

Alf C. Zimmer

Wie kommt die Ordnung in die subjektive Welt?  
Invarianzen und "Constraints" der Wahrnehmung

Alles, was wir als Menschen für reell erkennen müssen, ist es auch wirklich für Menschen. Denn sobald es nicht mehr verstatet ist, aus jenem Naturzwang auf Wirklichkeit zu schließen, so ist an ein festes Prinzip gar nicht mehr zu denken.  
(Georg Christoph Lichtenberg aus den "Bemerkungen" zwischen 1766 und 1799)

Die Welt um uns, so wie wir sie wahrnehmen, erweckt den Eindruck von Geordnetheit derart, daß es möglich ist oder zumindest zwingend so erscheint, Phänomene aufgrund von Gesetzmäßigkeiten vorauszusagen und planvoll in die Umwelt einzugreifen. Seitdem sich Menschen damit auseinandersetzen, wie Erkenntnis möglich ist bzw. - wie zunächst gefragt wurde - wo Erkenntnis herkommt, hat das Erstaunen über diese Geordnetheit der Welt angesichts des Flux und der Zufälligkeit konkreter Einzeldinge und -ereignisse gestanden. Im folgenden werden die Probleme der Bildung subjektiver Ordnungen der Welt und der Übereinstimmung dieser Ordnungen mit den Gegebenheiten der Umwelt aus der Sicht der Wahrnehmungspsychologie diskutiert.

Ganz allgemein kann man wie MALINOWSKI (1954) Mythologien als Versuche interpretieren zu erklären, wie diese Ordnung in eine als ursprünglich ungeordnet angenommene Welt gekommen ist. Dabei werden in diesen Mythologien entweder eine oder mehrere Schöpfungsgottheiten angegeben, die nach ihrem Plan das anfängliche Tohuwabohu ("wüst und leer") füllen und ordnen, oder es wird von dem Sieg der neuen Götter der Ordnung über die alten Götter der Unordnung (Chaos) berichtet. In seinen Metamorphosen drückt OVID dies sehr poetisch aus:

Ante mare et terras et, quod tegit omnia, caelum Unus  
erattoto naturae vultus in orbe, Quem dixere Chaos;...  
(Publius Ovidius Naso, Metamorphoseon I, 5-7)

Danach ist entweder die Schöpfung abgeschlossen und läuft  
als Uhrwerk ab, ein Bild, wie es vor allem in der  
englischen Naturtheologie (z.B. W. PALEY Anfang des 19.  
Jahrhunderts) üblich war, oder diese Ordnung muß durch  
ständiges göttliches Eingreifen vom Rückfall in die  
Unordnung bewahrt werden.

Einer der frühesten, nicht-mythologischen Erklärungsansätze  
für die Entstehung von Ordnung findet sich bei DEMOKRIT.

Die Natur besteht aus Atomen, die im leeren Raum  
umhergeschleudert werden. (Fragment 6)

Ein Wirbel mannigfaltiger Gestalten sonderte sich von dem  
All ab. (Fragment 7)

Die Tiere tun sich mit gleichartigen Tieren zusammen: so  
die Tauben mit Tauben, die Kraniche mit Kranichen und die  
übrigen Tiere desgleichen. Ebenso ist es aber auch mit den  
leblosen Dingen, wie man an Samenkörnern, die man  
durchsiebt, und an den Steinchen bei der Brandung bemerken  
kann. Denn dort bewirkt die Wirbelbewegung des Siebs eine  
Scheidung, so daß sich Linsen zu Linsen, Gerstenkörner zu  
Gerstenkörnern, Weizenkörner zu Weizenkörnern ordnen, und  
hier werden durch den Schwall der Brandung die länglichen  
Steinchen zu den länglichen, die runden zu den runden  
hingetrieben, wie wenn die den Dingen eigene  
Gleichartigkeit eine Anziehungskraft auf diese ausüben  
würde. (Fragment 8)

So wird aus der ursprünglich total vermischten Welt eine  
nach Eigenschaften wohl geordnete. Im Ansatz Demokrits kann  
man den Beginn "emergentistischer" Erklärungsmodelle sehen,  
wie sie von George Henry LEWES und C. Lloyd MORGAN, dem  
Begründer der experimentellen Tierpsychologie seit dem  
vergangenen Jahrhundert für die Biologie postuliert worden

sind und z.B. von NICOLIS & PRIGOGINE (1977) auf Nicht-  
Aquilibrumsysteme verallgemeinert worden sind.

Moderne kosmologische Ansätze der Physik gehen davon aus,  
daß aufgrund der als primär angenommenen Entsprechung von  
Materie und Energie nur bestimmte Ordnungsformen stabil  
entstehen können und damit nicht auf eine Schöpfung  
zurückgegriffen werden muß, in der ein souveräner Schöpfer  
(Demiurg oder ähnliches) der Unordnung seine Ordnung  
aufzwingt. Ein klassisches, auf NEWTON zurückgehendes  
Beispiel dafür sind die Geschwindigkeits- und  
Bahnverhältnisse der Planeten im Sonnensystem (s. Abb. 1)

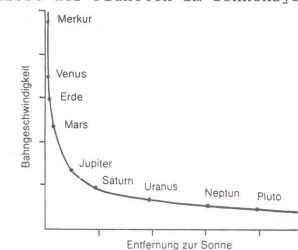


Abb. 1

Auch wenn man die moderne Kosmologie als zutreffend  
akzeptiert, ist sie jedoch nicht in der Lage, zu erklären,  
wie denn die "objektive Ordnung der Welt" (=Realität) mit  
der "subjektiven Geordnetheit der Welt" (=Wirklichkeit)  
verbunden ist. Für dieses Problem gibt es drei klassische  
Lösungsansätze:

1. Die Welt ist geordnet; man muß nur "bei Sinnen"  
(sensible) sein, d.h. sich auf die verfügbaren  
Sinneseindrücke verlassen, um diese Regelmäßigkeiten  
aufzunehmen.
2. Die Welt, oder zumindest die aus ihr empfangenen  
Sinneseindrücke sind chaotisch; der souveräne Geist (Mind)  
zwingt ihr Ordnung auf und macht sie damit zum Feld seiner  
Tätigkeit.

3. Die Welt setzt Bedingungen für die Möglichkeiten ('Constraints') des Geistes (Mind); der Geist segmentiert die Welt in Objekte und Ereignisse gemäß auftretender Invarianzen.

Der erste Lösungsansatz ist vor allem von den britischen Empiristen vertreten worden, die von einer Welt als einem geordneten Uhrwerk ausgingen. Durch Sinneseindrücke - und nur durch sie - werden Erfahrungen aufgebaut; diese bestehen aus "ideas", die durch zeitliche und räumliche Assoziationen geordnet werden. Da die zeitlichen und räumlichen Relationen zwischen den Sinneseindrücken aber durch die Ordnung der physikalischen Dinge determiniert werden, entsteht im Geist ein getreues Abbild der Welt, solange man sich nur auf die Sinneseindrücke verläßt, d.h. "bei Sinnen bleibt". Ein besonders prägnante Form dieser Annahme findet sich bei SPINOZA (Ethik II Proposition 7, 1677): Ordo et connexio idearum idem est ac ordo et connexio rerum (Die Ordnung und Verbindung der Ideen ist dieselbe wie der Dinge); wobei er diesen Satz aber benutzt, um den reinen Rekurs auf Sinnesdaten als nicht hinreichend zu entlarven und damit die Notwendigkeit der Existenz Gottes beweist, der eben diese Kongruenz von Ideen und Dingen herstellt.

In den verschiedenen Varianten des Rationalismus bzw. Idealismus findet sich der zweite Lösungsansatz. Ein erster Ansatzpunkt zu einer rationalistischen Erkenntnistheorie findet sich ebenfalls schon bei DEMOKRIT (Fragment 13)

Es gibt zwei Arten der Erkenntnis: eine echte und eine unechte. Zur unechten gehört die gesamte sinnliche Wahrnehmung: Gesicht, Gehör, Geruch, Geschmack, Gefühl; die andere, echte, ist davon zu unterscheiden. Wenn der Gegenstand der Wahrnehmung zu klein wird, als daß ihn die unechte Erkenntnis vermittels des Gesichts, Gehörs, Geruchs, Geschmacks und Gefühls noch erfassen könnte, und man daher feinere Untersuchungen anstellen muß, dann tritt die echte Erkenntnis ein, die im Denken ein feineres Organ besitzt.

Aber in Fragment 20 zweiter Teil macht schon DEMOKRIT deutlich, daß eine Reduktion der Erkenntnis auf die reine Tätigkeit der Vernunft zu Widersprüchen führt:

Armer Verstand - so ließ DEMOKRIT die Sinne zur Vernunft sagen -, von uns hast du deine Beweismittel, womit du uns zu Fall bringen willst! Indem du uns niederwirfst, kommst du selbst zu Fall.

Die prototypische Form des modernen rationalistischen Arguments gegen den Empirismus findet sich in CHOMSKIS (1959) Kritik der Spracherwerbtheorie SKINNERS (1957): Allgemeine Prinzipien und allgemeine Begriffe können nicht durch belohnte Reiz-Reaktionssequenzen erworben werden, sondern setzen voraus, daß im Geist (Mind) Strukturen (oder besser Randbedingungen) für eben diese Begriffe schon vorliegen. Von BERKELEY stammt das Beispiel des allgemeinen Dreiecks, das nicht durch Assoziationsbildung (connexio idearum) erworben werden kann, sondern einen allgemeinen Begriff voraussetzt, der nicht auf einer einfachen Verkettung einfacher Ideen besteht.

So schlagend BERKELEYS Beispiel auch auf den ersten Blick zu sein scheint, die Verallgemeinerung führt schon bei einem anderen "Lieblingsbeispiel" der Rationalisten zu Problemen. Rationalistische Modelle der Farbwahrnehmung gehen üblicherweise davon aus, daß der Farbraum unendlich dimensioniert ist, da jede beliebige Spektralzusammensetzung im Bereich zwischen 400 und 700 Nanometern möglich sei. Welche Farbe wahrgenommen wird, d.h. wie eine kategorische Ordnung dem unendlich dimensional Farbraum eine Struktur aufzwingt, hängt nach rationalistischer Auffassung ausschließlich von der persönlichen Erfahrung des Wahrnehmenden bzw. vom Farbvokabular der Kultur ab, in der er oder sie lebt. Gegen diese rationalistische Erkenntnistheorie in der Form des kulturellen Relativismus wie er von SAPIR (1921) und WHORF (1956) vertreten worden ist, haben ROSCH (1973), BERLIN & KAY (1969) sowie KAY & MCDANIEL (1978) (experimentelle bzw. empirische Ergebnisse angeführt, die zeigen, daß z.B. der kulturrelativistische Effekt nur auftritt, wenn Gedächtnisfunktion (wie z.B. bei Farbbezeichnungen oder



beim Wiedererkennen) gefordert sind; bei reinen Wahrnehmungsaufgaben (z.B. Simultanvergleich) determiniert nach dieser Auffassung die physiologische Beschaffenheit des Sehapparats die Farbwahrnehmung.

Analysiert man die Gegebenheiten jedoch weiter, dann zeigen sich schon in der natürlichen physikalischen Umwelt weitere Einschränkungen ('Constraints'). Betrachtet man natürliches Licht und die Reflektanz natürlichen Lichtes von natürlichen Oberflächen, dann stellt sich heraus, daß nur vergleichsweise wenige Kombinationen auftreten. Der subjektive Farbraum des natürlichen Lichtes und der natürlichen Reflektanzen zeichnet sich zudem durch Ordnungsphänomene wie Konstanz (siehe dazu JAMESON & HURVICH 1989) aus, die allerdings dann verloren gehen, wenn Lichtquellen verwendet werden, die sich deutlich von den natürlichen unterscheiden wie z.B. Natriumdampflampen.

Der dritte Lösungsansatz ist eine Umschreibung der Antwort KANTs ("Kritik der reinen Vernunft", 1781) auf das Dilemma einer Erkenntnistheorie zwischen Empirismus und Rationalismus, wie es von HUME präzisiert worden ist. Kern dieses Lösungsansatzes ist die Schematheorie, wie sie CASSIRER (1943) auf KANT aufbauend weiterentwickelt hat. CASSIRER setzt bei den Konstanzphänomenen der menschlichen Wahrnehmung an und zeigt, daß die ihnen zugrundeliegenden Invarianzeigenschaften dem kantischen Schematismus entsprechen.

KOFFKA (1935) nimmt darüberhinaus an, daß nur die Wahrnehmungsmechanismen im Rahmen der Entwicklung erhalten bleiben, die für den wahrnehmenden Organismus Überlebenswert haben, und daß sich dieser Überlebenswert sich der erfolgreichen Auseinandersetzung mit der Realität zeigt. Folgt man dieser Argumentation der evolutionären Einschränkung der Möglichkeiten der Wahrnehmung ('Constraints') dann muß natürlich auch gefragt werden, wie man an Kriterien der transphänomenalen Realität kommen kann, um an ihnen die Adäquatheit der phänomenalen Wahrnehmungswelt zu beurteilen. Ganz konkret gefragt: Liefert uns z.B. die moderne Schulbuchphysik eine brauchbare Beschreibung der Welt, in der das Funktionieren

unserer Wahrnehmung Voraussetzung unseres Überlebens in ihr ist?

#### 1. Beobachterzentrierte Physik: eine Welt aus Invarianzen

Geht man von dem impliziten - oder auch expliziten - Vorurteil aus, daß letztendlich nur physikalische Messungen darüber Aufschluß geben, was Tatbestände und Sachverhalte sind, daß also die Dinge (res) und ihre Beziehungen allein objektiv determinieren, was Realität ist, dann ist der Berührungspunkt der wissenschaftlichen Psychologie mit dieser Realität im den psycho-physischen Funktionen zu suchen, die physikalischen Variablen (z.B. Pond) eineindeutig in Variablen von Empfindungsgrößen (z.B. Schwere) umsetzen. Andere in der Untersuchung von Verhalten und Empfindung auffindbare Gesetzmäßigkeiten können dann nur auf Konstruktionen (z.B. mittels der 'unbewußten Schlüsse' bei HELMHOLTZ (1867) zurückgeführt werden, die kein Pendant in der Realität haben. Auf diese Weise werden parallel eine objektive und eine subjektive Welt konstituiert, die nur mittels der psycho-physischen Funktionen koordiniert werden und wo nur in der objektiven Welt von Realitäten gesprochen werden kann. Dies entspricht der Unterscheidung von DEMOKRIT von echter und unechter Erkenntnis, wobei man letztere vielleicht am besten mit 'Ansichtssache' übersetzt.

Solche 'Ansichtssachen' aus der Wissenschaft auszumerzen, wird häufig als Kennzeichen der modernen, nach-galileischen Physik genommen. Wenn man diese Auffassung von Realität, die ausschließlich in der Physik ihren Ausdruck findet, konsequent weiterverfolgt, dann muß auch die Koordination von objektiver und subjektiver Welt mittels psycho-physischer Funktionen aufgegeben werden, denn die dafür notwendige Eineindeutigkeit ist jeweils nur dann gegeben, wenn der natürliche Kontext der Wahrnehmung (und des Wahrnehmenden) zugunsten einer artifiziellen, extrem reizverarmten Situation aufgegeben, und der konkrete Beobachter durch einen statistisch idealen ersetzt wird. Doch die erste Maßnahme werden Bezugssystemeffekte (z.B. ein 11o warmer Januartag ist warm und ein Julitag mit gleicher Temperatur ist kalt) und Simultankontraste (Grenzen z.B.



helle und dunkle Flächen aneinander, erscheint an der Grenze das Hell heller und das Dunkle dunkler) unterdrückt; den statistisch idealen Beobachter erhält man dadurch, daß z.B. durch die Ausbalancierung von Reizreihenfolgen kurzfristige Gedächtniseffekte (Sukzessivkontraste) und durch Zufallsstichproben von Beobachtern langfristig wirksame Effekte von Erfahrung ausgeglichen werden. Auf der anderen Seite erleben wir aber Bezugssysteme, Kontraste und Erfahrungen als die Ursache von Konstanz und Kontinuität unserer subjektiven Welt. KUHN (1981) hat dieses Problem dadurch charakterisiert, daß er die moderne Physik im Gegensatz zur aristotelischen als "Physik ohne Beobachter" bezeichnet.

Die Ursache dafür, daß die Physik aus dem Blickwinkel eines konkreten Beobachters und in einer bestimmten Situation heute als Wissenschaft keine Rolle mehr spielt, und dennoch für das Verständnis von Physik von unabdingbarer Bedeutung ist (so ließe sich z.B. FORBUS 1988 interpretieren), ist darin begründet, daß sie nicht zu einer kohärenten und auf Widerspruchsfreiheit überprüfbarer Theorie dessen führt, was die nach-galileische Physik als physikalische Tatsachen konstituiert.

Wenn man aber diese beobachter- und situationsspezifische Physik heranzieht, um dem oben skizzierten Solipsismus zu entgehen, wonach alles für den konkreten Beobachter bedeutsame von ihm selbst konstruiert werden muß, dann verliert allerdings auch die Grenze zwischen objektiver und subjektiver Welt an Eindeutigkeit.

Eine moderne, beobachterbezogene Physik, die also nicht die spezifischen Probleme der aristotelischen aufweist, aber dennoch die Perspektive des Beobachters als besonders herausgehoben in Rechnung zieht, kann dort ansetzen, wo auch in der modernen Physik psychologische Urteile gang und gäbe sind, nämlich bei der Frage nach Konstanz. Nur auf der Grundlage von häufig impliziten Konstanzannahmen kann zwischen relevanten und störenden Variablen unterschieden werden, bzw. kann entschieden werden, welche Einflüsse vernachlässigt werden können: Die dafür übliche Heuristik "kleine Ursache, kleine Wirkungen" - auch sie im Grunde ein

psychologisches Urteil - gilt nur beim Spezialfall der linearen Systeme doch die Wirklichkeit außerhalb der physikalischen Labors ist wohl überwiegend nicht-linear. Greift man die in der Psychologie untersuchten Konstanzphänomene von Farbe, Helligkeit, Größe und Form heraus, dann basiert die Beziehung vom phänomenal Erfahrbaren zum physikalisch Bestimmbaren nicht auf den psycho-physischen Funktionen, sondern darauf, daß sich wahrgenommene Konstanz in Invarianzbeziehungen mehrerer physikalischer Größen widerspiegeln. Am einfachsten läßt sich dies am Phänomen der Helligkeitskonstanz verdeutlichen: Ein Blatt Papier mit konstantem Albedo-Wert erscheint als gleichermaßen weiß auch unter extrem unterschiedlicher Beleuchtung, wenn ein genügend reicher Kontext besteht, d.h. andere Dinge unter derselben Beleuchtung. Dabei ist es nicht notwendig, die "natürliche" Farbe aller dieser Objekte zu kennen, im Extremfall genügt ein Standardobjekt. Der konstante Eindruck "weiß", der im Physikalischen zu ganz unterschiedlichen Lux-Werten und Spektren führt und daher nicht auf die psychophysische Funktion 'Helligkeit' reduziert werden kann, entspricht aber invarianten Helligkeits- bzw. Spektralrelationen (s. WALLACH 1948). Ähnliches gilt für chromatische Farbe (s. JAMESON & HURVICH 1989).

Dieser prinzipielle Lösungsvorschlag für die Koordination von Physischem und Psychischem findet sich in allgemeiner Form bei KOFFKA (1935) und, aufbauend auf seinem Konzept des Umweltfeldes, bei den Vertretern des ökologischen Realismus: vor allem bei GIBSON (1979), und SHAW & TURVEY (1981). Ungefähr gleichzeitig mit KOFFKA hat CASSIRER das Problem der Konstanzphänomene aus der Perspektive des KANTSchen Schemabegriffs (Kritik der reinen Vernunft) aufgegriffen. Danach besteht ein Schema aus basalen Einheiten (z.B. Linien, Lokalfarben), aus inhärenten Ordnungsprinzipien (z.B. Gestalt'gesetze' wie glatter Verlauf oder Geschlossenheit, aber auch Simultankontraste) und aus zulässigen Transformationen (z.B. Änderung der Beleuchtung bei Farben oder Rotation und Bewegung bei Formen).

Ein gutes Beispiel für die Unterschiede zwischen einer betrachter- und situationsbezogenen Physik und einer Physik ohne Betrachter ist die Flugbahn eines beschleunigten Körpers in einem Gravitationsfeld: In der vor-newtonschen Physik (genauso wie in der von McCLOSKEY (1983) als naive Physik bezeichneten Alltagsauffassung) wird eine Flugbahn wie in Abbildung 2 angenommen.

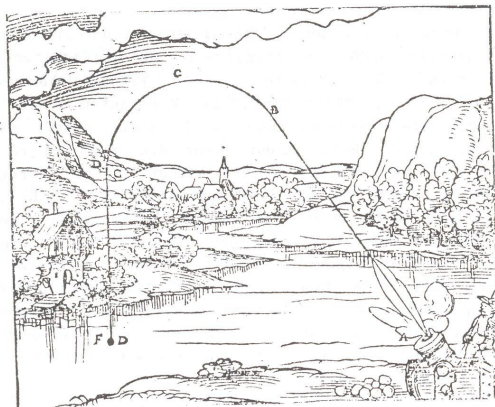


Abb. 2

Diese Flugbahn trifft für alle Fälle zu, die sich leicht beobachten lassen, wo nämlich neben der beschleunigten Masse und der Gravitation der Luftwiderstand eine nicht zu vernachlässigende Rolle spielt (wie z.B. bei Bällen u.ä.). Diese Kurvencharakteristik wird noch prononcierter, wenn die aerodynamischen Eigenschaften des beschleunigten Körpers berücksichtigt werden müssen wie z.B. beim Diskus oder Speer; da der Auftrieb unterhalb einer bestimmten Vorwärtsgeschwindigkeit plötzlich abreißt, wird die Asymmetrie der Flugbahn noch stärker.

Die NEWTONsche Annahme einer parabolischen Flugbahn (s. Abbildung 3) stützt sich dagegen nicht auf Beobachtungen, sondern zum einen auf Idealisierungen (Vernachlässigung von Luftwiderstand und Aerodynamik) und zum zweiten auf die Ableitung der effektiven Kräfte von der (positiven)

Beschleunigung des Körpers durch den Wurfimpuls und der Gravitation.

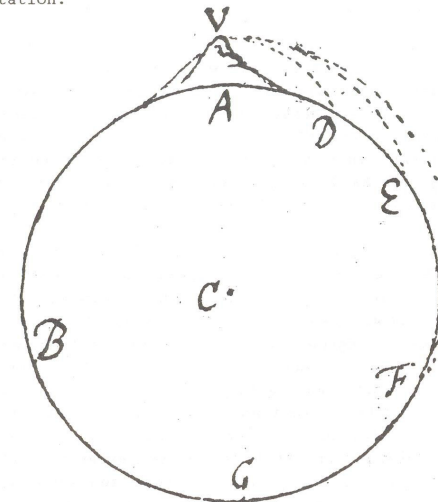


Abb. 3

Für die vor-NEWTONsche Physik tauchten Probleme auf, wenn Beschleunigung und Masse so groß waren, daß der Luftwiderstand zu vernachlässigen war (wie z.B. bei Flugbahnen von Kanonenkugeln); diese Flugbahnen waren jedoch nicht direkt zu beobachten und erzwangen so keine Revision des Analogieschlusses von beobachtbaren auf nicht beobachtbare Flugbahnen. Auch eine indirekte Überprüfung dieser Modellannahme durch systematische Variation von Anstellwinkel, Masse und Beschleunigung und die Messung der Flugweite als abhängige Variable, hätte angesichts der Fehlerbehaftetheit des technischen Materials im Mittelalter und der Frührenaissance keine Revision der Grundannahmen erzwungen. Ein gutes Beispiel dafür sind die Experimente GALILEIs, dessen 'Daten' wohl eher theoriegeleitete Fiktionen waren. Hätten die theoretischen Überlegungen nicht zu seiner Zeit durch technische Umsetzungen



unmittelbare Konsequenzen gehabt, wäre die aristotelische Position nicht erschüttert worden.

Für das alltägliche Tun sind aber die NEWTONschen Regeln für Flugbahnen weiterhin irrelevant, denn sie sagen aufgrund der Idealisierung z.B. für die verschiedensten Flugkörper gleicher Masse und Beschleunigung identische Bahnen voraus, was offenkundig nicht zutrifft; und ein Organismus mit einer auf NEWTON-schen Physik reduzierten Wahrnehmung und Handlungsplanung könnte nur schwerlich in unsere Umwelt eine Nische für's Überleben finden.

Invarianzen sind weder in der physikalischen Welt, noch im Kopf (Mind) des Betrachters; durch die Bewegung des Beobachters in der durch Energieungleichgewichte charakterisierten Realität beziehungsweise durch die Bewegung von Objekten um einen stationären Beobachter werden sie konstituiert, können also weder auf die physikalische Welt, noch auf den Beobachter zurückgeführt werden. Zyklische Invarianten auf der Grundlage von metrischen Relationen erster Ordnung resultieren in ortsfesten, starren Objekten: diese Bedingung ist erfüllt, wenn der Betrachter bei seiner Rückkehr zum Ausgangspunkt die gleichen Beziehungen wieder vorfindet und die Transformationen während der Bewegung starr sind. Durch Relationen von Relationen und elastische Transformationen werden auch bewegte oder sich selbst bewegende Objekte konstituiert. Die Abgrenzung der Objekte untereinander bzw. der Objekte vom Hintergrund geschieht dort, wo Invarianzen mit unterschiedlichen Zyklen, Transformationen bzw. Relationen aufeinandertreffen; subjektiv wird dies als Kontur erlebt, selbst wenn an dieser Stelle eine gleichmäßige Energieverteilung vorliegt: so wird z.B. bei der Gesichtswahrnehmung die Kinnlinie auch dann als Kontur gesehen, wenn Wange und Hals gleich ausgeleuchtet sind.

Das Konzept der Invarianz ist aber in sich nicht hinreichend restriktiv, um die Koordination von objektiver Realität und subjektiver Wirklichkeit so zu gewährleisten, daß z.B. Eingriffe eines Organismus in die Welt zu präzise voraussagbaren Effekten führen. Zusätzlich ist es notwendig, die Randbedingungen dieser Invarianzen und der

auf Ihnen basierenden Leistungen zu spezifizieren. Um dies mit Hilfe einer Metapher zu verdeutlichen: Es muß nach den Eigenschaften einer ökologischen Nische für Organismen mit bestimmten Eigenschaften gesucht werden, in denen dann die Invarianzleistungen hinreichend eingeschränkt sind. Die englische Sprache bietet dafür den Begriff 'constraint' an, für den es kein deutsches Pendant gibt.

2. Die ökologische Nische der Erkenntnis: Wie wirken 'Constraints' von außen auf den erkennenden Organismus?

Von Vertretern der "evolutionären Erkenntnistheorie" (LORENZ 1941 und 1973, RIEDL 1984, VOLLMER 1975) wird postuliert, daß eine evolutionäre bzw. biologische Betrachtung das Erkenntnisproblem lösen könne, ohne Opfer der Widersprüche zu werden, die im empiristischen und auch im rationalistischen Ansatz inhärent sind. Dabei beziehen sie sich auf die Hauptfrage in KANTS "Kritik der reinen Vernunft (1781): "... was und wieviel kann Verstand und Vernunft, frei von aller Erfahrung, erkennen ...?"

KOFFKA (1935) hat als erster formuliert, daß Wahrnehmungsmechanismen, die dazu führen, daß die Dinge so aussehen, wie sie aussehen einem Selektionsdruck unterliegen, d.h. nur solche Mechanismen überdauern, die den Überlebenswert des Organismus steigern, der über diese Mechanismen verfügt. VOLLMER (1975) radikalisiert diese Position noch weiter: "Unser Erkenntnisapparat ist ein Ergebnis der Evolution. Die subjektiven Erkenntnisstrukturen passen auf die Welt, weil sie sich im Laufe der Evolution in Anpassung an diese reale Welt herausgebildet haben. Sie stimmen mit den realen Strukturen (teilweise) überein, weil nur eine solche Übereinstimmung das Überleben ermöglicht" (S. 102). Ähnlich argumentiert auch LORENZ (1973): "... der Mensch (ist) ein Lebewesen, das seine Eigenschaften und Leistungen, einschließlich seiner hohen Fähigkeiten des Erkennens, der Evolution verdankt, ... in dessen Verlauf sich alle Organismen mit den Gegebenheiten der Wirklichkeit auseinandersetzen und ... an sie angepaßt werden. Dieses stammesgeschichtliche Geschehen ist ein Vorgang der Erkenntnis, denn jede "Anpassung an" eine bestimmte Gegebenheit der äußeren



Realität bedeutet, daß ein Maß von "Information über" sie in das organische System aufgenommen wurde" (S. 17). Das zugrundeliegende Bild für die evolutionäre Entwicklung von Erkenntnis ist hier das der ökologischen Nische, in der nur Organismen überleben können, die ganz bestimmten Randbedingungen für Morphologie und Verhalten genügen. Ein gutes Beispiel für die Wirkung solcher äußerlicher 'Constraints' auf die Erkenntnis stellen Taxen dar. So verfügt die Aplysia über eine negative Geotaxis (d.h. sie bewegt sich entgegengesetzt zur Erdanziehung) und eine negative Phototaxis (d.h. sie bewegt sich fort von Lichtquellen). Ihr beobachtbares Verhalten basiert auf einer gleichzeitigen "Verrechnung" dieser beiden Informationen aus der Umwelt, die in der ökologischen Nische dieser Sehschnecke relevant sind. Der "Verrechnungs"mechanismus entspricht genau der Addition von Vektoren.

Wenn man möglicherweise beim Verhalten der Aplysia noch nicht auf Erkenntnis schließen mag, dann ist zumindest dann von Erkenntnis zu sprechen, wenn die Welt segmentiert wird in zusammenhängende und voneinander unterscheidbare Objekte. Der grundlegende Mechanismus für diese Zerlegung von retinalen Erregungsmustern in solche, die zusammengehören und solche die nicht zusammengehören, ist die gleichförmige Bewegung der Muster, die zu einem Objekt gehören, und zwar unabhängig davon, ob die Bewegung der retinalen Muster auf die Ortsveränderung der Objekte in der Welt draußen zurückzuführen sind oder auf Ortsveränderungen des wahrnehmenden Organismus. VOLLMER (1975) verallgemeinert diese Befunde in einer Weise, die eine sehr starke empiristische Färbung besitzt: "Dabei entspricht dem projizierten Gegenstand die Wirklichkeit (die reale Welt, das Objektive, das Ding an sich); dem Projektionsmechanismus entsprechen die Signale (elektromagnetische oder mechanische Schwingungen, Moleküle usw.), die unsere Sinnesorgane erreichen und auch objektiv, aber doch vom Erkenntnisobjekt verschieden sind; dem Aufnahmeschirm entspricht unsere (subjektive) Erkenntnisapparatur (von der wir aus der evolutionären Erkenntnistheorie wissen, daß sie geeignet ist, die Signale der Außenwelt wenigstens "überlebens-adäquat" zu erfassen

und zu verarbeiten); dem Bilde schließlich entspricht die Wahrnehmung oder die einfache Erfahrung" (S. 123). Von der empiristischen Auffassung einer Übereinstimmung der Relationen der Dinge mit den Relationen der Ideen scheint sich auf den ersten Blick VOLLMERS Konzeptualisierung der Erkenntnisapparatur als (passiver) Aufnahmeschirm und der Wahrnehmung als (Projektions-) Bild nicht zu unterscheiden; dies wird erst durch die Präzisierung angedeutet, wonach dieser Aufnahmeschirm eben nicht passiv ist, sondern die Signale der Außenwelt zumindest hinsichtlich ihrer Überlebensadäquatheit erfaßt bzw. verarbeitet. LORENZ (1973) benutzt in diesem Zusammenhang ein ebenfalls auf den ersten Blick passives Beispiel, nämlich Selektion von Information durch "Brillen": "Durch diese Brillen sehen wir also nicht, wie die transzendentalen Idealisten annehmen, eine unvorhersagbare Verzerrung des An-sich-Seienden, die in keiner noch so vagen Analogie in keinem "Bildverhältnis" zur Wirklichkeit steht, sondern ein wirkliches Bild derselben, allerdings eines, das in krass utilitaristischer Weise vereinfacht ist: Wir haben nur für jene Seiten des An-sich-Bestehenden ein "Organ" entwickelt, auf die in arterhaltend zweckmäßiger Weise Bezug zu nehmen für unsere Art so lebenswichtig war, daß ein ausreichender Selektionsdruck die Ausbildung dieses speziellen Apparates der Erkenntnis bewirkte" (S. 18). Ein gutes Beispiel für eine interne Repräsentation, die "Information über" enthält und eine die Überlebenschancen optimierende Verhaltenssteuerung ermöglicht, sind die von TOLMAN (1948) untersuchten "kognitiven Landkarten" bei Ratten. TOLMAN konnte zeigen, daß Tiere mit Labyrinth Erfahrung 'zielgerichtet' nach der Blockade des gelernten Pfades den wählen, der am schnellsten zum Ziel führt, selbst wenn sie diesen Pfad vorher noch nicht gegangen sind. Voraussetzung dieses 'zielgerichteten' Verhaltens ist, daß Winkel und Streckenlängen verarbeitet werden können, wie es der ebenen Geometrie entspricht. LANDAU & GLEITMAN (1984) haben bei blindgeborenen Kindern ähnliche Befunde erhoben. O'KEEFE & NADEL (1978) postuliert, daß der Hippocampus der Träger für die kognitiven Landkarten ist und daß sich selbst optimierende Erregungsmuster zu eben den Lösungen führt, die trigonometrisch, die korrekt sind. BRUNSWIK (1952) hat für solche internen Verrechnungsmechanismen den Begriff des

ratiomorphen Apparats geprägt, speziell RIEDL (1981) greift darauf zurück und setzt den von LORENZ postulierten, einer evolutionären Passung unterworfenen Erkenntnisapparat mit dem ratiomorphen Apparat in der Theorie BRUNSWIKS (1952) gleich: "Als ratiomorphen Apparat bezeichnet man: jene Verrechnungsmechanismen, welche als stammesgeschichtliche Vorläufer die funktionellen Voraussetzungen der Vernunft darstellen, es handelt sich dabei um jene ... unbewußt ablaufenden Erkenntnisleistungen, ... (S. 214). Die Frage, wie dieser ratiomorphe Apparat aufgrund des Selektionsdrucks entstanden ist, bleibt bei RIEDL offen, obwohl die darauf aufbauenden Hypothesen vom anscheinend Wahren, vom Vergleichbaren, von der Ursache und vom Zweckvollen seiner Ansicht nach zentral sind, für die Lösung von Problemen wie sie sich im Aufeinandertreffen von Organismen mit spezifischen Eigenschaften und Nischen (äußerer 'Constraints') ergeben. Der implizite Zirkel in RIEDLs hypothetischen Realismus wird nur dann lösbar, wenn man den ratiomorphen Apparat als System 'innerer Constraints' auffaßt und Bedingungen aufweist, unter denen ein solcher Apparat entstehen und sich unter Selektionsdruck (zumindest lokal) optimieren kann.

### 3. Mehr als ein Spiegel: die 'inneren Constraints' der Erkenntnis

RUBINSTEIN (1968, S. 9) umschreibt die Wechselwirkung äußerer und innerer 'Constraints' folgendermaßen: "Äußere Ursachen wirken über die inneren Bedingungen". Bei diesem Postulat bleibt aber offen, wie sich diese inneren Bedingungen herausbilden und was ihre exakte Beziehung zu den äußeren Ursachen. Die allgemeine Form dieses Postulats läßt sich durchaus noch mit der empiristischen Position vereinbaren; so nimmt z.B. LOCKE (1690, Kap. XII, 1.) drei geistige Handlungen (acts of mind) an, die aus einfachen Ideen komplexe machen:

Combining several simple ideas into one compound one; and thus all complex ideas are made. The second is bringing two ideas, whether simple or complex, together, and setting them by one another, so as to take a view of them at once, without uniting them into one; by which way it gets all its

ideas of relations. The third is separating them from all other ideas that accompany them in their real existence: this is called abstraction: and thus all its general ideas are made.

Im Kapitel XVI skizziert er darauffbauend das für Empiristen heikle Problem der Universalien:

In the former case, our knowledge is the consequence of the existence of things, producing ideas in our minds by our senses; in the latter, knowledge is the consequence of the ideas (be they what they will) that are in our minds, producing there general certain propositions ... Such propositions are therefore called eternal truths, not because they are eternal propositions actually formed, and antecedent to the understanding that at any time makes them; nor because they are imprinted on the mind from any patterns that are anywhere out of the mind, and existed before: but because, being once made about abstract ideas, so as to be true, they will, whenever they can be supposed to be made again at any time, past or to come, by a mind having those ideas, always actually be true.

Daß dem Problem allgemeiner Wahrheiten aus empiristischer Sicht nicht genügend Rechnung getragen wird, wenn man lediglich postuliert, daß diese nicht von außerhalb dem Geist aufgezwungen werden und auch nicht unabhängig von ihm existieren, macht BERKELEY (1710, Kap. 18) deutlich, indem er zeigt, daß LOCKEs Theorie der Bildung abstrakter Ideen und allgemein gültiger Propositionen unvereinbar ist mit der empiristischen Definitionslehre.

"For example, a triangle is defined to be 'a plane surface comprehended by three right lines', by which that name is limited to denote one certain idea and no other. To which I answer that in the definition it is not said whether the surface be great or small, black or white, nor whether the sides are long or short, equal or unequal, nor with what angles they are inclined to each other; in all which there may be great variety, and consequently there is no one settled idea which limits the signification of the word triangle. It is one thing for to keep a name constantly to



the same definition, and another to make it stand everywhere for the same idea; the one is necessary, the other useless and impracticable."

In neuerer Zeit hat es zwei Ansätze gegeben, das Problem der inneren Bedingungen und damit auch das der Universalien empiristisch zu lösen. PAVLOV postuliert eine Assoziationstheorie geistiger Prozesse, die auf die Dynamik (kortikaler) Hirnprozesse basiert, die wiederum durch Konzentration und Irradiation bzw. durch Exzitation und Inhibition zu den überdauernden Widerspiegelungen führen. Was bei PAVLOVs Theorie des hirnorganischen Substrats der geistigen Tätigkeit noch vage bleibt, haben McCOLLOUCH und seine Mitarbeiter (z.B. PITTS, LETTVIN und MATURANA) durch ihre experimentellen und Modelluntersuchungen zu neuronalen Netzwerken präzisiert. Danach wird das LOCKESche Problem dadurch traktabel, daß die neuronalen Aktivitäten, die den Ideen zugrundeliegen, auf ein logisches Kalkül zurückgeführt werden. McCOLLOUCH (1964, S. 188) faßt die epistemologische Bedeutung der Arbeiten von McCOLLOUCH & PITTS (1943) und PITTS & McCOLLOUCH (1947) zusammen:

"He (the carnivore) can be shown to recognize a tune regardless of pitch and a square regardless of size. For these he requires his cerebral cortex, without which he can still distinguish sounds and somehow see enough to get about. Using the word "universal" in the sense of Aristotle ... which became formalized in the universal quantifier, (x) phi x, PITTS and McCULLOCH showed how brains could embody these universals ... its all-important proof that for a man to know such universals as shape regardless of size or chord regardless of key it would be sufficient for his brain to compute enough averages.

Dieser Algorithmus der Mittelwertbildung löst nach McCOLLOUCH auf rein empiristischer Weise das BERKELEYsche Problem der Universalien:

"... for all N transforms belonging to the group (say, dilations or translations), of the value attributed by some functional to each transform as a figure of excitation in the time and space of an appropriate matrix of relays. Thus

the mechanism derives an invariant under that transformation, and so shape can be seen regardless of size and chord heard regardless of key."

Die kritische Einschränkung dieses Modells findet sich in den unscheinbaren Einschränkungen "enough averages" und "appropriate matrix of relays"; danach kann jede Erkenntnis von Universalien nur erfolgen, wenn ein genügend langer Lernprozeß vorliegt, wobei dem Lernenden jeweils Rückmeldung gegeben wird.

Der Ansatz McCOLLOUCHs, nämlich mit einer kleinstmöglichen Anzahl von 'inneren Constraints' genau die Verarbeitungsprobleme zu lösen, die eine rationalistische Lösung des Erkenntnisproblems motiviert haben, findet seine Fortsetzung und Weiterentwicklung in den Modellen paralleler Verarbeitung (für einen auf Kognitionswissenschaft ausgerichteten Überblick siehe RUMELHART, McCLELLAND, and the PDP Research Group (1986) und für eine Kritik aus rationalistischer Sicht siehe FODOR & PYLYSHYN 1988). Sogar der Kern der technischen Realisierung, parallele verteilte Verarbeitung, (Parallel distributed processing, abgekürzt PDP), geht auf die Arbeit von LETTVIN, MATURANA, McCOLLOUCH, PITTS (1959) zurück: "What the frog's eye tells the frog's brain".

Der Apparat der PDP-Modelle, die vielfach das leisten, was RIEDL

(1981) von BRUNSWIKs ratiomorphem Apparat fordert, besteht lediglich aus Verbindungen, je nach Modell symmetrisch oder unsymmetrisch bzw. homogen oder excitatorisch/inhibitorisch sind, Knoten und Mittelungsoperationen, sowie einer allgemeinen Bewertungsfunktion (Stress) für die parallel geschalteten Knoten: sind die durch den Zyklus' 1) Mittlung von eingehender Information in einem Knoten, 2) Weitergabe der gemittelten Information und 3) Aufnahme von in benachbarten Knoten gemittelter Information' erzeugten Parameter in benachbarten Knoten gleich oder annähernd gleich (geringer Stress) bricht die Verarbeitung ab, d.h. ein Muster gilt als identifiziert, ein optimaler Weg als bestimmt oder eine Universalie als gebildet.



Reichen diese 'inneren Constraints' aus, um die beobachtbaren Erkenntnisleistungen zu erklären, oder bleibt KANTs Hauptfrage "... was und wieviel kann Verstand und Vernunft, frei von aller Erfahrung, erkennen, ..." weiterhin offen? Ein klassisches Beispiel für die Entscheidung dieser Frage ist die Mustererkennung und zwar speziell die Zuordnung von neuen Varianten zu vorhandenen Kategorien bzw. Prototypen.

Betrachten wir die Versionen des Buchstabens 'v' in Abbildung 4.



Abb. 4

Das Perceptron, wie es 1957 zunächst von ROSENBLATT realisiert wurde, ist eine empiristische, mustererkennende Maschine, in der zunächst Grundmuster, z.B. das Standard 'V', eventuell mitsamt einigen Varianten gelernt werden, d.h. bestimmte Verbindungen in einem Netz bzw. Matrixeintragungen werden in Abhängigkeit vom Energiefluß, der durch die Stimulationen entsteht, "verstärkt" (ihre Leitfähigkeit wird angehoben). Danach sollen auch neue Varianten identifiziert werden können. In der praktischen Anwendung könnte das ursprüngliche Perceptron, wenn es 4a) als Prototypen gelernt hätte, im ungünstigsten Fall nur 4a) als Buchstaben V erkennen. Schon Größen- oder Richtungsveränderungen (4b) und 4c)) führen dazu, daß die Vorlagen nicht mehr erkannt werden. Reichert man die Analysefähigkeit des Perzeptrons nun dadurch an, daß nicht mehr von den ursprünglichen Energieverteilungen, sondern von den räumlichen Autokorrelationsfunktionen ausgegangen wird, dann kann auch 4b) identifiziert werden. Bei

sogenannten synergetischen Computer (HAKEN, FUCHS, BENZHAF 1989) bleibt die Erkennensleistung auch unter Rotation erhalten. Doch selbst bei diesen am weitesten fortgeschrittenen Varianten der automatischen Mustererkennung, die noch rein empiristisch sind, d.h. ausschließlich auf Lernprozessen aufbauen, wenn auch mit unterschiedlich mächtigen Assoziationsalgorithmen, macht die Erkennung von 4d) als V Schwierigkeiten und die Muster e) und f) endlich können nicht aus 4a)- 4d) generalisiert werden, sondern müssen gesondert gelernt und dann als komplexe Idee der Abstraktion V zugeordnet werden. Da es aber im Extremfall so viele Varianten des Schreibschrift-Vs, wie es Schriftbenutzer gibt, die aber alle von einem geübten Leser identifiziert werden können, reicht ein rein empiristisches Perzeptron als Modell der menschlichen Erkennensleistung selbst bei so einfachem Material wie Buchstaben nicht aus.

Als Alternative zu diesem Vorgehen, wo Erkennen als Vergleich von internen und externen Vorlagen (Introspektion im Sinne LOCKEs) gefaßt wird, schlägt SELFRIDGE (1958) ein hierarchisches Analysesystem vor, in dem Erkennen darin besteht, daß kennzeichnende Merkmale der Vorlage mit entsprechenden Merkmalen des gelernten Prototyps verglichen werden und die optimale Übereinstimmung gesucht wird (durch sog. 'decision demons'). Eigenschaften sind aber Abstraktionen, wie BERKELEY gezeigt hat, und damit ist der Erkenntnismechanismus des Pandämoniums eben nicht mehr rein empiristisch. Allerdings haben die Untersuchungen von LETTVIN, MATURANA, MCCOLLOUGH, PITTS (1959) und von HUBEL & WIESEL (1962) gezeigt, daß im visuellen Wahrnehmungsapparat (Retina plus Area Striata) von Fröschen bzw. Katzen kennzeichnende Merkmale (features) analysiert werden; zumindest gehören also Linien bestimmter Richtung oder bewegte Punkte bestimmter Geschwindigkeit zur a-priorischen Ausstattung des "Geistes", so daß LEIBNIZ' Modifikation des auf GASSENDI zurückgehenden Hauptaxiom des Empirismus gilt (Nouveaux essais 1704): "Es ist nichts im Geist, was nicht vorher in den Sinnen war, außer der Geist selbst".

Auch die physiologisch nachgewiesenen Merkmalsdetektoren reichen nicht aus für die Mustererkennung von Buchstaben,

wenn man zur Schreibschrift übergeht; nur wenige Varianten von Buchstaben lassen sich so erkennen (NEISSER & WEENE 1960), da in den seltensten Fällen auch nur annähernd gerade Linien vorliegen und Winkel durchaus durch enge Kurven ersetzt werden können und vice versa. Auch der Übergang zu topologischen Merkmalen wie Konvexität reicht nicht aus, da z.B. annähernde Konvexität schon ausreicht, um ein nachlässig geschriebenes 'o' als solches zu erkennen, hinzukommen müssen Wahrnehmungsmechanismen im Sinne KOFFKAS (1935), die in der Lage sind, bei gestörten Reizvorlagen zwischen der akzidentellen Störung und dem 'eigentlichen Reiz' zu trennen.

Der Begriff 'Mechanismus' ist hier absichtlich gewählt, da es sich nicht um eine potentiell kognitiv penetrierbare Leistung (PYLYSHYN 1980) handelt, wie z.B. die von HELMHOLTZ (1867) postulierten 'unbewußten' Schlüsse, sondern um Prozesse auf neuronalem Niveau z.B. auf der Ebene der rezeptiven Felder, also sub-symbolisch. Die klassischen 'Gestaltgesetze' sind dafür als Beispiele anzusehen; allerdings verbergen sie in der herkömmlichen Form ihrer Präsentation den Blick auf die zugrundeliegenden Mechanismen, die 'internen Constraints' der Wahrnehmung, da sie üblicherweise paradigmatisch anhand spezieller Phänomene der visuellen Wahrnehmung demonstriert werden, die nicht sofort den theoretischen Hintergrund erkennen lassen.

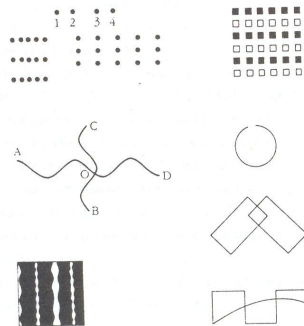


Abb. 5

Die theoretischen und im Kontext der Frage nach den "internen Constraints" der Erkenntnis wichtigen Grundlegungen finden sich in allgemeiner Form in KÖHLERS und KOFFKAS Schriften zur Feldtheorie (KÖHLER 1920 und KOFFKA 1935).

In seinem grundlegenden Werk über physische Gestalten (1920) macht Köhler deutlich, daß der auf Faraday zurückgehende Begriff des Feldes ein integratives Konstrukt nicht nur für physikalische, sondern auch für biologische und psychologische Prozesse darstellt. Zur Systematik des Feldbegriffes und speziell seine verschiedenen Anwendungen für Erkenntnis- und Repräsentationsprobleme, wie sie sich in verschiedenen Teilbereichen der Psychologie stellen, siehe Abbildung 6.

Metrische Feldtheorien (reziprokes Quadratgesetz der Wirkung)				
	dipolar		monopolar	
I n, Ten-	elektromagnetisches Feld (Maxwell'sche Gleichungen)	elektrostatistisches (Maxwell'sche Gleichungen; Quelle und Senke)	Schwerefeld	
OR	KÖHLER psycho-physische Isomorphie	KÖHLER psycho-physische Isomorphie	relativistisch (Riemannscher Raum)	nicht relativistisch (euklidischer Raum)
MONICK d		SHOLENSKY verallgemeinerte Harmonietheorie	DROSLER Bewegungs- wahrnehmung	LUNEBURG Raumwahr- nehmung  GOLDMEIER; ZIMMER Gravitationsmodell von Prägnanz
Nicht metrische Feldtheorien (allgemeine Wechselwirkung von Kräften)				
	dipolar		monopolar	
	verallgemeinertes Kraftfeld (gerichtete Vektoren, Barrieren, Einschließungen)		Umweltfeld (Singularitäten, Wechsel- wirkungen)	
	LEWIN Lebensraum Hodologie		KOFFKA Ordnungsbildung aufgrund der Auseinandersetzung von Organismus und Umwelt	
		psycho-physische Komplementarität	visuelles Feld (topologische Eigenschaften: z.B. Verdeckung, Nachbarschaft; metrische Invarianzen: z.B. "Cross ratio")	
		SHEPARD "Resonant Kinematics"	GIBSON Theorie der "Affordances"	

Ganz allgemein kann man von einem Feldkonzept sprechen, wenn mindestens ein Pol vorliegt und die an jedem Ort wirksamen Kräfte dem reziproken Quadratgesetz der Distanz

genügen bzw. einer topologischen Variante davon. Für die Modellierung "interner Constraints" eignet sich das Feldkonzept darum, weil es in Feldern ausgezeichnete stabile Zustände gibt, bei denen minimale Energie notwendig ist, um sie aufrecht zu halten. Wie eine solche "Energiewelt" aussieht und welche Kräfte außerhalb der als minimal charakterisierten Positionen wirken, zeigt Abbildung 7.

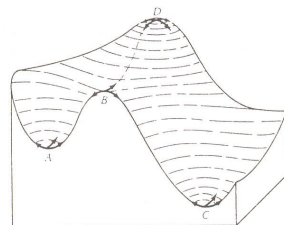


Abb. 7

Die in dieser Energiewelt wirkenden Kräfte, symbolisiert durch Pfeile, führen dazu, daß nicht minimierende (in der Terminologie der Gestalttheorie "nicht prägnante") Zustände dahin tendieren, sich autochthon in minimierende bzw. prägnante zu transformieren, dabei können sehr ähnliche unprägnante Formen zu qualitativ verschiedenen Endzuständen führen, wenn ihre Repräsentationen in der Energiewelt bei einem Sattelpunkt oder Maximum liegen.

Wie diese Selbstorganisationskräfte bei der Erkennung von Formen wirken, kann am besten am Beispiel des sogenannten Gruppierungsgesetzes der Nähe demonstriert werden. Gerade dieses Kriterium der Ordnungsbildung von Wahrnehmung wirkt auf den ersten Blick wie eine "Regel" aus dem Apparat des

"unbewußten Schließens" im Sinne von HELMHOLTZ. BRUNSWIK & KAMIYA (1953) haben es daher auch zum Ausgangspunkt für die Entwicklung einer Theorie der Wahrnehmung auf der Grundlage individueller Erfahrung genommen, die dann unter anderen von SEGALL, CAMPBELL, HERSKOVITS (1966) kulturvergleichend untersucht worden ist mit dem Ergebnis, daß es zwar einen Einfluß der Kultur z.B. unserer "Zimmermannswelt" auf die Wahrnehmung rechter Winkel und gerader Linien gibt, daß dieser aber deutlich geringer ist als die kulturunabhängige Wirkung dieses und anderer Gruppierungsgesetze. Daß es sich bei dem Gesetz der Nähe um ein Minimierungsproblem handelt, kann am Beispiel des sogenannten STEINER-Problems gezeigt werden: Die drei Orte A, B und C in Abbildung 8 sollen durch Geraden derart verbunden werden, daß die Gesamtlänge der Geraden ein Minimum darstellt.

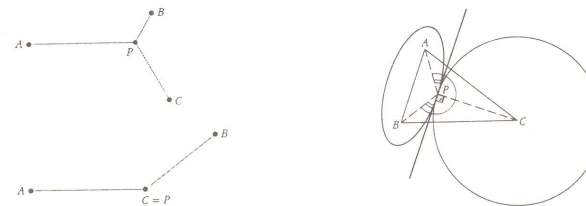


Abb. 8

Die geometrische Lösung dieses Problems hängt von der Position der Punkte ab. Falls alle Wege des Dreiecks ABC kleiner als 120 Grad sind, dann liegt der Punkt P, an dem sich die Straßen treffen, genau dort, wo die Winkel APB, BPC und CPA gleich sind. Wenn ein Winkel größer ist als 120°, dann ist der Punkt am Scheitel dieses Winkels gleich P (siehe Abbildung 8). Die analytische Lösung des verallgemeinerten STEINER-Problems mit den kürzesten Verbindungen zwischen Orten folgt der oben skizzierten Lösung, ist aber extrem aufwendig. Dagegen gibt es eine allgemeine, nicht mathematische Lösung, die nur geringen Aufwand erfordert: Wenn man die Punkte als Stäbe repräsentiert und sie in eine gesättigte Seifenlauge taucht und wieder heraushebt, dann stellt die Form der Seifenblase



die exakte Lösung dar, die eine Minimierung im Sinne der KÖHLERS bzw. KOFFKAS ist. Besonders interessant ist die Situation, wenn mindestens vier Punkte gleichabständig sind, dann gibt es nämlich zwei bzw. mehrere äquivalente Lösungen, die phänomenal dem gut entsprechen was bei sogenannten multistabilen Formen auftritt (siehe Abbildung Nr. 9)

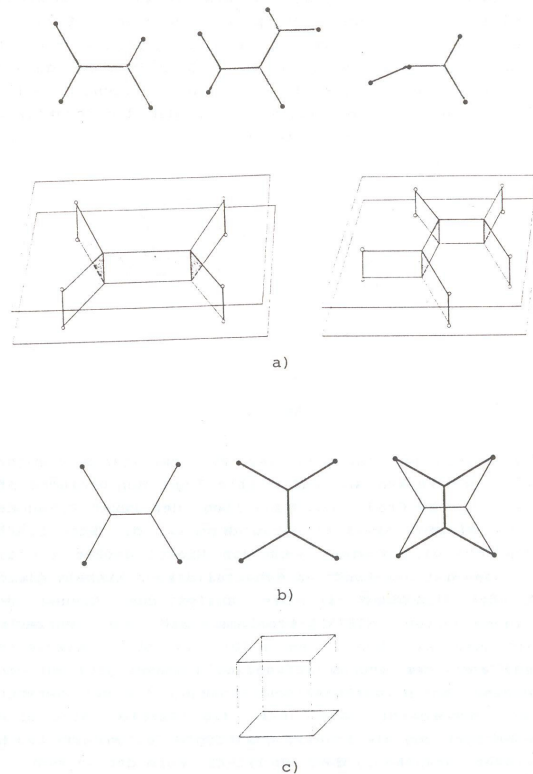


Abb. 9

Sternzeichen als Zusammenfassung von etwa gleich hellen Sternen entsprechen dem generalisierten STEINER-Problem. Wenn man bei dem durch den Seifenfilm dargestellten Minimierungsproblem bleibt, läßt sich auch die Herausbildung von Untergruppierungen bei größeren Punktwolken darstellen: Zuerst platzen die Seifenfilme, die unter besonders großer Spannung stehen, und am Ende bleiben nur die Gruppierungen, die sich durch Seifenfilme mit geringster Spannung zusammenfassen lassen. Betrachtet man die Spannungsverhältnisse des Seifenfilms bei solchen Konfigurationen, die sich durch Gleichabständigkeit auszeichnen (gleichseitiges Dreieck, Quadrat, Kreis), dann weisen diese ganz allgemein minimale Spannungsverhältnisse auf gegenüber gleich komplexen Konfigurationen, die von der Gleichabständigkeit abweichen. Mit der "Seifenblase"-Lösung des generalisierten STEINER-Problems haben wir ein Modell der Ordnungsbildung bei Formerkennung, das ausschließlich auf dem allgemeinen Prinzip der Minimierung von Energie in stabilen Systemen basiert.

Schon KOFFKA (1935, S. 175) hat ganz allgemein derartige Ergebnisse qualitativ skizziert:

"... we see that without our principles of organization the objects could not be objects, and that therefore the phenomenal changes produced by these changes of stimulation would be as disorderly as the changes of stimulation themselves. Thus we accept order as a real characteristic, but we need no special agent to produce it, since order is a consequence of organization, and organization the result of natural forces".

Dabei versteht KOFFKA unter 'natural forces' das was wir als äußere und innere 'Constraints' bezeichnet haben.

Schlußfolgerungen und: Ist dies die ganze Geschichte?

Die hier vertretene Position, wonach Erkenntnis durch äußere und innere 'Constraints' sowie den auf ihnen basierenden Invarianzen möglich ist, läßt sich am besten mit SHEPARDS (1981, S. 332) psychophysischer Komplementarität identifizieren:

"The world appears the way it does, because we are the way we are, and we are the way we are, because we have evolved in a world that is the way it is".

SHEPARDs psychophysische Komplementarität entspricht in vielen Punkten dem Reafferenzprinzip nach v. Holst & Mittelstaedt (1950), das eine Grundproblem der Orientierung in der Welt löst: nämlich ist das Fließmuster von Reizen im visuellen Feld auf die Bewegung der Dinge zum Betrachter oder auf die Bewegung des Betrachters relativ zu den Dingen zurückzuführen?

Offen bleiben bei der hier vertretenen Position vor allen Dingen zwei Fragen: 1. Ist diese erkenntnistheoretische Position noch hinreichend einschränkend, d.h. lassen sich mögliche Welten der Erkenntnis denken, in der sie nicht gilt, und 2. wenn dies nicht der Fall ist, welche Unvollständigkeiten lassen sich nachweisen.

In einem Punkt ist die Unvollständigkeit dieser Position offenkundig: Sie trägt nicht dem Rechnung, daß Menschen und auch in gewissem Umfang Tiere über ihre Umwelt kommunizieren und zu diesem Zweck eine mitteilbare, gemeinsame Welt konstituieren müssen. FREYD (1983) hat für dieses erkenntnistheoretische Problem die sozialpsychologisch fundierte Theorie der "shareability" entwickelt. Ansätze zu einem solchen Konzept finden sich schon früher, speziell bei CASSIRER (1932), der darauf hinweist, daß Sprache sich nicht darauf beschränkt, Gegenständen Namen anzuhängen, sondern daß sie selbst Gegenstände konstituiert, also Ordnung schafft und zwar nicht nur im Geist, sondern auch in der Welt. Um diesem Aspekt Rechnung zu tragen müßte man das obige Zitat von SHEPARD durch folgenden Satz ergänzen:

"The world appears the way it does, and we perceive the way we perceive, because we share knowledge about the world and us with other members of our species" (Zimmer 1986, S. 276).

Der dargestellte Ansatz, die Ordnung der erkennbaren Welt über 'Constraints' und Invarianzen zu konstituieren, setzt implizit voraus, daß Sprache und andere Formen der Kommunikation eben auch genau diesen 'Constraints' unterliegen und nicht einen eigenständig emergentistischen Charakter haben. Ähnlich begründete schon DESCARTES die Übereinstimmung zwischen seinen 'ideae innatae' und der Realität: beide weisen die Spuren des gleichen Handwerkers auf! Der hier skizzierte Ansatz soll aufzeigen, wie eine Ordnung der subjektiven Welt unter den Bedingungen der objektiven Welt entsteht, ohne daß auf einen 'special agent' zurückgegriffen werden muß.

BERLIN B., KAY P. (1969) Basic color terms: their universality and evolution. University of California Press: Berkeley and Los Angeles, CA.

BRUNSWIK, E. (1952) The conceptual framework of psychology. Chicago: University of Chicago Press.

BRUNSWIK & KAMIYA (1953) Ecological cue validity of proximity and other Gestalt factors. American Journal of Psychology 66, 20-32.

CASSIRER, E. (1932) Die Philosophie der Aufklärung. Tübingen: J. C. B. Mohr.

CASSIRER, E. (1943) The concept of group and the theory of perception. Philosophy and Phenomenological Research, 5, 1-36.

CHOMSKI, N. (1959) A review of Skinner's Verbal Behavior. Language, 35, 26-58.

FODOR, J. A., PYLYSHYN, Z. W. (1988) Connectionism and cognitive architecture: A critical analysis. Cognition, 28, 3-71.

FORBUS, Kenneth, D. (1988) Qualitative Physics: Past, Present, and Future, In: Exploring Artificial Intelligence. San Mateo, California: Morgan Kaufmann Publishers, Inc.

FREYD, J. J. (1983) Shareability: The social psychology of epistemology. *Cognitive Science*, 7, 191-210.

GIBSON, J. J. (1979) *The Ecological Approach to Visual Perception*. Boston: Houghton & Mifflin.

HAKEN, H., FUCHS, A., BENZHAF, W. (1989) Mustererkennung durch synergetische Computer. *Design & Elektronik*, 6, 93-99.

HAKEN, H., FUCHS, A., BENZHAF, W. (1989) Mustererkennung durch synergetische Computer, Teil 2. *Design & Elektronik*, 7, 82-86.

HELMHOLTZ, H., (1867) *Handbuch der physiologischen Optik*. Leipzig: Voss.

Holst, E. v., Mittelstaedt, H. (1950) *Das Reafferenzprinzip*. *Naturwiss.* 37, 464.

HUBEL, D. H., WIESEL, T. N. (1962) Receptive fields, binocular interaction and functional architecture in the cat's visual cortex, *Journal of Physiology*, 160, 106-23.

JAMESON, Dorothea, HURVICH, L. M. (1989) Essay concerning color constancy, *Ann. Rev. Psychology*, 40, 1-22.

KANT, I., (1781) *Kritik der reinen Vernunft*. Leipzig: Hartknoch.

KAY, P., McDANIEL, CK. (1978) The linguistic significance of the meanings of basic color terms. *Language*, 54, 610-646.

KOFFKA, K. (1935) *Principles of Gestalt Psychology*. New York: Harcourt, Brace & World, Inc.

KÖHLER, Wolfgang (1920) *Die Physischen Gestalten in Ruhe und im stationären Zustand*. Erlangen: Verlag der Philosophischen Akademie.

KUHN, T. S. (1981) Aristotelian vs. Galilean. Physics, Vortrag University of California, Berkeley.

LANDAU, Barbara, GLEITMAN, Lila, (1984) The meaning of vision-related terms to a blind child, Proceedings of the Sixth Annual Conference of the Cognitive Science Society, 24-27.

LETTVIN, J. Y., MATURANA, H. R., MCCOLLOUGH, W. S., PITTS, W. H. (1959) "What the Frog's Eye Tells the Frog's Brain", Proceedings of the IRE, 47, 1940-1959.

LORENZ, Konrad (1941) *Kants Lehre vom apriorischen im Lichte gegenwärtiger Biologie* (Zitiert nach dem Abdruck in Lorenz, K. und Vuketets, F. (1983) *Die Evolution der Denkens*, München, Zürich: Piper, 95-124.

LORENZ, Konrad (1973) *Die Rückseite des Spiegels*, München: Piper.

MALINOWSKI, B. (1954) *Magic, Science, and religion*. New York: Doubleday.

MCCLOSKEY, M., (1983) Intuitive Physics, *Scientific American*, 248/4, 114-122.

MCCOLLOUGH, Warren, S., PITTS, Walter H. (1943) A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity, *Bulletin of Mathematical Biophysics*, 5, 115-133.

MCCOLLOUGH, Warren, S., (1964) A Historical introduction to the postulational foundations of experimental epistemology, in: F.S.C. NORTHROP and Helen H. LIVINGSTON (Eds): *CROSS-CULTURAL Understanding: Epistemology in Anthropology*. New York: Harper & Row, 180-193

NEISSER, U., WEENE, P., (1960) A note on human recognition of handwritten characters, *Inform. Contr.*, 3, 191-6.



NICOLIS, G., PRIGOGINE, I. (1977) Self-Organization in non-equilibrium systems. New York: Wiley Interscience.

O'KEEFE, J., NADEL, L. (1978). The Hippocampus as a Cognitive Map. Oxford: Clarendon.

PITTS, Walter, MCCOLLOUGH, Warren S. (1947) How we know Universals: The Perception of Auditory and Visual Forms, Bulletin of Mathematical Biophysics, 9, 127-147.

PYLYSHYN, Z. W. (1980) Cognition and computation: Issues in the foundations of cognitive science. Behavioral and Brain Sciences, 3/1, 154-169.

RIEDL, R. (1981, 3. Auflage) Biologie der Erkenntnis: Die stammesgeschichtlichen Grundlagen der Vernunft. Berlin: Parey.

ROSCH, E. (1973) On the internal structure of Perceptual and semantic categories. In: Cognitive Development and the Acquisition of Language, New York: Academic, 111-44.

RUBINSTEIN, S. L. (Ed.) (1968) Das Denken und die Wege seiner Erforschung, Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften

RUMELHART, David E., McClelland, James L. and the PDP Research Group (1986) Parallel Distributed Processing Exploration in the Microstructure of Cognition, Volume 1: Foundations, Cambridge: The MIT PRESS.

SAPIR, E. (1921) Language. New York: Harcourt, Brace & World.

SEGALL, M. H., CAMPBELL, D. T., HERSKOVITS, M. (1966) The Influence of Culture on Visual Perception. New York.

SELFRIDGE, O. G. (1958) Pandemonium: a paradigm for learning, In: Mechanisation of Thought Processes, London: Her Majesty's Stationary Office, H M S O.

SHAW, R. E., TURVEY, M. T. (1981) Coalitions as models for ecosystems: A realist perspective on perceptual organization. In: Kubovy, M., Pomerantz, E. (Eds.) Perceptual organization. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Ass.

SHEPARD, R.N., (1981) Psychophysical complementarity, in: M. KUBOVY, J.R., POMERANTZ (Eds.) Perceptual organization. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Ass.

SKINNER, B. F. (1957) Verbal behavior. New York: Appleton-Century-Crofts.

TOLMAN, E. C. (1955) Cognitive maps in rats and men. Psychological Review, 55, 189-208.

VOLLMER, G. (1975), Evolutionäre Erkenntnistheorie, Stuttgart: Hirzel.

WALLACH, H. (1948) Brightness constancy and the nature of achromatic colors. J. Exp. Psychol., 38, 310-24.

WHORF, B. L. (1956) Science and linguistics. In: Carroll J. B. (Ed.) Language, thought, and reality: Selected writings of Benjamin Lee Whorf. Cambridge: MIT Press, 207-219.

ZIMMER, Alf C. (1986) What makes the eye intelligent? A study in perceptual schemata. In: Gestalt Theory, 8, 256-279.

.pa

Abb. 1: Geschwindigkeiten der Planeten in Abhängigkeit von ihrer Distanz zur Sonne

Abb.2: Darstellung einer nichtparabolischen Flugbahn bei H. RYFF (1582); die zugrundeliegende Impetustheorie ist falsch, aber die Bahn entspricht beobachtbaren Flugkurven.

Abb. 3 NEWTONS Veranschaulichung von Kanonenflugbahnen auf die Erdoberfläche bezogen mit der Satellitenflugbahn als Grenzfall.

Abbildung 4: Verschiedene Varianten des Buchstabens V.

a) Standard, b) vergrößerte Variante von a), c) um 450 gedrehte Variante von a), d) Gotik, e) Zierschriften, f) Schreibschrift.

Abbildung 5 Beispiele für Gestaltgesetze.

Abbildung 6 Feldtheoretische Konzepte in der Psychologie

Abbildung 7 "Energielandschaft" mit wirkenden Kräften.

Abb. 8 Das ursprüngliche STEINER-Problem

Abbildung 9 a) das verallgemeinerte STEINER-Problem und seine Lösung durch einen Seifenfilm

b) alternative Lösungen bei vier gleichabständigen Punkten,

c) eine bistabile Form (der Necker-Würfel)

Michael Stadler und Peter Kruse

#### Über Wirklichkeitskriterien

##### 1. Einführung

Über zwei Jahrtausende war die Psychologie ein Teil der Philosophie. Sie emanzipierte sich zur eigenständigen Wissenschaft in dem Augenblick der systematischen Anwendung des Experiments und des Vorliegens einer eigenständigen Meßtheorie - der Psychophysik (Fechner 1860). Zwar gab es immer schon Philosophen, insbesondere Erkenntnistheoretiker, die sich gelegentlich der systematischen Beobachtung zur Entscheidung philosophischer Fragen bedienten wie z.B. Berkeley. Seit der Einführung des Experiments in der Psychologie kommt der Philosoph an der systematischen Berücksichtigung experimenteller Ergebnisse der Psychologie nicht mehr vorbei. Fragen wie das Leib-Seele-Problem können heute kaum mehr nur mit der Methodologie des reinen Denkens behandelt werden, wenn sie zu Ergebnissen führen, die experimentell-psychologischen Befunden widersprechen (vgl. Köhler 1960, Feigl 1958, Bunge 1984). Auch das altehrwürdige und schon häufig ob seiner logischen Widerspenstigkeit ad acta gelegte philosophische Problem der Willensfreiheit wurde durch experimentelle Neuropsychologen wieder ins Zentrum des Interesses gerückt (Libet et al. 1983).

Ähnlich mag es mit einem Problem stehen, das seit Kant wie Sprengstoff in der Schublade liegt: Das Problem der Wirklichkeit. Wenn die transzendente, erlebnisjenseitige Realität grundsätzlich außerhalb der Möglichkeiten unserer Erkenntnis liegt, wenn wir uns also in einer Welt der subjektiven Erscheinungen orientieren, dann bleibt die Frage offen, woher der naive Alltagsbeobachter die Sicherheit nimmt, sich in der objektiven Realität zu bewegen und diese zu verändern, wie es von Lenin (1914) zum Ausgangspunkt seiner erkenntnistheoretischen Überlegungen