynamischen Systeme natürlich und erlaubt es, über Analogieschlüsse hinauszugehen. Im Rahmen des Projekts fand ich heraus, dass die Theorie der dynamischen Systeme, insbesondere das Konzept der Attraktoren, bereits in der Entwicklungspsychologie verwendet wird.⁶

Frage (3), was an den Wendepunkten den entscheidenden Anstoß in eine bestimmte Richtung geben kann, hängt in der Quantenphysik eng mit dem Einfluss von möglichen Einzelereignissen auf große Systeme zusammen. Im weiteren Kontext ist sie für mich eng mit dem Begriff der Spontanität als Eigenschaft des Lebens verbunden. Während der Zeit am Kolleg habe ich mich deshalb mit dem Begriff der initialen Aktivität⁷ beschäftigt, sowie mit theoretischen Ansätzen, die auf Selbstbezüglichkeit und Ruelles seltsamen Attraktoren⁸ beruhen. Letztere lassen aber elementare Fragen offen.

Persönliches Fazit

Es war mir von Anfang an klar, dass ich mich in diesem Projekt mit Fragen beschäftigen würde, auf die es, wenn überhaupt, keine schnellen Antworten gibt. Der philosophische Dialog mit meinem Kollegen Jens Halfwassen war für mich sehr anregend: Einige Grundvorstellungen der platonischen Philosophie passen in erstaunlicher Weise zur Quantentheorie und können zu einer neuen Formulierung des Materie- und Realitätsbegriffs beitragen. Herr Halfwassen und ich haben vor, unseren Dialog fortzusetzen und ein gemeinsames Seminar zu diesem Themenbereich durchzuführen.

Mein Ansatz mit hyperbolischen Punkten in dynamischen Systemen traf trans Nicarum auf keine große Resonanz. So habe ich meine Suche nach Beispielen

außerhalb der Naturwissenschaften vor allem in der Literatur betrieben und Kontakte dazu auch mit auswärtigen Wissenschaftlern geknüpft, um meine Gedanken an spezifischen Modellen weiterzuentwickeln.

Die wöchentlichen Treffen mit den Marsilianern unserer Klasse war für mich persönlich eine Freude und gedanklich eine außerordentliche Bereicherung. Einerseits habe ich es geschätzt, einen tieferen Einblick in die doch ganz andere Gedankenwelt und Methodik anderer Fächer zu bekommen, andererseits hat die Verringerung der Distanz dazu mich auch etwas kritischer in ihrer Betrachtung gemacht. Kurzum, meine persönliche Fähigkeit und Neigung zum interdisziplinären Dialog ist stark gefördert worden.

¹ Vgl. J. Conway und S. Kochen: *The Strong Free Will Theorem*, in: *Notices of the AMS* 56 (2009), S. 226-232.

² Vgl. D. Greenberger et al.: *Bell's Theorem without Inequalities*, in: *Am. J. Phys.* 58 (1990), S. 1131.

³ Das Grundproblem hat bereits Johann von Neumann in seinem Buch *Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik (Grundlehren der mathematischen Wissenschaften, Band 38, Berlin: Springer 1932)* besprochen. Der von Bohr angenommene strikte „Schnitt“ zwischen einer Quantenwelt und einer klassischen Welt, mit dem das Subjekt zugunsten des Messapparats aus der Betrachtung entfernt werden soll, ist sowohl konzeptionell als auch empirisch unhaltbar. Die Interpretation der Lösung der Schrödingergleichung als „Führungswelle“ einer rein deterministischen Dynamik von de Broglie und Bohm ist mit (b), aber auch mit Annahme (c) im Konflikt. Die derzeit sehr viel untersuchte Quanteninformationstheorie setzt von der Begrifflichkeit her schon bei Information an, die ein Subjekt erfordert.

⁴ Insbesondere ist das passive Mitgezogen-Werden des schwimmenden Hölzchens kein allgemeines Charakteristikum dynamischer Systeme; die Möglichkeit der Adaption und Rückwirkung sind in der Formulierung enthalten.

⁵ Vgl. z.B. P. Martin und A. J. Hudspeth: *Compressive Nonlinearity in the Hair Bundle's Active Response to Mechanical Stimulation*, in: *Proc. Nat. Acad. Sci.* 98 (2001), S. 14386-14391.

⁶ Vgl. E. Thelen und L. B. Smith: *A Dynamic Systems Approach to the Development of Cognition and Action*, Cambridge/MA: Bradford Books/MIT Press 1994.

⁷ Vgl. Martin Heisenberg: *Initiale Aktivität und Willkürverhalten bei Tieren*, in: *Naturwissenschaften* 70 (1983), S. 70-78.

⁸ Vgl. David Ruelle: *Les attracteurs étranges*, in: *La Recherche* 11 (1980), S. 132-144.