

Kognitive Evolution als geschlossenes System

O. Diettrich

Konrad Lorenz Institut für Evolution und Kognition

Unser kognitiver Apparat, d.h. die Summe aller Sensoren und die mentale Interpretation ihrer Reizungen in Form von Wahrnehmungen gilt als typisches Beispiel eines offenen Systems, das mit der Umwelt auf eine solche Weise interagiert, daß der Organismus in seiner Fähigkeit, das Leben zu meistern gestärkt wird. Wäre der kognitive Apparat ein geschlossenes System, könnte er genau diese Leistung nicht erbringen und wäre damit für den Organismus wertlos.

Ich möchte hier ein Modell vorstellen, in welchem der Organismus die für ihn relevanten Elemente der Umwelt selbst generiert und sich somit mit Verhältnissen zu arrangieren hat, die er selbst erst geschaffen hat, sodaß nicht mehr gesagt werden kann, er verdanke seine Lebensfähigkeit der Interaktion oder dem Informationsaustausch mit einer objektiven und unabhängig existierenden Umwelt.

In einem vordergründigen Sinne ist dies trivial. Im Laufe der Evolution haben sich Lebewesen nicht so sehr darauf verlegt, ihre Lebensprozesse an die jeweiligen Bedingung anzupassen, sondern vielmehr haben sie Fähigkeiten entwickelt, die äußeren Bedingungen an die vorab definierten Bedürfnisse ihrer Lebensprozesse anzupassen. Das beginnt mit dem Metabolismus: Organismen transformieren die zur Verfügung stehenden Nährstoffe in körpereigene Substanzen statt ihren physiologischen Bauplan entsprechend den jeweils vorhandenen Molekülen neu zu konstituieren. Ebenso wird bei Warmblütlern bei einem Klimawandel nicht die physiologisch definierte Körpertemperatur geändert. Vielmehr wird das Binnenklima durch bessere Isolation oder erhöhten Energieeinsatz konserviert. Eine der populärsten Methoden der Umweltveränderung im gesamten Tierreich ist die Lokomotion. Wenn die lokalen Bedingungen nicht opportun sind, versucht man nicht, sich damit durch interne Maßnahmen zu arrangieren sondern begibt sich dorthin, wo die Bedingungen besser sind. Schon Pantoffeltierchen nutzen die Fortbewegung als Mittel, einem ungeliebten Milieus zu entkommen. Der Mensch schließlich reagiert überhaupt nicht mehr mit organischer evolutionärer Akkomodation. Wann immer es zum Konflikt zwischen den biologisch definierten Bedürfnissen des Menschen und seiner Umwelt kommt, wird dies auf Kosten der Umwelt ausgeglichen. In biologischen Termini könnte man sagen: Evolution zielt auf Assimilation und nicht so sehr auf Akkomodation.

Die Assimilationsfähigkeiten, so scheint es, hat jedoch Grenzen. Es gibt Dinge, die kein Lebewesen, Menschen eingeschlossen, in Hinblick auf eigene Bedürfnisse modifizieren könnte. Dazu gehören zu allererst die Naturgesetze. Der Energieerhaltungssatz ist nichts, was wir uns konstruiert hätten, um damit dieses oder jenes Problem besser lösen zu können. Und auch die anderen Erhaltungssätze, die gewissermaßen das Begriffliche Koordinatensystem aufspannen, in welchem wir unsere Theorien und damit unser Weltbild artikulieren, sind gegebene Entitäten.

Genau an dieser Stelle möchte ich intervenieren.

Sie alle werden in der einen oder anderen Form von der Evolutionären Erkenntnistheorie gehört haben, die auf Ideen von Konrad Lorenz, Campbell, Riedl, Vollmer und andere zurück geht.

Die EE geht davon aus, daß sich die kognitiven Instrumente und Kategorien unseres Denkens ähnlich evolutionär entwickelt haben wie die organischen Instrumente unserer Lebensbewältigung vom Metabolismus und der Homoiostasie bis zu den Beinen als den Instrumenten der Fortbewegung und den Händen als den Instrumenten des eigentlichen Handelns.

Die EE muß jedoch die Frage offen lasse, wie sich welche kognitiven Instrumente entwickelt haben. Bei dieser Frage wird oft argumentiert, daß kognitive Instrumente in Anpassung an unsere

Umwelt und deren Probleme entstanden sein müssen, weil Menschen sonst nicht überlebt hätten, und in sofern müssen sie etwas über den Charakter unserer Welt aussagen. Campbell spricht in diesem Zusammenhang von einer sogenannten "**natural selection epistemology**". Die meisten Probleme lassen sich jedoch auf vielerlei Weise lösen, die oft nichts mit einander zu tun haben. So haben Huftiere und Schlangen das Problem der Fortbewegung auf Steppenböden auf völlig unterschiedliche Weise gelöst. Das Kriterium der Überlebenshilfe kann uns also nicht erklären, warum wir gerade diese Denk- und Anschauungskategorien entwickelt haben und nicht andere. Insbesondere läßt sich nicht sagen, daß unser Anschauungsraum 3-dimensional organisiert sei, weil die Welt, in der wir leben, selber 3-dimensional sei, und daß Affen, die keinen 3-dimensionalen Anschauungsraum hätten, nicht von Ast zu Ast springen könnten. Es läßt sich nämlich leicht zeigen, daß sich auch mit einem 2- oder 4-dimensionalen Anschauungsraum ein in sich konsistentes und überlebensnützlich Weltbild konstruieren läßt. Anschauungsräume und kategoriale Systeme sind reine Beschreibungssysteme und als solche sagen sie nichts über die Gegenstände, die mit ihrer Hilfe beschrieben werden.

Die Frage nach unserem speziellen Weltbild läßt sich mit Hilfe dessen behandeln, was ich die **Konstruktivistische Evolutionäre Erkenntnistheorie (CEE)** genannt habe. Die Besonderheit der CEE liegt darin, daß sie auf ein vorzugsweise in der Physik verwendetes methodisches Element zuckgreift, nämlich auf die sogenannte Operationalisierung physikalischer Terme.

Was heißt das? 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 haben wir in der Physik feststellen müssen, daß die Gleichzeitigkeit zweier Ereignisse keine eindeutig meßbare Größe ist sondern vom Bewegungszustand des messenden Beobachters abhängen kann, wie wir aus der speziellen Relativitätstheorie wissen. Da sich grundsätzlich nicht vorhersagen läßt, wo uns eventuell ähnliche Korrekturen unserer Alltagsvorstellungen aufgenötigt werden, empfiehlt es sich, diese Erfahrung 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 Alltagsverständes.

1.1

Der entscheidende Schritt der CEE besteht darin, daß sie verlangt, daß nicht nur **theoretische Terme**

sondern auch Beobachtungsterme sowie mathematische und logische Terme zu operationalisieren sind (d.h. durch Handlungen im weiteren Sinne zu definieren sind).

- **Theoretische Terme** werden durch physikalische Messungen operationalisiert (d.h. sie sind als Invarianten physikalischer Meßapparaturen definiert).
- **Beobachtungsterme**, zu denen sowohl die wahrgenommenen Regelmäßigkeiten an räumlichen Gegenständen gehören, als auch diejenigen wahrgenommenen Regelmäßigkeiten, die wir zu Theorien und Naturgesetzen kondensieren, werden als Invarianten entwicklungs-geschichtlich entstandener mentaler kognitiver Operatoren definiert. Diese Operatoren sind irgendwo in unserem Gehirn implementiert und können aufgefaßt werden als eine Art mentaler Meßinstrumente: Das Meßobjekt sind die Sinnesreize und ihre Anzeige sind nicht Zahlen und Zeigerstellungen sondern Wahrnehmungen, d.h Bilder und innerhalb dieser Bilder gewisse Regelmäßigkeiten oder Strukturen. **Naturgesetze, die wir aus diesen Regelmäßigkeiten ableiten, können damit keine objektiven Entitäten sein sondern nur mentale Konstrukte.**
- Daneben gibt es Größen, die sich überhaupt nicht physikalisch operationalisieren lassen und die darum mental definiert werden müssen. Dazu gehört der sogenannte **Zeitpfeil**, der den Unterschied von Vergangenheit und Zukunft festlegt. Alle Versuche seiner Operationalisierung scheitern letztlich daran, daß die Definition von Vergangenheit und Zukunft bereits in der Definition der Prozesse enthalten sind, mit denen man den Unterschied von Vergangenheit und Zukunft definieren wollte. Beispiel: **Schütteln wir einen Kasten**, in dem sich schwarze und Weiße Kugeln nach ihrer Farbe geordnet befinden, so werden sich die Kugeln vermischen, niemals aber wieder ordnen. Dem Chaos (oder der Entropie) gehört also die Zukunft. Das Experiment besteht aber aus zwei Teilen: Kugeln ordnen und Kugeln schütteln. Das Resultat hängt davon ab, ob man die Kugeln vor oder nach dem Ordnen schüttelt, d.h. man muß bereits wissen, was vorher und nachher ist, d.h. man muß den Zeitpfeil bereits kennen, um ihn definieren zu können. Die dadurch notwendig werdende **mentale Definition des Zeitpfeils** könnte nach einem Vorschlag von Seitelberger über den Gedächtnisinhalt geschehen und könnte etwa folgendermaßen aussehen: Von zwei Ereignissen A und B gilt A als das zeitlich frühere, wenn wir uns bei B an A erinnern können, nicht aber bei A an B. D.h.: Vergangenheit ist das, woran wir uns erinnern können, und Zukunft ist das, was wir erwarten oder planen können.

1.2.Beispiele:

1.2.1.

Die räumliche Metrik unseres Wahrnehmungsraumes wird (wie schon von Piaget erkannt) durch den Bewegungsvorgang operationalisiert. Die Identität räumlich ausgedehnter Muster und Gegenstände ist daher als Bewegungsinvariante definiert (Üxküll: "Ein Gegenstand ist, was sich zusammen bewegt"). ("**Identitätserhaltungssatz**").

1.2.2.

Die zeitliche Metrik beobachteter Ereignismuster wird durch den mentalen Metrikgenerator operationalisiert. Ereignismuster sind aber gleichzeitig das, was wir als Kausalzusammenhang empfinden. Wenn wir 5 Ereignisse A, B, C, D und E haben, die immer wieder in den selben typischen Abständen auf einander folgen, und zwar unabhängig davon, wann das erste von Ihnen aufgetreten ist, (d.h. wenn sich das Muster insgesamt als Invariante zeitlicher Translationen erweist), dann sagen wir, zwischen den Ereignissen müsse ein Kausalzusammenhang bestehen. Anders gesagt, Kausalzusammenhänge sind als Invarianten der Zeit definierte Zeitmuster. ("**Kausalitätserhaltungssatz**"). Wie Zeitmetrik und

Kausalität zusammenhängen läß sich an folgendem Beispiel erläutern: Daß wir sagen, der Blitz sei die Ursache des Donners, nicht aber umgekehrt, leigt daran, daß der zeitlich Abstand zwische Blitz und Donner im Mittel kürzer ist als der zwischen Donner und dem nächsten Blitz. Die Länge von Zeitintervallen ist aber nur auf der Basis einer Zeitmetrik definiert. Damit ist der mentale Metrikgenerator verantwortlich für die von uns etablierte Kausale Ordnung und die sich daraus ergebende Prognosefähigkeit.

Der Zeitmetrikgenerator ist aber auch für alle Naturgesetze verantwortlich, in denen die Zeit vorkommt: 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 gegeben 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 Mertikgenerator 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 Darstrellung 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. Zu den kognitiven Koordinaten gehören auch die räumlichen Koordinaten der visuellen Wahrnehmung. Auch dort kann es kein ausgezeichnetes Koordinatensystem geben und genau dies ist die Aussage der **speziellen Reaktivitätstheorie**.

Der Umstand, daß das Überleben in unserer Welt nicht von einem bestimmten kognitiven Koordinatensystem abhängt, 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 (d.h. daß sie ein ähnliches kognitives Koordinatensystem entwickelt haben müßten), sodaß eine wenigstens rudimentäre Kommunikation möglich wäre. (Campbell (1973) spricht von der "natural selection epistemology"). Ein solches Argumentieren 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.

1.3.

Wahrnehmungsoperatoren (Physikalische Sinnesperception einschließlich ihrer kognitiven Verarbeitung) können durch physikalische Meßoperatoren **erweitert** werden, und zwar

- **quantitativ**, wenn Wahrnehmungs- und Meßoperatoren im Sinne der der Operatorenalgebra vertauschbar sind. In diesem Falle lassen sich die Meßergebnisse in den Termini der Invarianten der angeborenen kognitiven Operatoren, d.h. in den Termini des klassischen Weltbildes darstellen, bzw.
- **qualitativ**, wenn Wahrnehmungs- und Meßoperatoren nicht vertauschbar sind. Dann lassen sich die Meßergebnisse nicht mehr klassisch darstellen und verlangen neue, nicht-klassische Theorien, die die klassischen Theorien nur noch als Näherungslösung in gewissen Grenzfällen zulassen.

1.4.

Da die Menge möglicher Meßoperatoren grundsätzlich unbeschränkt ist, können qualitative Erweiterungen der zuvor etablierten Operatoren und der dadurch notwendig werdende Umbau des bis dahin geltenden Weltbildes niemals ausgeschlossen werden. Es kann daher kein definitives Weltbild und keine "**Theory of everything**" geben.

1.5.

Die CEE verlangt, daß nicht nur Beobachtungsterme sondern auch **mathematische und logische Terme mental operationalisierbar** sein müssen. Wenn die zuständigen kognitiven Operatoren aus entwicklungsgeschichtlichen Gründen verwandt sind, sollten auch ihre Produkte, d.h. wahrgenommene Muster und mathematische Muster, ähnlich sein. Das würde erklären, wieso sich die Extrapolation von Wahrnehmungen (d.h. Prognosen) durch mathematische Extrapolation simulieren läßt (**Induktionsproblem**) und warum sich die von uns verwendete Mathematik so gut zur Naturbeschreibung eignet (**algorithmische Komprimierbarkeit der Welt**).

1.6.

Aus der hier postulierten Verwandtschaft zwischen Mathematik und Beobachtung durch analoge mentale Operationalisierung folgt, daß das Phänomen der **qualitativen Erweiterung auch in der Mathematik** auftreten kann. Ähnlich den Operatoren der sinnlichen Wahrnehmung, die sich experimentell erweitern lassen, lassen sich auch die kognitiven Operatoren, die unsere elementaren mathematischen Vorstellungen konstituieren, durch höhere und komplexere mathematische Kalküle erweitern.

- Ein **quantitative Erweiterung** liegt vor, wenn sich der Wahrheitsgehalt der erzielten Aussagen aus den verwendeten Axiomen herleiten läßt.
- Eine **qualitativer Erweiterung** liegt vor, wenn sich die verwendeten Kalküle aus den verwendeten Axiomen herleiten lassen, nicht aber der Wahrheitsgehalt der mit ihnen erzielten Aussagen. Daß es so etwas gibt, folgt aus dem Unvollständigkeitssatz von Gödel. In diesem Falle muß das zugrunde liegende Axiomensystem erweitert werden. Aus den Sätzen von Gödel folgt, daß dies immer wieder auftreten kann. Genau wie in der Physik können auch hier qualitative Erweiterungen immer wieder auftreten, sodaß Mathematik nicht definitive axiomatisierbar ist.

1.7.

Damit sind die nicht-klassischen physikalischen Theorien und die Unvollständigkeitssätze von Gödel homologe kognitive Phänomene: Weder gibt es einen definitiven Satz physikalischer Theorien (theory of everything), mit der sich alle (auch künftigen) physikalischen Probleme beschreiben lassen, noch einen definitiven Satz mathematischer Axiome, mit denen sich der Wahrheitswert aller nur denkbaren mathematischen Aussagen angeben läßt.

2. Der Zusammenhang zwischen kognitiven Operatoren und Handlungsoperatoren.

Die Aufgabe von Wahrnehmungen ist es, die Aufstellung von Theorien zu ermöglichen, mit denen wir Handlungsfolgen prognostizieren können. Da sich uns Handlungsfolgen nur als Wahrnehmungen darstellen, können wir sagen: Mit Hilfe von Wahrnehmungen finden wir heraus, wie sich Wahrnehmungen unter dem Einfluß von Handlungen verändern.

Im Rahmen des klassischen Realismus läuft dies über die sogenannten Naturgesetze. Die Folgen unseres Handelns sind durch Naturgesetze determiniert und mit Hilfe unserer (natürlichen und experimentellen) Wahrnehmungen verschaffen wir uns Informationen über eben diese Naturgesetze.

Damit gilt die naturwissenschaftliche Entschlüsselung der Natur als heuristischer Imperativ zur Beherrschung der Natur. Nur durch die Kenntnis ihrer Gesetze können wir Natur beherrschen. Dies ist die eigentliche Legitimation für alle Naturforschung, insofern diese auf die Ergründung der Naturgesetze zielt.

Dieser Weg ist bewährt und erfolgreich. Da es jedoch keine objektiven Naturgesetze gibt, ist dieser Weg heuristisch nicht legitimiert. Es muß daher eine andere Beziehung zwischen Wahrnehmen und Handeln geben, die ohne die Zwischenstation objektiver Naturgesetze auskommt.

Anders gesagt, von Naturgesetzen darf nur noch erwartet werden, daß sie uns helfen, Beobachtungen und Handlungsfolgen zu prognostizieren, nicht aber, eine objektive Welt zu beschreiben.

Zunächst gilt es festzuhalten, daß es zwischen Wahrnehmen und Handeln keinen wirklich wesentlichen Unterschied gibt. Nehmen wir einen Hammer, so ist dieser zunächst als Handlungsoperator konzipiert zur Veränderung von Festkörpern. Wir können ihn aber auch als Instrument zum Testen von Materialfestigkeiten nehmen, d.h. als Wahrnehmungsinstrument. Der Unterschied zwischen Wahrnehmen und Handeln besteht dann lediglich darin, daß wir im ersten Falle nach den Invarianten des verwendeten Operators fragen, und im zweiten Fall nach dessen Kovarianten d.h., nach dem, was sich unter dem Einfluß des Operators verändert.

Dieses Janusgesicht gilt für alle Operatoren, d.h. auch für die, die wir in erster Linie als Wahrnehmungs- oder kognitive Operatoren verstehen. Auch diese haben sowohl Invarianten als auch Kovarianten:

Handlungsoperatoren:

Deren Invarianten sind das, was wir Eigenschaften nennen. Im physikalischen Jargon: Eigenschaften sind definiert als Invarianten von Messungen.

deren Kovarianten sind die sichtbaren Folgen unseres Handelns.

Wahrnehmungsoperatoren:

Deren Invarianten sind das, was zeitlich unverändert bleibt, d.h. die Gestalt von Gegenständen wie auch die physikalischen Erhaltungssätze,

Deren Kovarianten sind das, was sich an einem System zeitlich auf Grund seiner "Eigendynamik" verändert. Zeitlichkeit ist also nicht nur deswegen ein mentales Phänomen, weil sich der Zeitpfeil nur mental definieren läßt, sondern auch, weil sich die zeitliche Entwicklung erst als Wirken eines Operators verstehen läßt. (Hamilton Operator)

Betrachten wir das in der Physik: Wenn wir eine physikalische Messung vornehmen (was eine Handlung

darstellt), so ist das Resultat in physikalischer Ausdrucksweise Invariante der verwendeten Apparatur. Anders gesagt: Wir benutzen die Invarianten einer Apparatur, um die Folgen ihrer Anwendung zu beschreiben, d.h. wir beschreiben die Kovarianten eines Operators mit Hilfe seiner Invarianten. Das ist ein sehr allgemeines und wichtiges Prinzip, das sich durch die ganze höhere klassische und Quantenmechanik zieht. Der sogenannte Hamiltonformalismus in der klassischen Mechanik beruht gerade auf dem Trick, die Größen des Systems gerade so zu transformieren, daß die Invarianten des Systems zu den Koordinaten werden, in denen das beschrieben wird, was sich an dem System ändert.

Das läßt sich kognitiv verallgemeinern: Die Handlungen mit denen wir unsere Welt ausloten, können als Messung (d.h. als Wahrnehmung im weiteren Sinne) aufgefaßt werden. Meßresultate (oder, wie man auch sagen kann: die Resultate unserer Erfahrungen) sind dann Weltbilder und Theorien, mit denen wir beschreiben, was wir die unveränderliche und damit objektive Welt nennen, d.h. das was invariant ist gegenüber all unserem Tun und Handeln. Wollen wir hingegen die Kovarianten unseres Handelns beschreiben d.h. das, was sich als Folge unseres Handelns verändert, so müssen wir uns an das halten, was wir oben über den Zusammenhang von Kovarianten und Invarianten von Messungen gesagt haben): Die Beschreibung von Handlungsfolgen kann nur in den Termini der Handlungsinvarianten geschehen.

Jetzt kommt der entscheidende Schritt: Wenn das zutrifft, müssen die elementaren Kategorien unseres Denkens gleichzeitig die Invarianten elementarer Handlungsoperatoren sein. Genau dies trifft zu. Um das zu prüfen, müssen wir esrt einmal fragen: was ist der elementarste Handlungsoperator? Es sind dies nicht etwa unsere Hände und die von Ihnen geführten Werkzeuge. Vielmehr sind es unsere Beine. Durch einige Schritte können wir die Umwelt dieses Raumes in die eines blühenden Garten verwandeln. Zu Not könnten wir das auch mit unseren Händen tun. Dazu müßten wir jedoch diesen Raum bis unter seine Fundamente einebnen, um auf dem so gewonnenen Boden Blumen und Bäume anzupflanzen - ein Verfahren, das genau so viel Mühe wie Zeit kostet und nicht zu vergleichen ist mit der mühelosen und schnellen Anwendung unserer Beine. Einer der wichtigsten humanspezifischen Operatoren ist daher Lokomotion. Unser Weltbild muß sich daher wesentlich auf die Invarianten dieses Operators stützen. In der Tat ist die zentrale Kategorie unserer Weltbeschreibung die Existenz von Gegenständen, deren Identität als Bewegungsinvariante definiert ist. (Üxküll: "Ein Gegenstand ist, was sich zusammen bewegt").

Wenn auch die Elemente unserer Weltbeschreibung die Invarianten unserer Handlungen sind, so kann man daraus jedoch nicht schließen, daß Organismen, die auf Grund eines Ähnlichen Baues zu ähnlichen Handlungen befähigt sind, deswegen auch über ein ähnliches kognitives System verfügen müßten, weil die meisten Operatoren entartete Spektren haben, d.h.: Sowohl kann ein und die selbe Wahrnehmung durch unterschiedliche Handlungen realisiert werden, als auch kann ein und die selbe Handlung durch unterschiedliche kognitive Operatoren interpretiert werden und damit unterschiedliche Wahrnehmungen erzeugen. So läßt sich aus unseren Körperfunktionen, wie hier gezeigt, herleiten, daß sich unser visueller Anschauungsraum auf Bewegungsinvarianten stützt, nicht aber ob sich das in einem 2-, 3-, oder 4-dimensionalen Raum abspielt.

3. Zirkularität und die Reproduktion des kognitiven Phänotyps

Die Aussage, daß die Historizität der Welt ein humanspezifisches Artefakt sein soll, erscheint um so problematischer als sie sich (auf dem Wege über die CEE) ausgerechnet auf die biologische Evolution stützt, die gerade den zeitlichen Ablauf biologischen Geschehens in der Welt zum Gegenstand hat. Anders gesagt: Auf der einen Seite ist unser Weltbild letztlich das Konstrukt unseres kognitiven bzw. experimentellen Apparats (EE). Auf der anderen Seite ist es gerade der Inhalt dieses Weltbildes, auf den sich Physik und Biologie und damit die Vorstellung von der Entwicklung unseres Gehirns und der

dort etablierten Operatoren stützen (Physikalismus). 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 auf die Ontogenese des kognitiven Phänotyps das selbe Kriterium angewandt wie auf die organische Ontogenese: Beide müssen sich als zirkulärer, autoreproduktiver Prozess verstehen lassen:

Im Organischen gilt: 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.

Im Kognitiven gilt: Es ist allein der kognitive Apparat (mit den darauf aufbauenden Wissenschaften), der darüber entscheidet, wie Sinnesreize interpretiert und zu welchem Weltbild sie 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.

Sowenig wie das Genom für sich allein den Phänotyp im Sinne eines 'Blue-print' determiniert, sondern nur eines von mehreren Niveaus im Kreis der Autoreproduktion representiert - so wenig determinieren Sinnesreize ihre Interpretation und damit die Reaktionen, die sie gegebenenfalls auslösen. Dem widerspricht nicht, daß im Kontext eines gegebenen organischen bzw. kognitiven Phänotyps mit gegebenen Interpretationsmechanismen sowohl eine genetische Mutation als auch gewisse neue Wahrnehmungen zu reproduzierbaren Veränderungen unseres Körperbaus bzw. unserer Theorien führen. Man darf nur nicht folgern wollen, daß das, was die Mutationen bzw. Wahrnehmungen initiieren, auch determinieren. Das tun sie erst im Zusammenspiel mit den jeweiligen Interpretationsmechanismen.

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. Dies begründet den eigentlichen Unterschied zwischen dem Realismus - gleich welcher Prägung - und dem hier vertretenen Konstruktivismus. Der Realismus verlangt von den Methoden der Lebensbewältigung Konsistenz mit einer vorab existierenden Außenwelt. Eine 'radikal' konstruktivistische Weltdeutung hingegen verlangt nur, daß sie sich selbst zu rekonstruieren vermag. Insofern ist der von Foerster, Glasersfeld, Maturana und Varela so genannte radikale Konstruktivismus nicht wirklich radikal. Um die Konkurrenz mit dem etablierten Term "radikaler Konstruktivismus" zu vermeiden, sollte man daher das, was die CEE anstrebt zu sein, besser einen "vollständig konstruktivistischen" Ansatz nennen.

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. (1990): 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. (1991): Induction and evolution of cognition and science. In Gertrudis Van de Vijver (Ed.): Teleology and Selforganisation. Philosophica Nr. 47/II
- Diettrich, O. (1992): Darwin, Lamarck and the Evolution of Life and Culture. Evolution and Cognition, Vol 2, No. 3
- Diettrich, O. (1993): Cognitive and Communicative Development in Reality free Representation. Cognitiva 1993, 5 (2), 219-243
- Diettrich O. (1994a): Heisenberg and Gödel in the Light of Constructivist Evolutionary Epistemology. Ludus Vitalis, Vol 2, Nr. 2, pp. 119-130
- Diettrich, O. (1994b): Is There a Theory of Everything? Bulletin of the Institute of Mathematics and its Applications. Vol 80, p. 166-170
- Hawking, S. W. (1979): Is the end in sight for theoretical physics? Inaugural Lecture for the Lucasian Chair. University of Cambridge.
- Hull, D. (1988): Science as a Process. An Evolutionary Account of the Social and the Conceptual Development of Science. University of Chicago Press. Chicago
- Goodmann, N. (1984): Weisen der Welterzeugung. Frankfurt/M. Suhrkamp
- Lorenz, K. (1966): Über tierisches und menschliches Verhalten. Gesammelte Abhandlungen. München: Piper
- Lorenz, K. (1983): Kants Lehre vom Apriorischen im Lichte gegenwärtiger Biologie. In Lorenz, K. und Wuketits, F. M. (Hrg.): Die Evolution des Denkens. München: Piper
- Müller, G., Wagner, G. 1995: to be published in Amer. Zool.
- Piaget, J. (1974): Die Bildung des Zeitbegriffes beim Kinde. Frankfurt/M. Suhrkamp
- Piaget, J. (1970): Genetic Epistemology. New York: Columbia University Press.
- Riedl, R. (1980): Biologie der Erkenntnis. Berlin, Hamburg: Parey
- Üxküll, J. von (1921): Umwelt und Innenleben der Tiere. Berlin, Springer
- Vollmer, G. (1980): Evolutionäre Erkenntnistheorie. Stuttgart: S. Hirzel
- Waddington, C. H. (1959): Evolutionary systems-animal and human. Nature, **182**, 1634-8
- Wagner, G. (1995): Homologues, Natural Kinds and the Evolution of Modularities. Internal Report YALEU/CCE/#23, Yale Institute for Biospheric Studies

Weizsäcker, C.F. von (1985): *Aufbau der Physik*. München: Hanser

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

Wuketits, F.(1984): *Evolutionary Epistemology*. In Wuketits, F. (Ed) *Concepts and Approaches in Evolutionary Epistemology*. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company