

BARRY SMITH**Die Struktur der Common-Sense-Welt¹*****Einleitung***

Die zeitgenössischen Philosophen haben zwar der Sprache, die wir verwenden, um die Welt der alltäglichen Erfahrung zu beschreiben oder um uns in dieser Welt zurechtzufinden, große Aufmerksamkeit geschenkt, sie haben sich jedoch – von einigen Ausnahmen abgesehen – geweigert, diese Welt selbst als passendes Objekt theoretischer Betrachtungen anzusehen. Im folgenden werde ich versuchen zu zeigen, wie es möglich ist, die Common-Sense-Welt als ontologisch eigenständiges Untersuchungsobjekt zu verstehen. Gleichzeitig werde ich mich bemühen, deutlich zu zeigen, wie eine solch eigenständige Behandlung uns möglicherweise hilft, die Strukturen sowohl der physikalischen Welt als auch der menschlichen Erkenntnis philosophisch besser zu verstehen.

Der Anlaß für meine Bemerkungen ist eine Vielzahl von wichtigen Untersuchungen, die in den letzten Jahren von Nicht-Philosophen durchgeführt wurden. Da gibt es z. B. das Projekt einer ‘Semiophysik’ - einer Physik der salienten Strukturen der Realität -, das in der letzten Zeit von den beiden französischen Denkern René Thom und Jean Petitot entwickelt wurde.²

Zu nennen sind die Experimente der Gestaltpsychologen wie etwa Gaetano Kanizsa und Paolo Bozzi, die die Existenz einer *sui generis* Organisation der Wahrnehmungswelt zeigen. So z.B. in bezug auf die Kategorien Farbe, Form, Bewegung oder Kontur.³

Da ist die Arbeit von J. J. Gibson und anderen ökologischen Psychologen über Wahrnehmungssalienz und über die Substanzen, Oberflächen, Affordanzen etc. der Common-Sense-Welt.⁴

Weiterhin gibt es die Untersuchungen von E. Rosch und ihren Kollegen über die Rolle von Prototypikalität in unserem alltäglichen Leben. Ebenso die Arbeit von F.C. Keil und anderen über die Art und Weise, in der unsere Erfahrung durch natürliche Species-Genus Beziehungen strukturiert wird.⁵

Schließlich – und in dem hier diskutierten Zusammenhang besonders wichtig – gibt es noch die Experimente der Künstliche-Intelligenz-Forschung (KI), die bei der Modellbildung nicht nur die Prozesse des Common-Sense-Denkens berücksichtigen, sondern die Common-Sense-Realität selbst.

¹ Mit Dank an R. Casati, V. Gadenne, J. Petitot und H. Philipse für ihre hilfreichen Kommentare, und ebenso an die Schweizerische Nationalgesellschaft, unter deren Schirmherrschaft die Arbeit an diesem Artikel beendet wurde.

² Siehe vor allen Dingen Thom 1985, Petitot 1985.

³ Siehe Kanizsa 1979 und Bozzi 1958, etc., sowie Smith 1992.

⁴ Vgl. Gibson 1979, und ebenso Stroll 1988, der zum ersten Mal, in Anlehnung an Gibson, eine Ontologie von Oberflächen detailliert ausgearbeitet hat.

⁵ Vgl. Rosch et al. 1976, Keil 1979.

Common-Sense und Künstliche-Intelligenz-Forschung

Wie Computerwissenschaftler im Laufe der Zeit feststellen müssen, ist es besonders schwer, einem Computer das alltägliche Wissen zu vermitteln. Gerade dieses Wissen ist jedoch von besonderer Wichtigkeit. Es scheint klar zu sein, daß das System unserer Common-Sense-Überzeugungen nicht nur bemerkenswert effizient ist, wenn es darum geht, Probleme zu lösen, die unser tägliches Leben betreffen, sondern auch bemerkenswert anpassungsfähig. Es erhält auf diese Weise seine Funktionsfähigkeit in verschiedenen Situationen und über verschiedene Generationen sogar dann, wenn sich die Umgebung oder andere Bedingungen katastrophal verändern. Dementsprechend werden einige Anstrengungen unternommen, Modelle zu entwickeln, die nicht nur unsere Common-Sense-Überzeugungen erfassen, sondern auch verschiedene Aspekte der Common-Sense-Realität, in der wir leben, uns bewegen und arbeiten. Ein Ziel der vorliegenden Arbeit ist es nun, Ideen zu einer Common-Sense-Physik, wie sie sich aus der KI-Forschung ergeben, als Vorstufe einer philosophischen Darstellung der Strukturen der Common-Sense-Realität zu verwenden, die den Anspruch einer Theorie erhebt.

Betrachten wir z.B. die sog. 'qualitative Physik' von Kleer und Brown (1984). Sie versucht, das Verhalten von Geräten vorauszusagen und zu erklären, indem sie Algorithmen verwendet, die die Aktivitätsmuster komplexer Geräte durch das generische Verhalten ihrer Komponenten bestimmt. Dies läßt sich wiederum auf eine kleine Anzahl von Basistypen zurückführen, die sich in unterschiedlichen Gebieten unterschiedlich aber erfreulicherweise dennoch vergleichbar wiederfinden. (Rohre z.B. können Luft, Wasser, elektrischen Strom, Information, Investment Fonds etc. befördern.) In bezug auf jeden Konstituententyp können wir dann wiederum eine kleine Anzahl fester Basiszustände unterscheiden, die durch klare Übergänge getrennt sind (z.B. an/aus; Fließrichtung links/rechts). Wir stehen daher nicht, wie in der Standardphysik, unüberschaubaren quantitativen Kontinua gegenüber, sondern einem kleinen, endlichen Raum alternativer Zustände, von denen jeder leicht wahrnehmbar von seinem Nachbarn unterschieden werden kann. Bewegungen in einen oder aus einem solchen Basiszustand können zudem durch Gleichungen in einem qualitativen Differentialkalkül dargestellt werden, wobei z. B.

$$p > 0, dp/dt > 0, d^2p/dt^2 = 0$$

eine Situation repräsentieren könnte, in der Druck in einem vorgegebenen Behälter konstant ist und mit einer konstanten Rate ansteigt.⁶

⁶ Siehe hierzu auch Forbus 1983, 1984, 1985, Kuipers 1986, Weld und Kleer (Hrsg.) 1989.

Bedingungen und Beschränkungen

Oder man betrachte den Versuch von Gardin, Metzler und ihren Studenten, eine wissenschaftliche, naive Physik zu entwickeln, die auf einer analogen Computerrepräsentation von Alltagsobjekten, wie etwa Seilen, Stangen, Hebeln und Flaschenzügen basiert. Dies wird durch die Konstruktion eines zweidimensionalen graphischen Array erreicht, die als Bestandteile so entworfen sind, daß sie Verhaltensmuster zeigen, die als qualitativ korrekt für die Objekte der angegebenen Art akzeptiert werden.⁷ Seile z. B. können annähernd als eindimensionale Aggregate von Molekülen modelliert werden, die die folgenden vier Bedingungen erfüllen. Diese Bedingungen erweisen sich als qualitativ hinreichend, um korrekt das Verhalten in einer Reihe von Situationen zu erfassen:

1. **Kontinuität:** Es gibt einen festen Distanzpartner (z. B. Null) zwischen jedem Molekül und seinen Nachbarn.
2. **Flexibilität:** Es gibt einen festen Winkelparameter, der die obere Grenze festlegt, um den eine Linie, die die Zentren zweier benachbarter Moleküle verbindet, rotieren darf.
3. **Undurchdringlichkeit:** Es gibt keine Überschneidung zwischen den Pixeln eines Moleküls und den Pixeln, die Teile von Objekten der Umgebung sind.
4. **Empfindlichkeit gegenüber äußeren Kräften:** Kräfte wie etwa Gravitation, Wind oder Strömungswiderstand sind in der Struktur eines jeden Moleküls gespeichert.⁸

Dieser Ansatz ist vielseitig verwendbar. Durch die Veränderung des Flexibilitätswinkels von 180° auf 0° ist es möglich, das Verhalten einer starren Stange zu simulieren. Wählt man Werte zwischen den angegebenen Grenzen, erlaubt dies die Simulation von Hebeln mit verschiedenen Flexibilitätsgraden.

Die oben angegebenen Bedingungen werden an einem Computermonitor mittels Versuch und Irrtum experimentell ermittelt: Hierbei wird die menschliche Fähigkeit, die qualitative Richtigkeit einer physikalischen Anordnung, die von einer Reihe von Variablen abhängt, zu erkennen, als Instrument zur Bestimmung von Gesetzen der naiven Physik verwendet. Es sei hieran die sehr viel älteren Experimente von Albert Michotte (1946) erinnert, der noch ohne die Vorteile einer Computersimulation auskommen mußte. Diese Experimente wurden entworfen, um zu zeigen, wie (und unter welchen Bedingungen) Dinge und Ereignisse in der Natur als in Beziehung stehend wahrgenommen werden. (Hier interessierten besonders kausale Beziehungen.) Michotte dachte daher natürlich nicht im entferntesten an die Möglichkeit, mittels dieser Methode ein Modell der Interaktion der physikalischen Objekte

⁷ Vgl. Gardin und Meltzer 1989.

⁸ Gravitation ist z. B. gespeichert als die Tendenz eines Elementes, sich in eine bestimmte Richtung zu bewegen. Die Entfernung ist hierbei durch einen Parameter festgelegt, der die anliegende Kraft bestimmt. Siehe Gardin und Meltzer 1989, S. 143, sowie Gambadella 1985.

unserer gesamten Alltagswelt zu entwerfen. (Es muß natürlich sofort erwähnt werden, daß auch Gardin und seine Kollegen davon noch weit entfernt sind.)

Hobbs et al. (1988) untersuchten, in welcher Weise Common-Sense-Wissen beim Verstehen von Texten über mechanische Geräte und ihr Versagen eingesetzt wird. Die daraus resultierende 'Common-Sense-Metaphysik' läuft auf eine Theorie von Zentralbegriffen (Granularität, Skalen, Zeit, Raum, Kraft, Kausalität, Veränderung etc.) heraus, die sich nahezu bei jeder Art von Untersuchung finden. Man betrachte z. B. die Familie der Begriffe, die mit der Vorstellung von Kraft verbunden sind. Ein materieller Körper kann als Form-invariant gegenüber einer angegebenen Kraft angesehen werden, wenn sich seine Form unter Einwirkung dieser Kraft nicht verändert. Die topologische Invarianz eines Körpers kann auf die gleiche Weise definiert werden. Ein Körper hört auf, Form- und Topologieinvariant zu sein, wenn Kräfte, die einen bestimmten Schwellenwert übersteigen (z. B. d_1 und d_2) auf ihn einwirken. (Man beachte, daß wir auch hier, wie oben schon beschrieben, wieder in jedem Fall ein Beispiel für Übergänge von einem Basiszustand in einen anderen haben.) Mittels dieser Begriffe ist es nun möglich zu definieren, was es für ein bestimmtes Material bedeutet 'hart' zu sein, oder 'flexibel', 'geschmeidig', 'dehnbar', 'elastisch', 'zerbrechlich', 'schlüssig' etc.⁹ Für Kräfte mit einem Wert $d < d_1$, ist das Material *hart*, für Kräfte mit einem Wert $d_1 < d < d_2$, ist es *flexibel* usw. Ähnliche Methoden können verwendet werden, um die Familie der Begriffe zu untersuchen, die mit den verschiedenen Möglichkeiten der kausalen Verbundenheit zweier Körper assoziiert sind.

Die *Verbindung* von Körpern kann z. B. durch die Tatsache definiert werden, daß die Bewegung des einen eine Bewegung des anderen beinhaltet. In diesem Sinn kann eine Verbindung *direkt* oder durch einen Pfad besonderer Verknüpfungen *vermittelt* sein. Diese Begriffe lassen sich nun weiter verwenden, um Vorstellungen wie etwa Barriere, Öffnung, Durchdringung etc. zu definieren.¹⁰

Die naive Physik von Patrick Hayes unterstützt eine noch allgemeinere Theorie, die eine großangelegte Formalisierung der Art von Common-Sense-Wissen enthält, das geeignet ist, eine formale Theorie (erster Ordnung, axiomatisch) hervorzubringen. Die Axiome dieser Theorie sind intuitiv akzeptabel. (Dies wird hierbei teilweise mittels Introspektion entschieden.) Naive Physik soll in diesem Sinne 'intelligent' sein. Aber sie soll ebenso 'naiv' in dem Sinn sein, daß einer ihrer Ausgangspunkte, die relevanten Common-Sense-Überzeugungen von normalen Menschen sind.

Wie, so fragt Hayes, kann man einen Roboter konstruieren, der erfolgreich die 'Schlacht am kalten Buffet' besteht? Solch ein Roboter müßte nicht nur die Fähigkeit besitzen, Wände, Türen, Stühle, Tische und Menschen zu erkennen. Er müßte ebenfalls Geschirr und Besteck, Tomaten, Salate, Saucen und andere Dinge handhaben können; und dies in einer Weise, daß er dazu so etwas wie

⁹ Hobbs et al. 1988, Hager 1985.

¹⁰ Hobbs et al. 1988 und schon viel früher Lewin 1936.

eine Theorie der gesamten Welt von festen und flüssigen Stoffen benötigt.¹¹ Eine Physik der üblichen Art würde ihm hier nicht helfen. Dies liegt zuerst einmal daran, daß die relevanten Berechnungen, wenn sie auf der Basis der Standardphysik durchgeführt werden könnten (und wenn die relevanten Eingabedaten irgendwie bereitgestellt wären), für die gestellte Aufgabe in bezug auf den Umfang zu langsam und zu rechenintensiv wären. Aber die Standardphysik hilft hier noch nicht weiter, da ihre Theorien sich nicht auf die richtigen Teile und Dimensionen der Realität beziehen, so daß, selbst wenn exakte Lösungen der physikalischen Gleichungen vorlägen, es im allgemeinen unmöglich wäre, hieraus intuitive Information zu extrahieren, die bei zukünftigen Handlungen relevant wäre. Demzufolge stellt sich Hayes die Aufgabe, die Axiome einer Theorie von Eigenschaften und Beziehungen zu bestimmen, die das Feld der normalen, durchschnittlichen oder typischen menschlichen Erfahrung strukturieren. Denn schließlich scheinen Menschen die Fähigkeit zu besitzen, sich an einem kalten Buffet bewegen zu können. Man muß annehmen, daß sie irgendwie die dabei auftretenden Probleme des Informationssammelns und –interpretierens lösen.

Wie wir schon gesagt haben, strebt Hayes eine vollständige Theorie der Common-Sense-Realität an. Er ist nicht willens, die Reichweite und den Detaillierungsgrad seiner Theorie zugunsten einer schnellen Implementierung lauffähiger Programme zu opfern. Solche Programme – so zeigt die Erfahrung – versagen, wenn der Versuch unternommen wird, sie auf einen neuen Problembereich anzuwenden. Sein Projekt steht im direkten Gegensatz zu den früher in der KI üblichen und charakteristischen Ansätzen, kleine, axiomatische Theorien über eingeschränkte Domänen – sogenannte ‘Spielzeugwelten’ - zu formulieren. (Es unterscheidet sich ebenso vom obengenannten Ansatz von Gardin und Meltzer.) Tatsächlich behauptet Hayes, daß die Axiome seiner Theorie alles in allem 10^4 bis 10^5 Prädikate benötigen würden. Diese Prädikate lassen sich jedoch in verschiedene Untergruppen aufteilen, die vorläufig und provisorisch unterscheidbare Bereiche der betrachteten Disziplin repräsentieren. So unterscheidet Hayes im besonderen Untergruppen von Prädikaten in Beziehung auf:

- Orte und Positionen
- Raum und Objekte
- Qualitäten und Quantitäten
- Veränderung und Zeit
- Energie, Wirkung und Bewegung
- Zusammensetzungen und Teile von Stoffen

Man betrachte z. B. die Untergruppe, die sich auf Orte und Positionen bezieht. Hier sind möglicherweise Prädikate für folgende Begriffe enthalten: auf, in, an, Pfad, innerhalb, außerhalb, Mauer, Begrenzung, Behälter, Hindernis, Barriere usw. (Man beachte das Ausmaß, in dem viele dieser Begriffe

¹¹ Ich vernachlässige hier die erheblichen Schwierigkeiten, die überwunden werden müßten, wollte man die notwendige Hardware bauen.

fremdartig in bezug auf die Darstellungen der Standardphysik sind.) In der naiven Physik von Hayes kann keiner der hier genannten Begriffe auf einen anderen Begriff reduziert oder mittels eines anderen definiert werden. Eine adäquate Behandlung des Prädikats, das 'auf' kodiert, würde dieses Prädikat zusätzlich zu den rein geometrischen Komponenten dieses Begriffes, an die sich frühere Untersuchungen von Spielzeugwelten normalerweise konzentrierten, axiomatisch mit Prädikaten für Reibung, Unterstützung, Schwerkraft, Festigkeit, Spannung, Tragfähigkeit usw. verbinden. Zusätzlich könnte jedes dieser Prädikate nur adäquat behandelt werden, wenn es mit Hilfe von Axiomen in nichttrivialer Weise mit einigen oder allen anderen Prädikaten verbunden wäre. Die Theorie der naiven Physik wäre Hayes' Ansicht zufolge, im Gegensatz zu Systemen wie Carnaps *Aufbau* (oder Zermelo-Fraenkels Mengentheorie), in denen eine kleine Anzahl primitiver Begriffe für den Aufbau des gesamten Gebäudes der Theorie ausreicht, hochgradig nicht-hierarchisch. Die formalen Eigenschaften dieser nicht-hierarchischen Theorie sind, wie es scheint, bisher kaum untersucht worden, und wir tappen hierbei ebenso im Dunkeln wie bei der Frage nach den formalen Eigenschaften der alltagsphysikalischen Realität selbst. Es scheint jedoch als gäbe es wichtige Ähnlichkeiten zwischen Theorien der oben beschriebenen Art und logischen Systemen, die die Verwendung sogenannter 'kreativer Definitionen' gestatten; Systemen wie sie von Lesniewski beschrieben wurden.¹²

Von Aristoteles zu Galileo

Die Frage, mit der ich mich hier beschäftigen möchte, ist nicht ob Hobbs oder Hayes et al. mit ihrer Annahme Recht haben, daß man auf diesem Weg zu einer komputationell effizienten Theorie der naiven Physik gelangt, die Probleme zu lösen vermag, die sich in der Robotik stellen. Tatsächlich scheint es zu diesem Zeitpunkt fraglich, ob eine *vorhersagende* Wissenschaft der eher üblichen Art mittels dieser Methoden erreicht werden kann. Gründe für diese Ansicht werde ich weiter unten angeben.¹³ Dies ist hier zweitrangig, da die augenblickliche Forschung im Bereich der naiven Physik von einem *deskriptiven* Standpunkt aus gesehen bereits interessant und herausfordernd ist. Dies gilt unabhängig von allen vorhersagenden oder erklärenden Anliegen, die möglicherweise damit verbunden sind. In dieser, aber auch in anderer Hinsicht finden sich in ihr Anklänge an frühere Exkurse in naiv-physikalische Theorien wie die des Aristoteles und seinen vor-galileischen Nachfolgern.

¹² Siehe Rickey 1975.

¹³ Siehe auch McDermott 1990, der zu Recht Hayes >logizistische< Annahme kritisiert, daß wir Deduktionen aus Axiomen zuhelfe nehmen, wenn wir uns mittels naiver Physik in der Welt zurecht finden. Es gibt andere zentrale Aspekte in Hayes Theorie, gegen die man Einwände erheben kann. So ist z. B. der Ansatz zu einer Ontologie von Flüssigkeiten in Hayes 1985a fehlerhaft, da er wesentlich auf dem nicht durch den Common-Sense gestützten (Quine-inspirierten) Trick basiert, Objekte auf vierdimensionale Abläufe zu reduzieren. Wie R. Casati in einer bisher unveröffentlichten Arbeit gezeigt hat, führt dies zu stark gegen den Common-Sense gerichteten Konsequenzen.

Psychologen der Gegenwart haben tatsächlich eine Ähnlichkeit festgestellt zwischen vielen unserer alltagsphysikalischen Überzeugungen und Vorstellungen über Bewegung und Kraft, die von Denkern – wie etwa Philoponus und Buridan – entwickelt wurden, die in einem vorgalileischen Rahmen gearbeitet haben.¹⁴ Philosophen haben traditionellerweise mit Aristoteles angenommen, daß sich die Menschen in gewisser Weise in Harmonie mit der Welt befinden: die Formen, die sich in unserem Geist finden, *sind* die Formen der Dinge, die wir sehen. Wie Feyerabend in seiner ‘Defence of Aristotle’ (1978) feststellt: Aristoteles suchte nicht nach tieferen Theorien über das, was ‘hinter’ oder ‘jenseits der Erscheinungen’ liegt, denn die Suche nach solchen Theorien würde die Annahme beinhalten, daß die Welt nicht so ist wie sie erscheint. Natürlich läßt die aristotelische Ansicht Spielraum für Irrtümer. Diese beziehen sich jedoch nur auf einzelne Wahrnehmungen; die allgemeinen Eigenschaften von Wahrnehmungswissen bleiben unberührt. Daher wird die Aristotelische oder Common-Sense-Konzeption ‘niemals zugeben, daß dieses vollständig falsch ist. Irrtum ist ein *lokales Phänomen*, er zerstört nicht unsere *gesamte Ansicht*. Auf der anderen Seite postuliert die moderne Wissenschaft (und die Philosophien des Platon und des Demokrit, die in sie eingegangen sind) gerade solch *globale Störungen*.’ (Feyerabend 1978: 148).

Das gegenwärtige psychologische Interesse an der naiven Physik tendiert verständlicherweise dazu, sich auf gerade die idyllisch anmutenden Aspekte der Aristotelischen/Common-Sense-Konzeption der Welt zu konzentrieren, von der die nachfolgende Physik zeigte (nach Aristoteles Ansicht *per impossibilie*), daß sie auf einem systematischen Irrtum beruht. Die Existenz solcher systematischer Fehler sollte uns jedoch nicht daran hindern, die Tatsache zu sehen, daß die zentralen Prinzipien der Aristotelischen Weltsicht durch die nachfolgende *Physik* nicht als fehlerhaft entlarvt wurden.¹⁵ Wurden diese zentralen Prinzipien überhaupt in Frage gestellt, dann wurden sie von einer *Philosophie* untergraben, die unsere Common-Sense-Überzeugungen *en bloc* in das Reich der systematischen Fehler verwies.¹⁶ Auf diese Weise wird Wahrheit im besten Falle an eine Realität gebunden, die ‘jenseits der Erscheinung’ liegt, und Ontologie wird auf die gleiche Weise schlußendlich zu einer reinen Wiederholung nachgalileischer Physik.

Im Gegensatz hierzu möchten wir an dieser Stelle allgemein zusammenstellen, welche Teile der Aristotelischen Weltsicht zu Recht als wahr gewertet werden können – wahr in bezug auf eine Common-Sense-Realität, deren Beziehung zu einer physikalischen Realität dann natürlich unabhängig

¹⁴ Siehe vor allen Dingen die weiter unter genannten Arbeiten von Bozzi, und moderne Arbeiten wie z. B. McCloskey 1983a, Holland et al. 1986, S. 208.

¹⁵ So war es für Aristoteles z. B. Vollständig klar, daß feste Körper, wenn sie nicht daran gehindert werden, in Richtung Mittelpunkt der Erde fallen.

¹⁶ So vertreten die Korpuskularphilosophen die Ansicht, daß die Mehrzahl unserer normalen Wahrnehmungsurteile *wörtlich verstanden falsch* sind, da die Röte oder die Wärme, die wir wahrnehmen, nicht – wie wir üblicherweise annehmen – wirklich Eigenschaften oder Zustände von materiellen Dingen sind (Vgl. Philipse 1989: 143).

hergestellt werden muß. (Diese zweite Frage, das sie hier festgehalten, taucht nicht auf, wenn man Common-Sense-Überzeugungen von einer rein psychologischen Perspektive heraus betrachtet.) Daher folgen wir Moore in der Annahme, daß die Common-Sense-Sicht der Welt ‘in bestimmten Grundzügen *vollständig* zutreffend ist’ (1959: 44). Unsere Aufgabe wird es sein – teilweise inspiriert durch die modernen naiv-physikalischen Theorien – zu bestimmen, welche fundamentalen Grundzüge oder Bestandteile der Common-Sense-Sicht *vollständig zutreffend sind*. Es wird aber auch die Aufgabe sein zu bestimmen, wie die in Frage kommenden Wahrheiten (schließlich) als verträglich mit den Wahrheiten der Physik angesehen werden können.

Kann es eine Theorie der naiven Physik geben?

Nicht jeder, der sich philosophisch mit der Idee einer Common-Sense-Realität beschäftigt hat, begrüßt die Vorstellung, daß es möglich sein soll, - in dem Sinne wie wir eine Theorie der Physik oder der Zahlentheorie haben – eine *Theorie* über die Wirklichkeit zu formulieren. Tatsächlich gibt es jene, die gerade diese Möglichkeit bezweifeln, während sie die Autonomie der Common-Sense-Erfahrung begrüßen. Ansichten, die sich in verschiedenen Formen bei Heidegger, Merleau-Ponty und Wittgenstein finden spiegeln sich in H. L. Dreyfus’“ Formulierung wieder:

„Es mag sein, daß das Problem, eine *Theorie* der Common-Sense-Physik zu finden, unlösbar ist, weil dieser Bereich keine theoretische Struktur besitzt. Möglicherweise lernt ein Kind einfach beim täglichen Spielen mit verschiedenen Arten von festen und flüssigen Stoffen über mehrere Jahre hinweg, prototypische Fälle von festen und flüssigen Stoffen etc. zu unterscheiden, und auf diese Weise gewöhnt es sich typische fachmännische Reaktionen auf ihr typisches Verhalten in typischen Situationen an“ (Dreyfus 1988: 33).

Die Schlagkraft des Dreyfus’-schen Arguments ist jedoch schwer auszumachen; sicherlich läßt sich auch Ähnliches z. B. über die Art und Weise sagen, in der sich Physikstudenten ‘typische fachmännische Reaktionen in typischen Situationen’ angewöhnen, wenn sie versuchen, physikalische oder mathematische Gleichungen oder Einrichtungen in Labaratorien zu handhaben. Klarerweise würde dies nicht schon die Annahme sanktionieren, daß Physik nicht als Theorie existiert. Daher würde man wesentlich weitergehende Argumente benötigen, um zu zeigen, daß verhaltensrelevantes Wissen *nur* in unbewußter oder vorthoretischer Form existiert – so daß die Vorstellung der naiven Physik, es *explizit zu machen* inkohärent wäre (Augustinus scheint so etwas in seinen *Confessiones* in den Bemerkungen über Zeit vorzuschlagen).

Man kann jedoch Wege aufzeigen, auf denen es möglich ist, Dreyfus’ Vermutung bezüglich des Widerstands gegen eine Theorie des Common-Sense

zu stärken. Man könnte versuchen zu argumentieren, daß der angemessene theoretische Ansatz zu beschreiben, wie Menschen handeln und sich in einem bestimmten Bereich zurechtfinden, nicht mittels theoretischer Überzeugungen formuliert werden darf, sondern eher in Begriffen 'unintelligenter' Prozesse auf sensomotorischer Ebene. D. h. man kann die Ansicht vertreten, daß die Art und Weise, in der menschliche Wesen mit den täglichen Widrigkeiten umgehen im wesentlichen blind oder mechanisch ist, so daß es keine irgendwie geartete *Theorie* der Common-Sense-Welt gibt – nicht einmal implizit in den entsprechenden körperlichen Prozessen.

Auch wenn wir in keiner Weise eine Theorie der Common-Sense-Physik für unsere alltäglichen motorischen Aktivitäten verwenden, können wir jedoch auf der Ebene von Überzeugungen eine solche Theorie besitzen. Tatsächlich scheint es klar zu sein, daß sowohl Kinder als auch Erwachsene die Fähigkeit besitzen, naiv-physikalisches Wissen auf eine abstrakte Weise zu verwenden, das unabhängig von der Einbindung in die praktische Lösung irgendwelcher spezieller motorischer Probleme ist. Zudem ist es schwer einzusehen, wie ein Ansatz über Common-Sense-Wissen und –Handlungen, der sich auf die Beschreibung von Servomechanismen beschränkt, uns die Möglichkeit gibt, das Verstehen von natürlicher Sprache in irgendeiner Form theoretisch zu erklären. Denn die Möglichkeit des Verstehens (und die Möglichkeit einer natürlichen Sprache überhaupt) scheint wesentlich auf einer allseits geteilten Menge von systematischen Überzeugungen und Urteilen über die Common-Sense-Welt zu beruhen, Überzeugungen und Urteile, die schließlich selbst in Begriffen der natürlichen Sprache formuliert werden können.

Eine weniger radikale Anregung wurde kürzlich in einem etwas anderen Zusammenhang von Stroll (1990) vorgetragen. Naive Physiker und Psychologen sollten ihre Suche nach einer 'holistischen' Theorie der Common-Sense-Domäne aufgeben, und sich statt dessen- in einem Wittgensteinschen Sinne – mit kontext-sensitiven Beschreibungen einzelner Fälle zufriedengeben. Strolls Argumente erinnern in diesem Fall an die Peripatetische Kritik an der 'Abstraktheit' von Galileo, der von seinen Zeitgenossen beschuldigt wurde, bei seinem Versuch, die Natur mittels allgemeiner Gesetze und Prinzipien verstehen zu wollen, Einzelfälle durchweg vernachlässigt zu haben.¹⁷ Sie erinnern ebenso an J. L. Austins Ansicht in 'A Plea for Excuses', daß der Common-Sense so fein strukturiert ist, daß er anstelle eines allumfassenden, systematischen Ansatzes eher einen genauen, stückweisen Ansatz erfordert, der es erlaubt, die Aufmerksamkeit auf Nuancen und Details zu richten.

Problematisch für Stroll und seinesgleichen ist jedoch, daß zu verschiedenen Zeiten und in verschiedenen Gebieten sehr große Teile einer explizit naiv-physikalischen Theorie bereits ausgearbeitet wurden. Sie sind tatsächlich in nahezu jedem Fall 'deskriptiv' in dem Sinn, den Stroll bevorzugt (so z. B. Aristoteles' *Physik* oder Husserls *Krisis*), aber sie sind zumindest in dem Sinn

¹⁷ Vgl. Bozzi 1958: 2f. der Übersetzung.

holistisch, daß sie nicht in unzusammenhängende Teile und *apercus* zerfallen, wie sie von einigen Wittgensteinianern favorisiert werden. Außerdem lassen sich, wie wir ja schon gesehen haben, Ansätze zu erklärend-voraussagenden Theorien in dem von Stroll vorgegebenen Rahmen in großer Zahl in der Literatur zur KI finden. Es ist wahr, daß diese Ansätze bisher keine erfolgreich vorhersagenden Programme hervorgebracht haben, die auch nur im entferntesten an die Approximierung eines kleinen Ausschnitts aus dem Bereich menschlicher Kompetenz heranreicht. Vorzuschlagen, im Strollschen Sinne, daß gerade diese Art der Theoriebildung in diesem Gebiet aufgegeben werden sollte, hieße jedoch den Ratschlag des intellektuellen Nihilismus glaubwürdig erscheinen zu lassen. Außerdem ist es nicht ausgeschlossen, daß eine adäquate Theorie der Common-Sense-Realität entwickelt werden kann, deren *Versagen* als Vorhersagemechanismus gerade Licht auf die Natur dieser Realität selbst wirft. (Wir werden weiter unten Gründe angeben, warum ein Ergebnis dieser Art tatsächlich zu erwarten ist).

Der Status der naiven Physik

Ich werde daher im weiteren die Möglichkeit, eine Theorie der Common-Sense-Welt entwerfen zu können, wie sie von den gegenwärtigen Anwendern der naiven oder qualitativen Physik erforscht wird, als selbstverständlich voraussetzen. Wenn die Sprache jedoch auf die aktuelle Arbeit in der KI-Forschung kommt, ist es wichtig festzuhalten, daß Anwender in diesem Feld und verwandten Gebieten sich typischerweise Ansichten über den Status der Disziplin der naiven Physik zu eigen gemacht haben – vor allen Dingen in Hinsicht auf ihre ontologischen Annahmen -, die sich stark von den hier zu erforschenden unterscheiden. Tatsächlich lassen sich drei teilweise überschneidende Auffassungen unterscheiden, auf die wir uns dementsprechend als die *pragmatische*, die *psychologische* und die *ontologische* Auffassung der naiven Physik beziehen werden:

1. *Die pragmatische Konzeption der naiven Physik.* Diese versteht die naive Physik weniger als eine Menge von Sätzen, die bezogen auf einen bestimmten Bereich der ‘Common-Sense-Realität’ wahr sind, sondern als eine Sammlung computational effizienter Faustregeln. Naive Physik kann auf diese Weise als eine Art Theorie angesehen werden; aber dann ist sie eine Theorie, die in rein instrumentellen Begriffen konzipiert ist, so daß sich ihr vermeintliches Objekt – eben die Common-Sense-Realität – als eine Art ‘theoretische Entität’ herausstellt, die keinen irgendwie gearteten autonomen Status besitzt.

2. *Die psychologische Konzeption der naiven Physik.* Eine andere Menge von Ansichten könnte lose unter der Überschrift der psychologischen (man könnte auch sagen ‘epistemologischen’ oder ‘kognitiven’) Interpretation der naiv-physikalischen Disziplin zusammengefaßt werden. Diese beinhalten, *inter*

alia, Konzeptionen der naiven Physik als eine Sache von ‘mentalen Modellen’¹⁸ Aus dieser Sicht ist naive Physik tatsächlich eine *Theorie*, und nicht nur eine pragmatisch orientierte Sammlung von Faustregeln (oder unbewußten Verhaltensweisen). Aber sie ist nicht, wie die richtige Physik, eine Theorie eines transzendenten Bereichs. Sie ist eher eine Art verkleidete Psychologie; eine Wissenschaft von Überzeugungen, die Menschen in bezug auf ihre Alltagsumgebung teilen. Daß zumindest einige dieser Überzeugungen falsch sind, bleibt im Rahmen dieser Ansicht ohne Folgen, denn wahren und falschen Überzeugungen wird völlig zu Recht die gleiche psychologische Realität zugesprochen.

3. *Die ontologische Konzeption der naiven Physik.* Die dritte Gruppe der hier unterschiedenen Ansichten betrachtet die naive Physik als eine – bis zu einem gewissen Grade *zutreffende* - Theorie über eine stabile, klar abgegrenzte, präzise und natürlich bestimmbare, eigenständige Objektmenge, die von der psychologischen verschieden ist und zu Recht den Titel ‘Common-Sense-Welt’ trägt. Es war die Untersuchungen dieser Objektmenge, die in der Zeit vor (und einige Zeit nach Galileo) die Untersuchungen, bei den Metaphysikern und Naturphilosophen vorherrschte. Hier sind klarerweise wahre und falsche Überzeugungen über die physikalische Umgebung nicht von gleichem Wert. Tatsächlich ist es das wichtigste Ziel dieser Konzeption der naiven Physik präzise die systematischen Hilfsmittel herauszufinden, die es gestatten, solche Überzeugungen, die Eingang in das Gebäude der Theorie verdienen, aus der Gesamtheit der Überzeugungen herauszufiltern.

Ad 1. Die pragmatische Konzeption, die vor allen Dingen im Bereich der KI-Forschung vorherrscht, wird im weiteren wenig interessieren. Ein nicht unerhebliches Problem bei dieser Theorie ist, daß sie unsere normalen Intuitionen in einer Weise verkehrt, daß Tische, Stühle, Brotlaibe etc. als ‘theoretische Entitäten’ gezählt werden. Ein anderes Problem ist, wie bei allen pragmatischen Theorien, daß sie nur einen Teil der Geschichte erzählt. Sie erzählt nicht, und kann auch nicht erzählen, *warum* bei mehreren verschiedenen Realisierungen der naiv-physikalischen Disziplin eine mehr oder weniger nützlich oder effektiv sein soll als die anderen. Es hieße auch hier den Ratschlag des intellektuellen Nihilisten befolgen, wollte man verneinen, daß es an dieser Stelle tiefere Fragen gibt; Fragen, die sowohl Gründe für verschiedene Grade der intuitiven Adäquatheit als auch für computationellen oder prädikativen Erfolg bzw. Mißerfolg zu Tage fördern.

Ad 2. Forschung auf dem Gebiet der naiven Physik gehört der psychologischen Konzeption entsprechend zur experimentellen Psychologie, so wie sie üblicherweise verstanden wird, oder zu benachbarten Gebieten wie

¹⁸ Vgl. Z. B. Gentner und Stevens (Hrsg.) 1983.

etwa der kognitiven Anthropologie. Man kann z. B. untersuchen, wie sich die naiv-physikalischen Überzeugungen von Kindern modifizieren oder korrigieren, wenn sie die Newtonsche Betrachtungsweise der Welt entdecken, wie sie sich in Standardbüchern der Physik findet.¹⁹ Oder man kann das Ausmaß untersuchen, in dem nicht-newtonsche Überzeugungen über die physikalische Welt unbewußt auch bei solchen Erwachsenen erhalten geblieben sind, die andererseits zeigen können, daß sie in der Lage sind, die korrekten Newtonschen Prinzipien zu bestätigen.²⁰ Es gibt bestimmt Hinsichten, in denen die Untersuchungen solcher Dinge nützlich und erhellend sind. Ein Problem an dieser Stelle ist jedoch, daß es – nimmt man die psychologische (anthropologische, Entwicklungs-) Perspektive einmal ernst – schwierig zu rechtfertigen scheint, warum von einer einzigen Disziplin der naiven Physik gesprochen werden sollte. Es scheint bei verschiedenen Gruppen von Menschen zu unterschiedlichen Zeiten und an unterschiedlichen Orten eine große Menge verschiedener Systeme von naiv-physikalischen Überzeugungen zu geben. Es gibt nicht nur einen Gegensatz zwischen der Physik von Kindern und Erwachsenen; es scheint ebenso eine Vielfalt von physikalischen Überzeugungen in verschiedenen Kulturen zu geben. Dies geht soweit, daß einige sich vorstellen, die naive Physik kollabiere zu einer strukturlosen Masse von Überzeugungssystemen, in denen sich eine endlose Vielfalt durch Raum und Zeit manifestiert. Sucht man Evidenz für eine solche Ansicht, wird man sicherlich, bei dem reichen Angebot solcher Konzeptionen der Natur der Realität in verschiedenen Kulturen, unzweifelhaft fündig. In bezug auf die Vielfalt der naiv-physikalischen Überzeugungssysteme, die die Geschichte der Menschen, vielleicht sogar der Tiere, hervorgebracht hat, wurde tatsächlich viel wertvolle Arbeit in einem Gebiet geleistet, das man 'Ethnophysik' nennen könnte.²¹

Es wäre jedoch falsch anzunehmen, es gäbe *a priori* bei einer solchen Verschiedenheit keinen gemeinsamen Rahmen. So sollte nicht vorausgesetzt werden daß sich zu jedem systematischen Unterschied im Verhalten entsprechend ein systematischer Unterschied in dem findet, was richtigerweise als die dieses Verhalten steuernde, naive Physik angesehen

¹⁹ Siehe z. B. Shanon 1976, Peters 1982, Clement 1982, DiSessa 1982, Kaiser, Jonides und Alexander 1986, Roncato und Rumiati 1986.

²⁰ Wie McCloskey es in bezug auf die >erstaunlich wohl-formulierten naiven Theorien der Bewegung<, die Menschen aufgrund ihrer Alltagserfahrung entwickeln, feststellt: „Theorien, die von verschiedenen Individuen entwickelt wurden, lassen sich am besten als verschiedene Formen derselben Basistheorie beschreiben. Obwohl diese Basistheorie ein vernünftiges Resultat der Erfahrung mit Bewegung in der wirklichen Welt zu sein scheint, ist sie verblüffend inkonsistent mit den fundamentalen Prinzipien der klassischen Physik. Tatsächlich zeigt die naive Theorie erstaunliche Ähnlichkeit zur vor-newtonschen Theorie, wie sie im vierzehnten bis sechzehnten Jahrhundert populär war.“ (1983: 299) Siehe auch S. 318 über die erstaunliche Hartnäckigkeit der Alltagstheorie im Angesicht eines formalen physikalischen Trainings, ebenso McCloskey 1983a, McCloskey et al. 1980 und Forguson 1989.

²¹ Köhler 1921 beschäftigt sich ausführlich mit der naiven Physik von Schimpansen. Er argumentiert vor allen Dingen, daß es für Schimpansen so gut wie keine Statik gibt, und vermerkt, daß Ähnliches auch für sehr kleine Kinder gilt. Siehe auch Lipmann und Bogen (1922), eine Experimentalstudie über menschliche naive Physik, die von Studenten von Köhler in Berlin durchgeführt wurde.

wird. Man hätte vielleicht nur einen Fall eines weitverbreiteten Irrtums. Es scheint z. B. bei Amerikanern ein weitverbreitetes, falsches Verständnis darüber zu geben wie ein Thermostat arbeitet. Diese Tatsache sollte jedoch nicht dazu verleiten anzunehmen, wie anscheinend Kempton (1987) dies tut, daß diejenigen, die solch falsche Überzeugungen bzgl. Thermostaten besitzen, dadurch eine nicht-standard, naiv-physikalische ‘Theorie der Wärme’ offenbaren. Aus unserer gegenwärtigen Perspektive kann es ebensowenig eine Common-Sense-Theorie der Thermostate geben wie es eine Common-Sense-Theorie der Osmose oder des radioaktiven Zerfalls geben kann. Thermostate sind, naiv gesprochen, Kästen, die die Wärme regulieren. Theorien oder populäre Vorurteile, die hinter diese naive Basis zurückgehen, gehören nicht zum Common-Sense, und können deshalb auch nicht zur Unterstützung der Ansicht herangezogen werden, daß der Common-Sense selbst in wesentlichen Aspekten stark diversifiziert ist.

Ad 3. Es ist die dritte (ontologische) Konzeption der naiven Physik, die an dieser Stelle verteidigt werden soll. Diese Konzeption basiert auf der Vorstellung, daß es möglich ist, Prinzipien zu formulieren, die es schrittweise gestatten, Irrtümer und andere nichtzugehörige Dinge aus der Menge der Überzeugungen zu entfernen, die für die Konstruktion einer zutreffenden naiv-physikalischen Theorie wesentlich sind. Solche Prinzipien geben uns die Möglichkeit, mit der angenommenen Vielfalt alltags-physikalischer Überzeugungssysteme so umgehen zu können, daß die Common-Sense-Welt, mit der die ontologische Konzeption umgeht, sich als unabhängig von Variationen in den Überzeugungen herausstellt.

Eine parallele Intuition wird von jenen verteidigt – z. B. den sogenannten ‘Südlichen Fundamentalisten’²² –, die der Vorstellung anhängen, daß unsere alltäglichen psychologischen Überzeugungen ebenfalls ein *bona fide* System von Wahrheiten konstituieren. Tatsächlich scheint jedes physikalische Problem, das hier besprochen wurde, ein exaktes Äquivalent in den Problemen zu besitzen, die Philosophen und andere gerne als ‘Folkpsychology’ bezeichnen.²³ Auch dort findet man eine große Spannbreite von Überzeugungen, die Menschen zu verschiedenen Zeiten an verschiedenen Orten besaßen. Die Existenz von falschen Überzeugungen bzgl. des Geistes impliziert jedoch nicht schon selbst die Unmöglichkeit, hieraus einen Kern primärer alltagspsychologischer Überzeugungen herauszulösen – Überzeugungen, die wahr sein können und die einen wahren, wissenschaftlichen Status beanspruchen.

In ähnlicher Weise, so werde ich behaupten, berechtigt die Existenz einer mehr oder weniger volkstümlichen Physik nicht selbst schon ausreichend die

²² Vgl. Graham und Horgan 1988. Siehe auch Forguson 1989 über >rationale Psychologie< als eine wahre Theorie über unsere geistigen Tätigkeiten.

²³ Dies wurde von D’Andrade 1987 klar herausgearbeitet, der nebenbei auch die bemerkenswerte Ähnlichkeit alltagspsychologischer Modelle mit Ansichten über die Strukturen des Geistes in der philosophischen Tradition aufdeckt.

Zurückweisung der Idee einer strenger konzipierten, (wahren) naiven Physik. Wenn es ein lohnenswertes Projekt ist, wie einige behaupten, die eher volkstümlichen Teile einer Common-Sense-Psychologie wegzustreichen, um so weit wie möglich die Gesetze festzustellen, die den mentalen Bereich von Überzeugungen und Wünschen regieren, dann ist es ein wohl ebenso verfolgenswertes Projekt, die eher volkstümlichen Teile einer Common-Sense-Physik wegzustreichen, um die Gesetze herauszuarbeiten, die den Bereich der Common-Sense-Objekte und –Ereignisse regieren, auf die sich diese Überzeugungen und Wünsche primär beziehen. Die Dominanz der psychologischen und epistemologischen Orientierung der modernen Philosophen tritt sehr deutlich zutage, wenn man das Ausmaß betrachtet, in dem Fragen der angegebenen Art für den Bereich der Alltagspsychologie ernsthaft untersucht werden, während ihre alltagsphysikalischen Gegenstücke nahezu vollständig ignoriert wurden.

Naive Physik ist wahr

Der Anthropologe Robin Horton hat eine für uns in diesem Zusammenhang nützliche Unterscheidung vorgeschlagen zwischen einer, wie er es nennt, ‘primären Theorie’, und verschiedenen Arten von ‘sekundären Theorien’ die seiner Argumentation zufolge charakteristisch sind für verschiedene kulturelle und soziale Gegebenheiten.

Horton macht darauf aufmerksam, daß die primäre Theorie – oder das, was wir bisher Common-Sense genannt haben – in bezug auf die Abdeckung verschiedener Bereiche bei verschiedenen Personen in unterschiedlichem Maße entwickelt ist. In anderen Hinsichten unterscheidet sie sich jedoch nur wenig von Kultur zu Kultur. Im Falle von sekundären oder ‘konstruktiven’ Theorien ergeben sich im Gegensatz dazu

„überraschende Unterschiede zwischen Gemeinschaft und Gemeinschaft, Kultur und Kultur. Ein westlicher Anthropologe z. B., der mit einem rein mechanistischen Weltbild aufgewachsen ist, könnte die spiritualistische Weltsicht einer afrikanischen Gemeinschaft als extrem fremdartig empfinden“ (1982: 228).

Diese Übereinstimmung in der primären Theorie hat evolutionäre Wurzeln:

„In einer bestimmten Art und Weise muß eine solche Theorie zumindest mit gewissen Aspekten der Realität, die sie vorgibt zu repräsentieren, ‘korrespondieren’. ‘Korrespondierte’ sie nicht, hätten ihre Benutzer über die Zeit hinweg wohl kaum überlebt. Gleichzeitig hat ihre Struktur eine deutlich erkennbar funktionale Beziehung zu den spezifisch menschlichen Zielen und der spezifisch menschlichen Ausstattung, mittels derer sie erworben wird. Insbesondere ist sie sehr gut auf eine spezifische Art der Hand-Auge

Koordination zugeschnitten, die charakteristisch für die menschliche Rasse und der mit ihr verbundenen manuellen Technologie ist, die sich im täglichen Leben seit der Geburt der Menschheit bis zum heutigen Tage als Hauptstütze herausgebildet hat.“ (op. cit.: 232).

Aus der Sicht des Überlebens gesehen, können wir über Micro-Geister und Macro-Teufel, die sich auf Ebenen über oder unter der Ebene des täglichen Lebens befinden, glauben, was wir wollen; sind jedoch die allgemeinen physikalischen Strukturen der Alltagsrealität betroffen, sind wir darauf beschränkt, die Wahrheit zu glauben – sonst wären wir nicht hier.²⁴

Tatsächlich scheint es der Fall zu sein, daß die Common-Sense-Welt in allen Kulturen als eine Vielzahl von dauerhaften Substanzen mit wahrnehmbaren Eigenschaften verstanden wird, die Veränderungen (Ereignissen und Prozessen) verschiedenster Art unterworfen sind. All dies existiert unabhängig von unserem Wissen und davon, ob es uns bewußt wird. Es existiert weiter als ein einziges Ganzes, das in Raum und Zeit ausgedehnt ist. Die entsprechende Menge von Überzeugungen wird im ständigen Gebrauch geprüft, und überlebt bzw. entwickelt sich in sehr vielen verschiedenen Umgebungen weiter. Unabhängig von den Veränderungen, die in ihrem Umfeld möglicherweise auftreten, haben Menschen anscheinend die Fähigkeit, sich – sofort und spontan – eine Common-Sense-Realität als Zufluchtsstätte zurechtzuschneiden. Zudem lassen sich unsere Common-Sense-Überlegungen leicht von einer Sprache in eine andere übersetzen und Urteile, die solche Überzeugungen ausdrücken, sind durch eine weitverbreitete, unwidersprochene Zustimmung gekennzeichnet.

Common-Sense-Theorie und die wissenschaftliche Physik

Jetzt wird die Frage nach dem Verhältnis zwischen der naiven Physik und einer physikalischen Wissenschaft der üblichen quantitativen Art immer dringender. Und auch hier läßt sich eine Bandbreite von verschiedenen Konzeptionen unterscheiden. Eine extreme Position ist die Ansicht, daß die Common-Sense-Realität selbst die einzige existierende Realität ist, so daß die Standardphysik als zweitrangig zur und hervorgehend aus einer Wissenschaft der Common-Sense-Realität instrumental gedeutet werden muß. (Es gibt Hinweise für diese Ansicht in Husserls *Krisis* – wo sich auch wichtige Antizipationen von Hortons Idee der primären und sekundären Theorie finden.)

Zwischen dieser und der entgegengesetzten Extremposition, die die naive Physik schlicht für falsch hält – eine Position, die wir oben bereits die Gelegenheit hatten abzulehnen – gibt es eine Familie von emergentistischen

²⁴ Wir können jedoch nicht die Evolutionstheorie als Beweis für den Common-Sense heranziehen. Diese Theorie, wie alle voll entwickelten wissenschaftlichen Theorien, beruht auf Evidenzen, deren Interpretation selbst die Wahrheit des Common-Sense voraussetzt.

Ansichten, nach denen sowohl der Common-Sense- als auch der standardphysikalischen Realität eine autonome, eigene Existenz zugesprochen wird, wobei die erste als ein Überbau angesehen wird, der aus stabilen Eigenschaften der zweiten auf höherer Ebene aufgebaut ist. Solche Ansichten haben gewissen Parallelen zur kürzlich von Searle verteidigten Ansicht, der Geist sei eine Eigenschaft des Gehirns auf höherer Stufe. Geist ist einfach, um es mit Searle auszudrücken, 'verursacht durch ... und realisiert in' bestimmten Teilen der physikalischen Realität²⁵, nämlich in den Operationen und Strukturen des menschlichen Gehirns. Die Common-Sense-Realität wird entsprechend durch Teile der physikalischen Realität, die unsere externe Umwelt konstituiert, verursacht und in ihr realisiert. Common-Sense-Realität und Geist sind entsprechend diesem Standpunkt beide vollständig autonome Objekte von theoretischer Bedeutung: beide sind jedoch dergestalt, daß sie den Arten von Theorien, die sie unterstützen können, Grenzen setzen. Vor allen Dingen kann, wie wir noch sehen werden, die Common-Sense-Realität nicht die Art von voraussagender Theorie unterstützen, die wir gerne in bezug auf Schnitte durch die physikalische Realität auf bestimmten tieferen Ebenen hätten.

Die Physik der Common-Sense-Welt²⁶

Wie gelingt es uns, aus der Gesamtheit der Strukturen der physikalischen Welt diejenigen auszuwählen, die für die Ebene der naiven Physik, den wir hier betrachten, gerade relevant sind? Wir richten die Aufmerksamkeit zuerst auf die allgegenwärtige Rolle der wahrnehmbaren Qualitäten, die die Welt der Common-Sense-Erfahrung ausfüllen. Die wahrnehmbaren Qualitäten können in jedem Fall mit den Eigenschaften bestimmter korrespondierender *physikalischer Variationen* identifiziert werden. So können Farben z. B. mit spektralen Reflektionsstärken von Oberflächen identifiziert werden²⁷, die Qualitäten heiß und kalt mit bestimmten Eigenschaften der Bewegung von Molekülen u.s.w. Nur einige Arten physikalischer Variationen helfen Phänomene der qualitativen Art zu begründen. Einfache mechanische Systeme (Pendel z. B.) fallen in dieser Hinsicht aus, selbst wenn sie möglicherweise genuin qualitative Variationen in anderen Medien *verursachen* (z. B. in den Luftmolekülen, die sie in Bewegung setzen). Wie gelingt es uns auf die relevanten Variationen zu fokussieren? Hier stammt die Grundidee, die sehr detailliert in den unten genannten Arbeiten von Petitot ausgearbeitet wird, von René Thom.²⁸ Wie kann eine physikalische Theorie

²⁵ Searle 1983: 265 (engl.). Man beachte jedoch, daß die präzise Bedeutung von Phrasen wie >realisiert in< einer detaillierten Klärung bedürften; eine Klärung, die zu geben Searle selbst nicht für notwendig erachtet.

²⁶ Die Ideen in diesem Abschnitt verdanke ich Jean Petitot.

²⁷ Hilbert 1987.

²⁸ Hinterrundinformation kann den Arbeiten von Smith 1993/94 und (im Erscheinen) entnommen werden. Das erste ist eine Behandlung von topologischen Standardbegriffen auf einer mereologischen Basis. Das zweite präsentiert eine formal ontologische Theorie von Continua, die als Primitive die Begriffe *Teil* und *Grenze*

hinreichend angereichert werden, so daß sie in wissenschaftlicher Form die Eigenschaften erfassen kann, die für die qualitative Realität spezifisch sind? Die Grundlage zu einer Lösung liegt bereits in der Tatsache, daß die Physik, auch wenn sie sich auf das Quantitative beschränkt, tatsächlich von den Phänomenen handelt, aus denen sich unsere qualitative Welt zusammensetzt. Sie behandelt sie nur nicht in der spezifischen, für die Welt unserer qualitativen Erfahrung bedeutsame Weise, in der diese Phänomene zusammengesetzt, bzw. –gefügt oder voneinander getrennt sind. Es ist die Leistung von Thom, diese Lücke zu füllen.

Was immer geschieht, geschieht im Kontext eines raum-zeitlich ausgedehnten Ganzen. Es gibt m.a.W. eine grundlegende Beziehung oder existentielle Abhängigkeit zwischen wahrnehmbaren Qualitäten und raumzeitlicher Ausdehnung (Farbe kann – notwendigerweise – nicht ohne räumliche Ausdehnung existieren, ein Geräusch nicht ohne Dauer etc.).²⁹ Die wahrgenommene Qualität eines schwarz und braun gefleckten Hundes z. B. hat eine bestimmte räumliche Ausdehnung. Die Qualitäten, die in einer gegebenen Ausdehnung verteilt sind, verschmelzen entweder phänomenal, so daß es keine wahrnehmbare Abtrennung mehr zwischen ihnen gibt (z. B. wie bei einem fließenden Übergang von einer Farbe zur anderen), oder sie werden phänomenal ‘getrennt’. Im ersten Fall ist die zugrundeliegende physikalische Variation kontinuierlich, im zweiten Fall legt sie eine Art von Diskontinuität fest. Man beachte, daß es im Fall des gefleckten Hundes keinen intrinsischen Unterschied gibt zwischen der Abtrennung, die an den wahrgenommenen, inneren Grenzen auftritt, an denen sich die Flecken von ihrer Umgebung absetzen. Beide sind Fälle der qualitativen Diskontinuität.

Tatsächlich scheint in bezug auf eine Gruppe von Fällen klar zu sein, daß sich ein wahrnehmbares Phänomen von einem anderen dort abhebt, wo durch qualitative Momente, die seine Ausdehnung ausfüllen, eine Diskontinuität geschaffen wurde. M.a.W. *Abtrennung* erklärt *Salienz*.

Um diese Vorstellung mathematisch angemessen zu formulieren, nehmen wir – mit Thom und Petitot an, daß W die raumzeitliche Ausdehnung eines gegebenen Phänomens ist. Als ein Teil der Raum-Zeit ist W ein topologischer Raum mit der üblichen Topologie. Nehmen wir weiter an, daß die verschiedenen Qualitäten, die W ausfüllen, durch verschiedene Grade von n distinkten, intensiven Größen q_1, q_2, \dots, q_n ausgedrückt werden, wobei jede eine Funktion von Punkten $w \in W$ ist. Diese $q_i(w)$ sind nun wahrnehmbare Qualitäten (Farben, Textur, Temperatur, Reflektionsstärke etc.), sie werden jedoch physikalisch³⁰ verstanden als den Objekten selbst immanent und mit einer bestimmten Form der Meßbarkeit verbunden.³¹

verwendet. Auf der Annahme, Grenzen seien immer Teile eines größeren Ganzen, dessen Grenzen sie sind, baut diese Theorie in einer Weise auf, daß sich eine Alternative zur Standardtopologie ergibt.

²⁹ Vgl. Die Arbeiten in Smith (Hrsg.) (1982), und auch Husserls dritte logische Untersuchung, §§ 8 – 9.

³⁰ Bestimmte Vereinfachungen kommen hier ins Spiel. So gibt es keine einzelne Eigenschaft der spektralen Reflektionsstärke von Oberflächen, die eine makroskopische Annäherung an ein feinkörnigeres System auf

Ein Punkt w wird *regulär* genannt, wenn alle $q_i(w)$ in einer Nachbarschaft von w kontinuierlich sind. Sei R die Menge der regulären Punkte in W . R enthält eine Nachbarschaft zu jedem seiner Punkte, und ist somit eine offene Menge von W . Sei K die Komplementmenge von R relativ zu W . K ist die geschlossene Menge der – so könnte man sagen – nichtregulären oder *singulären* Punkte in W . Klarerweise gilt: w ist ein singulärer Punkt gdw. es mindestens eine Qualität q , gib, die diskontinuierlich zu w ist. Wir werden K die *Morphologie* des Phänomens nennen, das W ausfüllt. Wir werden nun dafür argumentieren, daß K das System der qualitativen Diskontinuitäten ist, das das Phänomen hervorhebt und als Phänomen salient macht. (Man denke z. B. an die die morphologische Organisation eines Blattes, eines Sprunges in einer Fensterscheibe, an einen Hund oder an die Photographie eines Hundes.)

Um diese Definition mit physikalischen Gehalt zu versehen, müssen wir einen Weg finden, uns die Morphologie K als Menge von physikalischen Eigenschaften vorzustellen, die der Grundlage oder der Ursache des in Frage stehenden Phänomens innewohnen. Eine Vielzahl physikalischer Details kurz zusammenfassend kann man sagen, daß die unmittelbaren Zustände eines physikalischen Systems, wenn sie einzeln genommen werden, *qua* Physikalität *transient* sind: sie sind zu flüchtig, um beobachtbar zu sein. Es gibt jedoch Umstände, unter denen effektiv beobachtbare Zustände eines Systems entstehen: z. B., wenn Trajektorien asymptotisches Verhalten zeigen, oder wenn eine hinreichend schnelle Oszillation zwischen zwei Endpunkten entsteht. Solche effektiv beobachtbaren Zustände, Zustände, in die ein System immer wieder gelangt, oder zu denen es tendiert, werden aus offensichtlichen Gründen die *Attraktoren* des Systems genannt. Man denke z. B. an einen oszillierenden Stromkreis. Von einem Ausgangszustand erreicht das System nach einiger Zeit einen stabilen Oszillationszustand; seine Trajektorie wird von diesem Zustand angezogen.

Kehren wir nun zu unserem Phänomen des gefleckten Hundes zurück, der das Substrat S , die raum-zeitliche Ausdehnung W und die Morphologie K besitzt. Wählen wir einen nicht-singulären Punkt $w \in W$. Der interne Zustand des Substrats S an w kann physikalisch mittels irgendeines Attraktors A_w irgendeiner ‘internen’ Dynamik beschrieben werden. Dabei sind die q_i intensive Quantitäten, die mit A_w verbunden sind. Um die qualitativen Diskontinuitäten der q_i zu erklären, nehmen wir an, daß $w_o \in K$ irgendein singulärer Punkt in W ist. Bei einer Bewegung durch Punkte $w \in W$ wird der Attraktor A_w , wenn er w_o durchquert, instabil und wird ersetzt durch einen anderen Attraktor B_w . Gleichermaßen verschwindet der Attraktor A_w vollständig, wenn wir die äußeren, offensichtlichen Konturen eines Dinges durchqueren. Bei alle dem ist zu beachten, daß das Verhalten des

Quantenebene ist – ein System von Eigenschaften, die mit den Emissionsabsorptionsspektren der Atome zu tun haben, die das Substrat konstituieren.

³¹ Man beachte, daß Farbe nur bis zu einem gewissen Punkt zergliedert ist. Man sollte daher in einem strengen Sinne nicht von Farbe in bezug auf einen Punkt, sondern in bezug auf eine Region sprechen. Diese Korrektur beeinflusst jedoch nicht die Validität des im Text entwickelten Vorschlags.

zugrundeliegenden, physikalischen Systems (die relevanten Variationen selbst) nicht beobachtbar sind. Was wir als salient wahrnehmen, und was wir mit Worten der natürlichen Sprache beschreiben können, ist die qualitative Diskontinuität, die zugleich der Phasenübergang ist.

Als beiläufiges Ergebnis dieser Darstellung wird – völlig in Übereinstimmung mit der oben beschriebenen Common-Sense-Ansicht – Lockes These von den inhärent subjektiven sekundären Qualitäten der Dinge die Rechtfertigung entzogen. Sicherlich gibt es einen Unterschied zwischen den physikalischen Strukturen der primären beziehungsweise sekundären Qualitäten der in der Erfahrung gegebenen Dinge.³² Dieser Unterschied liegt jedoch nicht, wie Locke und viele andere geglaubt haben, in einer irgendwie angenommenen ‘Subjektivität’ der zweiten Gruppe.³³ Er liegt vielmehr in der Tatsache begründet, daß aus der Sicht der physikalischen Theorie sekundäre Qualitäten nicht von Interesse sind, weil sie unabhängig von ihrer Rolle in der Wahrnehmung in bezug auf die kausale Struktur der Welt keine wichtige Rolle spielen. Sie spiegeln Abgrenzungen der physikalischen Realität wider, deren Interessantheit wesentlich von der Existenz eines bestimmten Wahrnehmungsapparats bei menschlichen Betrachtern abhängt. Sie sind also nicht von spezifischen Wahrnehmungen oder Überzeugungen abhängig (auch nicht *a fortiori* von unserer Sprache oder unseren Theorien). Wie Hilbert schreibt:

‘Für die Objektivität einer Eigenschaft ist es ausschließlich notwendig, daß Gegenstände diese Eigenschaft unabhängig von einer Interaktion mit wahrnehmenden Subjekten besitzen oder nicht besitzen. Farbe ist insofern objektiv, als die Farben von Gegenständen nicht davon abhängen, wie sie Betrachtern erscheinen, bzw. ob es irgendwelche Betrachter gibt oder nicht gibt ... Obwohl Reflektionsstärke in diesem Sinne eine objektive Eigenschaft und physikalisch gut verstanden ist, kann sie nicht auf grundlegendere physikalische Eigenschaften zurückgeführt werden’ (1987: 120 f).

Man beachte, daß die These, die naive Physik sei wahr, nebenbei impliziert, daß sich die Welt der Common-Sense-Realität als unabhängig von menschlicher Erfahrung existierend herausstellt: Die Paläontologie und andere verwandte Disziplinen beschreiben nach wie vor die Common-Sense-Welt wie sie vor dem Erscheinen der Menschheit existierte.

Natürlich wäre diese Welt nicht interessant, wenn es keine Menschen gäbe, und diese Disziplinen würden ebenfalls nicht existieren. Aber was diese

³² Über die Natur dieser Unterschiede und über die Vielzahl von sekundären Qualitäten im allgemeinen, siehe Witschel 1961, der Husserls Position zusammenfaßt.

³³ Man beachte, daß die im Text vertretene realistische Auffassung von Farben, die auf Hilbert (1987) zurückgeht, sich von der Ansicht Thomas und Petitots unterscheidet, da diese Farben als mit bestimmten zugrundeliegenden, physikalischen Qualitäten bloß assoziiert verstehen. Sie sind aber ihrer Auffassung nach nicht mit ihnen identisch.

Disziplinen beschreiben, ist nichtsdestoweniger so geartet, daß es unabhängig von menschlichen Wesen *existiert*.

Eine Theorie der Common-Sense-Welt

Unser Ziel ist es, eine stimmige Theorie des eigenständigen Bereiches aufzustellen, der zu Recht den Namen 'Common-Sense-Realität' verdient. Unsere Ontologie der qualitativen Realität kann nur als erster Schritt auf diesem Weg angesehen werden. Zum einen ist das Reich der qualitativen Realität zu groß, da es über den Bereich der Common-Sense-Erfahrung hinausgeht; z. B. enthält es farb-ähnliche Strukturen, die jenseits des Bereiches liegen, den menschliche Wahrnehmungsorgane aufnehmen können. Um die qualitative Ontologie zu korrigieren, müssen wir uns der Wahrnehmungspsychologie zuwenden, und dabei die Grenzen der durch das menschliche Wahrnehmungssystem erfaßbaren, qualitativen Strukturen feststellen. Zum anderen ist unser Ansatz zu eng, da er nicht den Dimensionen der ontologischen Form gerecht wird, die zur Welt der Common-Sense-Erfahrung gehören, die aber zum streng qualitativen Bereich quer liegen. Es bleibt daher noch die Aufgabe, die qualitative Ontologie um eine Theorie von Kategorien des Common-Sense wie etwa Substanz, Veränderung oder Prozeß, Typikalität, Arten und Kategorien, von Orten und Zeiten u.s.w. zu ergänzen. Wie in unserem Ansatz zu einer qualitativen Ontologie, sind auch hier bestimmte Arten von sinnlich erfaßbaren (salienten) Grenzen, die in der zugrundeliegenden physikalischen Realität vorhanden sind, wichtig – Grenzen, die in der quantitativen Physik nicht behandelt werden. Die hierin enthaltene Emergenzdoktrin ist dementsprechend eine Emergenz von Grenzen oder Konturen, nicht von *Dingen*.

Aus den Arbeiten von Thom und Petitot wissen wir bereits genug über die sich daraus ergebende Theorie, um zu erkennen, daß ihre Vorhersagekraft im Vergleich mit der eigentlichen Physik unzureichend ist. Die naive Physik versucht nur ein Repertoire von qualitativen und strukturellen Formen, die Substanz, Akzidenz, Veränderung etc. beinhalten, festzulegen, die die Welt der alltäglichen Erfahrung ausmachen. Und es stellt sich heraus, daß es eine eingeschränkte Anzahl solcher Formen gibt, in die die Verhaltensweisen von komplexen Systemen typischerweise hineinpassen. Sie kann jedoch nicht sagen, wann und wo die oder jene Form instantiiert werden wird. Ungleich der Standardphysik, die in ihrer Art auf alles angewendet werden kann, und daher (wenn auch nur in einer bestimmten, begrenzten Auflösung) keine Vorhersage-Erklärungslücken läßt, beschäftigt sich die naive Physik mit einem schmalen Bereich, deren Erklärungs-Vorhersage in nahezu jedem Fall Phänomene außerhalb dieses schmalen Bereichs miteinbezieht. Dies läßt daran zweifeln, daß naive Physik jemals der KI-Forschung z. B. im Bereich der Robotik oder anderswo nützlich sein kann. Nichtsdestoweniger finden

Menschen mit Hilfe von wahren, naiv physikalischen Überzeugungen ihren holprigen Weg durch die Welt, so wie sie mit Hilfe von naiven, psychologischen Überzeugungen normalerweise verlässliche Vorhersagen über die Handlungen ihrer Mitmenschen machen können.

Zusammenfassung

Der Aufsatz sucht neue Arbeiten über Alltags- oder Common-sense Physik aus dem Feld der Forschung über künstliche Intelligenz als Grundlage einer philosophischen Erklärung der Struktur der Alltagswirklichkeit nutzbar zu machen. Die Forschung im Bereich der Alltags-Physik wird zusammengefaßt und die moderne Alltags-Physik mit der Physik der Aristoteles und anderer vorgallileischer Denker verglichen. Von denjenigen, die in den Bereichen der Software-Technik, Roboterwissenschaft und der Untersuchung von Wissensrepräsentation arbeiten, wird die Alltags-Physik gewöhnlich als eine rein pragmatische Angelegenheit behandelt, welche die Konstruktion von Arbeitsprogrammen betrifft, die relevante Denkprozesse menschlicher Akteure simulieren. Alternativ dazu wird die Alltags-Physik als eine Angelegenheit der Psychologie betrachtet, als eine Untersuchung der Überzeugungen, welche Menschen gewöhnlich über die Struktur der sie umgebenden Realität haben. Hier wird der Versuch unternommen, eine aristotelische Sichtweise der Alltags-Physik zu begründen, welche sie als *wahre Theorie* über eine bestimmte, autonom existierende, stabile Region der Wirklichkeit ansieht; deren Beziehung zur Realität, wie sie die wissenschaftliche Physik beschreibt, muß dann allerdings unabhängig festgestellt werden.

Literatur

- Austin, J. L. 1979 „A Plea for Excuses“, in Austin’s *Philosophical Papers*, 2. Aufl. Hrsg, Oxford: Oxford University Press, 175-204. (Deutsch in: ders.: *Wort und Bedeutung. Philosophische Aufsätze*. München: List 1975).
- Boden, Margaret A. (Hrsg.) 1990 *The Philosophy of Artificial Intelligence*, Oxford: Oxford University Press.
- Bozzi, P. 1958 “Analisi fenomenologica del moto pendolare armonico”, *Rivista di Psicologia*, 52, 281-302. (English translation prepared in the Department of Psychology, University of Arkansas at Little Rock.)
- 1959 “Le condizioni del movimento ‘naturale’ lungo i piani inclinati”, *Rivista di Psicologia*, 53, 337-352. (English translation prepared in the Department of Psychology, University of Arkansas at Little Rock.)
- 1989 “Sulla preistoria della fisica ingenua”, *Sistemi intelligenti*, I, 61-74.

- Carnap, Rudolf 1967 *The Logical Structure of the World*, London: Routledge and Kegan Paul. (Deutsch: ders.: *Der logische Aufbau der Welt*. Hamburg: Meiner Verlag 1961² (unv. Nachdruck der Ausgabe von 1928)).
- Clement, John 1982 „Students’ Preconceptions in Introductory Mechanics”, *American Journal of Physics*, 50, 66-71.
- D’Andrade, Roy 1987 “A Folk Model of the Mind”, in Holland and Quinn, Hrsg., 112 – 148.
 - 1989 “Cultural Cognition”, in M. I. Posner, Hrsg., *Foundations of Cognitive Science*, Cambridge, Mass.: MIT Press, 795-830.
- DiSessa, A. A. 1982 “Unlearning Aristotelian Physics: A Study of Knowledge-Based Learning”, *Cognitive Science*, 6, 37-75.
 - 1985 “Learning about Knowing”, *New Directions for Child Development*, 28, 97-124.
- Dreyfus, H.L. 1988 “Making a Mind Versus Modeling the Brain: Artificial Intelligence Back at a Branchpoint”, in S.R. Graubard, Hrsg., *The Artificial Intelligence Debate. False Starts, Real Foundations (Daedalus, 117)*, Cambridge, Mass. and London: The MIT Press.
- Feyerabend, Paul 1978 “In Defence of Aristotle: Comments on the Condition of Content Increase”, in G. Radnitzky and G. Andersson, Hrsg., *Progress and Rationality*, Dordrecht: Reidel, 143-180.
- Forbus, K. 1983 “Qualitative Reasoning about Space and Motion”, in Gentner and Stevens, Hrsg., 53-73.
 - 1984 “Qualitative Process Theory”, *Artificial Intelligence*, 24, 85-168.
 - 1985 “The Role of Qualitative Dynamics in Naive Physics”, in Hobbs and Moore, Hrsg., 185-226.
- Forguson, Lynd 1985 *Common Sense*, London and New York: Routledge.
- Gambardella, L.M. 1985 *A Graphic Approach to Naive Physics*, Masters Thesis, Pisa University
- Gardin, Francesco and Meltzer, Bernard 1989 “Analogical Representations of Naive Physics”, *Artificial Intelligence*, 38, 139-59.
- Gentner, D. and Stevens, A. L. Hrsg. 1983 *Mental Models*, Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- Gibson, J.J. 1979 *The Ecological Approach to Visual Perception*, Boston: Houghton-Mifflin. (Deutsch: ders.: *Wahrnehmung und Umwelt. Der ökologische Ansatz in der visuellen Wahrnehmung*. München, Wien, Baltimore: Urban und Schwarzenberg 1982).
- Graham, G. and Horgan, T. 1988 “How to be Realistic about Folk Psychology”, *Philosophical Psychology*, I, 69-81.
- Hager, Greg 1985 “Naive Physics of Materials: A Recon Mission” in *Commonsense Summer: Final Report*, Report No. CSLI-85-35, Center for the Study of Language and Information, Stanford University, Stanford, California.

- Hayes, Patrick J. 1985 "The Second Naive Physics Manifesto", in Hobbs and Moore, Hrsg., 1-36.
 - 1985 a "Naive Physics I: Ontology for Liquids" in Hobbs and Moore, Hrsg., 71-107.
- Hilbert, D.R. 1987 *Color and Color Perception: A Study in Anthropocentric Realism*, CSLI Lecture Note Series, Chicago: University of Chicago Press.
- Hobbs, J.R., Croft, W., Davies, T., Edwards, D. and Laws, K. 1987 "Common-sense Metaphysics and Lexical Semantics", *Computational Linguistics*.
- Hobbs, J.R. and Moore, R.C. Hrsg. 1985 *Formal Theories of the Common-sense World*, Norwood: Ablex.
- Holland, D. and Quinn, N. Hrsg. 1987 *Cultural Models in Language and Thought*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Holland, John H., Holyoak, Keith J., Nisbett, Richard E. and thagard, Paul R. 1986 *Induction. Prozesses of Inference, Learning and Discovery*, Cambridge, Mass. and London: MIT Press
- Horton, Robin 1982 "Tradition and Modernity Revisited" in M. Hollis and S. Lukes, Hrsg. *Rationality and Relativism*, Oxford: Blackwell, 201-260.
- Husserl, E. 1970 *Logical Investigations*, 2 vols., trans. J.N. Findlay, London: Routledge and Kegan Paul (Deutsch: ders.: *Logische Untersuchungen*. Den Haag: Nijhoff 1975 (= Husserliana Bd. 18).
 - 1970a *The Crisis of European Sciences and Transcendental Phenomenology. An Introduction to Phenomenological Philosophy*, trans. By D. Carr, Evanston: Northwestern University Press
- Kaiser, M.K., Jonides, J. and Alexander, J. 1986 "Intuitive Reasoning about Abstract and Familiar Physics Problems", *Memory and Cognition*, 14, 308-312.
- Kanizsa, Gaetano 1979 *Organization in Vision. Essays on Gestalt Perception*, New York: Praeger.
- Keil, F.C. 1979 *Semantic and Conceptual Development: An Ontological Perspective*, Cambridge: Harvard University Press.
- Kempton, Willet 1987 "Two Theories of Home Heat Control", in Holland and Quinn, Hrsg. 222-242.
- Kleer, J.D. de and Brown, J.S. 1984 "A Qualitative Physics Based on Confluences", *Artificial Intelligence*, 24, 7-84 and in Hobbs and Moore (Hrsg.), 109-183.
- Kleer, J.D. de and Bobrow, D.G. 1984 "Qualitative Reasoning with Higher-Order Derivatives", *Proceedings of the Fourth National Conference on Artificial Intelligence*, 86-91.
- Köhler, Wolfgang 1921 "Intelligenzprüfungen an Anthropoiden", *Abhandlungen der Preussischen Akademie der Wissenschaften. Jahrgang 1917, Physikal.-Mathem. Klasse*, 1; Eng. Trans. of 2nd German ed. as *The Mentality of Apes*, London: Kegan Paul, Trench, Trübner, 1927.
- Kuipers, B. 1986 "Qualitative Simulation", *Artificial Intelligence*, 29, 289-388.

- Lewin, K. 1936 *Prinziples of Topological Psychology*, New York: McGraw-Hill.
- Lipmann, Otto and Bogen, Hellmuth 1923 *Naive Physik. Arbeiten aus dem Institut für angewandte Psychologie in Berlin. Theoretische und experimentelle Untersuchungen über die Fähigkeit zu intelligentem Handeln*. Leipzig: Johann Ambrosius Barth.
- McCloskey, M. 1983 „Naive Theories of Motion“, in Gentner and Stevens, Hrsg., 299-324.
- 1983 a “Intuitive Physics”, *Scientific American*, 248(4), 122-130.
- McCloskey, M., Carmazza, A. and Green, B. 1980 “Curvilinear Motion in the Absence of External Forces. Naive Beliefs about the Motion of Objects”, *Science*, 210, 1139-1141.
- McCloskey, M., Washburn, A. and Felch, L. 1983 “Intuitive Physics: The Straight-Down Belief and Its Origin”, *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 9.
- McDermott, Drew 1990 “A Critique of Pure Reason”, in Boden, Hrsg., 206-230.
- Michotte, Albert 1946, *La perception de la causalité*, Louvain: Institut supérieur de la Philosophie, Eng. trans. by T.R. Miles, *The Perception of Causality*, London: Methuen, 1963. (Deutsch: ders.: *Gesammelte Werke. Die phänomenale Kausalität*. Bern: Huber 1982).
- Moore, G.E. 1959 „A Defence of Common Sense“, in G. E. Moore, *Philosophical Papers*, London: George Allen and Unwin, 60-88. (Deutsch in: ders.: *Eine Verteidigung des common sense. Aufsätze aus den Jahren 1903 – 1941*. Frankfurt/M.: Suhrkamp 1969).
- Peters, P.C. 1982 „Even Honors Students have Conceptual Difficulties with Physics“, *American Journal of Physics*, 50, 501-508.
- Petitot, J. 1985 *Morphogenèse de Sens*, Paris: P.U.F.
- 1989 "Morphodynamics and the Categorical Perception of Phonological Units", *Theoretical Linguistics*, 15, 25-71.
- 1989a "Hypothèse localiste, Modèles morphodynamiques et Théories cognitives", *Semiotica*, 77, 65-119.
- 1990 "Le Physique, le Morphologique, le Symbolique, Remarques sur la Vision", *Revue de Synthèse*, 4, 139-183.
- 1994 "Phenomenology of Perception, Qualitative Physics and Sheaf Mereology", in R. Casati, G. White and B. Smith, Hrsg., *Philosophy and Cognitive Science*, Vienna: Hölder-Pichler-Tempsky.
- Petitot, J. and Smith, B. 1989 "Physics and the Phenomenal World", Manuscript, E.H.E.S.S., Paris.
- 1990 "New Foundations for Qualitative Physics", J.E. Tiles, G.T. McKee and C.G. Dean, Hrsg., *Evolving, Knowledge in Natural Science and Artificial Intelligence*, London: Pitman Publishing, 231-249.
- Philipse, Hermann 1989 "The Absolute Network Theory of Language and Traditional Epistemology. On the Philosophical Foundations of Paul Churchland's Scientific Realism", *Inquiry*, 33, 127-78.

- Rickey, F. 1975 "Creative Definitions in Propositional Calculi", *Notre Dame Journal of Formal Logic*, 16, 273-94.
- Roncato, S. and Rumiati, R. 1986 "Naive Statics: Current Misconceptions on Equilibrium", *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 12, 361-377.
- Rosch, E., Mervis, C.B., Gray, W., Johnson, D. and Bayes-Braem, P. 1976 "Basic Objects in Natural Categories", *Cognitive Psychology*, 8, 382-439.
- Searle, John R. 1983, *Intentionality*, Cambridge: Cambridge University Press. (Deutsch: ders.: *Intentionalität. Eine Abhandlung zur Philosophie des Geistes*. Frankfurt/M.: Suhrkamp 1987).
- Shanon, Benny 1976 "Aristotelianism, Newtonianism and the Physics of the Layman", *Perception*, 5, 241-243.
- Smith, Barry 1992 "Zum Wesen des Common Sense: Aristoteles und die naive Physik", *Zeitschrift für philosophische Forschung* 46, (1992), 508-525.
- Smith, Barry 1993/94 "Ontology and the Logistic Analysis of Reality", in N. Guarino and R. Poli (Hrsg.), *Proceedings of the International Workshop on Formal Ontology in Conceptual Analysis and Knowledge Representation*, Institute for Systems Theory and Biomedical Engineering of the Italian National Research Council, Padova, Italy (1993), 51-68. Revised version in G. Haefliger and P.M. Simons (eds.), *Analytic Phenomenology*, Dordrecht/Boston/London: Kluwer, 223-245.
- (im Erscheinen) "Boundaries", in L. Hahn (Hrsg.), *The Philosophy of Roderick Chisholm* (Library of Living Philosophers), La Salle: Open Court.
- Smith, B. ed. 1982 *Parts and Moments. Studien in Logic and Formal Ontology*, Munich: Philosophia.
- Stroll, A. 1985/86 "The Role of Surfaces in an Ecological Theory of Perception", *Philosophy and Phenomenological Research*, 46, 437-453.
- 1987 "Counting Surfaces", *American Philosophical Quarterly*, 24, 97 – 101.
- 1988 *Surfaces*, Minneapolis: University of Minnesota Press.
- 1990 "Holism and the Perception of Surfaces", unpublished MS.
- Thom, René 1972 *Stabilité structurelle et Morphogenèse*, New York, Benjamin, Paris: Ediscience.
- 1988 *Esquisse d'une sémiophysique*, Paris: Interéditions, Eng. trans. by V. Meyer, as *Semio Physics: A Sketch. Aristotelian Physics and Catastrophe Theory*, Redwood City, etc.: Addison-Wesley, 1990.
- Weld, D. and Kleer, J. de, Hrsg. 1989 *Readings in Qualitative Reasoning about Physical Systems*, Los Altos: Morgan Kaufmann.