

Barry Smith
State University at New York
Buffalo, NY USA

Aristoteles, Kant und die Quantenphysik

Es gilt nicht Objektivität zu sichern, sondern sie zu verstehen.²

Der folgende Vortrag hat zwei Teile. Teil 1 hat mit dem Internet zu tun und mit neuen Entwicklungen im Bereich des so genannten „ontological engineering“. Teil 2 hat zu tun mit der kantischen Philosophie und mit neuen Versuchen, diese Philosophie mit Hilfe der Quantenphysik zu unterstützen. Diese zwei Teile sind nicht vollkommen unabhängig voneinander, aber die Verbindung zwischen den zwei Teilen wird erst im Laufe des Vortrags klar werden.

1. Ontological Engineering

Meine Studenten bekommen regelmäßig E-Mails der folgenden Art:

Die Firma kanisa.com sucht ontological engineers, die Informationen in sorgfältig definierten hierarchischen Kategorialschemata organisieren können. Das Modell, das wir verwenden, ist vergleichbar mit einer aristotelischen Kategorientafel, worin Informationen nach Genus-Spezies-Verhältnissen gruppiert sind. Wir suchen Leute mit wenigstens einem Masters Degree, am liebsten aber mit Ph. D., entweder in Philosophie oder in einem benachbarten Gebiet wie z. B. der Linguistik.

Was tun „ontological engineers“? Sie versuchen bestimmte „business domains“, etwa das Gebiet des Fleisches, in einer Form zu modellieren, die es für verschiedene Gruppen von Anwendern im Internet zugänglich macht. Die Homepage www.meat.com stellt z. B. die ganze (virtuelle) Welt von Fleisch in einer Weise dar, die diese Welt für Fleischhersteller, Fleischchemiker, Fleischtransporteure, Metzger usw. zugänglich macht. Ontological engineers sind dafür da, für die Konstruktion und für die Übersichtlichkeit und Brauchbarkeit einer solchen Ontologie zu sorgen.

Es gibt nicht nur die (E-)business-Ontologie, sondern auch verschiedene andere Tätigkeitsbereiche der neuen ontologischen Ingenieure. Die Registrierung von Immobilien in einem Kataster verlangt z. B. von der Rechtsontologie eine Kategorisierung der verschiedenen – rechtlichen, ökonomischen, politischen und administrativen – Objekte und Prozesse, die mit dem Kaufen und Verkaufen von Gebäuden und Grundstücken

² Zitiert nach W. H. Müller, *Die Philosophie Edmund Husserls nach den Grundzügen ihrer Entstehung und ihrem systematischen Gehalt*. Bonn, 1956., S. 25.

zusammenhängen. Das Pentagon in Washington hat ein „Department of Lessons Learned“ (Abteilung für gelernte Lektionen), welches Ontologie dazu verwendet, die verschiedenartigen Komponenten und Aspekte der Kriege der Vergangenheit in einer Weise zu katalogisieren, dass man automatisch die Lehren und Erkenntnisse aus diesen früheren Kriegen in gegenwärtigen Konfliktsituationen umsetzen kann. Die Archäologie-Ontologie versucht theoretische Grundlagen für das Katalogisieren von archäologischen Funden zu entwickeln, die Kunst-Ontologie tut dasselbe in Bezug auf die Welt von Bildern und anderen Kunstwerken. In der Zukunft wird es eine Ontologie-Ontologie geben, die eine vollständige Taxonomie von Ontologien zu entwickeln versucht, nach dem Vorbild etwa einer mathematischen Taxonomie aller möglichen Tesselationen der Ebene.

Die Ontologen, die für Internet-Suchmaschinen wie die von Yahoo oder Lycos arbeiten, versuchen eine Ontologie der ganzen Welt zu konstruieren. Man könnte sagen, dass sie dasselbe für die gesamte Welt tun, das Bibliothekare für die kleinere Welt einer Bibliothek tun: sie erzeugen *Katalogsysteme*. Es gibt in einer großen modernen Bibliothek für den Leser zu viele Bücher, so dass der Leser ohne irgendeine strukturierte Klassifizierung dieser Bücher den Weg durch eine solche Sammlung nicht sinnvoll finden kann. Es gibt inzwischen zu viele Homepages im Internet, so dass die Benutzer des Internets ihren Weg durch diese virtuelle Welt nicht sinnvoll finden könnten ohne irgendeine strukturierte Klassifizierung ihrer Inhalte zu haben. Wir brauchen dementsprechend kognitive Werkzeuge, damit wir unseren Weg durch solch große Datenimperien finden. Wie schon Aristoteles gesehen hat, müssen diese Werkzeuge mit Begriffen arbeiten, die hierarchisch organisiert sind. Aristoteles gilt in den Kreisen der ontological engineers zurecht als erster Ontologe der Weltgeschichte und die Lehre von hierarchischen Klassifizierungen, die er in seiner Kategorienlehre³ dargelegt hat, liefert die Grundlagen nicht nur für unsere jetzigen Katalogisierungs- und Datenbanksystem, sondern auch z. B. für die verschiedenen Taxonomisierungen der Welt von Organismen, die seit Linné in der Biologie verwendet werden.

Ein Klassifikationssystem ist ein Baum. Allgemeinere Begriffe sind mit den oberen Knoten des Baums assoziiert, bis hin zum höchsten Knoten, der Spitze des Baums, die in der aristotelischen Terminologie mit einer so genannten „Kategorie“ assoziiert wird. Spezifischere Begriffe sind mit den unteren Knoten des Baums assoziiert, bis hin zu den niedrigsten Begriffen, die prinzipiell direkt mit den entsprechenden Objekten in Verbindung gebracht werden können. Wichtig ist, dass die Knoten in einem solchen baumartigen Kategoriensystem Informationen enthalten, die wir immer wieder verwenden können. Sobald ich weiß, dass X ein Kanarienvogel ist, weiß ich auch, dass X ein Vogel ist, dass X Federn und Flügel hat, dass X fliegen kann, usw. Ich brauche diese Information in meinem Gehirn nur einmal in Zusammenhang mit „Vogel“ zu speichern und nicht immer wieder mit jeder neuen Vogelklasse, der ich begegne. Eine hierarchische Klassifikation von Spezies und Genera ist also eine nützliche und

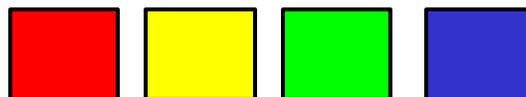
³Rolfes, E. (Hrsg.): *Aristoteles. Kategorien*. Hamburg 1974

mächtige *Inferenzmaschine* und aus diesem Grund sind Spezies-Genera-Hierarchien gute Methoden für die Darstellung von Denken.

Aber was erklärt diese Nützlichkeit? Aus welchem Grund sind gerade *hierarchische Klassifikationen* für unser Denken nützlich? Es gibt zwei Antworten auf diese Frage. Auf der einen Seite ist die Antwort der Kantianer. Sie sagen, dass Begriffsbäume nützlich sind, weil sie der natürlichen Art, wie wir denken, entsprechen. Auf der anderen Seite ist die Antwort der aristotelischen Realisten. Sie sagen, Begriffsbäume sind deswegen nützlich – und sie entsprechen deswegen der natürlichen Art, wie wir denken –, weil sie die Welt wie sie ist darstellen. Die Welt selbst ist für den Aristoteliker hierarchisch in Spezies-Genus-Bäumen organisiert, die unsere Begriffsbäume nur wiedergeben. Ursprünglich, sind die Hierarchien auf der Seite der Sachen selbst. Unsere Begriffshierarchien sind dagegen in ihrer Art ableitend.

Kantianer favorisieren die Auffassung von Spezies-Genera-Hierarchien als reine Begriffsbäume, als bloß begriffliche Strukturen, die sonst nichts über eine etwaige Wirklichkeit jenseits unserer Begriffe aussagen. Aristoteliker favorisieren eine Auffassung begrifflicher Hierarchien als etwas, das die Struktur der Welt selbst widerspiegeln kann, und sie bestehen darauf, dass die Welt auch dann eine hierarchische Struktur haben würde, wenn es uns und unsere Begriffe nicht gegeben hätte. Es gab schon weltliche Spezies-Genus-Hierarchien bevor es Denker gegeben hat.

Die Kantianer haben jedoch zwei starke Argumente, die für ihre Position zu sprechen scheinen. Sie können nämlich für ihre Seite einerseits das Argument der Ausnahmefälle einnehmen, andererseits das Argument der kontinuierlichen Übergänge. Was das Erstere angeht, erinnern wir uns an das Beispiel des Kanarienvogels, das wir oben eingeführt haben. Stellen wir uns nun vor, dass wir denselben Spezies-Genus-Begriffsbaum nicht in Bezug auf einen Kanarienvogel anzuwenden versuchen würden, sondern in Bezug auf einen Strauß. Ein Teil des Denkmoduls in unserem Gehirn folgert so: X ist ein Strauß, also kann X nicht fliegen. Ein anderer Teil dieses Denkmoduls nimmt aber die im Baum eingebaute Information in Anspruch und folgert: X ist ein Strauß, also ist X ein Vogel, also kann X fliegen. Unser Begriffsbaum ist als Denkinstrument hier unzulässig. Würden wir ihm folgen, kämen wir auf den Schluss, dass ein Strauß ein Vogel sei, der sowohl fliegen als auch nicht fliegen kann. Der Kantianer sieht hierin eine Bestätigung seiner Auffassung, dass es in der Tat keine Spezies-Genus-Hierarchien in der Wirklichkeit gibt, sondern dass wir kognitive Wesen solche Hierarchien konstruieren und sie der Welt aufoktroieren. Ein anderes ähnliches Beispiel können wir mit folgendem Bild darstellen. Unsere Farbbegriffe sehen ungefähr so aus:



Sie sind, wenn man so will, digitale Einheiten. Die Welt da draußen dagegen ist ein Kontinuum, das ungefähr so aussieht:



Wie können solch einfache, digitale Begriffe wirklich das wiedergeben, was in dieser Weise aus kontinuierlichen Übergängen besteht?

Der Kantianer zieht aus dem Fehlen von Konformität zwischen unseren geschlossenen Begriffssystemen einerseits und der offenen, verschwommenen Welt andererseits die Konsequenz, dass wir die Welt selbst (die Welt „an sich“) mit unseren Begriffen nie erfassen können. Bestenfalls erfassen wir irgendwelche von uns zurechtgeschnittene Objektsurrogate, die in der Wirklichkeit nicht existieren. Kantianer vertreten demgemäß etwas, das man eine „Midas-Epistemologie“ nennen könnte. Sobald wir beim Erfassen eines Dinges sind, wird das Ding, das wir zu erfassen versuchen, quasi mit einem erkenntnistheoretischen Schleier versehen. Das Einzige, das wir erkennen können, sind begrifflich geformte Erkenntnisobjekte. Die Gegenstände selbst bleiben immer hinter dem von uns erzeugten Schleier.

Das Ergebnis dieser begrifflichen Formung ist eine konstituierte Welt, die übrigens in mancher Hinsicht der oben beschriebenen konstituierten (virtuellen) Welt der Datenbankingenieure ähnlich ist. Im Bereich der Internet-Ontologie scheint der Kantianer sogar tatsächlich Recht zu haben. Für die Internet Ontologie löst sich die Welt in unseren Datentabellen auf. Welt und elektronische Erfassung sind untrennbar, denn die Medien der elektronischen Erkenntnis sind undurchsichtig. Sie arbeiten immer mit Repräsentationen von Objekten in ihren Datentabellen und nie mit der Wirklichkeit selbst. Das hat mit John Searles so genanntem „Chinesischen Zimmer Argument“⁴ zu tun, das letzten Endes nur das Fehlen von Semantik in einem Computer demonstriert. Ein Computer hat nur Syntax. Gewisse Aspekte der Welt werden zwar ausreichend im Computer syntaktisch simuliert, aber die Welt selbst, die Welt von Fleisch und Blut worin wir leben, geht verloren. Sie bleibt, wenn man will, hinter dem Schleier. Wie sich für den Kantianer die Welt in unseren Bewusstseinsakten auflöst, löst sich die Welt für den Datenbankingenieur in den Operationen seines Rechners auf.

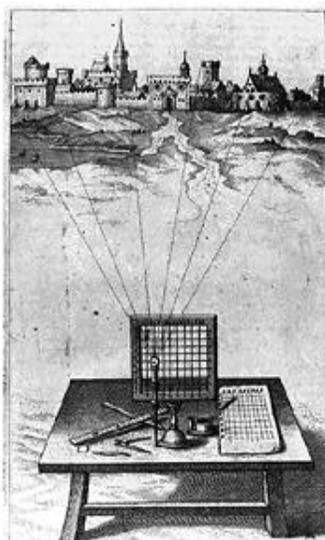
Zusammenfassend können wir nun festhalten, dass es eine Unterscheidung zwischen zwei Auffassungen von Kategorien gibt. Auf der einen Seite ist die

⁴Searle, John Rogers: *Minds, Brain and Programmes*, London 1980

kantische Auffassung: Kategorien sind Schöpfungen unseres Denkens. Wir gestalten die Wirklichkeit, wie wir sie erfahren, so dass sie unseren Kategorien entspricht. Auf der anderen Seite ist die aristotelische Auffassung: Kategorien sind in der Welt, und wir Menschen tun unser Bestes, sie, und die Gegenstände die unter sie fallen, zu erfassen. Die Probleme von Ausnahmefällen und von kontinuierlichen Übergängen sind für den Aristoteliker nicht unbedeutend: Alles, dem wir in der Welt von Fleisch und Blut begegnen, scheint mit Ausnahmefällen und mit kontinuierlichen Übergängen belastet zu sein. Wie werden die Aristoteliker also diese zwei Probleme lösen?

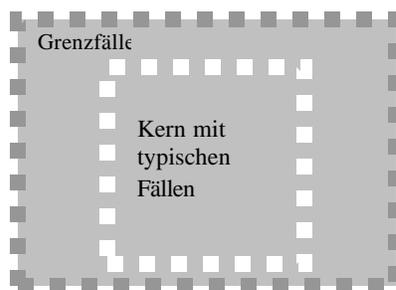
Zunächst zeigen wir auf, dass die Bäume, die wir bisher verwendet haben, nicht nur als lineare Hierarchien, sondern auch als zweidimensionale landkartenartige Gebilde aufgefasst werden können, die sonst als Venn-Diagramme bekannt sind. Man kann aus jedem Baum leicht eine zweidimensionale Konstruktion dieser Art bilden, indem man die Knoten des Baums mit Gebieten innerhalb des Venn-Diagramms assoziiert, wobei die Gebiete, die mit den untersten Knoten des Baums assoziiert sind, sich nicht miteinander überschneiden. Ist Knoten A ein Unterknoten von Knoten B in dem Baum, mit dem wir beginnen, dann ist Region A eine Teilregion der Region B im entsprechenden Venn-Diagramm. Ist z. B. der Knoten *Ratte* ein Unterknoten von Knoten *Säugetier* in unserem Baum, dann ist die im Venn-Diagramm abgebildete Totalität der Ratten eine Teilregion der im Venn-Diagramm abgebildeten Totalität der Säugetiere.

Wir stellen uns nun eine Einzelregion (oder „Zelle“) innerhalb eines solchen Venn-Diagramms als eine Art Linse und das Diagramm selbst als eine Art gerastertes Fernrohr, das es uns erlaubt, die Gegenstände, die hinter der Linse existieren – d. h. die Gegenstände, die zu der entsprechenden Kategorie gehören – begrifflich zu erfassen. Wir stellen uns ein hierarchisches System von kategorialen Begriffen m. a. W. als eine Art *durchsichtige Aufteilung* vor, von der Sorte, die man in der Renaissance als Hilfsinstrument des Malens verwendet hat, um die Welt besser zu sehen.



Wie können aber einfache Begriffe wie *rot, gelb, grün* oder *Vogel, Strauß, Krähe* transparent sein in Bezug auf eine ungezähmte verschwommene Welt wie die unsrige, eine Welt, die überall von Grenzfällen bevölkert ist? Die Antwort darauf ist, dass die kategorialen Linsen, die wir verwenden, doch in der Lage sind, die kategorialen Strukturen von typischen Beispielen wiederzugeben, auch, wenn sie in Bezug auf Grenzfälle oft zu falschen Schlussfolgerungen führen. Um die Analogie mit einem durchsichtigen Gitter weiter voranzutreiben, zeigen wir auf, dass auch gute optische Linsen, die transparent sind in Bezug auf das, was in der Mitte ihres Sehfelds liegt, manchmal verschwommene Ränder erzeugen, die es uns schwer machen, die umliegenden Objekte richtig zu erfassen. Und genau so ist es auch mit unseren natürlichen Kategorien: Sie schließen Grenzfälle in Bereichen, in denen sie dann als Denkinstrument nicht taugen, ein. Jedoch liegen diese Fälle immer am Rande des Ausdehnungsbereiches der Kategorie, und in Bezug auf die prototypischen Beispiele, die im Kern dieses Bereiches liegen, ist die kategoriale Aufteilung immer noch transparent, die entsprechenden Schlussfolgerungen immer noch ganz verlässlich.

Man wäre nun geneigt zu meinen, dass die Unzuverlässigkeit bei den Grenzfällen immer noch ein Hindernis dafür ist, Kategorienbäume als korrekte Darstellungen unabhängiger ontologischer Strukturen seitens weltlicher Objekte aufzufassen. Dies ist aber nicht so. Denn indem Menschen natürliche Kategorien lernen, lernen sie auch immer, dass sie zwischen einem Kern von prototypischen Fällen und einem Randbereich von Grenzfällen zu unterscheiden haben, und dass sie mit solchen Kategorien immer unter der Voraussetzung umzugehen haben, dass im Bereich der Grenzfälle die mit der Kategorie gespeicherte Information nicht zuverlässig ist. Wir lernen m. a. W., dass unsere Kategorien „offen“ sind. Sie haben im Gegensatz zu den geschlossenen Kategorien in der Welt des Datenbankingenieurs keine scharfen Außengrenzen, sondern eine Kern-Rand-Struktur. Und wo es für jedes Objekt in der Datenbankwelt von Anfang an determiniert ist, ob das Objekt unter die Kategorie fällt oder nicht, gibt es in der natürlichen Welt da draußen Objekte, die als echte Grenzfälle einzuordnend sind.



Mit Hilfe der Idee von offenen Kategorien und des Bildes von transparenten Aufteilungen, deren Zellen immer eine Kern-Rand Struktur haben, können wir jetzt verstehen, wie unsere natürlichen Kategoriensysteme in Bezug auf eine Welt funktionieren können, die voll von Grenzfällen und kontinuierlichen Übergängen ist. Dazu müssen wir allerdings noch einen zusätzlichen Begriff einführen, nämlich den Begriff der „Körnigkeit“ oder „Granularität“. Wir verwenden Kategorien (wir teilen die Welt in diese Kategorien auf) immer für bestimmte Zwecke. Aufteilungen sind Instrumente für praktische Anwendungen und sie unterliegen also dem Faktor der Ökonomie. Je schärfer eine Aufteilung, d. h. je dünner ihr Randgebiet für Grenzfälle, desto „kostspieliger“ ist die Aufteilung in ihrer Konstruktion. Unsere Aufteilungen ignorieren daher aus praktischen Gründen vieles, das eigentlich zu den aufgeteilten Wirklichkeitsgebieten gehört. Sie haben m. a. W. eine gewisse Körnigkeit. Gewisse Dimensionen und Aspekte der aufgeteilten Wirklichkeit bleiben immer – wie z.B. im Falle der Einteilung von Liegenschaften – unbeachtet oder werden übergangen. Die Kern-Rand-Struktur geht Hand in Hand damit zusammen, dass alle transparenten Aufteilungen eine entsprechende Art von Körnigkeit oder Auflösung haben. Auch die Aufteilung, die mit dem Begriff *Mensch* assoziiert ist, hat eine Kern-Rand-Struktur, die sich dadurch auszeichnet, dass, wenn es um Grenzpartikel unserer Körperoberfläche (z. B. um locker gewordene Haare oder Hautzellen) geht, wir die Frage offen lassen, ob diese Grenzpartikel zum Menschen gehören oder nicht. Wir arbeiten immer mit einer Aufteilung von einer gewissen Grobkörnigkeit, da die Determination der Objekte kleine Grenzpartikel ignoriert, die in den verschiedenen Zellen der Aufteilung impliziert sind.

Zwei Aufteilungen können also in Bezug auf ein und dasselbe Objekt oder Objektgebiet gleich transparent sein, aber einige sind wegen deren feineren Körnigkeit besser (schärfer, exakter) als andere. Wir können Aufteilungen nach Körnigkeit in dieser Weise ordnen. Wissenschaftliche Aufteilungen sind dadurch gekennzeichnet, dass sie das Verfolgen der kausalen Entwicklung seitens der Gegenstände in ihren Bereichen ermöglichen. Die Klassifikation von Walfischen als Säugetieren gehört z. B. zu unserer wissenschaftlichen Aufteilung der Tiere, weil diese Klassifikation verlässliche Vorhersagen unterstützt in einer Weise, wie dies ältere, konkurrierende Aufteilungen nicht taten. Aber nicht nur wissenschaftliche Aufteilungen sind transparent im hier intendierten Sinn. Auch viele der Kategoriensysteme, die wir in unserem alltäglichen Umgang mit der Wirklichkeit verwenden, sind transparent, und zwar auch dann, wenn sie sehr grobkörnig und auch, wenn sie unwissenschaftlich sind. Es gibt z. B. die Aufteilung eines kleinen Kindes, das mit Zellen wie *Mutter*, *Mäuse*, *Milch* operiert.⁵ Es gibt generell die Spezies-Genera-Hierarchien des Commonsense – z. B. der Alltags-Psychologie und -Biologie (– und auch diese sind wenigstens zum großen Teil transparent, bis auf einige fehlende Elemente, wie etwa die Einordnung der Walfische unter die Fische. Die Lehre von durchsichtigen Aufteilungen kann in dieser Weise also, wenn richtig angewendet, vieles sowohl

⁵Millikan, Ruth Garrett: *A common structure for concepts of individuals, stuffs, and real kinds. More Mama, more milk, and more mouse.* In: *Behavioral and Brain Sciences*, 9. London 1998, 1, S. 55–100.

vom Commonsense als auch von der damit assoziierten aristotelischen Philosophie für sinnvoll und zeitgemäß erklären.

Die Welt, wie sie in unseren Commonsense-Aufteilungen aufgefasst wird, existiert in einer Weise, die mit diesen Aufteilungen konform ist. Mutter, Mäuse und Milch existieren tatsächlich. Was ist aber mit der Wissenschaft? Wenn die Commonsense-Welt für den Realismus gerettet ist, wie ist es mit der wissenschaftlichen Welt? Sind unsere wissenschaftlichen Aufteilungen auch transparent in Bezug auf eine unabhängige Wirklichkeit? Diese Frage erinnert uns an die berühmte „Parabel der zwei Tische“ des Physikers Arthur Eddington.⁶ Eddington unterscheidet zwischen Tisch Nummer 1, dem gewöhnlichen soliden aus Holz gebautem Tisch in seinem Wohnzimmer, und Tisch Nummer 2, dem „wissenschaftlichen Tisch“. Letzterer

... is mostly emptiness. Sparsely scattered in that emptiness are numerous electric charges rushing about with great speed; but their combined bulk amounts to less than a billionth of the bulk of the table itself.

Die Schlussfolgerung von Eddington ist, beide Tische können nicht gleichzeitig am selben Ort existieren, da sie gegensätzliche Eigenschaften haben. Da der wissenschaftliche Tisch im gesamten wissenschaftlichen Weltbild fester verankert ist, müssen wir also davon ausgehen, dass nur dieser Tisch existiert.

Eddingtons Fehler beruht darauf, dass er die Tatsache nicht berücksichtigt, dass die zwei Tischbeschreibungen in Bezug auf Ebenen der Wirklichkeit formuliert sind, die ganz unterschiedliche Auflösungen haben. Diese Beschreibungen entsprechen Landkarten unterschiedlicher Maßstäbe. Wenn wir aber diesen Auflösungsunterschied berücksichtigen, stellen wir fest, dass uns nichts daran zu akzeptieren hindert, dass beide Tische existieren, und dass Eddingtons Insistieren Bestehen, dass allein der wissenschaftliche Tisch existiert, der Auffassung ähnelt, dass nur eine bestimmte sehr (sehr) feinkörnige Landkarte der Wirklichkeit wahr sein könnte, und dass unsere gewöhnlichen grobkörnigen Beschreibungen dieser Wirklichkeit bloße (aus unerklärlicher Weise praktische und bequeme) Fiktionen seien. Dagegen stellt man fest, dass neue Deutungen der Quantenmechanik zeigen, dass man auch die mikrophysikalischen Strukturen der Wirklichkeit nur mit Hilfe mehrerer Aufteilungen erfassen kann, die notwendigerweise von verschiedener Auflösung sein müssen.⁷

2. Kant und die Quantenphysik

Was für eine Lehre sollen wir daraus ziehen? Es gibt, wie schon klar sein wird, sowohl grobkörnige als auch feinkörnige Aufteilungen. Wir verfeinern Aufteilungen, indem wir die Anzahl der dazu gehörenden Zellen vergrößern und

⁶Eddington, Arthur: *The Nature of the Physical World*. London 1928

⁷Omnès, Roland: *The Interpretation of Quantum Mechanics*. Princeton 1994

umgekehrt. Wir können Aufteilungen zusammenfügen, um neue ausgedehntere Aufteilungen zu gewinnen. Wir können Aufteilungen einschränken, indem wir ein gegebenes Raster von Zellen auf eine kleinere Domäne übertragen. Generell können wir Aufteilungen manipulieren, um ein besseres (breiteres, exakteres) Bild der Wirklichkeit zu gewinnen. Das Ideal des Realismus wäre eine Super-Aufteilung des ganzen Alls – eine Super-Physik, die das folgende Grundprinzip des Realismus erfüllen würde:

Jedes Element der physikalischen Wirklichkeit hat ein Gegenstück in der physikalischen Theorie.

Dieses Ideal haben Albert Einstein, Boris Podolski und Nathan Rosen in ihrem berühmten Aufsatz von 1935 „Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality be Considered Complete?“ zu verteidigen versucht.⁸ Die Rede ist – hier vereinfachend dargestellt – von einer einzigen universellen Aufteilung, die genau auf die Wirklichkeit passt, so als wenn kariertes Papier, das die Welt an ihren Gelenken aufteilt, mit seinen senkrechten und waagerechten Linien über die Welt gelegt wird. Das ist die Hypothese des universellen Realismus für die Physik.

Gegen die Idealthypothese sprechen allerdings tiefgehende Argumente, die nicht nur physikalischer, sondern epistemologischer Art sind. Diese Argumente sind deswegen für uns wichtig, weil sie oft als Unterstützung einer modernen Version der kantischen Philosophie vorgebracht werden. Dies gilt z. B. für das Buch „Die verschleierte Wirklichkeit“⁹ des französischen Quantenphysikers B. D’Espagnat. D’Espagnat vertritt die These, dass Ergebnisse der modernen Physik, wie z. B. die Heisenbergsche Unschärferelation eine Deutung erzwingen, nach welcher in der eigenen Terminologie D’Espagnats die „Medien unserer Erkenntnis“ im Grundbereich der Physik undurchsichtig sind. Wir können daher die Dinge, wie sie in diesem Grundbereich wirklich sind, nie erfassen. Dieser These entspricht in unserer Terminologie die Behauptung, dass es im Bereich der Quantenphänomene keine transparenten Aufteilungen gibt. Die Wirklichkeit an sich bleibt von unserer Perspektive aus gesehen immer wie hinter einem Schleier – genau wie die Wirklichkeit für unsere Datenbanken, welche nicht mit den Dingen selbst zu tun haben, unsichtbar wird, sondern mit einem virtuellen Bereich versehen ist, wo diese Dinge nur simuliert werden.

Auch der Realist muss gewisse Unzulänglichkeiten unserer Erkenntnisprozesse natürlich akzeptieren. Aus praktischer Hinsicht wichtiger als die Heisenbergsche Unschärferelation ist schon die Ungenauigkeit unseres Messens. Unsere Messinstrumente und die aus ihnen gewonnenen Messergebnisse sind nie mehr als Annäherungen. Grobkörnige Aufteilungen sind schon aus diesem praktischen Grund das Beste, das wir erreichen können, wenn es um die exakte Bestimmung physikalischer Quantitäten geht. Mit unseren Messinstrumenten können wir in Bezug auf solche Quantitäten bestenfalls feststellen, dass sie zu

⁸Einstein, A.; Podolski, B.; Rosen, N.: *Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality be Considered Complete?* In: *Physical Review*, 47. London 1935, S. 777-780.

⁹D’Espagnat, aaO.

dieser oder jener Zelle zu der entsprechenden Messaufteilung gehören, wobei diese Zellen immer eine gewissen Bandbreite haben müssen.

Wenn wir aber diese Schranken akzeptieren und uns damit zufrieden geben, dass wir die Welt nur bis zu einer gewissen Exaktheitsschwelle werden erfassen können, können wir dann den Realismus für die Physik nicht dadurch retten, dass wir alle transparenten Aufteilungen auf dieser erreichbaren Ebene der Exaktheit zusammenfassen, um durch Zusammenkleben oder Summieren eine Super-Aufteilung zu produzieren, die die EPR-Bedingungen erfüllen würde? Diese Super-Aufteilung würde die ganze Wirklichkeit umfassen und wir würden in dieser Weise die physikalische Welt für Realisten sicher machen.

Leider können wir eine solche Super-Aufteilung der physischen Wirklichkeit nicht konstruieren. Wie Stöltzner es formulierte: „Die Quantenmechanik kann nicht mehr einfach beschreiben, was ‚dort draußen‘ existiert, sondern ist in all ihren Aussagen an Randbedingungen gebunden, an den experimentellen Aufbau, an die Meßmethode.“¹⁰ Führten diese Randbedingungen nur dazu, dass wir uns mit einer gewissen Inexaktheit unserer Darstellungen zufrieden geben müssen, wäre die Grundidee einer physikalischen Super-Aufteilung noch zu retten. Sie führen aber zu der Feststellung, dass nicht alle Aufteilungen, die wir brauchen, um diese Wirklichkeit zu erfassen, miteinander konsistent sein können.

Der Grund dafür liegt darin, dass es „Quanten-Superpositionen“ gibt, d. h. Sachverhalte der Art, dass P gilt und Q gilt, aber (nach der üblichen Logik) P und Q nicht gleichzeitig wahr sein können. P ist z. B. die Behauptung, dass ein gewisser Partikel am Ort α_1 ist. Q ist die Behauptung, dass sich derselbe Partikel an einem völlig anderen Ort α_2 befindet. Oder P ist die Behauptung, der Partikel hat Spin *Up*, Q ist die Behauptung, dass derselbe Partikel Spin *Down* hat. Im Bereich der Quantenphänomene gibt es solche Superpositionen häufig, obwohl diese superpositionierten Sachverhalte nur sehr kurzfristig bestehen. Nicht alle Aufteilungen, die wir brauchen, um die Phänomene im Quantenbereich zu beschreiben, sind miteinander konsistent. Das muss für ehrenhafte Realisten ein Stolperstein sein, nicht aber für solche Kantianer die im Sinne der König-Midas-Epistemologie eine von uns unabhängige Realität an sich ablehnen.

But help is on the way. Stellen wir uns eine Aufteilung als einen Schnappschuss der Wirklichkeit vor. Um physikalische Prozesse welcher Granularität auch immer mit Hilfe der Technologie von Aufteilungen übersichtlich zu machen, brauchen wir nicht nur einzelne Schnappschüsse, sondern ganze Filme oder Sequenzen von Schnappschüssen desselben physischen Systems zu verschiedenen Zeitpunkten: Sequenzen, wenn man will, von grobkörnigen Ausschnitten der Wirklichkeit. Solchen Sequenzen nennen wir Geschichten. Als

¹⁰Stöltzner, Michael: *Über zwei Formen von Realismus in der Quantentheorie*. In: *Journal for General Philosophy of Science*, 30. 1999, S. 289–316

Vgl. auch seine Rezension von *Veiled Reality* in: Nemeth, E.; Stadler, F. (Hrsg.): *Encyclopedia and Utopia* (Vienna Circle Institute Yearbook 4). Dordrecht 1996, S. 385–389

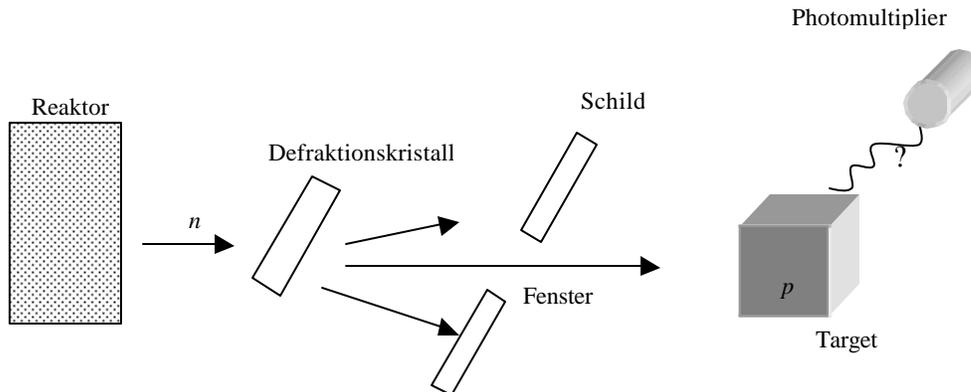
Beispiel einer verhältnismäßig sehr grobkörnigen Geschichte nehmen wir ein Flugticket. Von dem Ticket können wir z. B. ablesen, dass Fritz von Wien abfliegt, dass er in Heathrow zu einer gewissen Zeit ankommt, dass er über den Kennedy Airport reist und dann weiter mit der United Airlines Flugnummer 142 nach Columbus fliegt. Die Geschichte stellt in diesem Fall eine Sequenz von örtlichen Aufteilungen dar, die die Aufgabe haben, den Aufenthaltsort von Fritz zu bestimmten Zeiten darzustellen. Man kann aus diesem Flugticket-Beispiel sehen, dass eine Geschichte nicht *notwendig* realisiert wird. Es könnte sein, dass Fritz tatsächlich von Wien nach Columbus fliegt, dass er aber nicht über Heathrow fliegt, weil in Heathrow Nebel ist. Es gibt *Alternativ*-Geschichten. Auch, wenn wir wissen, dass der Beginn und das Ende einer Geschichte verwirklicht werden, gibt es eine Reihe von alternativen Geschichten, die diese Verwirklichung erlauben.

Genauso wie wir Aufteilungen manipulieren können, können wir auch die Geschichten manipulieren, die aus Aufteilungen durch Aneinanderreihung gebaut werden. Wir können Geschichten verfeinern, indem wir die entsprechenden Aufteilungen verfeinern oder indem wir zusätzliche Referenzzeiten hinzuaddieren. Oder wir können umgekehrt durch Weglassen von Zellen oder von Referenzzeiten eine Geschichte vergrößern.

Wenn wir Geschichten einer bestimmten Körnigkeit in Bezug auf eine festgelegte Menge von Referenzzeiten nehmen, dann gibt es eine endliche Anzahl von Alternativgeschichten, wovon nur eine tatsächlich realisiert werden wird. Die Summe dieser Alternativgeschichten entspricht dem, was Leibniz eine Summe aller möglichen Welten genannt hätte – nur ist sie auf Welten einer gewissen Körnigkeit und eines bestimmten räumlich-zeitlichen Bezuges beschränkt

Nehmen wir ein Schachspiel mit einer gewissen Anfangsposition und einer gewissen Endposition. Dazwischen liegen 6 Spielzüge. Es gibt nun eine endliche Anzahl von Geschichten, die diese zwei Positionen verbinden. Beim dreimaligen Werfen einer Münze gibt es 8 verschiedene Möglichkeiten, dass Kopf und Zahl hintereinander fallen. Es gewinnt aber immer entweder Kopf oder Zahl. Vorausgesetzt, die Münze ist gleichmäßig geschliffen, haben wir es beim Werfen dieser Münze mit genauen Wahrscheinlichkeiten zu tun. Im gegebenen Fall sind die Wahrscheinlichkeiten, dass die Münze in einer bestimmten Reihenfolge fällt (z. B. Kopf, Zahl, Kopf), genau $1/8$. Wir wissen, dass wir diese Wahrscheinlichkeitszuteilung vornehmen können, und zwar durch eine Methode, die der Konstruktion von Wahrheitswerttabellen sehr ähnlich ist.

Betrachten wir eine nukleare Reaktion. Eine Neutron-Proton Reaktion führt zu einem Deuteron und einem Gamma-Strahl.



Das Neutron wird aus dem Reaktor ausgestrahlt. Der Defraktionskristall bricht seine Bahn in viele Richtungen, es tritt unter anderem durch das Fenster des Schildes. Es trifft das Zielobjekt, nämlich das Proton, und erzeugt einen Gamma-Strahl, der wiederum vom Fotoervielfältiger (p) erfasst wird.

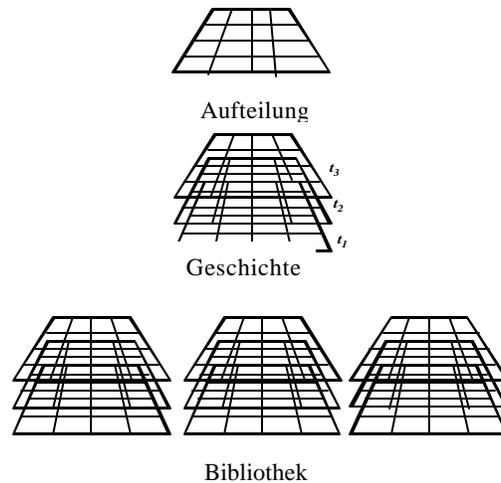
Mehrere Alternativgeschichten kann man in Bezug auf diese Entwicklung konstruieren. Man nehme z. B. fünf Referenzzeiten, die mit dem Ausstoß des Neutrons aus dem Reaktor (t_1), mit dem Erreichen des Defraktionskristalls (t_2), des Schildes (t_3), des Ziels (t_4) und dem Erfassen des Gammastrahls gleichzusetzen sind. Mit Hilfe der entsprechenden fünf Aufteilungen messen wir, wie das System in den gegebenen Zeitpunkten strukturiert ist. Diese Aufteilungen legen wir fest, sie haben immer eine gewisse Körnigkeit. Sie teilen das Gebiet, wo sich ein Partikel zu der entsprechenden Zeit aufhalten kann, in eine endliche Anzahl von Zellen. Jede Bahn durch das sich daraus ergebende Zellensystem entspricht dann einer Alternativgeschichte zu der Körnigkeit, die durch unsere Festlegung von Aufteilungen und Referenzzeiten gegeben ist. In einigen dieser Geschichten erreicht das Neutron tatsächlich sein Ziel, bei anderen nicht, weil der Partikel z. B. in der Abschirmung (Schild) verloren geht.

Genau wie beim Werfen einer Münze können wir auch hier leicht eine vollständige Menge von Alternativgeschichten definieren. Und wir können auch hier mit Hilfe der Schrödingergleichung jeder Alternativgeschichte in dieser Menge eine exakte Wahrscheinlichkeit zuteilen. Sowohl im Fall des Münzwurfs als auch im Fall der Nuklear-Reaktion wird nur *eine* der Möglichkeiten tatsächlich verwirklicht. Im Partikel-Fall können wir aber nie wissen, welche die privilegierte Geschichte ist, die verwirklicht wird. Und warum nicht? Heisenberg hätte gesagt: Weil unsere Messinstrumente selbst das System stören, oder wenigstens so ändern, dass wir nicht wissen können, wie das System ohne unsere Messeingriffe strukturiert gewesen wäre.

Wir können aber ganz genau kalkulieren, wie die entsprechende Wahrscheinlichkeitsverteilung ist. Wir können z.B. wissen, dass die

Wahrscheinlichkeit, dass der Partikel in Zelle 1 der Aufteilung zu Zeitpunkt t_1 genau 0.267 beträgt.

Wir fügen an dieser Stelle einen Terminus technicus ein, nämlich den der *Bibliothek*.¹¹ Eine Bibliothek ist eine vollständige Menge von konsistenten Geschichten mit einer gewissen Körnigkeit und mit gegebenen Index-Zeiten. Wir haben es also mit drei Stufen unseres Aufteilungsinstrumentariums zu tun, wie in dem folgenden Bild dargestellt wird:



Das bisher Gesagte ist nichts Neues. Es entspricht sogar einem Teil der so genannten „new decoherentist orthodoxy“ in der gegenwärtigen Diskussion zur Deutung der abstrakten mathematischen Gleichungen der Quantenmechanik,¹² die durch Physiker wie Griffiths, Gell-Man, Hartle und Omnès vertreten wird, die zusammen die Schule der „consistent historians“ bilden.¹³ Ihre „consistent-histories“-Deutung der Quantenmechanik kann der Einfachheit halber so aufgefasst werden: Sie ist nicht eine „many-worlds“-Deutung wie die von Everett, sondern vielmehr eine Deutung, die mit „many alternative histories of this single world“ arbeitet, und zwar mit vielen alternativen Geschichten und mit vielen alternativen Körnigkeiten, sowohl sehr (sehr) feinkörnigen, wie im Bereich der Quantenphysik, als auch sehr grobkörnigen, wie im Bereich der newtonschen Mechanik der Lebenswelt.

¹¹Omnès, der die Analogie zwischen klassischer Prädikatenlogik und der hier skizzierten Maschinerie von Aufteilungen betont, verwendet für das, was wir hier eine Bibliothek nennen, den Terminus ‚Logik‘.

¹²vgl. Bub, Jeffrey: *Interpreting the Quantum World*. Cambridge 2000

¹³Murray Gell-Man ist übrigens sonst als einer der Erfinder der Theorie der ‚quarks‘ (und für die Einführung dieses Wortes in die Terminologie der physikalischen Theorie) bekannt. Über die Theorie der consistent histories vgl. Omnès aaO. sowie sein neues Werk *Understanding Quantum Physics*. Princeton 1999

Genau wie Aufteilungen und Geschichten können auch Bibliotheken manipuliert werden. Eine Bibliothek L wird durch eine Bibliothek M z. B. erweitert, indem wir die Domäne von L mit zusätzlichen Elementen ausdehnen unter der Bedingung, dass alle Geschichten in L auch zu M gehören. Wir können eine Bibliothek verfeinern, indem wir zusätzliche Zellen in die zugrunde liegenden Aufteilungen oder zusätzliche Referenzzeiten in die zugrunde liegenden Geschichten einfügen, usw.

Aus der Existenz von Quantensuperpositionen folgt nun konsequenterweise, dass wir, um ein und dasselbe Quantensystem beschreiben zu können, mehr als eine Bibliothek brauchen, und dass die Bibliotheken, die wir brauchen, miteinander nicht konsistent sein können, in dem Sinne, dass sie keine gemeinsame Erweiterung haben. Bibliotheken, die in diesem Sinne nicht miteinander konsistent sind, nennen wir *komplementär*. Der Wellen-Partikel-Dualismus ist z. B. als eine Gegenüberstellung zweier nicht miteinander konsistenter Bibliotheken (vollständiger Familien alternativer konsistenter Geschichten) aufzufassen.

Um zu sehen, was das alles hier bedeutet, nehmen wir zwei Physiker, Johann und Maria, die ein und dasselbe physikalische System, allerdings an verschiedenen Tagen der Woche, untersuchen. Johann glaubt, dass die Nuklear-Reaktion den Satz P verifiziert. Aus P schließt er fantastisch exakte Voraussagen, die immer wieder verifiziert werden, manchmal nach mehreren Jahren und mehreren Kommastellen an Genauigkeit. Jede Woche macht er Aussagen dieser Art mit fantastischer Präzision. Immer wieder werden seine Aussagen unter Annahme von P bestätigt.

Maria, die mit einer anderen Bibliothek arbeitet, glaubt, dass dasselbe System Q verifiziert. Aus Q schließt sie gleichfalls auf genauso fantastisch exakte Voraussagen. Diese werden ebenso mit fantastischer Präzision verifiziert.

Johann hat das Labor an Montag, Mittwoch und Freitag, Maria am Dienstag und Donnerstag. Johann und Maria können natürlich ihre Experimente nicht gleichzeitig durchführen. Die jeweiligen Prozesse des Messens (des Beobachtens) zerstören die fein balancierten Superpositionen, die es zu messen gilt. Johann glaubt etwa an eine Partikel-Bibliothek. Maria an eine Wellen-Bibliothek. Und beide haben Recht. Kein Experiment könnte je zwischen ihren beiden Bibliotheken entscheiden. Sowohl P als auch Q werden verifiziert, aber P und Q sind nicht miteinander logisch konsistent.

Diese in der Quantenmechanik stets vorkommende Verifizierung inkonsistenter Behauptungen ist für den Realisten natürlich unerfreulich. Wie könnte der Realist in Bezug auf dieses Problem zur Ruhe kommen? Vier Lösungsmöglichkeiten können wir unterscheiden, wovon uns keine vollkommen glücklich zu machen scheinen.

Die erste Lösung stammt von Griffiths, dem Erfinder der konsistenten Geschichten-Deutung. Sie kann mit den folgenden bekannten Worten

ausgedrückt werden: Worüber man nicht sprechen kann, darüber muss man schweigen. Griffiths meint damit, dass Johann und Maria – und generell die Vertreter komplementärer Bibliotheken – *nicht miteinander sprechen dürfen*. Johann soll nur mit Kollegen sprechen, die dieselbe Bibliothek als Grundlage ihrer Arbeit verwenden. Dasselbe gilt für Maria. Solange man so arbeitet, wird man nie Schwierigkeiten haben. Die Rationalität wird gerettet.

Die zweite Lösung hat eine gewisse Ähnlichkeit mit neueren wissenschaftstheoretischen Ideen von Ian Hacking und Nancy Cartwright. Sie besagt, dass Quantensuperpositionsphänomene tatsächlich existieren. Sie sind aber unnatürliche Tricks, die nur in Laboratorien durch außerordentliche Mühe konstruierbar sind. Unternehmen wir diese mühsame Konstruktionsarbeit nicht, gilt noch eine konsistente einheitliche realistische Weltauffassung. Auch, wenn es so wäre, dass Superpositionen nur im Zusammenhang mit Laborsituationen existieren würden (eine Annahme, die völlig unbegründet zu sein scheint – vielmehr sind Superpositionen überall), wäre es immer noch für den ehrlichen Realisten ein Problem, eine Welt zu verstehen, worin solche Superpositionen überhaupt existieren.

Die dritte Lösung besteht darin, die Maschinerie des rationalen Argumentierens innerhalb eines Rahmens, worin miteinander inkonsistente Bibliotheken gleichzeitig verwendet werden müssen, durch eine parakonsistente Logik, z. B. durch ein logisches System, in dem zwar P und Q gleichzeitig behauptet werden können, nicht aber $P + Q$. Auch diese Lösung scheint für den Realisten keinen Frieden zu versprechen, denn er muss immer noch eine Möglichkeit haben, die Welt *ontologisch* zu verstehen, wenn gewisse Teile dieser Welt logisch miteinander unverträgliche Behauptungen gleichzeitig wahr machen können.

Die letzte Lösung ist die von Omnès selbst favorisierte.¹⁴ Für ihn gibt es nicht nur Elemente der Wirklichkeit, sondern auch gewisse Grenzelemente, die er „vernachlässigbare“ Elemente nennt. Diese müssen als theoretische Entitäten postuliert werden, wenn wir gute Vorhersagen machen wollen, dürfen aber – wenn wir das Gesetz des Widerspruchs in Bezug auf existierende Gegenstände aufrecht erhalten wollen –, nicht im Sinne von Entitäten als existierend gelten, die es unabhängig von unserer physikalischen Theorie gibt.

Das Problem dieser Omnèsschen Position ist, dass sie durch das Kriterium zur Beurteilung wissenschaftlicher Aufteilungen widerlegt wird. Danach ist nur die Aufteilung, die es ermöglicht, kausale Entwicklungen in ihren Bereichen zu verfolgen als transparente Aufteilung anzusehen, d.h. nur sie gilt für Dinge, die auch unabhängig von der Aufteilung existieren. Gegenstände sind nach diesem Kriterium wirklich, wenn ihre Klassifikation verlässliche Vorhersagen unterstützt. Im Einstein-Podolsky-Rosen-Realismus kommt dieses Kriterium der Bewertung von Aufteilungen zum Ausdruck. Wenn wir, ohne ein System irgendwie zu stören, mit Gewissheit oder mit einer Wahrscheinlichkeit von 1 vorhersagen können, was der Wert einer physikalischen Quantität sein wird, dann existiert

¹⁴Omnès, aaO.

ein Element der physikalischen Wirklichkeit, das dieser physikalischen Quantität entspricht. Da wir in der Quantenwelt Superpositionen akzeptieren müssen, müssen wir allerdings diese Art von Realismus aufgeben und unsere gewöhnliche Auffassung von Wahrheit oder Wirklichkeit revidieren.

Realismus scheitert für die Quantenwelt. Aber in Bezug auf die Lebenswelt des gesunden Menschenverstandes gilt Realismus uneingeschränkt weiter. Wir können sogar, wie die consistent historians bewiesen haben, die Wahrheiten der newtonschen Physik in Bezug auf die grobkörnige Wirklichkeit rigoros aus den Gesetzen der Quantenmechanik herleiten. Denn unsere Lebenswelt gehorcht bis zu einem verlässlichen Grad der Wahrscheinlichkeit den Gesetzen der klassischen newtonschen Physik. Das tut sie nicht etwa aus einer Art subjektiver Projektion wie Kant, Bohr oder Husserl zu meinen scheinen, als ob wir die newtonschen Gesetze („transzendental“) der Welt aufoktroieren würden. Vielmehr ist diese Welt klassisch, weil ihr klassischer Charakter rigoros aus den Gesetzen der Quantenmechanik folgt. Die Quantenmechanik gilt für dieselben physikalischen Systeme, aus denen die Lebenswelt aufgebaut ist – nur definiert sie diese auf einer anderen Ebene der Körnigkeit als die klassischen Gesetze, die wir in unserem Alltagsleben voraussetzen.

Folgt daraus irgendeine Unterstützung für die König-Midas-Epistemologie der Kantianer? Mitnichten. Denn es ist nicht etwa der Fall, dass wir zu *wenig* Erkenntnis über die Wirklichkeit im Quantenbereich haben, wie die Rede von „Schleiern“ usw. es suggerieren würde. Vielmehr haben wir sogar zu viel Erkenntnis darüber. Wir kennen sowohl P als auch Q, wobei P und Q logisch nicht miteinander vereinbar sind. Es ist das Problem dieses „zu-viel-Habens“, das die vier oben aufgelisteten Lösungen lösen sollten. Dass wir *zu viel* Wissen haben, steht aber völlig im Gegensatz zur kantischen Auffassung, nach welcher wir über die Dinge selbst eigentlich *nichts* wissen. Das Problem des zu vielen Wissen entsteht des Weiteren nur in Bezug auf die Quantenwelt. Wie schon bemerkt, kann die realistische Auffassung in Bezug auf die Mittelwelt (Mesokosmos) unserer alltäglichen Erfahrung weiter aufrecht erhalten werden.

Gell-Man bietet ein zusätzliches Argument für die realistische Auffassung des Mesokosmos.¹⁵ Um dieses Argument zu verstehen, führen wir noch einen Terminus technicus ein, nämlich den des „igus“ für „information gathering and utilizing system“. Gell-Man bezeichnet mit diesem Terminus z. B. Menschen und größere Tiere, Kreaturen, die Informationen sammeln und bearbeiten.

Menschen und Tiere sind Produkte der biologischen Entwicklung. Sie haben die kognitive Ausrüstung für das Sammeln und Bearbeiten von Informationen, weil die Ausübung dieser Fähigkeit, obwohl biologisch nicht als kostenlos zu bezeichnen, etwas bringt. Das, was sie bringt, ist die Möglichkeit, Vorhersagen

¹⁵vgl. Gell-Man, M. and Hartle, J. B.: *Quantum Mechanics in the Light of Quantum Cosmology*. In Kobayashi, S. et al. (eds.): *Proceedings of the 3rd International Symposium on the Foundations of Quantum Mechanics in the Light of New Technology*, Tokyo (Physical Society of Japan) 1991, S. 321–43; Gell-Mann, M. and Hartle, J. B.: *Classical Equations for Quantum Systems*. In: *Physical Review A*, 47. London 1993, S. 3345–3382

über die Zukunft zu machen. Es kostet uns viel Energie, diese kognitiven Instrumente zu verwenden. Wenn wir sie haben, müssen sie der Adaption dienen. Vorhersagen in Bezug auf Quantenphänomene zu machen, wäre aber nicht adaptiv, denn die Gesetze der Quantenphysik sind nicht deterministisch. Es hülfe dementsprechend nicht, Quantenphänomene erfassen zu können, denn wir können in Bezug auf solche Phänomene nie Voraussagen machen. Nur in Bezug auf die Entwicklung der grobkörnigen physischen Wirklichkeit des klassischen Bereiches kann es adaptiv sein, die Möglichkeit des Erfassens von Information zu haben. In diesem Bereich können wir Voraussagen machen, weil die newtonsche Physik deterministisch ist. Es ist also nicht so - sofern Gell-Man in seiner Theorie vom igus Recht hat - dass die Wirklichkeit durch uns kognitive Subjekte konstruiert worden ist, wie die Kantianer behaupten. Es ist vielmehr so, dass wir kognitiven Subjekte selbst durch die Lebenswelt konstruiert wurden, die Lebenswelt der klassischen newtonschen Physik. Wir sind konstruiert worden, um diese Lebenswelt zu erfassen. Wir sind m. a. W. konstruiert worden, um Aristoteliker zu sein.