

Das Weltbild der modernen Physik
im Lichte der konstruktivistischen EE

Olaf Diettrich

Sonderdruck aus

Rupert Riedl / Manuela Delpos (Hg.)
*Die Evolutionäre Erkenntnistheorie
im Spiegel der Wissenschaften*

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Die evolutionäre Erkenntnistheorie im Spiegel der Wissenschaften /
Rupert Riedl/Manuela Delpos (hg.). - Wien: WUV-Univ.-Verl., 1996
ISBN 3-85114-196-2
NE:: Riedl, Rupert [Hrsg.]

Copyright © 1996 WUV-Universitätsverlag, Berggasse 5, A-1090 Wien
Satz und Druck: WUV-Universitätsverlag
Printed in Austria
2. Int. Symposium "Die EE im Spiegel der Wissenschaften".

Zusammenfassung:

Physikalische und evolutionäre Vorstellungen stehen in enger Wechselwirkung. Die CEE (= Constructivist Evolutionary Epistemology) hat die Forderung der modernen Physik aufgegriffen, daß theoretische Terme operationalisierbar sein müssen, (d.h.: in die Naturbeschreibung darf nur aufgenommen werden, was physikalisch dargestellt oder gemessen werden kann) und hat sie um die Vorstellung erweitert, daß Operationalisierung etwas Allgemeines ist, das auch den Beobachtungstermen zugrunde liegen müsse. Sie erreicht dies dadurch, daß sie die von uns wahrgenommenen Regelmäßigkeiten, die wir zu Naturgesetzen kondensieren, als Invarianten phylogenetisch entstandener kognitiver Operatoren deutet, so wie die Physik Eigenschaften als Invarianten von Meßoperatoren sieht. Meßoperatoren können als Erweiterung der angeborenen, kognitiven Operatoren aufgefaßt werden. Sind sie mit den kognitiven Operatoren vertauschbar, führt ihre Anwendung zum Ausbau des klassischen Weltbildes. Andernfalls treten Invarianten auf, die klassisch nicht

darstellbar sind und entweder theorienfremde Zusatzannahmen oder aber nicht-klassische Theorien und damit neue "Weltbilder" erfordern. Da die experimentelle Entwicklung mit den dadurch möglicherweise auftretenden neuen Invarianten grundsätzlich nicht abgeschlossen ist, kann auch die theoretische Entwicklung nicht gegen die von vielen Physikern anvisierte "theory of everything" als definitiver Beschreibung der Welt konvergieren. Organische und wissenschaftliche Evolution sind gleichermaßen offen. Sieht man auch mathematische Objekte und Strukturen als Invarianten mentaler Operatoren (statt als begriffliche Realitäten im Sinne des Platonismus), muß man mit analogen Phänomenen rechnen. In der Tat: Genauso wie experimentelle Operatoren, obwohl sie nach den Regeln der klassischen Physik gebaut sind, zu klassisch nicht darstellbaren Ergebnissen führen können, gibt es auch in der Mathematik Kalküle, die, obwohl sie auf erprobten Axiomen aufbauen, zu Aussagen führen, die sich im Rahmen eben dieser Axiome nicht mehr beweisen lassen, wie Gödel gezeigt hat. Ein weiteres Resultat ist die Möglichkeit, den Erfolg induktiven Schließens neu zu deuten. Der EE wird häufig vorgeworfen, sie sei zirkulär, insofern sie die Kategorien menschlichen Denkens und das daraus resultierende Weltbild zum Resultat der humanspezifischen kognitiven Evolution mache, und auf der anderen Seite die dafür verantwortliche organische und kognitive Evolution im Rahmen eben dieses Weltbildes erkläre. In der CEE ist dieser Vorwurf durch die Forderung zu ersetzen, daß sich der kognitive Phänotyp genauso zyklisch reproduzieren müsse wie der organische Phänotyp.

Abstract

Constructivist evolutionary epistemology (CEE) has taken up the demand of modern physics that theoretical terms have to be operationalizable (i.e. the description of nature should comprise only quantities, variables or notions which are defined by means of measurement facilities or other physical processes) and extended it by the idea that operationalisation is something general which must also be the constituent basis for observational terms. This is achieved by considering the regularities we perceive and which we condense to the laws of nature as the invariants of phylogenetically formed mental cognitive operators. Experimental operators (i.e. measurement facilities) can be seen as extensions of these inborn operators. This will lead to the consolidation of the classical world picture if the mental and the experimental operators involved are commutable. Otherwise there will be invariants which cannot be described in classical terms and, therefore, will require non-classical theories such as quantum mechanics and the theory of relativity. As the development of experimental facilities will never be completed and, therefore, will continue to bring about novel invariants, the evolution of science cannot converge towards what many physicists envisage as the "theory of everything" definitively describing the structure of reality. So, both organic and scientific evolution are entirely open and non-deterministic. When we also see mathematical objects and structures as invariants of mental operators we must expect similar phenomena. Indeed, just as experimental operators, though constructed entirely according to the rules of classical physics, may lead to results which cannot be described in classical terms, there are also mathematical calculuses which, though based entirely on well tested axioms, can lead to statements which cannot be proven within the context of these axioms as shown by Gödel. Another result is the possibility to reinterpret the success of induction. Sometimes the EE is said to be circular. On the one hand it declares the categories of human thinking and the world picture resulting from this to be the outcome of cognitive evolution and, on the other hand, it explains the relevant organic and cognitive evolution in terms just of this world picture. Within the framework of CEE, however, circularity is rather a must in the following sense: the cognitive phenotype has to reproduce itself as cyclicly as the organic phenotype does.

1. Evolutionäre Erkenntnistheorie und Physik

Erkenntnis- und Wissenschaftstheorie sind von Haus aus philosophische Disziplinen. Es kommt jedoch häufig vor, daß sich Menschen mit ihren einschlägigen Fragen eher an die Physik wenden, in der Hoffnung, daß eine Disziplin mit so präzisen Methoden auch präzise und nachprüfbar Aussagen über ihre eigenen Grundlagen machen könnte. Auf die Dauer bleibt jedoch ein solcher Weg nicht minder unbefriedigend. Zwar sind die Methoden, die Physiker entwickelt haben, außerordentlich erfolgreich und nützlich für die Naturbeherrschung, aber die eigentlich interessante und erkenntnistheoretische Frage, wieso diese Methoden so erfolgreich sind, konnten bislang weder Physiker noch Philosophen befriedigend beantworten.

Ein interessanter Lösungsversuch für dieses Problem wird seit etwa fünfzehn Jahren von der Evolutionären Erkenntnistheorie (EE) angeboten (R. Riedl 1980, G. Vollmer 1980). Allerdings wurde bald klar, daß sich deren Wirkung gerade unter Physikern durchaus in Grenzen hält, und zwar nicht nur unter denen, die physikalische Forschung im eigentlichen Sinne betreiben, sondern auch unter den mehr erkenntnistheoretisch ausgerichteten, wie z.B. Peter Mittelstaedt. Die vorherrschende Haltung ist abwartende Skepsis, gestützt auf einige kritische Einwände, wie z.B. Zirkularität und daß es sich hier nicht um eine Erkenntnistheorie sondern nur um eine Theorie menschlichen Erkennens handele.

Die Prüfung des Verhältnisses von Physik und EE hat mit zwei Fragen zu beginnen:

1. Gibt es in der EE metatheoretische Aussagen, die zwar nicht den Inhalt physikalischer Theorien beeinflussen können, aber eventuell physikalische Fragestellungen, und
2. gibt es umgekehrt in der Physik Aussagen und Methoden, von denen die EE profitieren könnte?

Es soll hier erläutert werden, daß sich beide Fragen durchaus positiv beantworten lassen. Beginnen wir mit der Physik:

Wie man heute weiß, ist das Versagen der klassischen Physik gegenüber den Phänomenen von Quantenmechanik und Relativitätstheorie auf den Umstand zurückzuführen, mit Begriffen und Größen gearbeitet zu haben, ohne zu prüfen, ob sich diese Begriffe und Größen operationalisieren lassen, d.h. ob sie sich mit Hilfe einschlägiger experimenteller Apparaturen oder Meßgeräte darstellen lassen.

In der Alltagswelt spielt dies keine Rolle. Wir haben z.B. eine klare Vorstellung davon, was wir unter der Länge eines Gegenstandes verstehen und wir müssen uns nicht erst mit Hilfe eines Maßstabes versichern, daß wir das auch messen können. Anders sieht es im subatomaren Bereich aus. Hier müssen wir uns erst überlegen, welche Art von Meßeinrichtung wir verwenden wollen, um die Größe 'Länge' oder z.B. 'Impuls' überhaupt erst zu definieren, und es wird von dieser Definition abhängen, was wir im Einzelfall tatsächlich messen.

Ebenso werden wir feststellen, daß die Gleichzeitigkeit zweier Ereignisse keine eindeutig meßbare Größe ist sondern vom Bewegungszustand des messenden Beobachters abhängen kann. Da sich grundsätzlich nicht vorhersagen läßt, wo uns eventuell ähnliche Korrekturen unserer Alltagsvorstellungen aufgenötigt werden, empfiehlt es sich, dies zu verallgemeinern und vornherein zu sagen: Eigenschaften, von was auch immer, haben keine eigenständige ontologische Qualität sondern sind allein durch den Umstand definiert, daß sie Invarianten eines gewissen Meßoperators sind. Eine der wichtigsten Eigenschaften, die wir Eigenschaften zuordnen, nämlich unabhängig von einander zu existieren, beruht ja gerade auf der Annahme ihrer eigenständigen ontologischen Qualität. Im Alltagsleben ist das kein Problem. Die Größe eines Gegenstandes und seine Farbe existieren unabhängig von einander und können unabhängig von einander gemessen werden. Im subatomaren Bereich hingegen, wie wir wissen, lassen sich Impuls und Ort eines Teilchens nicht mehr unabhängig von einander messen. Die Physiker haben aus diesen Erfahrungen gelernt und haben die allgemeine Forderung aufgestellt, daß die Theorien einer guten Naturbeschreibung nur noch mit operationalisierbaren theoretischen Termen arbeiten dürfen, und nicht mehr mit den ungeprüften Begriffen und Größen unseres Alltagsverstandes.

2. Konstruktivistische evolutionäre Erkenntnistheorie und Beobachtungen.

Wenn man dieses Programm streng durchziehen will, stellt sich die Frage: Warum müssen eigentlich nur die theoretischen Terme operationalisiert werden? Muß das nicht auch für die Beobachtungsterme gelten, und wenn ja, durch welche Prozesse kann dies geschehen? Wenn aber Beobachtungsterme in Analogie zu den theoretischen Termen dann ebenfalls keine eigenständige ontologische Qualität haben, d.h. wenn sie keine objektiven Fakten representieren - wie können sie uns dann Informationen verschaffen über die Strukturen der Realität? Denn dazu sind sie ja unserer Meinung nach da!

Nach Darstellung der EE verfügen wir über einen sogenannten kognitiven oder Wahrnehmungsapparat (Riedl 1985). Dieser Apparat agiert über kognitive Operatoren, die auf Sinnesreize wirken und diese in die Spezifika unserer Wahrnehmung transformieren, d.h. in die Regelmäßigkeiten von denen wir sagen, daß wir sie wahrnehmen. Technisch gesehen können wir die kognitiven Operatoren als Meßgeräte auffassen, die auf Sinnesreize ansprechen und deren Anzeige nicht Zeigerstellungen oder Zahlen sind sondern Bilder oder sonstige Wahrnehmungen. Dann können wir in Analogie zu den physikalischen Meßvorgängen sagen, daß die Eigenschaften der Wahrnehmungen, d.h. die Regelmäßigkeiten, die wir zu den Gesetzen einer unabhängigen Natur kondensieren, nichts sind als die Invarianten kognitiver Operatoren. Damit sind die Beobachtungsterme, die wir zur Grundlage unserer Naturbeschreibung machen, durch angeborene kognitive Operatoren

operationalisiert. Die dafür nötige operative Grundausstattung ist aus entwicklungsgeschichtlichen Gründen offenbar für alle Menschen gleich, weswegen sich Menschen so relativ leicht über ihre Wahrnehmungen und Erfahrungen verständigen können. Daß sich wahrgenommene Regelmäßigkeiten nur als Konstrukte kognitiver mentaler Operatoren darstellen lassen, ist die konstituierende Aussage der hier vertretenen konstruktivistischen evolutionären Erkenntnistheorie (CEE, Diettrich 1991))

Dies wird durch die folgenden Beispiele erläutert:

In Abb. 1 ist ein (z.B. physikalischer) Meßoperator dargestellt, der auf ein Objekt einwirkt und als Resultat ein Meßergebnis zeigt. Wenn das betreffende Objekt eine Eigenzustand des Operators ist und die zu messende Eigenschaft eine Invariante, was in der klassischen Physik meist der Fall ist, ist das Meßergebnis eindeutig und jederzeit reproduzierbar (obere, eindeutige Anzeige). Ist die Eigenschaft keine Invariante, wie es in der Quantenmechanik passieren kann, ist das Meßergebnis nicht eindeutig (untere, nicht reproduzierbare Anzeige).

Abb. 2 zeigt einen kognitiven Operator. Für den Fall, daß das fragliche Objekt ein Eigenzustand des Operators ist, produziert dieser als Folge seiner Wechselwirkung eine gewisse reproduzierbare räumliche oder zeitliche Struktur. Wenn sich keinerlei reproduzierbare Regelmäßigkeit einstellt, weil das Objekt nicht Eigenzustand eines unserer kognitiven Operatoren ist, sprechen wir von Chaos. Die Unterscheidung von Chaos und Ordnung bezieht sich also nicht auf das Objekt selbst sondern lediglich auf die Frage, ob die Genese einer der mental generierbaren Regelmäßigkeiten angeregt wurde oder nicht.

In Abb. 3 wird ein Handlungsoperator dargestellt, z.B. ein Hammer. Normalerweise sehen wir einen Hammer als Instrument, das etwas verändert. Aber auch ein Hammer hat seine Invarianten, d.h. heißt Materialien, die gegenüber Schlägen einer gewissen Stärke resistent sind. Wir können dann den Hammer auch als Meßinstrument nutzen zur Identifizierung gewisser Materialeigenschaften. Die Unterscheidung zwischen Wahrnehmung und Handeln, eine der klassischen Dichotomien unseres Weltbildes, reduziert sich damit auf ein eher sekundäres Detail. In beiden Fällen handelt es sich um die

Anwendung von Operatoren. Im Falle der Wahrnehmung jedoch fragen wir nach den Invarianten des Operators, d.h. nach dem, was sich unter seiner Anwendung nicht verändert, und im Falle der Handlung nach dem, was unter seiner Anwendung verändert wird.

Man kann hier einwenden: Wenn alle Regelmäßigkeiten, die wir wahrnehmen, Humanspezifika sind, dann müssen auch alle Naturgesetze Humanspezifika sein. Sie sind es in der Tat, und zwar in folgendem Sinne:

Nehmen wir den Energieerhaltungssatz. Der beruht, wie in der Physik dargestellt, auf der Homogenität der Zeit, d.h. auf dem Umstand, daß Zeit zu allen Zeiten und überall auf die gleiche Weise fließt. Nur unter dieser Voraussetzung ist die Aussage sinnvoll, daß sich ein kräftefreier Körper zeitlich gleichförmig bewegt - und gerade das ist eine spezielle Formulierung des Energiesatzes. Zeitliche Gleichförmigkeit ist aber nichts Absolutes sondern läßt sich nur vor dem Hintergrund einer gegebenen Metrik definieren, d.h. Gleichförmigkeit muß erst durch einen Metrikgenerator operationalisiert werden, d.h. durch eine Uhr oder durch einen in unserem Hirn implementierten mentalen Taktgeber. Es ist dieser Taktgeber, und nichts sonst, der darüber entscheidet, welche Vorgänge wir als zeitlich gleichförmig empfinden und welche nicht. Wesen von einem anderen Stern mit einem anders konstruierten Metrikgenerator, dessen Gang in unserer Darstellung, sagen wir, von der Temperatur abhängt oder vom Ort oder vom Lichteinfall, würden die Bewegung kräftefreier Körper als ungleichförmig empfinden. Energie wäre für diese Art von Lebewesen keine Invariante der Wahrnehmung, d.h. der Energiesatz wäre ihnen fremd. Dafür würden sie solche Vorgänge für gleichförmig halten, die physikalisch mit denen verwandt sind, auf denen ihr Metrikgenerator beruht, d.h. Vorgänge die gleichzeitig Invarianten ihres zeitlichen Metrikoperators sind. Sie würden damit zu anderen Erhaltungssätzen gelangen und damit zu einer völlig anderen Naturbeschreibung. Sie würden in einem anderen kognitiven Koordinatensystem leben, das zu dem unseren völlig inkompatibel wäre, obwohl es in sich genau so konsistent ist wie das unsere und als Beschreibungsmittel auch nicht notwendigerweise komplizierter sein müßte als unseres. In der Ausdrucksweise der Quantenmechanik könnte man sagen, daß deren Weltbild auf einer anderen Darstellung beruht, d.h. auf einem unterschiedlichen Satz vollständiger Operatoren mit unterschiedlichen Invarianten. Die Aussage, daß es keine universellen Regelmäßigkeiten gibt, aus denen man universelle Naturgesetze ableiten könnte, ist gleichbedeutend mit der Aussage, daß es kein ausgezeichnetes kognitives Koordinatensystem gibt.

Das ist auch der Grund, warum eine Kommunikation mit kognitiv anders konzipierten (z.B. extraterrestrischen) Wesen grundsätzlich nicht möglich ist. Hier wird bisweilen eingewendet, daß extraterrestrische Intelligenzen, die ja mit der im Prinzip gleichen universellen Physik konfrontiert sind, aus eben diesem Grunde ähnliche kognitive Mechanismen und Wahrnehmungen entwickelt haben müßten, sodaß eine wenigstens rudimentäre Kommunikation möglich wäre. (Campbell (1973) spricht von der "natural selection epistemology"). Das unterstellt, daß ein Habitat die Methoden seiner Meisterung determiniert oder ein Problem die Methoden seiner Lösung oder eine Erfahrung die Methoden ihrer Deutung. Das trifft nicht zu. Katzen und Bussarde haben das gleiche Problem, nämlich Mäuse zu fangen, durch völlig unterschiedliche und inkompatible Methoden gelöst. Eine Katze kann daher von den Techniken des Bussards genau so wenig profitieren wie wir (vermutlich) von den Wahrnehmungen oder Erkenntnissen extraterrestrischer Wesen. Im ersten Fall fehlt es an den physischen, im zweiten an den kognitiven Voraussetzungen.

Es gilt nicht nur für zeitliche Gleichförmigkeit sondern für alle von uns wahrgenommenen Regelmäßigkeiten, daß sie nichts sind als Invarianten angeborener kognitiver Operatoren. Das gilt sogar noch viel allgemeiner, als man das im ersten Moment vermuten könnte. Wir sehen unsere Umwelt aufgeteilt in Gegenstände, die eine zeitlich unveränderte Identität haben, und auf der anderen Seite in Eigenschaften, die wir diesen Objekten zuordnen und die sich durchaus ändern können. Auch Identität läßt sich operationalisieren. Entwicklungsgeschichtlich hat sie sich als Bewegungsinvariante etabliert, d.h. unter einem Gegenstand mit eigener Identität verstehen wir das, was sich zusammen bewegt, wie Üxküll sagt, bzw. das, was sich bei der Bewegung nicht verändert. Hätten sich unsere entwicklungsgeschichtlichen Vorfahren entschlossen einen anderen Operator als den der Bewegung auszuwählen, um daraus die einfachsten Elemente unseres Weltbildes zu konstituieren - dieses Weltbild sähe total anders aus.

3. Naturgesetze in konstruktivistischer Sicht

Hier ergeben sich drei Fragen:

1. Die erste ist: Wieso können uns hausgemachte Naturgesetze beim Überleben in einer Welt helfen, die selbst nicht hausgemacht ist? Oder anders gefragt: Was nützen uns Gesetze, wenn sie nicht in irgendeiner Weise auf die Struktur der uns umgebenden Welt Bezug nehmen? Oder noch anders gefragt: Nach welchen Kriterien sind Theorien zu beurteilen, wenn nicht nach der Konsistenz mit der Außenwelt?
2. Wenn es keine universellen Naturgesetze gibt, die den Realitätsbegriff konstituieren, wieso hat die Entwicklungsgeschichte Realität als zentrale Kategorie menschlichen Denkens hervorgebracht?
3. Wenn Naturgesetze einzig und allein auf unserer physischen und kognitiven Konstitution beruhen, wieso müssen wir dann überhaupt noch empirische Physik betreiben. Würde es nicht vollauf genügen, die in unserem Gehirn implementierte Hard- und Software zu untersuchen?

Die erste Frage läßt sich wie folgt beantworten:

Naturgesetze umfassen in konzentrierter Form all das Wissen, das wir aus vergangenen Erfahrungen gewonnen haben, um daraus künftige Erfahrungen voraussagen zu können. Oder allgemeiner gesagt: Naturgesetze sind Transformationen oder Operatoren, die Erfahrungen in einander überführen. Erfahrungen sind aber notwendigerweise immer spezifisch für den, der sie macht. So sind auch die für uns zuständigen Naturgesetze humanspezifisch. Damit ein Naturgesetz universell sein kann, muß es universelle Erfahrungen mit einander verknüpfen. Die gibt es aber nicht. Keine Erfahrung ist so allgemein, daß sie von jeder Art von Lebewesen gemacht werden kann. Nehmen wir z.B. die Erfahrung, daß man mit dem Kopf nicht durch die Wand oder durch sonst einen festen Körper kann. So allgemein diese Erfahrung für uns auch ist, sie gilt doch nur für solche Lebewesen, die wie wir, auf Grund ihrer Konstitution selbst feste Körper sind. Wären wir eine Art intelligente elektromagnetische Wolke nach Art von Fred Hoyle's (1957) berühmter "Black cloud", könnten wir feste Körper durchdringen als würde sie es nicht geben.

Analoges gilt auch für Wahrnehmungen im eigentlichen Sinne. Die Regelmäßigkeiten, die wir dort wahrnehmen, so hatten wir festgestellt, sind nichts als die Invarianten kognitiver Operatoren. Damit sind die Theorien, in denen wir dieser Regelmäßigkeiten beschreiben genau dann richtig oder "wahr", wenn sie die mentalen Prozesse emulieren, die diese Regelmäßigkeiten erzeugen. Da diese Prozesse aber das Resultat unserer Stammesgeschichte sind, können wir sagen, daß die Kriterien, die Theorien zu beachten haben, die Konsistenz mit der jeweiligen physischen und kognitiven Stammesgeschichte sind und nicht die Konsistenz mit den Strukturen einer externen Realität.

Die Ablehnung des klassischen Realitätsbegriffs, wie sie sich in diesen Feststellungen äußert, heißt also nicht, wie an dieser Stelle oft eingewandt wird, daß wir die Gegebenheiten unserer aktuellen Situation oder die uns umgebende Wirklichkeit ignorieren dürften, (wie die Existenz von Fahrplänen bei der Reiseplanung, oder die Existenz von Verkehrsampeln beim Überschreiten der Straße) sondern nur, daß die Strategien der Lebensbewältigung aller denkbaren Lebewesen keinen gemeinsamen Nenner haben, den man in die Form universeller Naturgesetze kleiden könnte, dergestalt, daß jeder daraus die für ihn nützlichen Informationen ziehen kann. Gerade Fahrpläne sind ein gutes Beispiel für Strukturen die eindeutig Artefakte sind und nichts mit den Strukturen einer universellen Realität zu tun haben. Ihre Bedeutung für uns liegt daher auch nicht in ihrer möglichen Universalität sondern darin, daß sie die Realisierung humanspezifischer Reiseprojekte ermöglichen.

Zur zweiten Frage: Daß wir unter diesen Umständen überhaupt mit der Kategorie einer universellen Realität operieren, hat vermutlich funktionale entwicklungsgeschichtliche Gründe. Eine wechselseitig profitable Kommunikation über unsere Wahrnehmungen und Erfahrungen ist nur möglich, wenn die dabei verwendeten Interpretationen von Sinnesreizen als universeller humaner Standard akzeptiert werden. Die Entwicklungsgeschichte hat diesen Standard durch einen genialen Trick immunisiert. Sie "teilt uns mit", daß die von uns wahrgenommenen Regelmäßigkeiten ihren Ursprung in einem Bereich haben, für den sie gewissermaßen den Schlüssel einbehalten hat, in dem sie uns wissen läßt, daß dieser Bereich außerhalb unserer selbst liege und damit per Definition eine von uns unabhängige Struktur habe, die wir zwar ergründen, nicht aber beeinflussen können. Damit gilt jeder, der auf Grund einer abweichenden Interpretation von Sinnesreizen zu einer anderen Realitätsstruktur gelangen würde, per Definition als unrealistisch und damit als nicht sozialisierbar. Die Konstituierung der Realitätskategorie sowie die Aufteilung unserer Erlebniswelt in eine Innen- und Außenwelt, sind vermutlich das Resultat einer Koevolution.

Abgesehen davon erfüllt Realität nicht das Kriterium der Operationalisierbarkeit. Die Strukturen der Realität und die Naturgesetze in denen sie sich äußern sollen, sind das, worauf wir keinen Einfluß haben. So lautet unsere Realitätsvorstellung. Realität muß daher invariant sein gegen all unserem Tun und Handeln, und zwar nicht nur dem gegenwärtigen und vergangenen sondern auch gegenüber allem möglichen künftigen Handeln. Ein Operator, der die Realitätskategorie charakterisieren sollte, müßte daher vertauschbar sein mit allen nur denkbaren Operatoren. Das kann aber nur ein Operator, nämlich der Einheitsoperator, und der ist in diesem Zusammenhang trivial.

4. Qualitative Erweiterungen in der Physik

Kommen wir zu der dritten Frage, inwieweit sich Physik allein auf dem Wege der Analyse unseres Gehirns betreiben ließe:

Wahrscheinlich können wir das, zumindest grundsätzlich, für alle Naturgesetze, die sich aus den Wahrnehmungen der unbewaffneten Sinnesorgane herleiten lassen. Das wäre im wesentlichen der Bereich der klassischen Mechanik. Wie das zu verstehen ist, hatten wir bereits oben im Zusammenhang mit dem Energiesatz angedeutet.

Physik zu betreiben heißt aber nicht nur, hinzuschauen, sondern auch mit Hilfe experimenteller Apparaturen Messungen vorzunehmen. Diese Meßoperatoren, wie man sie nennen könnte, können aufgefaßt werden als Erweiterungen unserer Sinnesorgane, d.h. als Erweiterungen der angeborenen kognitiven Operatoren. Hiert ist nun eine wesentliche Unterscheidung zu treffen zwischen quantitativen und qualitativen Erweiterungen.

- Eine quantitative Erweiterung soll vorliegen, wenn der experimentelle Operator mit den kognitiven Operatoren (im Sinne der Operatorenalgebra) vertauschbar ist, d.h. wenn sich die Invarianten des experimentellen Operators in denen des kognitiven ausdrücken lassen, d.h. wenn sich die Meßergebnisse in den Termini der klassischen Physik ausdrücken lassen. Hierzu gehören alle Messungen, die zum Ausbau der klassischen Physik beigetragen haben.
- Eine qualitative Erweiterung soll vorliegen, wenn die experimentellen und die kognitiven Operatoren nicht mit einander vertauschbar sind. Dann treten Invarianten, bzw. Meßergebnisse auf, die sich klassisch nicht mehr darstellen lassen. Wir müssen dann entweder zu theoriefremden Zusatzannahmen greifen oder aber zu nicht-klassischen Theorien, wie wir das in Form der Quantenmechanik und der Relativitätstheorie getan haben.

Das hat eine wesentliche Konsequenz: Da die Menge der möglichen Experimente grundsätzlich nicht abgeschlossen ist und da wir grundsätzlich immer damit rechnen müssen, dabei auf neue Invarianten zu stoßen, die sich nicht im Rahmen der bis dahin entwickelten Vorstellungen darstellen lassen, kann die Entwicklung unserer naturwissenschaftlichen Theorien nicht zu einem definitiven Ende führen, zu der "Theory of everything" wie die Physiker sagen. Damit ist die kognitiv-wissenschaftliche Evolution genau so offen wie die organische. Weder gibt es in der Natur eine Spezies, die sich immer und überall durchsetzen wird - die Krone der Schöpfung, sozusagen - noch wird es in der Physik eine Theorie geben, die jedes gegenwärtige oder irgendwann künftig auftretende Phänomen zu erklären weiß - d.h. die Krone der Erkenntnis, sozusagen.

5. Die Anpassungsbedingungen der organischen und kognitiven Evolution

Der nicht-teleologische Charakter sowohl der organischen als auch der wissenschaftlichen Evolution läßt sich auch noch anders darstellen: Die klassische Auffassung, daß eine unabhängige Realität all unsere Theorien, die wir zur Naturbeherrschung angelegt haben, durch Erfolg bzw. Mißerfolg, d.h. letztlich durch Selektion bewertet, entspricht im organischen Bereich der Vorstellung, daß eine autonome Umwelt die Bemühungen der Arten bewertet, sich an eben diese Umwelt anzupassen. Tatsächlich jedoch konzentrieren sich Arten nicht so sehr auf eine Anpassung an gegebenen Verhältnisse als vielmehr auf die

Möglichkeit diese Verhältnisse nach Kriterien zu verändern, die sie selbst erst durch die Bauplänen ihrer Mitglieder definiert haben. Das reicht von der Schaffung eines bestimmten Binnenklimas, über die Emigration in bessere Verhältnisse bis zur totalen Umgestaltung der Umwelt im Dienste menschlicher Ansprüche. Evolution artikuliert sich nicht so sehr in fortschreitender Anpassung an die Natur sondern im fortschreitenden Ausbau der Handlungskompetenz zur Beherrschung derselben. Dieser Prozess ist ohne natürliches Ende, weil die Umgestaltung der Natur gleichzeitig auch die Bedingungen ihrer Beherrschung verändert, oder anders gesagt: weil jede Problemlösung auch immer ein Stück Problemgenese beinhaltet. Im Endeffekt wird die Umwelt - samt der in ihr enthaltenen Möglichkeiten und Risiken - zum reinen Artefakt.

Auch unsere kognitive Umwelt ist ein humanspezifisches Artefakt. Es ist nicht die Natur, die uns sagt, wie wir sie zu sehen haben (z.B. als eine Welt von räumlichen Gegenständen, die sich in einem dreidimensionalen Raum bewegen). Es sind vielmehr die entwicklungs- geschichtlich entstandenen mentalen Operatoren, deren Invarianten die von uns wahrgenommenen Regelmäßigkeiten und die daraus ableitbaren Naturgesetze definieren. Bedenkt man, daß zwar die biologische Entwicklung dieser Operatoren (und damit die Entwicklung unseres klassischen Weltbildes als Bestandteil unseres kognitiven Phänotyps) abgeschlossen ist, nicht aber die ihrer möglichen physikalischen Erweiterung in Form neuartiger experimenteller Anordnungen mit neuartigen Invarianten, die wir in neuartige Naturgesetze kleiden, so können wir sagen, daß wir gegenwärtig mehr denn je fortfahren, den Gegenstand naturwissenschaftlicher Forschung zu konstruieren: Die Natur, insofern sie sich in den Gesetzen artikuliert, die Physiker zu ergründen suchen, ist ein humanspezifisches Artefakt.

Der hausgemachte Charakter der von uns "entdeckten" Naturgesetze und Anpassungszwänge heißt natürlich nicht, daß wir diese nach Belieben modifizieren könnten. Zwar steht es im Prinzip jedem Lebewesen frei, wie es den Ausbau seiner Handlungskompetenz betreibt. Wenn es jedoch nicht auf all die bewährten Bausteine und Instrumente verzichten will, die seine Vorfahren im Laufe der Entwicklungs- bzw. Geistesgeschichte hierfür entworfen haben, ist es gut beraten, das Vorhandene unangetastet zu lassen und seinen aktuellen organischen und kognitiven Phänotyp als Randbedingung, als Constraint, der weiteren Entwicklung zu respektieren. Man kann daher durchaus sagen, daß die Evolution durch Anpassungszwänge gesteuert wird, die jedoch nicht durch die Strukturen einer unabhängigen Umwelt bestimmt sind sondern durch das Zusammenwirken von Umwelt und dem organischen bzw. kognitiven Phänotyp des evolvierenden Subjekts. Dem Anpassungsdruck, der der Spezies "sagt", was sie evolutionär zu tun hat, um nicht auszusterben, entspricht im kognitiven Bereich den Wahrnehmungen, die dem Individuum sagen, was es zu tun hat, um seine Ziele zu erreichen. Es gilt jedoch, daß sich weder aus dem Anpassungsdruck noch aus den Wahrnehmungen die Strukturen einer Realität ableiten lassen, die wir für die Spezifika des Anpassungsdrucks bzw. der Wahrnehmungen verantwortlich machen könnten. Bezeichnen wir mit K die individuelle organische bzw. kognitive Konstitution, mit U die aktuelle Umwelt und mit A den Anpassungsdruck bzw. die Wahrnehmung, so ist der Zusammenhang analog der Gleichung $K \times U = A$. Zwar läßt sich von einer geänderten Wahrnehmung A auf eine geänderte Umwelt U schließen, aber nur wenn und insofern die relevante Konstitution K gleich bleibt. Es läßt sich jedoch nicht von A alleine auf U schließen. D.h., aus Wahrnehmungen, Erfahrungen oder, allgemein, aus empirischen Befunden lassen sich nicht die Strukturen einer objektiven und universellen Realität ableiten,

einer Realität also, die nicht von K abhängt. Was eine von K unabhängige Realität ist, läßt sich noch nicht einmal definieren. Der Begriff selbst ist wissenschaftstheoretisch redundant. Realität präsentiert sich uns immer nur als Differenz zu einem Organismus. Hierin gleichen Organismen und Sinnesorgane physikalischen Meßgeräten, insofern es allein von ihrem Bau und ihrer Konstruktionsweise abhängt, wie sie auf den Kontakt mit der Umwelt reagieren. Weder im einen noch im anderen Fall läßt sich aus dieser Wechselwirkung ein objektives Korrelat destillieren, das man Realität nennen könnte. Der Begriff der Realität beruht vielmehr auf der Vorstellung, daß es Meßresultate ohne Meßgeräte gibt, Wahrnehmungen ohne Sinnesorgane und selektierende Biotope ohne Organismen.

6. Qualitative Erweiterungen in Mathematik und Sprache.

Bei den oben definierten qualitativen Erweiterungen in der Physik stellt sich die Frage: Wann hört eine experimentelle Apparatur auf, mit den angeborenen Operatoren der sinnlichen Wahrnehmung vertauschbar zu sein, d.h. woran kann man eine solche Apparatur erkennen, außer am Ergebnis selbst. Eine quantenmechanische Meßapparatur z.B. ist ja zunächst rein klassisch aufgebaut. Mechanische, elektrische und optische Teile werden auf klassische Weise mit einander kombiniert und führen dennoch zu Resultaten, die klassisch nicht mehr gedeutet werden können. Einem Physiker, dem man um die Jahrhundertwende den Bauplan einer quantenmechanischen Meßapparatur vorgelegt hätte, könnte daraus keinerlei Hinweis auf die Grenzen der klassischen Naturbeschreibung ablesen. Der Verweis auf die subatomare Dimension und die dort herrschende andere Gesetzmäßigkeit hilft auch nicht weiter, denn sie bezieht sich auf Theorien, die auf der Verwendung von Apparaturen beruhen, die diese Grenze bereits überschritten haben. In Bezug auf die Grenzüberschreitung selbst sind diese Theorien jedoch rein deskriptiv, d.h. sie können nicht sagen, warum nicht-klassische Theorien sind wie sie sind. Sie können daher auch keine Hinweise darauf liefern, welche künftigen experimentellen Innovationen zu vergleichbaren Grenzüberschreitungen führen könnten.

Zum Unterschied zwischen quantitativen und qualitativen Erweiterungen im kognitiven Bereich gibt es ein interessantes mathematisches Analogon.

Zunächst müssen wir festhalten: Wenn wir das Konzept der Operationalisierung konsequent durchführen wollen, muß es sich auf mathematische und logische Terme genauso beziehen wie auf Beobachtungsterme, d.h., auch mathematische und logische Strukturen sind als Invarianten kognitiver Operatoren zu sehen. Die Vermutung liegt nahe, daß die einschlägigen Operatoren aus entwicklungsgeschichtlichen Gründen mit einander verwandt sind. Dann müssten mathematische und Beobachtungsstrukturen gewisse Ähnlichkeiten aufweisen, was wiederum erklären würde, warum sich Mathematik so gut zur sogenannten Naturbeschreibung eignet, oder, wie Davies (1990) es ausdrückt: warum die Welt algorithmisch komprimierbar ist. Es würde auch erklären, was Wigner (1960) "The unreasonable effectiveness of mathematics in the natural sciences" nennt. Insbesondere würde es erklären, wieso wir einfache Beobachtungsdaten mit Hilfe einfacher mathematischer Ausdrücke extrapolieren können, d.h. wieso Induktion erfolgreich funktioniert.

Wenn eine Verwandtschaft zwischen Mathematik und Beobachtung tatsächlich in der hier postulierten Form vorliegt, müßten wir auch in der Mathematik auf das Phänomen der qualitativen Erweiterung stoßen. Ähnlich den Operatoren der sinnlichen Wahrnehmung, die

sich experimentell erweitern lassen, können wir auch die kognitiven Operatoren, die unsere elementaren mathematischen Vorstellungen konstituieren, durch höhere und komplexere mathematische Kalküle ausbauen. Das ist das, was Mathematik als Wissenschaft tut. Sofern sich die dabei verwendete höhere Mathematik auf geeignete Axiome gründet (d.h. auf Axiome, die die einschlägigen kognitiven Operatoren korrekt emulieren), besteht aus klassischer Sicht kein Grund zu der Annahme, dies könne zu "nicht-klassischen" Aussagen führen, d.h. zu Aussagen, die sich nicht mehr in der durch die einschlägigen Axiome vorgegebenen Syntax formulieren lassen. Darauf gründete sich das Vertrauen in Hilbert's Programm der vollständigen Axiomatisierung der Mathematik - oder in der hier gewählten Ausdrucksweise: das Vertrauen in die Vorstellung, daß sich Mathematik aus sich selbst heraus nur quantitativ zu erweitern vermag.

Wir wissen jedoch seit Gödel (siehe E. Nagel, J. Newman, 1958), daß es mathematische Verfahren gibt, die, obwohl sie sich eindeutig allein aus den bewährten, klassischen Methoden aufbauen, zu Aussagen führen, deren Wahrheitsgehalt sich nicht mehr aus den zuständigen Axiomen herleiten läßt. Die uns vertraute Mathematik, so zeigt sich hier, ist genau so unvollständig wie die klassische Physik. In beiden Fällen können wir durch nichts als die Anwendung bewährter Methoden zu Ergebnissen gelangen, die sich nicht mehr auf die Grundlagen eben dieser Methoden zurückführen lassen, und - so ist zu schließen - wir werden auch in Zukunft nicht vor vergleichbaren Überraschungen sicher sein.

Was die physikalische von der mathematischen Situation unterscheidet, ist allein, daß wir in Gestalt der Quantenmechanik und Relativitätstheorie bereits über zwei nicht-klassische Theorien verfügen und daß wir präzise angeben können, wann wir sie anzuwenden haben - nämlich (vereinfacht gesagt) in subatomaren Bereichen und bei sehr hohen Geschwindigkeiten. In der Mathematik hingegen wissen wir durch Gödel nur, daß es nicht-klassische Phänomene geben muß; aber wir kennen sie nicht, und insbesondere können wir nicht sagen, durch welche Operationen wir gegebenenfalls den klassischen Bereich verlassen werden. Sind es die Begriffe der Zahl, der Menge oder des Unendlichen, die wir nicht immer und in jeder Kombination anwenden dürfen? Gibt es Fälle, in denen wir den Unterschied zwischen Ordinal- und Kardinalzahl genauer beachten müssen? Und müssen wir nicht auch beim formalen Ausbau der Logik befürchten, auf analoge Phänomene zu stoßen, und wie verhält es sich beim Einsatz immer leistungsfähigerer Rechner? Wir wissen es nicht - wenigstens noch nicht.

Anders als die Physiker, die für ihre vergleichbaren Erfahrungen immerhin die Erklärung anboten, sie seien empirisch in Gebiete geraten, in denen die vertrauten Anschauungen eben nicht mehr gelten, haben Mathematiker nie ernsthaft die Vorstellung entwickelt, Mathematik sei empirisch in dem Sinne, daß mathematische Forschung zu wirklichen Entdeckungen führen könnte, die sich nicht wenigstens im Nachhinein als irgendwie vorhersehbar erweisen würden. Wenn Mathematik überhaupt ihre Spezifität habe, wie sie sich aus Plato's Realität ergebe, so müsse dies etwas sein, was sich bereits in ihren Grundlegungen artikuliere und alle möglichen Folgerungen determiniere. Anders gesagt: Wenn es so etwas wie eine Platonische Realität gäbe, so müßte sich das darin äußern, daß wir eine konsistente Mathematik nur auf bestimmte Axiome gründen können (gewissermaßen das Analogon zu den Naturgesetzen der Physik). Einmal gefunden jedoch, so war es Hilbert's Überzeugung, würden sie den "Phänotyp" aller künftigen Mathematik ein für allemal festlegen. Mathematik wäre dann nur noch eine Art Handwerk, das den dadurch abgesteckten Rahmen auszufüllen hätte, ähnlich

der Physik, die nach ihrem vorherrschenden Selbstverständnis auch nur noch nach den Anwendungen der "theory of everything" schauen könnte, wenn diese erst einmal gefunden sei.

Wir hatten bereits angedeutet, daß der Erfolg der mathematischen Extrapolation von Beobachtungsdaten als Prognoseinstrument auf der entwicklungsgeschichtlich bedingten Verwandtschaft der mentalen Genese von visuellen und mathematischen Mustern beruhen muß. In einem speziellen Fall läßt sich diese Verwandtschaft durch ein Modell erläutern (Diettrich 1991), das auf der einen Seite die räumliche Metrik auf die Kategorie der Bewegung zurückführt (eine Vorstellung, zu der schon Piaget (1970) durch seine Untersuchung zum Zeitbegriff von Kindern geführt wurde) und auf der anderen Seite die algebraische Metrik, wie sie sich in der Transitivität der Addition äußert, auf den Zählvorgang. Zählen und Bewegung, so läßt sich zeigen, sind analoge Begriffe bei der mentalen Genese homologer algebraischer bzw. geometrischer Strukturen. Dieser Zusammenhang mag die Hoffnung der CEE begründen, daß ein möglicherweise erfolgreiches Studium nicht-klassischer mathematischer Phänomene gleichzeitig den Schlüssel liefern kann für ein tieferes Verständnis nicht-klassischer physikalischer Phänomene - und umgekehrt. Mathematik wäre dann nicht nur geeignet, uns bei der erfolgreichen Extrapolation physikalischer Daten zu helfen sondern auch bei der Konzipierung neuartiger physikalischer Theorien (wie sie das schon bei Dirac getan hat). Sie würde herauswachsen aus der von uns so gesehenen Rolle einer Hilfswissenschaft in die eines heuristisch gleichberechtigten Partners empirischer Methoden (was sie, genau genommen, schon längst ist, denn daß wir die Welt für algebraisch komprimierbar halten, wie Davies es nennt, reflektiert ja nichts anderes als die Eignung der Mathematik als Prognoseinstrument für Beobachtungsdaten).

Das Erstaunen der Mathematiker über den Gödelschen Satz ist ungebrochen. Die Literatur ist voll von einschlägigen Bekundungen. Ein bisweilen vorgeschlagener Ausweg ist die Annahme, daß die Hirntätigkeit und damit das Wesen mathematischer Erkenntnis nicht vollständig algorithmisch sei (Lucas, 1961; Penrose, 1989). Abgesehen davon, daß nicht ganz klar ist, was an einem neuronalen Netzwerk, wie es das Gehirn representiert, nicht-algorithmisch sein könnte, ist eine solche Erklärung garnicht notwendig, denn was aus dem Gödelschen Satz folgt ist ja nur, daß das, was mathematische Kalküle zu generieren vermögen, nicht notwendigerweise das gleiche ist, was eine bestimmte Kombination dieser Kalküle zu generieren vermag. Es wäre, als wenn Physiker meinten, es ginge in der Physik nicht mit natürlichen Dingen zu, weil nicht alle Apparaturen, die nach den Gesetzen der klassischen Physik konstruiert wurden, die Gesetze der klassischen Physik auch reproduzieren.

Es läßt sich zeigen (Diettrich, 1990), daß auch Sprache keineswegs ein universelles oder neutrales Darstellungsmittel ist (hierin nach landläufiger Meinung der Mathematik ähnlich) sondern durch ihre diversen ontologischen Implikationen, wie sie sich aus der grammatikalischen Struktur menschlicher Sprachen ablesen läßt, eine recht detaillierte Theorie unseres Weltbildes darstellt. Die sprachliche Evolution muß daher Bestandteil der allgemeineren kognitiven Evolution sein. Das wirft die Frage nach der möglichen Entsprechung quantitativer und qualitativer Erweiterungen im sprachlichen Bereich auf. Gibt es qualitative sprachliche Entwicklungsinstrumente, d.h. solche, durch die sich die Menge des sinnvoll Sagbaren wesentlich erweitern läßt? Schneider (1992) unterscheidet hier zwischen Kalkül und Phantasie. Kalkül meint den syntaktisch formalisierbaren und

axiomatisierbaren Teil der Sprache, wie er aus dem Wirken einer generativen Grammatik resultieren könnte, und durch welchen die möglichen quantitativen Erweiterungen unserer Aussagen determiniert sind. Phantasie hingegen bezeichnet die Quelle aller nicht syntaktisch reduzierbaren Erweiterungen sprachlicher Kompetenz. Offen bleibt die Frage, auf welche Prinzipien sich das Wirken dieser Phantasie gründen könnte. Ein möglicher Hinweis läßt sich aus einem organischen Analogon gewinnen: Die Funktions- und Baupläne von Mehrzellern stützen sich auf nichts als auf Einzeller und deren Eigenschaften und Fähigkeiten. Dennoch verfügen mehrzellige Lebewesen über ein Funktionsspektrum, das das der sie konstituierenden Einzeller weit überschreitet. In der hier gewählten Ausdrucksweise sind Mehrzeller qualitative Erweiterungen von Einzellern. Ganz wie bei den qualitativen kognitiven Erweiterungen in Physik und Mathematik resultiert auch hier der qualitative Mehrwert nicht aus einer kontinuierlichen evolutionären Entwicklung sondern aus der Zusammenfassung verschiedener (oder gleichartiger) vorhandener Elemente zu einer neuen funktionalen Einheit. (Es ist gewissermaßen der alte Satz von dem Ganzen, das mehr ist als die Summe seiner Teile). Sicher ist die kalkulierbare Anpassung an gegebene Verhältnisse (z.B. in Form des Lernens) eine wichtige Quelle des Fortschritts. Bei weitem folgenreicher jedoch dürften modulare Erweiterung sein. Das legt die Vorstellung nahe, daß auch im sprachlichen Bereich die wesentlichen Kompetenzerweiterungen auf der Kombination unterschiedlicher Funktionselemente beruht, d.h. auf dem, was man Metaphorisierung nennen könnte. Bekannt ist die Metaphorisierung der Raumvorstellung, d.h. die Verwendung räumlicher Anschauungselemente in nicht raumbezogenen Zusammenhängen. Entwicklungsgeschichtlich ähnlich alt dürfte die den Linguisten wohl vertraute Metaphorisierung des menschlichen Körpers und seiner Funktionen sein. Das physikalische Analogon der Metaphorisierung ist die Kombination von Meßoperatoren mit den Operatoren der sinnlichen Wahrnehmung zum weiteren Ausbau der Physik. Die hier diskutierten quantitativen und qualitativen Erweiterungen entsprechen dem, was einige Autoren syntaktische bzw. semantische Metaphern genannt haben. Allen qualitativen Erweiterungen ist gemeinsam, daß ihre Folgen kaum abgeschätzt werden können. Weder determiniert der Bau der Zellen die Struktur der durch sie konstituierten Mehrzeller, noch entscheiden neuartige Meßergebnisse, im Rahmen welcher Theorien wir sie deuten werden. Und auch semantische Metaphern lassen offen, in welche Sinnstrukturen wir sie integrieren werden,

7. Zirkularität und die Reproduktion des kognitiven Phänotyps

Wir haben gesehen, daß die von uns wahrgenommenen bzw. gemessenen Regelmäßigkeiten und damit die daraus abgeleiteten Naturgesetze sowie das zugehörige Weltbild letztlich das Konstrukt unseres kognitiven bzw. experimentellen Apparats sind. Umgekehrt ist es gerade dieses Weltbild, auf das sich Physik und Biologie und damit die Entwicklung unseres Gehirns und der dort etablierten Operatoren stützen. Die Frage stellt sich, was hier Henne und was Ei ist. Ist es die reale Welt, in der wir leben und die sich im Laufe der biotischen Evolution bis zu den Gehirnfunktionen entwickelt hat, oder sind es die Gehirnfunktionen (oder wie immer man diese Wurzel nennen sollte), die uns als Mittel der Daseinsbewältigung das Bild einer realen Welt vermitteln? Anders gefragt: Sind Wahrnehmungen Teil bzw. Werk der Natur oder ist Natur eine Kategorie unseres Wahrnehmungsapparates. Auf diese Dichotomie stützt sich der Vorwurf an die EE, sie sei zirkulär, wenn sie nicht nur die Kategorie von Raum, Zeit, Kausalität usw. sondern auch die Begriffe Realität und Natur zur Disposition einer stammesgeschichtlichen Deutung stellt, denn Stammesgeschichte ist ja

selbst ein Teil der Naturgeschichte. Tatsächlich liegt jedoch keine wirkliche Dichotomie vor, solange nur sichergestellt ist, daß sich Wahrnehmungen und Natur gegenseitig bedingen, indem sie sich gegenseitig generieren. D.h., unser kognitiver Phänotyp muß gerade ein solches Weltbild generieren, das es erlaubt, die Genese eben dieses kognitiven Phänotyps als Evolution im Rahmen eben dieses Weltbildes zu verstehen. Damit wird für die Ontogenese des kognitiven Phänotyps die gleiche Deutung verlangt, wie für die organischen Ontogenese: Sie muß sich als zirkulärer, autoreproduktiver Prozess verstehen lassen:

-Es ist allein das epigenetische System eines Organismus, das darüber entscheidet wie die Struktur des Genoms interpretiert und zum Phänotyp exprimiert wird. Zur identischen Fortpflanzung kommt es freilich erst dann, wenn das epigenetische System gerade einen solchen Phänotyp exprimiert, dem es selbst wieder als Bestandteil angehört.

-Es ist allein der kognitive Apparat (mit den darauf aufbauenden Wissenschaften), der darüber entscheidet, wie Sinnesreize interpretiert und zu welchem Weltbild exprimiert werden. Konsistent und damit überlebensfähig ist ein solcher Wissenserwerb freilich erst dann, wenn der kognitive/wissenschaftliche Apparat gerade ein solches Weltbild generiert, dem er selbst wieder als Bestandteil angehört.

Zirkularität, ein tödlicher Vorwurf für jede Theorie im Rahmen des Realismus, wird in dem hier erläuterten Sinne zur notwendigen Voraussetzung eines jeden vollständigen konstruktivistischen Ansatzes.

Organische Reproduktionszyklen gibt es viele, wie wir wissen. Jede Art kombiniert ihr spezifisches Genom mit ihrem spezifischen Reproduktionsmechanismus und ihrem spezifischen Phänotyp. Diese Elemente lassen sich jedoch nicht interspezifisch kombinieren, d.h. fremde Arten sind nicht kreuzbar - oder anders gesagt, artfremde Individuen können nicht genetisch kommunizieren.

Auch kognitive Reproduktionszyklen könnte es in vielfacher Form geben. Die humanspezifische Methode, aus den Phänomenen der Perspektive die hypothetische Existenz dreidimensionaler Gegenstände abzuleiten, ist keineswegs denknotwendig oder funktional zwingend. Hypothetisch (und damit Artefakte der Interpretation) sind dreidimensionale Gegenstände als Objekte der Wahrnehmung, insofern sie noch nie von jemandem direkt gesehen wurden. Was wahrgenommen wird, sind immer nur zweidimensionale Projektionen auf unsere Netzhaut. Denkbar, und apriori sogar plausibler, wäre ein Weltbild, in dem das unmittelbar Gesehene als real gelten würde. Allerdings müßten dann die von uns so genannten perspektivischen Verzerrungen ebenfalls real sein und auf der zu diesem Zweck unterstellten Wechselwirkung mit unseren Bewegungsorganen beruhen. Kein Zweifel, daß ein solches Weltbild mit all den sich daraus ergebenden Weiterungen keinerlei Gemeinsamkeiten mit dem unseren hätte und daß die kulturelle Kommunikation mit den Trägern eines solchen Weltbildes genau so unmöglich wäre wie die genetische Kommunikation zwischen artfremden Organismen.

Evolution findet sowohl im Organischen wie im Kognitiven statt, jedoch immer nur in kleinen Schritten und nur an der Oberfläche des jeweiligen Phänotyps. Größere Modifikationen, z.B. am Genom, sind entweder lethal oder kosten zumindest die

Reproduktionsfähigkeit. Die jeweiligen Basisstrukturen bleiben als "genetische Bürde" erhalten. Unsere organische Evolution läßt die Zellstrukturen und die basale Physiologie unverändert und beschert uns allenfalls epiphenomenale Modifikationen wie längere Gliedmaßen oder eine veränderte Behaarung. Ebenso läßt die weitere kognitive Evolution die angeborenen Anschauungsformen unverändert, einschließlich der Realitätsvorstellung, wie sie sich in der Interpretation von Sinnesreizen als dem Ausfluß einer dreidimensionalen Außenwelt äußert. (Wir nennen das daraus resultierende Weltbild anschaulich oder klassisch). Diese angeborene Interpretation ist die "kognitive Bürde", von der wir uns nicht lösen können und die Veränderungen nur noch in den darauf aufbauenden wissenschaftlichen Theorien gestatten. Dies hat zur Folge, daß physikalische Theorien, wie immer sie sonst sein mögen, für uns nur dann sinnvoll sind, wenn sie anschaulich formulierbare Beobachtungen (d.h. klassische oder makroskopische Observablen) mit einander verknüpfen. Das tun übrigens auch nicht-klassische Theorien, wie die Quantenmechanik. Nicht-klassisch ist an ihnen nur, daß sich die Verknüpfungen selbst nicht mehr klassisch herleiten lassen. Damit paßt sich das aktuelle physikalische Weltbild nahtlos in den Begründungskanon der konstruktivistischen evolutionären Erkenntnistheorie ein.

8. Zusammenfassung

Fassen wir zusammen: Die gegenseitige Beeinflussung von physikalischem Weltbild und CEE läßt sich wie folgt darstellen.

1. Die CEE hat die Forderung der Physik aufgegriffen und komplettiert, daß alle Terme operationalisierbar sein müssen - theoretische Terme durch experimentelle Apparaturen und Beobachtungsterme durch angeborene kognitive Operatoren.
2. Die CEE muß der Physik mitteilen, daß die Realitätskategorie nicht operationalisierbar ist, und daß es daher keine Theory of everything geben kann.
3. Ebenso bestätigt die CEE die mathematische Sicht, daß es keine "Platonische Realität" gibt und damit keinen definitiven und vollständigen Satz von Axiomen, durch den sich alle mathematischen Aussagen bewerten ließen (Gödel'scher Unvollständigkeitssatz).
4. Als notwendiges Kriterium für die prognostischen Qualitäten naturwissenschaftlicher Theorien im klassischen Sinne gilt ihr Bezug zu den Spezifika einer unabhängigen Natur. Ein notwendiges Kriterium für die prognostischen Qualitäten konstruktivistischer Theorien ist ihre autoreproduktive Genese.
5. Im Rahmen der CEE gibt es keinen Wesensunterschied zwischen Theorie und Empirie. Mathematik und Physik sind kognitiv mit einander verwandt und haben den gleichen heuristischen Stellenwert. Das äußert sich sowohl im Erfolg von Prognosen, die sich auf die mathematische Extrapolation von Beobachtungsdaten stützen, als auch in dem Umstand, daß qualitative Erweiterungen, die uns zur Bildung nicht-klassischer Theorien nötigen, in der Mathematik genauso vorkommen wie in der Physik. Eine wesentliche Konsequenz ist, daß das Studium bestimmter mathematischer Probleme für den Naturwissenschaftler heuristisch genau so interessant sein kann wie die empirische Kognitionsforschung für den Grundlagenmathematiker.

Literatur:

Campbell, D. T. (1973): Evolutionary epistemology. in Schilpp, P. (ed.): The Philosophy of Karl Popper. Part I, Open Court, La Salle, pp. 413-463

Davies, P. C. W. (1990a): Why is the physical World so comprehensible? In Complexity, Entropy and the Physics of Information, Santa Fe Institute studies in the Sciences of Complexity, ed. W. H. Zurek, Vol VIII, Addison Wesley, p. 61-70.

Diettrich, O. (1989): Kognitive, organische und gesellschaftliche Evolution. Berlin Hamburg: Parey.

Diettrich, O. (1990): Sprache als Theorie. In: Akten des 6. Int. Kongresses der Dt. Ges. für Semiotik (DGS), Passau, Okt. 1990

Diettrich, O. (1991): Induction and evolution of cognition and science. In Gertrudis Van de Vijver (Ed.): Teleology and Selforganisation. Philosophica Nr. 47/II, p. 81-109

Hoyle, F. (1957): The Black Cloud

Lucas, J. R. (1961): Minds, Machines and Gödel. Philosophy 36, p. 120-124

Nagel, E. und Newman, J. (1958): Gödel's Proof. London: Routledge

Penrose, R. (1989): The Emperor's new Mind. Oxford University Press

Piaget, J. (1970): Genetic Epistemology. New York: Columbia University Press.

Riedl, R. (1980): Biologie der Erkenntnis. Berlin, Hamburg: Parey

Riedl, R. (1985): Die Spaltung des Weltbildes. Berlin, Hamburg: Parey

Schneider, H. J. (1992): Phantasie und Kalkül: über die Polarität von Handlung und Struktur in der Sprache. Frankfurt/M: Suhrkamp

Vollmer, G. (1980): Evolutionäre Erkenntnistheorie. Stuttgart: S. Hirzel

Wigner, E. (1960): The unreasonable effectiveness of mathematics in the natural sciences. Comm. Pure Appl. Math. 13,1.