

Dr. Paul A. Truttmann

Vom Körper zum Geist

Wie ein Organismus durch Lernen Geist erwirbt

Nachdiplomstudium «Leadership und Management NDS HF»

Inhalt

1	Körper oder Geist: Eine Menschheitsfrage	3
1.1	Körper versus Geist	3
1.2	Auf dem Weg zur Neuzeit: Charles Darwin und Galileo Galilei	7
1.3	Der Aufbruch seit den 70 ern	10
2	Anthropologischer Zugang	12
2.1	Physiologische Frühgeburt	12
2.2	Instinktreduktion	14
2.3	Mängelwesen	16
3	Psychologischer Zugang	17
3.1	Lernendes Lebewesen	17
3.2	Soziales Lebewesen	20
3.3	Sexuelles Lebewesen	23
3.4	Kulturwesen	25
4	Physikalisch-mathematischer Zugang	27
4.1	Information - ein „Sprachproblem“	27
4.2	Das Problem der Entropie	31
4.3	Chaos und Komplexität	33
5	Evolutionär – erkenntnistheoretischer Zugang	36
5.1	Das naturwissenschaftliche Prinzip; ein induktiv-deduktiver Kreisprozess	36
5.2	Das Prinzip der Passung	38
5.3	Evolutionäre Erkenntnistheorie	39
5.4	Induktiv - deduktiver, chaotischer Prozess: ein Modell, wie sich Organismen Geist erwerben	40
6	Genetischer Zugang zum Lernen	41
6.1	Gene und ihre Funktionsweise	41
6.2	Gene und der Sumpf der Komplexität	44
6.3	Das Lernen der Gene	46
6.4	Die Kommunikation zwischen Genen und Umwelt	47
7	Neurologisch – kognitiver Zugang zum Lernen	48
7.1	Wie entstehen abstrakte Begriffe?	48
7.2	Kognitive Grundstrukturen der räumlichen Orientierung	51
7.3	Weitere kognitive Grundstrukturen	52



7.3.1	Seriation und Rhythmus.....	52
7.3.2	Gleichheit und Verschiedenheit	52

8 Literaturverzeichnis..... 53

Der Einfachheit halber wird die weibliche Form nicht jedes Mal explizit erwähnt. Der vorliegende Text markiert oft die Frontlinie meiner eigenen geistigen Auseinandersetzung. Einige Gedanken habe ich in dieser Form noch nirgends sonst gefunden; ich betrachte sie deshalb als mein geistiges Eigentum.

Erste Version des Textes: 2003, Überarbeitung: 2013.



1 Körper oder Geist: Eine Menschheitsfrage

1.1 Körper versus Geist

Sind Algen geistige Lebewesen?



Bildquelle: Wikipedia, Meeresalge

Bestimmte Meeresalgen sind fähig, ihre Fortbewegungs-richtung zu ändern, wenn die Konzentration der Nahrung im Wasser abnimmt. Sie können die Richtung der höchsten Konzentration wahrnehmen und sich in diese Richtung bewegen.

Was denken Sie, sind Algen „intelligente“ oder gar „geistige“ Lebewesen? Können sie lernen?

Organismen sind lernfähig und eignen sich dadurch Geist an

Schon ganz einfache Organismen können sich offenbar Information aus der Umwelt aneignen und dann darauf reagieren. Sie sind *lernfähig* im Sinne von R. Leaky. Dieser Lernfähigkeit widmet sich der folgende Text.

Vom Einfachen zum Komplexen

Auf verschiedenen Wegen werden wir auf *ganz einfache Grundmechanismen* des Lernens stoßen. Da Lernen aber:

- in einem verschränkten – rückgekoppelten – Prozess geschieht
- meist aus vielen, ja Tausenden von Schritten besteht
- nie losgelöst von der mitbestimmenden Umwelt abläuft

geraten wir vom Einfachen ausgehend immer wieder in schwer vorhersehbare, komplexe Situationen. Wir werden dann etwas plakativ vom „*Sumpf der Komplexität*“ sprechen.

Musterbeispiel: die Sprache

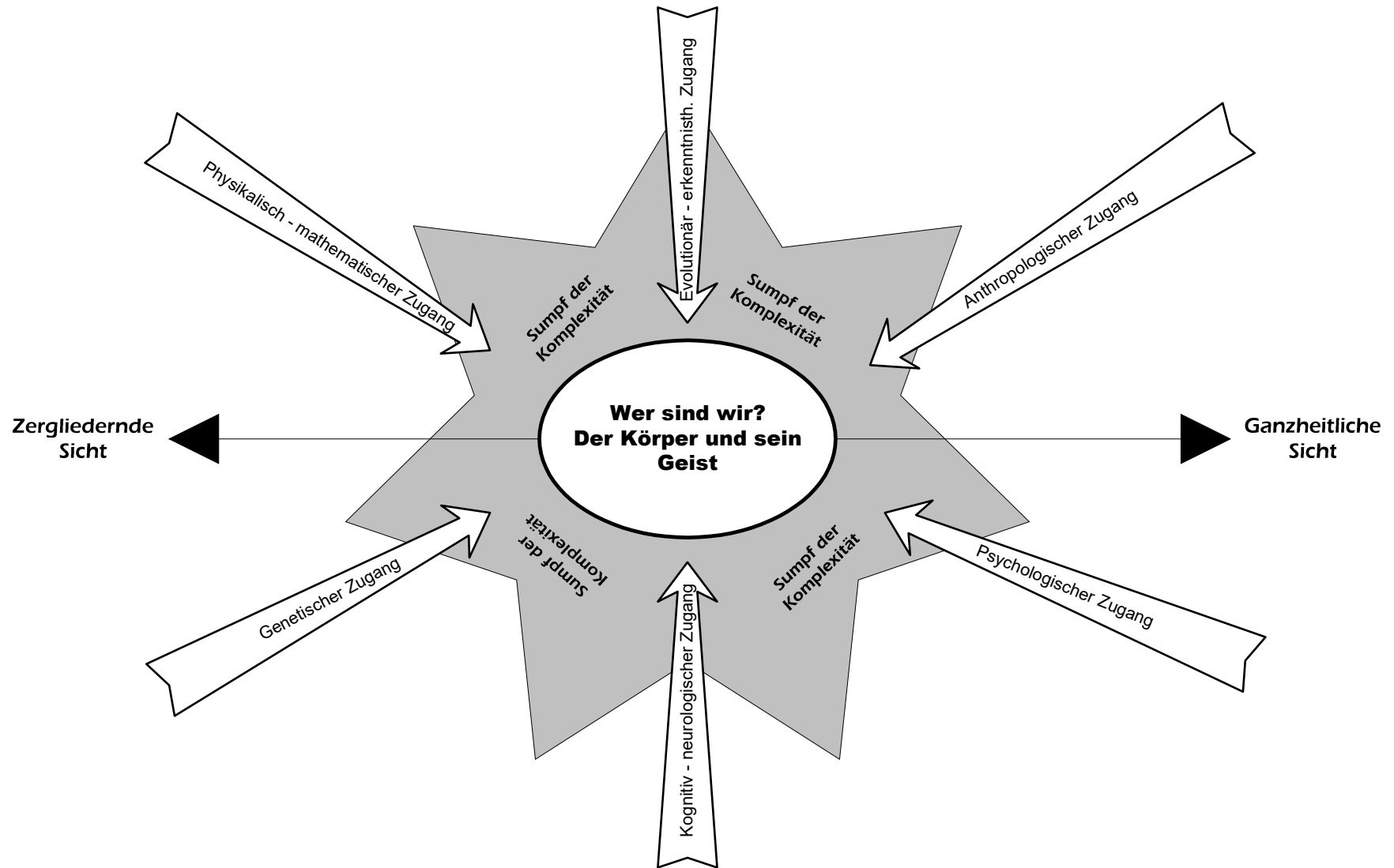
Für dieses Aufsteigen vom Einfachen zum Komplexen werden wir, als Leitfaden sozusagen, das Beispiel der menschlichen Sprache verwenden.

Der Mensch, der umfassendste Lerner

Natürlich beschäftigt uns dann die Frage: „Und wer ist nun der Mensch?“. Die Antwort vorweg:

Der Mensch ist wahrscheinlich der umfassendste, raffinierteste und für das Lernen am besten ausgestattete Organismus auf diesem Planeten.





Steckt der Geist in der Materie, oder schwebt er über den Wassern?

Die Fragen: „Wer bin ich?“ oder „Wer sind wir, die Menschen?“ markieren den Beginn philosophischen Denkens. Allgemein schreiben wir den Griechen den Ursprung der Philosophie zu – weil sie als Erste systematisch und mit Konsequenz versucht haben, die Frage *vernunftgeleitet* und *methodenkritisch* zu beantworten.

Im speziellen Fall der Frage nach dem Verhältnis von Körper und Geist spitzt sich die Frage zu auf: „Woher wissen wir etwas über die Welt?“

Grob vereinfacht kann man zwei Tendenzen der Antwort ausmachen:

- Der Geist existiert *unabhängig* von der Materie (Dualismus). Erkenntnis kann nur durch Denken gewonnen werden (Rationalismus). Die Erkenntnismethode ist die Deduktion
- Der Geist steckt *in* der Materie (Monismus). Erkenntnis kann allein durch Erfahrung gewonnen werden (Empirismus). Die Erkenntnismethode ist die Induktion.

Bis in die 70 er Jahre des zwanzigsten Jahrhunderts tobte zwischen diesen Auffassungen ein eigentlicher geistiger Grosskampf: „Die Welt wurde in zwei Hälften geteilt“, wie Rupert Riedel es formulierte und „die zwei halben Wahrheiten wurden zementiert“.

Im evolutionär – erkenntnistheoretischen Zugang gehen wir auf die Begriffe näher ein und versuchen nachzuzeichnen, wie dieser Gegensatz allmählich überwunden wird.

Geistesarbeit war höher geachtet, als die Beschäftigung mit der Natur

Beide Auffassungen lassen sich schon bei den Griechen ausmachen. Die Empirie, die Naturerforschung durch systematische Experimente, konnte sich aber nicht durchsetzen. Einerseits galt die Handarbeit, die Beschäftigung mit der Materie, bei vielen angesehenen Denkern wenig, weil das klassische Griechenland um 400 v. Ch. eine Sklavenhalter-gesellschaft war. Mit den Händen arbeiteten die Sklaven. Die Arbeit der Freien war Geistesarbeit. Andererseits herrschte die Auffassung vor, auf der Erde, dem Zentrum des Universums, herrsche ein Chaos. Nur im Himmel, dem wunderbar geordneten Kosmos, regierten die (göttlichen) Gesetze. Bis ins ausgehende Mittelalter erschien es deshalb als unsinnig, auf der Erde nach Gesetzen zu suchen.



Paradigmenwechsel

Zu Beginn der Neuzeit setzte dann eine Gegenbewegung ein, die mit der Technik verblüffende Erfolge aufzuweisen hatte. Dazu mussten aber bedeutende Hürden überwunden werden. Vorerst galt es der Auseinandersetzung mit der Natur zu einer adäquaten Geltung zu verhelfen. Dieses Verdienst kommt Galilei und in seinem Gefolge den Empiristen zu.

Danach musste der Mensch in den Rahmen der Natur gestellt werden, so dass er, wie jedes andere Naturwesen auch, einer vernunftgeleiteten, experimentellen Untersuchung zugänglich wurde. Dieses Verdienst kommt Charles Darwin zu. Mit ihm wollen wir beginnen.

N.B. solch grundsätzliche Perspektivenwechsel werden oft als *Paradigmenwechsel* bezeichnet (griech. Paradigma, Lehrbeispiel).



1.2 Auf dem Weg zur Neuzeit: Charles Darwin und Galileo Galilei

Darwins 1. Beitrag zur Geistesgeschichte: Der Mensch, ein Wesen der Natur.



Mit der Evolutionstheorie (1859) hat Charles Darwin den Menschen als Teil der Natur zu begreifen begonnen und damit den zentralen Grundstein zum Verstehen der Frage „Wer sind wir?“ gesetzt. Der Mensch wurde nun plötzlich dem Beobachten und Experimentieren zugänglich. Es wurde möglich, ihn mit anderen Lebewesen zu vergleichen und ihn als *geworden* zu verstehen. Wenn er sich im Laufe der Jahrmillionen entwickelt hat, liegt es nahe zu vermuten, dass auch der individuelle Mensch vom Säugling zum Erwachsenen eine ähnliche Entwicklung durchmacht. Diese sogenannte *Ontogenese*, das Aufwachsen des Kindes, wurde nun ausführlicher studiert und das Menschenjunge wurde mit Jungen anderer Tierarten verglichen.

Darwins Entdeckung der Evolution des Menschen war für die Psychologie so bedeutsam wie die Erfindung des Rades für die Technik: Nach einer langen Reise, bei der der Mensch sogar in die Nähe der Götter gerückt wurde, brachte ihn Darwin zurück auf die Erde und stellte ihn auf den Boden der Natur. Als Naturwesen wurde er damit den Natur-Wissenschaften – im weiteren Sinne – zur Erforschung zugänglich.

Darwins 2. Beitrag zur Geistesgeschichte: Der Entwicklungsgedanke

Darwin und vor allem sein Vorgänger, der Geologe Lyell, begannen die Entwicklung der Erde und des Menschen als *Prozess* zu verstehen. Diese *dynamische* Sichtweise revolutionierte unser Verstehen. Im Mittelalter herrschte eine statische Sicht vor, der Mensch wurde geschaffen und wie er geschaffen wurde, so blieb er Zeit seines Lebens. Darwin legte das Gewicht auf das *Werden*. Der Prozess interessierte ihn stärker als das Resultat. Dieser sogenannte *Entwicklungsgedanke* kann meiner Meinung nach für sich beanspruchen, die Neuzeit eingeläutet zu haben.

An verschiedenen Stellen werden wir sehen, dass der Wechsel von einem statischen Standbild hin zu einem bewegten Film die Geschichte des Verstehens vorangebracht hat.

Warum hat das so ellenlang gedauert?

Natürlich drängt sich hier sofort die Frage auf, warum denn die naturwissenschaftliche Erforschung des Menschen so lange auf sich warten liess? Die Frage ist brisant und wenn man ihr nachgeht, läuft man Gefahr, dass kein Stein auf dem anderen



bleibt. Um die Macht, den Menschen zu erklären, tobte ein Jahrhunderte langer Kampf zwischen Wissenschaft und Kirche. Bei diesem Kampf endeten viele Weise (insbesondere auch Frauen!) auf dem Scheiterhaufen oder in der Verbannung. Deshalb ist es angebracht einen weiteren „Helden der Neuzeit“, Galileo Galilei, an dieser Stelle zu würdigen.

Auf der Erde gelten auch die (göttlichen) Gesetze

„Und sie bewegt sich doch“. Diese trotzigte Behauptung markiert in unserem Bewusstsein die Bedeutung von Galileo Galilei: Die Erde bewegt sich um die Sonne. Sie verliert den Platz als Zentrum des Universums, sie wird zum Planeten. Nun gehört auch sie zum Himmel, in dem die göttlichen Gesetze herrschen. Jetzt macht es Sinn, nach diesen Gesetzen auf der Erde zu suchen. Dies war die Schlussfolgerung, die Galileo zog, als er von der revolutionären Behauptung des Kopernikus hörte, die Erde drehe sich um die Sonne.

Wer darf die Autorität über wahr und falsch beanspruchen: Die Natur oder die „Autorität“?

Von einem erkenntnistheoretischen Standpunkt aus genießt Galilei eine zusätzliche, womöglich noch wichtigere Bedeutung. Er trat konsequent dafür ein, das für richtig zu halten, *was die Beobachtung der Natur dem Menschen nahelegt – selbst dann, wenn man noch nicht über einen schlüssigen Nachweis verfügt.*

Die Natur darf die Autorität über wahr oder falsch beanspruchen – nicht irgendein Mensch kraft seines Amtes. Und die Beweislast wurde verschoben; vorerst hat die Naturbeobachtung recht und nicht eine Autorität, die eine Behauptung aufstellt. Diese Grundposition war das Revolutionäre an Galileo. Wobei gesagt werden muss, dass die geistige Aufarbeitung B. Brecht zuzuschreiben ist. Ob Galileo sich seiner Position damals so bewusst war, bleibe dahingestellt.

Die Beobachtung der Natur, ein verlässlicher Boden

Die Beobachtung der Natur legte einen verlässlichen Boden für den Erkenntnisfortschritt des Menschen. Im Prinzip kann jeder nachprüfen, ob etwas stimmt oder nicht. Er braucht dazu nicht in höhere Kreise eingeweiht zu sein. Dieser Erkenntnisfortschritt begann zuerst weit weg vom Menschen, bei Steinen, die zu Boden fallen oder Monden, die um Planeten kreisen. Der Mensch blieb vorerst in der Hand der Kirche.



Louis Pasteur



(Nach einem Gemälde von
Robert A. Thom)

Auch als Louis Pasteur (1822-1895) eine naturgeleitete Erklärung der Entstehung von Leben vorschlug – und damit der Erklärung des Menschen näher rückte – endete er beinahe auf dem Scheiterhaufen. Er zeigte, dass Mikroben von elterlichen Organismen herrühren und sich nicht spontan und von selbst entwickeln.



1.3 Der Aufbruch seit den 70 ern

Evolutionäre Erkenntnistheorie

Klassische Naturwissenschaften genossen ein hohes wissenschaftliches Ansehen. In den letzten Jahrhunderten wurden sie von den herrschenden gesellschaftlichen Kräften zunehmend in Ruhe gelassen und man gestand ihnen zu, die unbelebte Natur zu erklären. Zugute kam ihnen auch ihre Zahlengenaugkeit. Dieser Zugang zum Verstehen der Natur setzt aber voraus, dass ein Phänomen auf wenige messbare Grössen reduziert werden kann (vergleiche „wissenschaftlich arbeiten“). Die Ganzheit geht dabei verloren. Bei komplexen Wirklichkeiten, insbesondere beim Menschen, hat der naturwissenschaftlich- reduktionistische Ansatz bis in die 70 er Jahre hinein kümmerliche Resultate gebracht.

Die andern, ganzheitlichen Zugänge zum Verstehen genossen einen schlechten Ruf: Erkenntnisse aus den Sozialwissenschaften, der Psychologie und den anthropologischen Wissenschaften wurden als „unwissenschaftlich“ belächelt. Dies begann sich mit der sogenannten „evolutionären Erkenntnistheorie“ zu ändern. Sie ermöglichte vom biologischen Standpunkt aus einen überzeugenden Zugang zur Frage: „Wie kann ein lebender Organismus die Gesetze der Natur abbilden?“ Diesem Zugang wird deshalb ein eigenes Kapitel gewidmet.

Descartes Irrtum



Antonio Damasio,
Quelle: Wikipedia

Ein weiterer Markstein im Zugang zum Menschen – diesmal von einem naturwissenschaftlich zergliedernden Ansatz aus, gelang mit der Untersuchung von Hirnverletzungen (sogenannte Neurologie). Wegweisend war dabei die Erkenntnis von Damasio in seinem Buch „Descartes Irrtum“: *Gefühle sind Verbindungen von Vorstellungsinhalten mit Körperzuständen.*

Gefühle sind Verbindungen von Vorstellungsinhalten mit Körperzuständen

Stellen Sie sich ein Kind vor, das an der Mutterbrust saugt. Mit seinen Augen erfasst es das Gesicht seiner Mutter während sich langsam das wohlige Gefühl eines gefüllten Bauches einstellt. Dieser angenehme Körperzustand verbindet sich mit dem Bild der Mutter: Das Gefühl der Mutterliebe entsteht. Wenn im Hirn das Areal, welches Körperzustände registrieren kann, verletzt ist und ausfällt, dann werden die Menschen gefühllos. Richard Egger stellt den Fall des Phineas Gage vor, der eine solche Verletzung erlitt.



Komplexität

Zwischen der naturwissenschaftlich-zergliedernden Sicht und der sozialwissenschaftlich-ganzheitlichen Sicht lag bis weit über die Mitte des 20. Jahrhunderts der „unerforschte Sumpf“ der Komplexität. Wenn Lernen im Grunde darin besteht, dass zwischen zwei Nervenzellen eine neue Synapse gebildet wird, dann versteht man zwar den Grundprozess: Aber was passiert, wenn daran bis zu 100 Milliarden Nervenzellen beteiligt sein können? Wie kommt man von der Synapse zum Zustand „I ha di gärn – und nur di!“. Für die ganzheitliche Sicht war die Komplexität die tägliche Herausforderung – die Naturwissenschaftler haben sie ausgeklammert. Bis die Chaostheorie kam und bis auch die Naturwissenschaftler feststellten, dass Information nicht nur aus Bits und Bytes besteht. Diesen Themen ist der naturwissenschaftliche Zugang gewidmet.

Anthropologische Erkenntnisse gelangen zur Anerkennung

Durch die Fortschritte in den analytisch-zergliedernden Zugängen zum Menschen erfahren heute die schon lange bekannten Erkenntnisse der Anthropologie eine neue Anerkennung. Der Mensch als lernendes Wesen wird plötzlich neu entdeckt. Eigentlich etwas ungerecht angesichts einer nun schon über hundertjährigen Tradition gesicherter Erkenntnisse zum Menschen. Deshalb wird dem anthropologischen und dem psychologischen Zugang die erste Stelle eingeräumt, weil diese Wissenschaften dem Erkennen des Menschen den Weg ebneten.



2 Anthropologischer Zugang

2.1 Physiologische Frühgeburt

A. Portmann:
Der Mensch kommt zu früh zur Welt.



Baby, 8 Wochen, Wikipedia

Ausgehend vom Vergleich mit andern Tierarten traf Adolf Portmann (1897 – 1982) eine zentrale Aussage zum Menschen: Er kommt – verglichen mit anderen Tieren – viel zu *früh* zur Welt. Das Wort *viel zu früh* ist tendenziös:

Die frühe Geburt ist die grosse Chance und die grosse Gefährdung des Menschen.

Die folgende Darstellung stammt aus dem Buch von A. Portmann, Biologische Fragmente zu einer Lehre vom Menschen, Schwab & Co, Basel, Stuttgart, 3/1969

Ein Jahr zu früh

Als Zoologe untersuchte Portmann die Fähigkeiten und den Reifegrad Neugeborener. Er kam dabei zum erstaunlichen Schluss, der Mensch komme im Vergleich zu ähnlichen Säugetieren etwa ein Jahr zu früh zur Welt. Neugeborene Säuger gleichen ihren Eltern in ihrem Aussehen sehr stark. Der Mensch nicht. Junge Säuger haben praktisch von Geburt an die gleiche Körperhaltung wie die Eltern. Der Mensch braucht dazu ein Jahr – bis er gehen kann. Junge von Säugern verfügen praktisch schon bei der Geburt über das Lautsystem ihrer Eltern. Der Mensch kann bloss schreien. Säuger nehmen nach der Geburt schön regelmässig an Gewicht zu. Menschen wachsen sprunghaft. Ein solches Wachstum kennzeichnet eigentlich Föten im Mutterleib von Säugetieren!

Extrauterines Frühjahr

Portmann spricht deshalb vom „extrauterinen Frühjahr“. Er meint damit, dass der Mensch *ausserhalb* des Mutterleibes, während eines Jahres, die körperliche Reife erlangt, die Säuger *innerhalb* des Mutterleibes erwerben.

Aktives Streben nach der artgerechten Körperhaltung

Kein einziges Tier erreicht seine artgemässe Haltung, so wie der Mensch, durch *aktives* Streben und erst *längere* Zeit nach der Geburt.



Der Mensch kann sein Leben nur durch *aktives Lernen* bewältigen.

Um sein Leben bewältigen zu können, muss er aktiv lernen (sogenannte *aktive Entwicklung*). Bei diesem Lernen kann er nicht auf angeborene Programme, Instinkte, zurückgreifen.

21 Monate Tragzeit wären nicht ungewöhnlich

Die Tragzeit des Menschen müsste also rund 21 Monate betragen. Das ist in der Natur nicht ungewöhnlich. Der indische Elefant wirft sein Junges nach 21-22 Monaten. Allerdings ist das Junge dann 1 m gross und ca. 100 kg schwer. Der Pottwal trägt sein Kleines 16 Monate – es ist bei der Geburt dann 4 m lang!

Die physiologische Frühgeburt ermöglicht und erfordert intensives Lernen

Der menschliche Geburtszustand kann deshalb als eine Art „physiologische“ Frühgeburt bezeichnet werden. Diese biologische Tatsache ermöglicht – und erfordert – ein intensives und umfassendes Lernen. Andere Tiere lernen auch, aber vom biologischen Standpunkt aus scheint der Mensch *der Lerner* unter den Tieren zu sein.



2.2 Instinktreduktion

Vergleich des Verhaltens von Menschen und Tieren; das Forschungsinteresse der vergleichenden Verhaltensforschung

Verglichen mit anderen Tierarten verfügt der Mensch über wenig angeborene Verhaltensweisen, so genannte Instinkte. Um dies beurteilen zu können, wollen wir den Begriff Instinkt noch etwas genauer fassen. Instinkte spielen eine zentrale Rolle in der vergleichenden Verhaltensforschung (Ethologie). Bekannt ist Konrad Lorenz (1903-1989), der sich stark mit Instinkten beschäftigt hat. Wir stützen uns auf sein Buch „Er redete mit dem Vieh, den Vögeln und den Fischen“, dtv, München, 1984.

Instinkte

Unter Instinkten versteht man vererbte Verhaltensweisen,

- a) welche durch innere (zentralnervöse und hormonelle) Antriebe und äussere Faktoren (Schlüsselreize), z.B. Nistplatzwahl und Nestkonstruktion bei Vögeln, Anlegung von Wabenstaatenbildender Bienen ausgelöst werden
- b) welche stets gleich ablaufen (automatisch)
- c) welche der Selbst- und Arterhaltung dienen

Instinkte, die z.B. der Nahrungsaufnahme, dem Sexualverhalten oder der Brutpflege dienen, regeln weitgehend die Lebensweise und das Verhalten der Tiere.

Instinkte beim Menschen

Beim Menschen sind nur wenige Instinktreste nachweisbar, z.B. Saugverhalten bei Neugeborenen. Der Mensch kann sich nicht sicher auf eine Instinktsteuerung verlassen. Das instinktive Verhalten reicht zur menschlichen Lebensführung deshalb nicht aus.

Chance der Instinktreduktion: Lern- und Erziehungsfähigkeit

Instinktreduktion ist Voraussetzung für die Befreiung des Menschen vom Zwang der Natur. Sie ermöglicht ihm die Freiheit zur Wahl und zur selbstbestimmten Entscheidung. Wegen ihr wird er erziehungsfähig und sie begründet seine enorme Lernfähigkeit.

Gefahr der Instinktreduktion: keine angeborenen Korrekturmechanismen

Die Instinktreduktion gefährdet den Menschen aber auch. Als junger Mensch verfügt er über wenige lebenserhaltende, angeborene Verhaltensmuster. Er muss intensiv gepflegt werden. Es gibt auch kaum angeborene Muster, die Fehlverhalten, die er sich durch Lernen aneignet, korrigieren würden.

Vergleich des Verhaltens von Gänsen und Menschen

Lorenz hat sich intensiv mit dem Verhalten von Gänsen befasst und sie mit Menschen verglichen. Er entdeckte einige charakteristische Unterschiede. Gänse verfügen über eine sehr kurze, aber intensive Lernphase. Ein inneres Programm lehrt sie, hinter dem ersten sich bewegenden Gegenstand herzulaufen. Lorenz war zwar nicht der erste, der dies entdeckt hat, aber er hat das Verhalten systematisch beschrieben.



Meine Mutter ist ein Plastiksack

Auf Bali gibt es ein Kinderlied mit dem Refrain: „Meine Mutter ist ein Plastiksack.“ Balinesen kennen das Hinterherlaufen der Gänse seit jeher. Heute befestigen sie einen Plastiksack an einem Stock und schwenken ihn vor den neugeschlüpften Gänsen. Da die Gänse den Balinesen die Bewässerungsgräben säubern, sieht man am Morgen Kinder mit einem Plastiksack am Stock und einer Gänseschar hinter sich auf die Felder ziehen. Dort stecken sie den Stock in einen Bewässerungsgraben und gehen zur Schule. Die Gänse bleiben schön beim Sack und am Abend lassen sie sich mit der gleichen Methode wieder nach Hause führen.

Den Kopf aufrecht tragen

Ein Menschenkind braucht ca. ein Jahr, um aufrecht zu gehen und die für Menschen typische Körperhaltung zu lernen. Gänse verfügen über ein angeborenes Programm, das ihnen gänsegerechtes Gehen schon nach ein paar Stunden ermöglicht.

Mit vielen solchen Beispielen konnte Lorenz zeigen, dass Menschen instinktreduziert sind.



2.3 Mängelwesen

Arnold Gehlen untersuchte die körperliche Ausstattung des Menschen. In seinem Buch „Anthropologische Forschung“ Rowohlt, Hamburg 1968 kommt er zu folgenden Resultaten:

Der Mensch ist organisch „mittellos“

Er (der Mensch) ist organisch mittellos, ohne natürliche Waffen, ohne Angriffs- oder Schutz- oder Fluchtorgane, mit Sinnen von nicht besonders bedeutender Leistungsfähigkeit, denn jeder unserer Sinne wird von den „Spezialisten“ im Tierreich weit übertroffen.

Aber er lebt überall auf der Erde

Wir sehen weiter, wo wir auch hinblicken, den Menschen über die Erde verbreitet und trotz seiner physischen Mittellosigkeit sich zunehmend die Natur unterwerfen. Es ist dabei keine „Umwelt“ /.../ angebbbar, die erfüllt sein muss, dass der Mensch leben kann, sondern wir sehen ihn überall, unter Pol und Äquator, auf dem Wasser und auf dem Lande, in Wald Sumpf, Gebirge und Steppe sich halten.

Menschen schaffen sich mit tätiger Voraussicht die Bedingungen ihrer Existenz

Möglich ist dies dem Menschen, weil er mit voraussehenden, geplanten und gemeinsamen Tätigkeiten eine Sphäre schafft, die ihm ermöglicht, Techniken und materielle Mittel einzusetzen, die ihm erlauben unter fast allen Naturbedingungen zu existieren.

Dies trifft für keine Tiergattung zu. Die Bauten der Biber oder die Nester der Vögel sind nicht vorausschauend geplant, sondern sie sind das Resultat rein instinktiver Verhaltensprogramme.

Der Mensch schafft sich seine Umwelt

Gehlen hält weiter fest: „Der Mensch ist also organisch ein „Mängelwesen“ (Herder), er wäre in jeder natürlichen Umwelt lebensunfähig, und so muss er sich eine zweite Natur, eine künstlich bearbeitete Ersatzwelt /.../ erst schaffen.

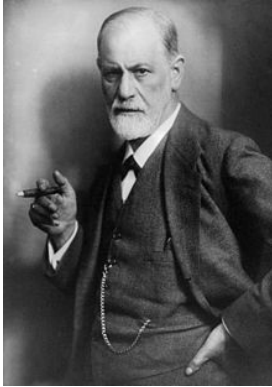
Im Folgenden wollen wir nun untersuchen, wie das Lernen konkret abläuft und welche Einflussfaktoren das Aufwachsen mitbestimmen.



3 Psychologischer Zugang

3.1 Lernendes Lebewesen

Das psychologische Dreigestirn: Freud, Adler und Jung



Sigmund Freud, Wikipedia

Den Entwicklungsgedanken auf die Seele anwenden

Die Grundthesen des Dreigestirns sind zugleich die Voraussetzungen zum Lernen

Heftige Kritik durch die Zeitgenossen

Wie gesagt, Darwins Evolutionstheorie hat für die Psychologie die gleiche Bedeutung, wie die Erfindung des Rades für die Technik. Sein Ansatz löste in Wien um 1900 ganz neue Zugänge zum Menschen aus. Drei Forscher taten sich dabei besonders hervor: Sigmund Freud, Alfred Adler und Carl Gustav Jung. Sie versuchten den Menschen als Naturwesen zu begreifen und sein Seelenleben vernunftgeleitet zu erklären. Von 1900 bis ca. 1910 arbeiten sie eng in der sogenannten Mittwochsgesellschaft zusammen. Ihre zentralen Thesen waren:

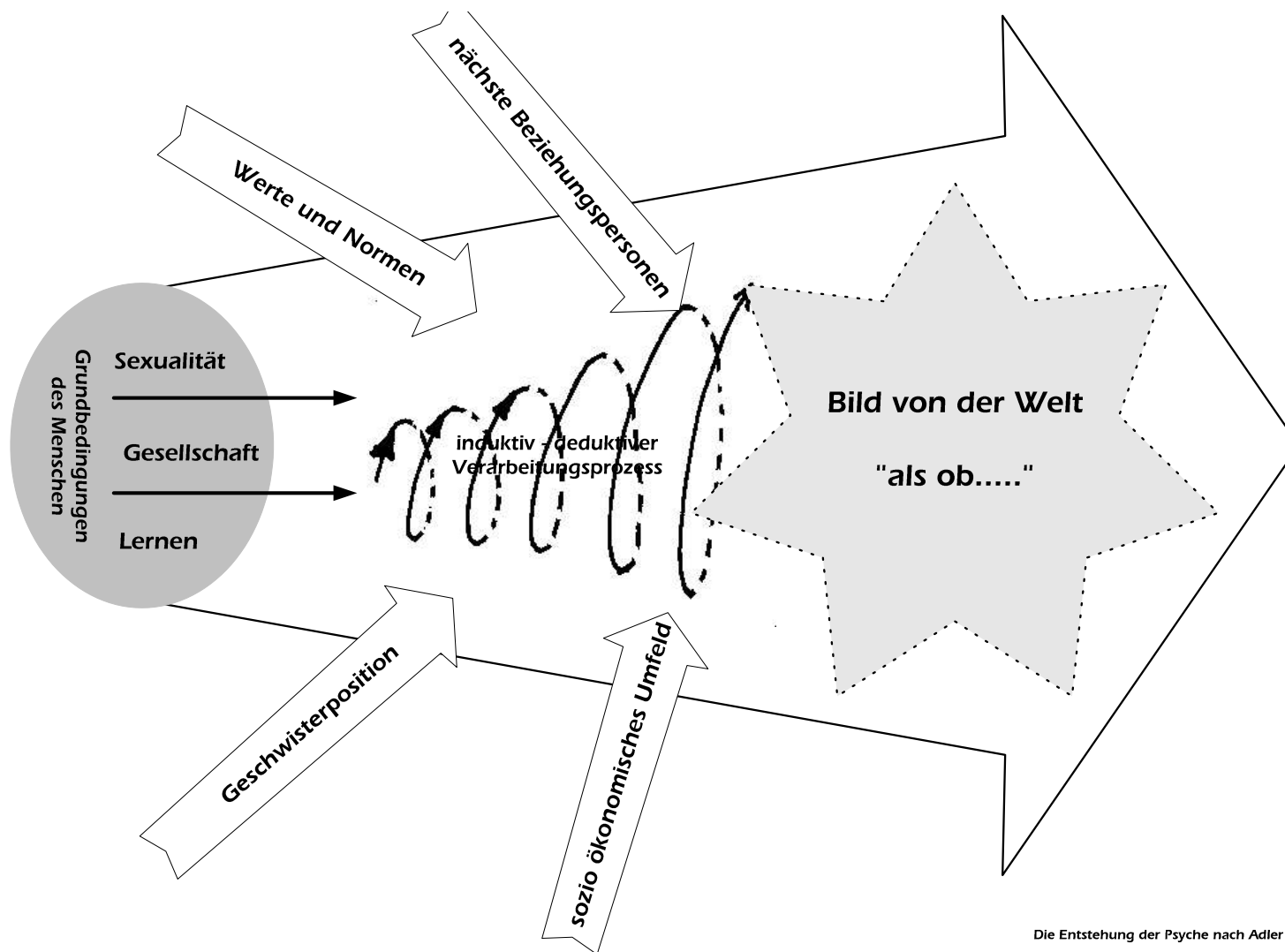
- Der Mensch kommt unfertig zur Welt, sein Aufwachsen gleicht dem Evolutionsprozess
- Der Mensch hat einen starken Sexualtrieb. Die Sexualität spielt eine zentrale Rolle im Seelenleben, sie beginnt nicht erst in der Pubertät
- Der Mensch hat Gedanken und Gefühle, die unabhängig vom bewussten Denken ablaufen (das sog. *Unbewusste*)

Die drei psychologischen Gründerväter wendeten Darwins Entwicklungsgedanken auf die menschliche Seele an. Sie schufen ein dynamisches Verständnis des menschlichen Seelenlebens, sowohl was seine Entwicklung als auch sein Funktionieren betrifft. Dieser Paradigmenwechsel hat die Psychologie sehr stark gefördert. Der Autor Henry F. Ellenberger spricht deshalb in seinem Buch „Die Entdeckung des Unbewussten“ von der „Heraufkunft der dynamischen Psychologie“. Im Übrigen ein sehr lesenswertes Buch, wenn Sie sich für die Ideen von Freud, Adler und Jung interessieren.

Die Tatsache, dass der Mensch unfertig zur Welt kommt, erlaubt ihm erst, sich im Leben sehr viel durch Lernen anzueignen. Wir werden sehen, dass auch sein ganz spezielles Sexualverhalten das Lernen beflügelt. Das Meiste, was wir gelernt haben, wird im Unbewussten gespeichert. Dieses Unbewusste beherbergt den grössten Teil unseres Erfahrungsschatzes.

Wegen der letzten zwei Thesen, der Sexualität und dem Unbewussten wurden Freud, Adler und Jung sehr heftig angegriffen. Sie würden dem Menschen die Vernunft absprechen und von den „reinen“ Kindern zu sagen, sie hätten sexuelle Gefühle, sei pervers. Gegen C. G. Jung z.B. wurde in Zürich um 1911 eine monatelange Zeitungskampagne geführt. Auch S. Freud wurde gedemütigt und praktisch zeitlebens aus der akademischen Gesellschaft Wiens ausgeschlossen.





Die Entstehung der Psyche nach Adler



Das grosse Verdienst Alfred Adlers: Der Mensch lernt



Alfred Adler, Wikipedia

Jeder Mensch ist unverwechselbar

Alfred Adler verstand den Menschen in erster Linie als *lernendes* Lebewesen. Ihm kommt das Verdienst zu, mit grosser Klarheit und energischem Nachdruck das Lernen als *die* zentrale Eigenschaft des Menschen zu postulieren. Als Konsequenz begründete er eine Erziehungslehre, die der damaligen Zeit weit voraus war, und die erst heute in ihrer Tragweite langsam begriffen wird. Schon damals gewann er aus seiner psychologischen Arbeit die Erkenntnis, das der Mensch sich auf seinem Lebensweg praktisch alles von seiner Umwelt erwirbt. Mit dem Postulat vom Menschen als lernendem Wesen unterscheidet sich Adler von Freud. S. Freud legte mehr Gewicht auf das *Reifen* des Menschen, das vornehmlich durch körperliche Entwicklungen angestossen würde.

Weil Tausende von Faktoren auf den Menschen einwirken und weil ein junger Mensch mit seiner Lebendigkeit und Aktivität die Anregungen aus der Umwelt ganz unterschiedlich aufnimmt und umsetzt, sind nicht zwei Menschen gleich: Sie sind unverwechselbare Individuen. Adlers psychologischer Ansatz wird deshalb *Individualpsychologie* genannt.

Ein psychologischer Steinbruch

Adler war ein Mann des Volkes, wissenschaftlicher Ruhm und akademisches Gehabe bedeuteten ihm wenig. Viele nachfolgende Psychologen haben sich bei ihm Ideen ausgeliehen, oft ohne die Quelle zu nennen. Jemand hat deshalb einmal gesagt, Adler diene als Steinbruch der Psychologie.

Lernen, ein induktiv – deduktiver Prozess

Viele Leute meinen, der Mensch als lernendes Lebewesen sei wie ein unbeschriebenes Blatt, eine „*tabula rasa*“, die dann von der Umwelt beschrieben würde. Adler lehnte diese mechanistische Betrachtungsweise ab. Das menschliche Leben verstand er als induktiv – deduktiven Prozess. Im Kapitel 5 werden wir darauf eingehen. In einem modernen Vergleich würde man viele Gemeinsamkeiten zu einem sogenannten *chaotischen* Prozess feststellen (das Wort ist irreführend - siehe Kapitel 4.3).

„als ob...“: der Mensch konstruiert sich ein Bild von der Welt

Adler stützte sich auf den Philosophen *Vaihinger*. Beide gingen davon aus, dass das Lernen im Kopf des Menschen nach und nach *ein Abbild der Welt* erzeugt. Der erwachsene Mensch lebt dann so, *als ob* die Welt so wäre, wie er sie sich vorstellt. Wenn diese „als ob“-Vorstellung sehr stark von der realen Welt abweicht, kann das zu erheblichen Problemen führen. Sie können von der Umwelt als psychische Störungen wahrgenommen werden. Nach Adler war ein Mensch also nicht *psychisch krank*, sondern er hatte irritierte Vorstellungen; falsche Meinungen von der Welt und von sich selbst, daran krankte er.



Die anthropologischen Grundvoraussetzungen des Lernens

Adler legte dem Menschen die gleichen stammesgeschichtlichen Voraussetzungen zu Grunde, wie das die Anthropologen – zum Teil viel später als er – auch taten.

- Der Mensch kommt früh zur Welt: physiologische Frühgeburt.
- Der Mensch ist instinktreduziert: Er verfügt über wenige angeborene Verhaltensweisen.
- Der Mensch ist ein Mängelwesen: Er verfügt über eine eher reduzierte körperliche Ausstattung.

Neben diesen drei Merkmalen legt Adler besonderes Gewicht auf den Menschen als *Kulturwesen*: Die Werte und Normen und das gesellschaftliche Umfeld mit denen ein Mensch aufwächst, bestimmen seine Psyche mit.

Ein Minderwertigkeitskomplex kann das Lernen behindern.

Wenn man den Gedanken der „irritierten Meinungen“ und den der „spärlichen physiologischen Ausstattung“ zusammenführt, gelangt man zu einem zentralen Begriff Adlers, dem *Minderwertigkeitskomplex*. Lernende Lebewesen laufen Gefahr, beim Vergleich mit der sozialen Mitwelt schlechter abzuschneiden. Sie nehmen sich selbst als geringer und minderwertiger wahr als die sie umgebenden Erwachsenen. Dies kann zu einem eigentlichen Komplex von Meinungen der Unzulänglichkeit und Unterlegenheit führen. Ein solcher Minderwertigkeits - Komplex behindert dann das weitere Lernen.

Lernen setzt den Glauben an sich selbst voraus

Lernen setzt den Glauben an sich selbst voraus. Dieser Glaube entsteht wesentlich in der Beziehung zu Menschen, die viel von mir halten. Das ist die zentrale These der adlerschen Erziehungslehre.

3.2 Soziales Lebewesen

Eine lange Brutpflege legt das Fundament für das Leben in einer grösseren Gemeinschaft

Ein menschlicher Säugling muss sehr lange gepflegt werden. Keine andere Tiergattung hat auch nur annähernd eine so lange Brutpflege. Der Mensch ist auf seine Mitmenschen deshalb auf Gedeih und Verderb angewiesen. Wir sagen: Er ist ein soziales Lebewesen.

Intelligenz



Richard Leaky, Wikipedia

Menschen sind fähig, in sehr grossen Verbänden zu leben. Für R. Leaky konnte sich diese Fertigkeit wegen seines grossen Gehirns überhaupt erst entwickeln. Er postuliert: Leben in einem grossen sozialen Verband erfordert ein grosses und hochorganisiertes Gehirn, es erfordert Intelligenz.

Menschliche Sozialverbände sind bis zu 10 Mal grösser als die Verbände unserer nächsten Nachbarn, der Primaten.



Leben in einem grossen sozialen Verband erfordert Beziehungsfähigkeit

Menschen sind Beziehungsspezialisten. Sie können andere Angehörige ihrer Art in hervorragender Weise verstehen und sich in sie einfühlen – ohne dass sie sich dessen so ganz klar bewusst sind. Menschen sind fähig, die Persönlichkeit und den Lebensweg von Tausenden von Artgenossen zu speichern und über Jahrzehnte lebendig zu halten. Anders als bei Schimpansen bricht die Beziehung auch dann nicht ab, wenn die Artgenossen nicht mehr vorhanden sind. (Dies ist eine Grundvoraussetzung für jeden Totenkult).

Nahrungsteilen

Eine Schlüsselfunktion für die Evolution des Menschen spielt das Teilen der Nahrung. Die Nahrungsteilung ermöglicht eine gemischte Ökonomie; Menschen sind Jäger *und* Sammler, sie können sich von Pflanzen *und* von Fleisch ernähren. Durch das Teilen der Nahrung kann sich eine Gesellschaft differenzieren, indem einige Mitglieder für Spezialaufgaben freigestellt werden können. Nahrungsteilen ermöglicht Überfluss-Gesellschaften und Nahrungsteilung ist auch die Voraussetzung, dass das Weibchen sich sehr lange und intensiv um die Brut kümmern kann. Das gemeinsame Essen schafft zudem eine starke emotionale Bindung zwischen den Sippenmitgliedern.

Der aufrechte Gang ermöglicht das Teilen der Nahrung

Der spezifisch menschliche „aufrechte Gang“ erhält unter dem Aspekt des Nahrungsteilens eine herausragende evolutionäre Bedeutung: Mit zwei freien Händen kann man Nahrung viel besser nach Hause tragen.

Gegenseitige Hilfe

Wenn man sich einen Jäger vorstellt, der mit einer grossen Beute zurückkehrt und seine Sippenmitglieder zu einem Festschmaus einladen kann, erahnt man die grosse persönliche Befriedigung, die das Arbeiten für die Sippe dem Einzelnen bringen kann. Diese sogenannte „mutual aid“, die gegenseitige Hilfe, charakterisiert Lebewesen, die in grossen Sozialverbänden leben. Gegenseitige Hilfe trifft man nicht nur bei Menschen an.

Gemeinschaftsgefühl

Das Leben in einer grösseren Gemeinschaft bringt eine Gefühlsdisposition hervor, die den Menschen zum Menschen macht. Adler bezeichnete diese spezifische Gefühlsgrundlage als *Gemeinschaftsgefühl: Beziehungsfähigkeit, Teilen und gegenseitige Hilfe*

Um Missverständnisse zu vermeiden: Gemeinschaftsgefühl ist keine „Tugend“, die man von den Menschen fordern muss. Gemeinschaftsgefühl entsteht automatisch, wenn ein junger Mensch adäquat ins Leben eingeführt wird.



Anerkennungsstreben

Wenn ein Kind keine Fürsorge von Erwachsenen erfährt, stirbt es. Als Säugling ist es der Fürsorge vorerst hilflos ausgeliefert. Schon sehr bald aber entwickelt es Strategien, sich die Fürsorge aktiv zuzuführen; das kann von Lächeln bis zu Brüllen reichen. Psychologen bezeichnen dieses Streben nach Zuwendung und Aufmerksamkeit als *Anerkennungsstreben*. Es begleitet den Menschen das ganze Leben lang und erzeugt die Energie, sich in einen Sozialverband einzufügen. Wegen unserer grossen Hilflosigkeit in jungen Jahren ist das Anerkennungsstreben bei Menschen besonders ausgeprägt. Anerkennung wird zu einem Grundbedürfnis des Menschen; es bereitet grosse Genugtuung, sie zu bekommen, aber auch ebenso grosse Genugtuung, sie zu geben.

Im sozialen Verband lernt man besser

Die grossen Verbände, in denen Menschen leben können, sind ein ideales Labor zum Lernen. Wo viele aktive Individuen in Frieden zusammenleben, wird viel geforscht und ausprobiert und es gibt eine Unmenge von Anregungen und Lernsituationen.

Aufwachsen als evolutionärer (An)Passungsprozess

Wenn wir nun den engeren Familienverband als Sozialsystem ins Auge fassen, dann treten neben den Eltern oder nächsten Bezugspersonen auch die Geschwister als Mitgestalter ins Blickfeld des Psychologen. Vielen Beobachtern fällt ja auf, dass Kinder der gleichen Familie ganz unterschiedliche Persönlichkeiten entwickeln. Warum das?

Man kann das Aufwachsen in der Familie als evolutionären Anpassungsprozess verstehen. Jedes Kind sucht seinen Platz, seine Nische im sozialen Verband. Wenn ein Platz schon besetzt ist, macht es wenig Sinn, ihn zu erobern. Deshalb ist das eine Kind stark in Mathematik und das andere gerade nicht. Ob ich als Erster oder als Letzter geboren werde, hat einen Einfluss auf meine Psyche und formt das „als ob..“ in meinem Hirn.

Geschwister als Mitgestalter der Psyche

Alfred Adler hat der Geschwistersituation seine besondere Aufmerksamkeit geschenkt. In jüngerer Zeit hat Sulloway in seinem Buch „Der Rebell der Familie“ den Fall des Jüngsten untersucht – ein in mehrfacher Hinsicht anregendes Buch.



3.3 Sexuelles Lebewesen

Sexualität ist ein Grundbedürfnis der Menschen

Wie gesagt, die drei psychologischen Gründerväter massen der Sexualität eine fundamentale Rolle im menschlichen Seelenleben zu. Sie entdeckten, dass das intime Zusammensein von Frau und Mann für die Menschen ein Grundbedürfnis darstellt. Wenn bei Menschen die Zärtlichkeit und Intimität gestört ist, zeigen sich Auffälligkeiten im Verhalten und es treten vermehrt psychische Störungen auf. Eine befriedigend gelebte Sexualität ermöglicht ein stabiles seelisches Leben.

Menschen verfügen über die am höchsten entwickelte Kunstfertigkeit in der Sexualität

Zärtlichkeit und Sexualität weisen beim Menschen eine Reichhaltigkeit und Kunstfertigkeit auf, wie sie sonst im Tierreich nicht anzutreffen sind. Richard Leaky und Roger Lewin sind in ihrem Buch „Die Menschen vom See“ der evolutionären Bedeutung der menschlichen Sexualität nachgegangen. Sie schreiben: „... *den Menschen zeichnet (als einziges Lebewesen!) nicht nur eine spitze Nase mit nach unten gerichteten Nasenlöchern aus, sondern auch ein ungewöhnlich starkes sexuelles Bedürfnis, das ihn wesentlich von den diesbezüglichen Gepflogenheiten aller andern Primaten unterscheidet. Der homo sapiens ist der einzige Primat für den Sex nicht nur eine Notwendigkeit, sondern eine gern geübte Betätigung ist. /.../ Dass Menschen sich sexuell so unterschiedlich verhalten, ist ein einzigartiges Phänomen im gesamten Bereich der Lebewesen.*“

Auffällig ist das Interesse des Vaters, an der Pflege des Kindes teilzuhaben

Wir haben bereits erwähnt, dass das Teilen der Nahrung die aussergewöhnlich lange Pflege der Menschenjungen ermöglicht. Da die Mutter natürlicherweise stärker an das Kind gebunden ist, und während dieser Zeit zu weniger tierischen Nahrung gelangt, braucht sie die Kooperation des Sexualpartners. Auffällig beim Menschen ist das grosse Interesse des Vaters, an der Pflege des Kindes teilzuhaben – auch wenn die heutige gesellschaftlich Situation das manchmal nicht vermuten lässt! Wodurch bringen die Menschenfrauen das zustande?

Menschenfrauen sind viel attraktiver als vergleichbare weibliche Primatinnen

Menschenfrauen sind viel attraktiver als Primatenweibchen. Leaky und Lewin stellen das so dar: „*Jeder männliche Primat ist stets und ständig bereit, zu kopulieren, und der männliche Homo sapiens folgt schlicht und einfach dieser Tradition. Weibliche, nicht - menschliche Primaten führen jedoch ein höchst untergeordnetes Geschlechtsleben. Sie sind nur in bestimmten Abständen, die eher Jahre als Monate dauern, empfängnisbereit. (Menschen -) Frauen sind dagegen immer an Sex interessiert. Und nicht nur das – für Menschen bedeutet Sex mehr als nur Fortpflanzung, was auch immer die Kirche zu diesem Thema zu sagen haben mag. Nicht-menschliche weibliche Primaten werden empfängnisbereit, wenn es biologisch sinnvoll ist. Der Geschlechtsakt ist kurz, und dauert meist kaum eine halbe Minute /.../. Ein Geschlechtsakt zwischen*



Menschen, die sich als Partner mögen und schätzen, kann Tag für Tag vollzogen, lange ausgedehnt werden und ist unabhängig davon, ob die Frau schwanger ist.“

Menschliche Frauen haben als einzige Primatenweibchen einen Orgasmus

Neben der Tatsache, dass menschliche Frauen keine Brunstzeit kennen, erhöht der weibliche Orgasmus, den die Tierwelt nicht kennt, die frauliche Attraktivität zusätzlich. Zudem geht eine menschliche sexuelle Beziehung weit über eine simple Paarung hinaus. Menschen empfinden im Liebespiel durch Berührungen wesentlich gesteigerte Lustgefühle. Es gibt Forscher, die sogar behaupten, dieses gesteigerte Lustgefühl sei der eigentliche evolutionäre Vorteil von uns „nackten Affen“; es sei der Grund, weswegen wir unsern Pelz verloren hätten; um im körperlichen Kontakt mehr zu empfinden!

Die Sexualität ermöglicht das Lernen

Die Tatsache, dass Menschen viel zu früh und damit „unfertig“, zur Welt kommen, würde das Überleben der menschlichen Art gefährden, wenn nicht beide Eltern ein langdauerndes und intensive Interesse an der Pflege ihrer Kinder hätten. Vor allem das Einbinden des Vaters durch eine nur dem Menschen eigene Sexualkunst, ermöglicht es dem Kind, jahrelang Kind zu bleiben und zu lernen .. zu lernen .. zu lernen. Das intensive Interesse des Sexualpartners ermöglicht sozusagen einen späten Eintritt ins „Erwerbsleben“ und damit eine überaus lange Periode des Lernens, Entdeckens und Spielens. Das Menschenjunge lernt den „Ernst des Lebens“ erst sehr spät kennen und hat sehr viel Zeit, sich auf ihn vorzubereiten.



3.4 Kulturwesen

Menschen verfügen über eine hochentwickelte Kultur

Wenn ein Mensch also viel Zeit hat, sich auf den Ernst des Lebens vorzubereiten, dann ist das nur dann eine sinnvolle Strategie, wenn ihm sein Umfeld auch viele Werkzeuge und Instrumente zur Lebensbewältigung zur Verfügung stellt. Mit andern Worten, wenn es auch viel zu Lernen gibt. Tierarten, die ihren Nachkommen viel Wissen und Kenntnisse zur Verfügung stellen, verfügen über eine hochentwickelte *Kultur*. Auch in dieser Hinsicht nehmen die Menschen unter den Tieren eine Ausnahmestellung ein.

Kultur, die Fähigkeit individuelle Errungenschaften weiterzugeben

Die Kulturfähigkeit ermöglicht dem Menschen seine individuellen Errungenschaften weiterzugeben. Die Kultur stellt also gewissermaßen den gesamten Erfahrungsschatz einer Spezies dar. Mit Kultur eröffnet sich die Möglichkeit, den Anschluss an Artgenossen herzustellen, die nicht zeitgleich mit mir leben, sondern möglicherweise schon vor Jahrhunderten gestorben sind.

Die Kultur formt den Menschen

Diese Kultur, in die ein Menschenkind hineinwächst, formt den Geist und die Seele des Kindes. Als Armenarzt in einem Vorort von Wien, wurde Adler mit diesen heimlichen Miterziehern der Kinder auf schmerzliche Weise konfrontiert. Er stellte fest, dass unter Menschen, die unter prekären ökonomischen oder sozialen Verhältnissen aufwuchsen, psychische Schädigungen häufiger anzutreffen waren. (Um 1880 wurden in Österreich 75 % der Kinder ausserehelich geboren!).

Werte und Normen

Auf Grund des bisher Gesagten erstaunt es nicht, dass Psychologen auch die Werte und Normen untersuchen, mit denen ein Mensch gross geworden ist. Der „kulturalistischen Schule“ der Anthropologie (R. Benedict, M. Mead) kommt das Verdienst zu, diesen Ansatz in den dreissiger Jahren wieder aufgenommen zu haben. Sie begründeten damit eine eigene Wissenschaft, die vergleichende Völkerkunde.

Sprache und bildnerisches Gestalten

Natürlich müsste man im Umfeld der Kulturfähigkeit des Menschen seiner Fähigkeit, Symbolsysteme zu entwickeln und anzuwenden, nachgehen. Eine zentrale Stellung nimmt dabei die Sprache ein. Ihren evolutionären Vorteil muss man nicht speziell erwähnen. Aber wie steht es mit dem evolutionären Vorteil von Verzierungen und bildnerischem Gestalten? Es würde zu weit führen, darauf einzugehen. Aber interessant wäre es schon!

Schon seit hundert Jahren

Damit haben wir einige Eckpfeiler des psychologischen Verständnisses, wie ein Mensch von einer besamten Eizelle zu einem hochgeistigen Kulturwesen heranwächst, nachgezeichnet. In der einleitend erwähnten Halbierung der Welt wurde die Psychologie auf die Seite der spekulativen Wissenschaften gezählt. Das wird aber nicht der wichtigste Grund für ihren schlechten Ruf



sein. Ihre Resultate waren für viele Menschen ärgerlich und man hat sie aus den verschiedensten Gründen bekämpft. Die Psychologen haben durch ihr Verhalten zur Missachtung ihrer Disziplin teilweise auch selbst beigetragen. Nichts desto trotz, die psychologischen Erkenntnisse gelten schon seit hundert Jahren. Es ist Zeit, sie ernst zu nehmen.

Der Konsens nimmt zu

Heute bewegen sich die einzelnen Wissenschaften viel stärker aufeinander zu. Wir machen deshalb einen Sprung auf die andere Seite des „Sumpfes der Komplexität“ und wollen zeigen, wie man mit einem analytisch zergliedernden Ansatz dem Geist in der Materie näherkommt. Zuerst beschäftigen wir uns mit der naturwissenschaftlichen Fassung von „Geist“, der Information.



4 Physikalisch-mathematischer Zugang

4.1 Information - ein „Sprachproblem“

Geist = Information ?

Könnte man Geist nicht einfach als Information auffassen, die in der Materie gespeichert ist?

Der Ansatz drängt sich auf. Bei „Information“ lässt sich der Ausgangspunkt naturwissenschaftlich präzise umschreiben: Bit's und Bytes. Basta. Wie bei einem Computer: So und so viele Giga-Bytes sind nötig und dann ist der Geist gefasst. Der Ärger kommt erst später: Wo ist gespeichert, wie man die Information verstehen soll, und wie stelle ich sicher, ob die Information auch so verstanden wird, wie der „Schreiber der Information“ es beabsichtigte?

Information umfasst drei Ebenen (Dimensionen)

Information besteht nicht bloss aus Bits und Bytes. Was in einem Byte gespeichert ist, muss vom Leser verstanden werden. Und der Leser wird aufgrund der Information handeln: Entweder tut er etwas, was man von aussen sieht, oder zumindest in seinem Kopf geht etwas vor. Man spricht deshalb von den *drei* Dimensionen einer Information.

Musterbeispiel für Information

Eine Person übermittelt einer andern die Nachricht: „Lösch das Licht aus!“

An diesem Musterbeispiel wollen wir den Begriff „Information“ zu fassen versuchen. Vorerst erläutern wir die drei Dimensionen und gehen dann auf jede genauer ein.

Syntaktische Dimension: Codierung

Die Information, die übermittelt werden soll, muss zuerst vom Kopf des Senders in ein Signal umgewandelt werden: Z.B. in einen Morsecode, ein Rauchzeichen, eine E-Mail oder in einen sprachlichen Laut. Für unser Beispiel nehmen wir an, das Symbol für „Lösch das Licht aus“ sei ein „L“ und werde per E-Mail geschickt. Diese Dimension der Information heisst *syntaktische* Dimension oder *Codierung*.

Syntax

gr.-/lat.; „Zusammenordnung; Wortfügung; Satzgefüge“

1. in einer Sprache übliche Verbindung von Wörtern zu Wortgruppen u. Sätzen; korrekte Verknüpfung sprachlicher Einheiten im Satz.

2. Lehre vom Bau des Satzes als Teilgebiet der Grammatik; Satzlehre.

(Quelle: Lexirom)



3. Beim Programmieren: Satz von Befehlen über die eine Programmiersprache verfügt. Lehre von der korrekten Verwendung dieser Befehle (Syntaxfehler).

**Semantische Dimension:
Aushandeln der
Bedeutung**

Der Sender und der Empfänger mussten sich einigen, dass für sie das „L“ stellvertretend für „Lösch das Licht aus“ steht. Vielen Menschen ist nicht klar, dass die Sätze, die sie sprechen auch das Resultat solcher Vereinbarungen sind. Das Herausfinden, was ein Laut bedeutet, bildet den Kern des Spracherwerbs in der Kindheit – und im Erwachsenenalter. Diese Dimension von Information nennt man *semantisch*.

Semantik

[griech.], Teilgebiet der Linguistik, das sich mit den *Bedeutungen* sprachlicher Zeichen und Zeichenfolgen befasst. (Lexirom)

**Pragmatische Dimension:
Erzeugte Wirkung**

Beim Sender erzeugt die Information nun eine Reaktion: Er löscht das Licht, oder er ärgert sich, da es ja schon gelöscht ist usw.

Pragmatik

allg.: Sinn für *praktischen* Nutzen und Tatsachen.

**Verschränkung von
Semantik und Pragmatik:
Semantopragmatik**

Nachprüfen, ob der Sender die Botschaft verstanden hat (Semantik) können wir anhand seiner Reaktion: Löscht er das Licht - aha er hat es kapiert. Semantik und Pragmatik sind miteinander verknüpft. Der Spracherwerb zeigt das eindrücklich. Ein kleines Kind beginnt Laute zu formen: ma, pa, mama. Bei Mama regiert die Umwelt, die Mutter strahlt, der Vater ist stolz: Die Reaktion der Eltern zeigt dem Kind, was der Laut bedeutet. Unglücklicherweise kann man die semantische und die pragmatische Dimension von Information nicht voneinander trennen: Man spricht demzufolge von Semantopragmatik.

**Kann der Bauplan eines
Menschen in der
Stammzelle gespeichert
sein?**

Nehmen wir an, die Eizelle einer Frau und die Samenzelle eines Mannes vereinigen sich zur ersten Zelle eines neuen Menschen. Kann in dieser ersten Zelle des Menschen schon die ganze Information vorhanden sein, die es braucht um den erwachsenen Menschen zu beschreiben?

Vorerst beleuchten wir nur die syntaktische Dimension.

**Wie speichert man
Information?**

Die syntaktische Dimension von Information stellt man sich am besten am Beispiel des Computers vor. Der Computer hat nur zwei Ziffern, 1 oder 0 resp. Strom oder keinen Strom. Wenn man nun zu zählen beginnt, kann man von 0 bis 1 zählen, aber dann hat man für die 2 keine Ziffer mehr. Man braucht wie beim Kilometerzähler eine neue Stelle: die Zweier. Das führt zum *Binärsystem* (Zweier-System).



Binärsystem

Zweier	Einer
1	0

Unsere normale Zwei wird also im Binärsystem als 1 0 geschrieben. Gelesen: eins-null. Sie bedeutet: ein Zweier und null Einer. Die Drei wäre dann 1 1. Ein Zweier und ein Einer macht zusammen 3.

Und jetzt kommt schon das nächste Problem: Für die Vier braucht man wieder eine neue Stelle!

Vierer	Zweier	Einer
1	0	0

Die Fünf wäre dann 1 0 1. Wie weit kann man nun mit diesen 3 Stellen zählen?

Ein Bit, eine Stelle im 2er System

Bis zur Sieben, dann braucht man eine neue Stelle, die Achter. Sehen Sie den Trick? Die Stellen sind ein Vielfaches von 2 – das ist das Binärsystem (Zweiersystem). Beim Zehnersystem sind die Stellen ein Vielfaches von 10. Eine solche Stelle im Binärsystem heisst *ein Bit*.

Ein Byte 8 Bit miteinander

Oft hört man im Zusammenhang mit Speicherfähigkeiten von Computern auch den Begriff Byte. Ein Ensemble von 8 Bit heisst Byte. Mit einem Byte kann man 256 Zahlen darstellen. Ein Megabyte heisst dann eine Million Byte.

Speichern von Text

Wie kann man nun Text, einen Buchstaben, z.B. das „L“ in einem Computer abspeichern? Zuerst ordnet man jedem Buchstaben des Alphabets eine Zahl zu. Das grosse L hat z.B. die Zahl 76 (sog. ASCII Code). Dann speichert man diese Zahl in einem Byte. (256 Zahlen reichen für alle grossen und kleinen Buchstaben und ein paar sonstige Zeichen). Das Wort „Information“ braucht also 11 Byte zu seiner Speicherung.

Ein Bit: ein Schalter

Physikalisch realisiert man ein Bit mit einem Schalter.

Schalter zu = Strom kann fließen = 1

Schalter offen = kein Strom = 0

Ein Byte in einem Speicherbaustein eines Computers besteht also aus 8 Schaltern.

Biologisch entspricht dem Bit oft eine Molekül-Verbindung. Wenn das Molekül A mit dem Molekül B verbunden ist, wäre das eine 1. Eine Verbindung von A mit C wäre eine 0.

Der genetische Code, Was ein Codon speichern kann: AAA;AAG;AAT;AAC AGA;AGG;AGT;AGC; ATA;ATG;ATT;ATC;

Der genetische Code – siehe Kap. 6 – besteht aus einem Vierersystem. Es gibt 4 Zeichen, die mit A, G, T, C bezeichnet werden; man könnte auch 0,1,2,3 sagen. Man kann im genetischen Code also bis 3 zählen, dann braucht man eine neue Stelle: die Vierer. Er enthält „Bytes“ von nur drei „Bit“ Länge. Das Bit heisst Nukleotid und das Byte nennt man Triplet oder Codon. Mit diesem



System kann jedes Byte 64 verschiedene Zustände darstellen – im Gegensatz dazu stellt ein Computer-Byte 256 verschiedene Zustände dar, also 4 mal mehr. Mit Zahlen:

16_er	Vierer	Einer
1	2	3

Das wäre die Zahl 27 ($16 + 2 \cdot 4 + 3 \cdot 1$) im Vierersystem.

Der genetische Code kann nicht genügend Information speichern

Die Erbsubstanz, die DNS, enthält 3.9 Milliarden Nukleotide (Gen-Bits), oder etwas mehr als 1 Milliarde „Gen-Bytes“. Die DNS speichert also ca. ein Giga-Byte im 4er System. Das sind 250 MByte im 2er System eines Computers. Damit kann man zwar ziemlich viel Information darstellen, aber niemals so viel, wie es zur Beschreibung eines ausgewachsenen menschlichen Körpers brauchen würde.

Human Genome Project

Die Entschlüsselung des genetischen Codes des Menschen (Human Genome Project) ist zwar gelungen – man kennt die ganze 3.9 Milliarden lange Reihe von A, G, T, C's – aber was weiss man damit?

Semantopragmatischer Aspekt des genetischen Codes



Was bedeutet nun die Reihenfolge dieser A, G, T, C's? Welche Reaktion löst sie im Organismus aus – und *wann* löst sie eine Reaktion aus? Auf diesen Aspekt des genetischen Codes, dass er *verstanden* werden muss, hat als erster Richard Lewontin hingewiesen. Schon 1974 machte er darauf aufmerksam, dass genetische Information die gleiche Struktur wie sprachliche Information aufweist: Neben dem Code gibt es eine Dimension der Bedeutung und eine Dimension der Reaktion. Diese Dimensionen zu fassen geht weit über das Verstehen des Codes hinaus.

Auf den semantopragmatischen Aspekt genetischer Information gehen wir im Kapitel 6 ein. Wir lernen dort auch, dass der genetische Code *lernfähig* ist.

Semantopragmatischer Aspekt der Information: Der „Sumpf der Komplexität“

Mit dem semantopragmatischen Aspekt stehen wir schon mitten im „Sumpf der Komplexität“. Was so einfach schien, Bits und Bytes, wird nun so komplex, wie der Spracherwerb eines Kindes. Wie das Wort Erwerb schon andeutet, geht es hier wieder um einen *Prozess* – einen *Lernprozess*: Unzählige Wiederholungen erzeugen nach und nach Bedeutungen für vorerst sinnlose Laute wie: pa-pa, ma-ma, brum-brum etc. Und wie wollen wir mit Bit's und Bytes das Phänomen erklären, dass man manchmal eine halbe Seite Text lesen muss, bis plötzlich der sogenannte AHA-Effekt auftritt?



4.2 Das Problem der Entropie

Alles endet in Unordnung Überlässt man ein hochgeordnetes System – z.B. ein Haus – sich selbst, so zerfällt es und die Ordnung geht verloren. Physiker sagen: Ohne eine Energiezufuhr von aussen verliert ein abgeschlossenes System seine Ordnung. Die Entropie in abgeschlossenen Systemen nimmt zu. Dieses physikalische Grundprinzip steht dem „Geist in der Materie“ feindlich gegenüber. Der schön geordnete Gen-Strang würde sich in Unordnung und Chaos auflösen. Um diesen Gedanken zu verstehen müssen wir uns etwas genauer mit Ordnung und Unordnung befassen.

Ordnung: Ich weiss, wo das Buch steht.

Nehmen wir an, wir hätten ein Buch und ein Büchergestell mit 2 Tablaren.

Ordnung herrscht, wenn ich weiss, auf welchem Tablar das Buch steht. Unordnung herrscht, wenn ich es nicht weiss. Unordnung ist also gleichbedeutend mit fehlender Information. In unserem Beispiel hat das Buch nur zwei Möglichkeiten: Es kann auf dem unteren oder dem oberen Tablar stehen. Die Unordnung ist noch nicht sehr gross.

Unordnung: Ich weiss nicht wo das Buch steht

Nehmen wir nun an, wir hätten zwei Bücher in unserem Büchergestell mit 2 Tablaren. Auf wie viele Arten kann man die Bücher in das Gestell stellen?

Auf vier Arten: beide unten, beide oben, eins unten das andere oben und umgekehrt.

Bei drei Büchern wird es langsam kompliziert. Es gibt 8 Möglichkeiten. Bei vier Büchern gibt es 16 Möglichkeiten: Jedes Buch hat zwei. Zu diesen zwei Möglichkeiten kommen die zwei des nächsten Buches hinzu. Und so fort: 2 mal 2 mal 2 mal 2. Betrachten Sie die Zahlen: 2, 4, 8, 16. Das ist das Zweiersystem (Binärsystem).

„Potentielle Information“ statt „Unordnung“

Wissenschaftlich geeigneter wäre *potentielle* Information statt Unordnung. Das System „zwei Tablare und ein Buch“ kann 4 Zustände oder 2 Bit Information darstellen; es hat die *Potenz* für 2 Bit Information. (Wir betrachten hier nur den syntaktischen Anteil der Information).

Messen von Information: Wie viele Bit braucht es?

Die syntaktische Dimension von Information wird in Bit gemessen: Wie viele Stellen im Zweiersystem werden benötigt, um die Anzahl Möglichkeiten darzustellen? Bei 4 Büchern in unserm Gestell braucht man gerade 4 Bit. Wollen Sie Ihr Gehirn etwas trainieren? Wie viele Bit brauchen 4 Bücher in einem Gestell mit 5 Tablaren?

Lösung:

a) $5^4 = 625$

b) Das Zweiersystem besitzt folgende Stellen: 2, 4, 8, 16, 32, 64,



Entropie, das physikalische Mass für Unordnung



128, 256, 512. Wir brauchen also 9 Stellen im Zweiersystem, um all die Möglichkeiten von vier Büchern auf fünf Tablaren darzustellen. Wenn wir nicht wissen, wo die Bücher stehen, fehlen uns 9 Bit an Information.

Physiker beschreiben Unordnung mit dem Begriff der Entropie (S). Sie ist definiert als die fehlende Anzahl Bit mal eine Konstante k

$$S = k * (\text{fehlende Information in Bit})$$

Zu Ehren des österreichischen Physikers Ludwig Boltzmann (1844-1906) wird k Boltzmann-Konstante genannt.

Ohne Zufuhr von Energie vergrößert sich die Entropie eines Systems; damit nimmt die Unordnung zu. Wenn sich also zufällig einige Atome zu einem Molekül zusammengefunden hätten, z.B. einem Protein, dem Grundbestandteil unseres Körpers, dann würde dieses Protein wieder zerfallen. Allerdings wird der Erde ständig Energie zugeführt: von der Sonne.



4.3 Chaos und Komplexität

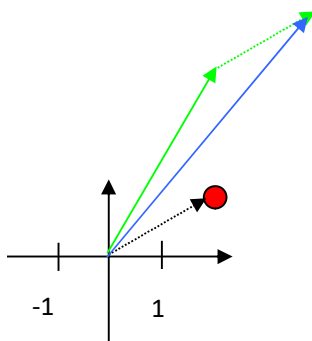
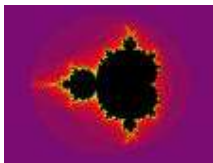
Reduktionismus

Die klassischen Naturwissenschaften hielten sich bis vor kurzer Zeit vom „Sumpf der Komplexität“ möglichst fern. Meist dadurch, dass sie die Probleme so stark vereinfachten, dass nur noch eine oder zwei Ursachen massgeblich wurden. Z.B. beim Fallen eines Steines werden die Form des Steins und der Luftwiderstand weggelassen – man denkt sich den Stein als blossen Punkt! Diese Vereinfachungsstrategie nennt man *Reduktionismus*.

Chaos-Theorie

Seit Mitte der 80 er- Jahre des letzten Jahrhunderts hat in der Mathematik eine Forschungsrichtung Ansehen gewonnen, die der Komplexität etwas auf den Leib rückt. Das Vorgehen dieser sogenannten *Chaostheorie* scheint mir für komplexe Prozesse so typisch zu sein, dass ich es kurz und möglichst einfach zu erklären versuche.

Mandelbrot Menge



Wir wollen als Musterbeispiel eines hochkomplexen Prozesses die Erzeugung eines sogenannten „Apfelmännchens“ studieren. In der Fachsprache heisst das Bild: *Mandelbrot-Menge*.

Wir legen dem Bild ein Koordinatensystem zu Grunde. Im Moment betrachten wir nur den roten Punkt. Zu ihm führt ein Pfeil, den wir *c* nennen.

Vorschrift: (grün)

1. wir multiplizieren die Länge des Pfeiles mit sich selbst
2. wir verdoppeln den Winkel
3. an den entstandenen Pfeil hängen wir *c* an.

Man sieht, der neu entstandene Pfeil (blau) ist ziemlich viel länger.

- a) Wenn wir nun die Vorschrift wiederholen, sie also auf den blauen Pfeil anwenden, wird der Pfeil immer länger.
- b) Hätten wir mit einem Punkt nahe dem Ursprung begonnen, dann wäre die Pfeillänge vielleicht nur 0.1 gewesen. Die Multiplikation hätte dann 0.01 ergeben und das *c* dazu gezählt hätte etwas um 0.1 ergeben. Der Pfeil würde nicht wachsen. Man sagt: Der Punkt ist Teil der Mandbrot-Menge. Er wird schwarz eingefärbt.

Im Fall a) wächst der Pfeil über alle Grenzen und der Punkt ist demzufolge *nicht* Teil der Mandbrotmenge. Er wird rot eingefärbt.



Dieses Prozedere macht man nun für alle Punkte in einem Quadrätchen um den Ursprung des Koordinatensystems und erhält so ein Apfelmännchen aus schwarzen Punkten umgeben von roten Punkten.

Farbabstufungen

Die Farbabstufungen sind nicht wichtig, aber plakativ! Sie entstehen, weil man noch zählt, *wie schnell der Pfeil wächst*. Nehmen wir als Grenze 2 an. Wie oft muss man die Vorschrift wiederholen, bis der Pfeil länger als 2 ist?

5 Mal: dunkelrot

10 Mal: heller rot

100 Mal: hellrot

Man kann für diese Einfärbung alle Regenbogenfarben verwenden. Dann erhält man eigentliche Farbposter.

Mandelbrot Applet

Pröbeln Sie selber ein bisschen mit dem Mandelbrot Programm (applet) auf der folgenden Webseite
<http://www.math.utah.edu/~alfeld/math/mandelbrot>

Zoomen: Scaling-eigenschaft



Das faszinierende am Mandelbrot-Bild ist seine Zoomeigenschaft. Sie können auf eine beliebige Randstelle ein kleineres Quadrätchen legen und einen feineren Punktabstand wählen und Sie bekommen faszinierende *unvorhersehbare* Bilder. Nebenstehendes Bild zeigt eine solche Vergrößerung. Die Formenvielfalt hört nie auf! Und: Sie können sie nicht voraussagen! Sie müssen den Prozess jedes Mal durchspielen.

Komplexität: Eine einfache Regel oft anwenden.

Was haben wir nun?

Als Endresultat eine ungeheure Informationsmenge und eine Komplexität, die wir *nicht beschreiben* können.

Als Ausgangspunkt

- Ein Koordinatensystem mit ein paar wenigen Bytes an Information.
- Eine simple Regel, die auch in ein paar wenigen Bytes abgespeichert werden kann
- Einen Prozess, in dem eine simple Regel immer wieder angewendet wird

Der *Prozess* erzeugt die Komplexität. Das ist für mich das Zentrale an diesem Beispiel.



Ein Schmetterling, der in Hongkong auffliegt, kann in Luzern ein Gewitter erzeugen

Die geringfügigste Änderung am Startpunkt des Pfeils c kann zu einem völlig neuen Resultat führen. Dies trifft vor allem im Grenzbereich der Mandelbrot Menge zu, gilt aber grundsätzlich für alle chaotischen Prozesse. Da auch die Wetterbildung als chaotischer Prozess beschrieben werden kann, verglich ein Forscher diese Eigenschaft mit einem Schmetterling, der in Hongkong auffliegt und damit ein Gewitter mitbestimmt, das sich über Zug entleert.

Keine Vorhersagekraft

Das Resultat eines chaotischen Prozesses lässt sich *nicht* aus dem Anfangszustand (dem Pfeil c) *vorhersagen*. Man muss den Prozess *ablaufen* lassen, um zu wissen, was herauskommt. Diese fehlende Voraussagekraft hat zum Begriff „chaotisch“ geführt. Er ist irreführend, weil er nahelegt, ein solcher Prozess sei willkürlich, gesetzlos und der Vernunft nicht zugänglich. Die fehlende Voraussagekraft ist ein zentrales Merkmal. Sie wurde bisher immer als unabdingbar für naturwissenschaftliche Erklärungsmodelle angesehen. Es liegt in der Struktur komplexer Prozesse, dass sie nicht voraussagbar, wohl aber im Nachhinein erklärbar sind.

Chaotische Prozesse sind rückgekoppelt

Sie kennen die Rückkoppelung von Verstärkeranlagen. Wenn das Mikrofon zu nahe am Lautsprecher platziert ist, nimmt es den Lautsprecherton auf und verstärkt ihn. Das führt zu einem Kreisprozess, der sich aufschauelt. Das System beginnt zu pfeifen.

Bei der Mandelbrotmenge ergibt sich die Rückkoppelung durch das Multiplizieren der Länge mit sich selber: Lange Pfeile werden noch länger, kurze hingegen noch kürzer.

Ein Zipfel des Sumpfes ist trocken gelegt

An diesem Punkt gelingt es, einen Zipfel der Komplexität zu fassen. Komplexität kann entstehen, wenn eine einfache Regel immer wieder angewendet wird.

- *Durch das fortwährende Anwenden einer einfachen Vorschrift entsteht etwas grundsätzlich Neues, was in der ursprünglichen Regel nicht enthalten war (sog. Emergenz).*
- *Derartige Prozesse haben Schmetterlingscharakter.*
- *Sie sind rückgekoppelt: Das System wirkt auf sich selbst zurück.*
- *Sie lassen keine Voraussagen zu. Ihre Resultate können aber sehr wohl im Nachhinein mit rationalen Ursachen erklärt werden.*



5 Evolutionär – erkenntnistheoretischer Zugang

5.1 Das naturwissenschaftliche Prinzip; ein induktiv-deduktiver Kreisprozess

Die Enzyklopädisten versuchten den Gegensatz von Geist und Materie zu überwinden.

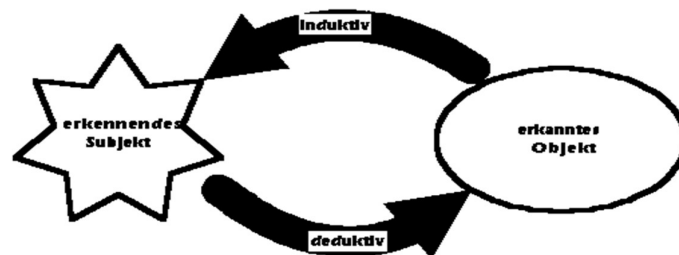
Von 1700 bis nach der französischen Revolution (1798) versuchten die Vordenker der Aufklärung, die sogenannten Enzyklopädisten und Empiristen, den Gegensatz von Geist und Materie zu überwinden. Sie waren vom Gedanken beseelt, alles menschliche Wissen in *einem* allgemeinen System zu vereinigen. Sie hatten den Mut, die gesamte Natur – das Universum, unser Sonnensystem, unsere Erde, die Entwicklung von Pflanzen und Tieren und die menschliche Gesellschaft – als eine Reihe von Tatsachen anzusehen, welche in gleicher Weise studiert werden können, wie man Naturwissenschaften studiert. Obwohl mit dem Scheitern der französischen Revolution dieser Ansatz 50 Jahre lang in den Hintergrund gedrängt wurde, setzte er sich in den Jahren Darwins, von 1856 bis 1862 umso kräftiger durch. In diesen Jahren wurden die Werke von: Grove, Joule, Berthelot, Helmholtz, Darwin, Claude Bernard, Moleschott, Vogt, von Lyell, Bain, Mill und Burnouf publiziert. Sie revolutionierten die Grundanschauung von Wissenschaft und das Verhältnis von Geist und Materie vollständig.

Fürst Peter Kropotkin

Dem russischen Geografen und Vordenker des libertären Sozialismus, Peter Kropotkin, kommt das Verdienst zu, das methodische Prinzip, auf dem dieser Wandel beruhte, klarer gefasst zu haben: Er spricht vom (natur) - wissenschaftlichen Prinzip als einem induktiv – deduktiven Kreisprozess.

Induktiv: von den Tatsachen und Beobachtungen zu Verallgemeinerungen aufsteigen

Der induktive Ast des Erkenntnisprozesses beobachtet die Natur und geht vom Phänomen oder dem Einzelereignis aus. Im Schema von erkennendem Subjekt und erkanntem Objekt würde Information vom Objekt (der Natur) zum Subjekt (dem Menschen) fließen:



Deduktiv: von Hypothesen und Modellvorstellungen zu konkreten Untersuchungsplänen absteigen

Im deduktiven Ast des Erkenntnisprozesses verarbeitet das vernunftbegabte Subjekt zuerst die Informationen aus dem induktiven Ast und bildet Vermutungen, Hypothesen und Modelle. Ausgehend von diesen Modellen trifft es Vorhersagen, die nun am Objekt auf ihre Richtigkeit hin überprüft werden. Einer der Begründer der Elektrotechnik, der Däne Hans Christian Oersted (1777- 1851) sagte: „Der Forscher will damit die Natur zwingen, vor seinen Augen zu handeln“.

Die Reaktion des Objektes auf die Überprüfung ergibt eine neue induktive Rückmeldung; sie wird wiederum verarbeitet und damit entsteht ein Kreisprozess, der zu immer grösserer Gewissheit führt.

Der induktiv – deduktive Kreisprozess

Peter Kropotkin stellt das induktiv – deduktive Prinzip ins Zentrum menschlichen Erkennens und spricht von ihm als der „einzig wahren wissenschaftlichen Methode“. Hören wir ihn im Originaltext: (Er spricht von den Enzyklopädisten)

Unter ausgiebiger Benutzung der einzig wahren wissenschaftlichen Methode, nämlich der induktiv-deduktiven Methode traten sie heran an das Studium aller Erscheinungsgruppen, wie sie die Natur bietet, mochten sie nun der Sternen- oder der Tierwelt, oder dem Gebiet menschlicher Religionssysteme und Einrichtungen angehören. Und man studierte sie in der Weise des Naturforschers und als ob man physikalischen Fragen gegenüberstehe. Sie registrierten zu Anfang geduldig die Tatsachen, und wenn sie zu Verallgemeinerungen schritten, so geschah es auf dem Wege der Induktion. Sie stellten wohl bestimmte Hypothesen auf, aber sie massen diesen keine höhere Bedeutung bei als Darwin seiner Theorie von dem Ursprung neuer Arten durch den Kampf ums Dasein oder Mendeleeef seinem «periodischen Gesetz». Sie sahen in ihnen blosse Annahmen, welche eine vorläufige Erklärung geben und dadurch die Gruppierung der Tatsachen sowie ihr nachfolgendes Studium erleichtern. Aber diese Hypothesen mussten erst durch die Anwendung auf eine Fülle von Erscheinungen bestätigt werden, sie mussten auch auf deduktivem Wege erklärt werden, und sie wurden nicht eher «Gesetze» (d.h. erwiesene Verallgemeinerung) als bis sie diese Probe bestanden und in ihrem Verhältnis zu Ursache und Wirkung erklärt waren.

Der induktiv – deduktive Kreisprozess, der „Erkenntnisprozess“ der Evolution

Dieser induktiv – deduktive Kreisprozess entspricht dem Grundprinzip der Evolution. Ein Organismus ändert sich spontan (deduktiver Ast). Die Veränderung eröffnet ihm bessere oder schlechtere Chancen. Organismen mit vorteilhaften Änderungen überleben besser und vermehren sich stärker: Sie werden positiv selektioniert (Reaktion der Umwelt, induktiver Ast). „Survival of the fittest“. Der Organismus passt sich im Laufe der Zeit optimaler in seine Umgebung ein. Dieses Prinzip der *Passung* charakterisiert den evolutionären Prozess. Man kann den Prozess einen „Erkenntnisprozess“ nennen, wenn man daran denkt, dass er die Fitnesskriterien aus der Natur herausfiltert.



5.2 Das Prinzip der Passung

Survival of the Survivor?

Das Prinzip der Selektion wurde stark kritisiert. Es sei ja gar kein eigentliches wissenschaftliches Gesetz, weil es nicht voraussagen würde, wer denn genau ausgelesen würde. Man müsste deshalb nicht „survival of the fittest“, sondern „survival of the survivor“ sagen. Und damit würde es sich um einen weissen Schimmel, eine Tautologie, handeln. Wichtig am Prinzip ist meiner Meinung nach die Aussage, dass die *Natur* selektioniert – und nicht irgend eine Autorität oder geistige Macht. Was genau die *Selektionskriterien* sind, ist zwar ein hochkomplexes Problem, die „Fitnesskriterien“ sind aber der naturwissenschaftlichen Erforschung im Prinzip zugänglich.

Evolution ist Evolution von Information

Wir können uns durchaus eine Welt denken, in der Evolution nicht auf der Basis einer materiellen Trägersubstanz, wie etwa Kohlenstoffverbindungen, basiert. Die Grundlage könnte auch eine andere Verbindung bilden. Ja selbst ein Computer, auf dem ein genetischer Algorithmus eine Spielsituation bewältigt, extrahiert die Kriterien der Fitness aus der Spielanlage. Diesen Gedanken stellt Lyre in seinem Buch „Informationstheorie“ vor und wagt deshalb die These:

- *«Evolution ist Evolution von Information.»*

Damit wird ein Gedanke aufgenommen, den Konrad Lorenz mit folgenden Worten formuliert hat:

- *„Leben selbst ist ein erkenntnisgewinnender Prozess.“*

Wer entscheidet nun über richtige oder falsche Erkenntnis?

„Um es grob, aber bildhaft auszudrücken: Der Affe, der keine realistische Wahrnehmung vom Ast hatte, nach dem er sprang, war bald ein toter Affe – und gehört daher nicht zu unseren Urahren.“
Simpson, zitiert nach Vollmer (S.103).

Passung

Wenn die Erkenntnis also *passt*, dann überlebt der Organismus und vermehrt sich weiter. Aus der simplen Tatsache, dass wir noch leben, dürfen wir schliessen, dass wir hinreichend angepasst sind: Dass auch unsere Erkenntnisstrukturen hinreichend angepasst oder „realistisch“ sind.

Dieser Gedanke von Vollmer führt uns zur *evolutionären Erkenntnistheorie*, die dem kropotkinschen Gedanken des induktiv-deduktiven Kreisprozesses zu neuer Geltung verhalf – ohne den Autor allerdings zu nennen. Die evolutionäre Erkenntnistheorie wendet den induktiv - deduktiven Mechanismus aber auch auf die Ausbildung der Vernunft selbst an; darin liegt ihre überragende Bedeutung. Wir wollen ihr deshalb im folgenden Kapitel etwas Raum geben.



5.3 Evolutionäre Erkenntnistheorie

Haupteinwand gegen das induktiv – deduktive Prinzip: Das Dilemma der Vernunft

Wenn nun aber das erkennende Subjekt im induktiv-deduktiven Erkenntnischema sich selbst zum Objekt nimmt? Was dann? Beisst sich die Katze da nicht in den eigenen Schwanz?

Woher bezieht die Vernunft selber die Vernunft? Dieser Streit, der seit der Antike fort dauert, hat den Philosophen Karl Popper veranlasst zu bemerken: „Es ist der grösste Skandal der Philosophie, dass, während um uns die Natur /.../ zugrunde geht, die Philosophen weiter darüber streiten /.../ ob diese Welt existiert.“

Evolutionäre Erkenntnistheorie

Wie gesagt, in den 70 er Jahren gelang es, diesen unfruchtbaren Gegensatz langsam aufzulösen. Wegbereitend war die sogenannte „evolutionäre Erkenntnistheorie“. Wir stützen uns in der folgenden Darstellung auf Vollmer. Er beantwortet die Frage, woher die Vernunft ihre Vernunft beziehe:

„Unser Erkenntnisprozess 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. Und sie stimmen mit den realen Strukturen (teilweise) überein, weil nur eine solche Übereinstimmung das Überleben ermöglichte.“

Wer entscheidet über wahr oder falsch?

Vollmer schreibt weiter: „Die Gesetze der Evolution besagen, dass nur überlebt, wer hinreichend angepasst ist. Einfach daraus, dass wir noch leben, können wir schliessen, dass wir hinreichend angepasst sind, d.h. dass unsere Erkenntnisstrukturen hinreichend realistisch sind.“



5.4 Induktiv - deduktiver, chaotischer Prozess: ein Modell, wie sich Organismen Geist erwerben

Wie erwirbt sich ein Organismus Geist?

Wenn wir die Idee des *induktiv – deduktiven Kreisprozesses* mit dem Konzept des *chaotischen* Prozesses zusammenführen, gelangen wir zu einem Modell, wie sich ein Organismus Geist erwirbt. In einem stetig fortschreitenden Prozess wird das Prinzip des Empirismus, die Induktion, mit dem Prinzip des Rationalismus, der Deduktion, kombiniert und so die beiden halben Welten von denen Riedel spricht, zusammengeführt. Der chaotische Prozess liefert uns ein Paradebeispiel, wie ein sehr einfaches Prinzip zu einem hochkomplexen Resultat führen kann. Beides findet statt, wenn ein Organismus, der lernfähig ist, mit seiner Umwelt in Wechselbeziehung tritt.

Die Merkmale des Lernprozesses gleichen den Merkmalen des induktiv – deduktiven chaotischen Prozesses

Auch der menschliche Lernprozess weist die Strukturmerkmale eines chaotischen Prozesses auf:

- Er besteht aus sehr vielen Schritten
- Das Gelernte wirkt auf den Lerner zurück, es verändert den ihn
- Lernen hat Schmetterlingscharakter, oft kann eine unerhebliche, zufällige Ursache die Entwicklung eines Menschen in eine ganz andere Richtung lenken
- Man kann das Resultat eines Lernprozesses nicht prognostizieren, man kann aber sehr wohl hinterher feststellen, welche wesentlichen Ursachen das beobachtete Resultat mitbestimmt haben



6 Genetischer Zugang zum Lernen

6.1 Gene und ihre Funktionsweise

Aus welchen Grundbausteinen baut sich ein lebender Organismus auf?

Naiv gesagt: Die Gene enthalten den Bauplan eines Organismus, auch eines Menschen. Sie sind eine Blaupause für die Herstellung der so genannten Proteine. Sie steuern alle lebenswichtigen Vorgänge im Körper. Diese naive Auffassung wollen wir kritisch beleuchten, dazu müssen wir aber zuerst die Begriffe etwas mit Inhalt füllen.

Proteine: Die Perlenketten der Natur

Ein Protein stellen Sie sich am Einfachsten als eine Perlenkette vor. Auf einer Schnur aufgereiht sind verschieden farbige Perlen in höchst eigenwilliger Abfolge. Ein Protein enthält im Durchschnitt etwa 1000 Perlen. Proteine sind für das *Funktionieren* des Körpers verantwortlich:

- Als Enzyme erledigen sie die biologische Fabrikarbeit z.B. die Energieversorgung
- Als Hormone tragen sie Botschaften von Zelle zu Zelle oder über die Blutbahn von einer Körperregion zur anderen
- Als Rezeptoren empfangen sie die Signale, die die Hormone bringen.

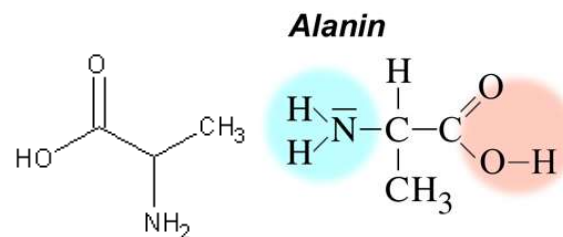
Der Mensch besitzt etwa 35 000 Proteine.

Aminosäuren: die Perlen der Natur

Es gibt 20 verschiedene Perlen, man nennt sie *Aminosäuren*. Es sind relativ komplizierte Moleküle. Allerdings kann man mit einigem guten Willen und etwas chemischem Verständnis ihre Form lernen.

Alanin als Beispiel einer Aminosäure

Alanin hat folgende Strukturformel



Als Summe schreibt man das Molekül:

$C_3H_7NO_2$ Beachte: an den Verzweigungspunkten steht jeweils ein C.¹

¹ Bildquelle: <https://www.u-helmich.de/bio/cytologie/02/021/Proteine/Proteine03-06.html> (2020.02:17)



Aminosäuren die Bausteine des Lebens

Aminosäuren spielen eine Schlüsselrolle beim Phänomen Leben. Natürlich drängt sich da die Frage auf, wie sie im Laufe der Evolution entstanden sind. Nachdem das Universum etwa die Hälfte seines Lebens verbracht hatte (5 Mrd. Jahre), bildete sich die Erde mit einer Atmosphäre aus Wasser, Methan und Ammoniak.

Herstellung von Aminosäuren im Labor

Anfang der 1950er-Jahre machte der amerikanische Chemiker Stanley L. Miller ein Experiment, um eine Möglichkeit der Herstellung von Aminosäuren zu untersuchen. Er goss Wasser in einen Glaskolben und verschloss ihn. Dann leitete er zur Simulation einer Atmosphäre noch Wasserstoff, Ammoniak und Methan in den Kolben. Zur Nachbildung von Blitzen als Energiequellen, liess er Funken durch das Gasgemisch schlagen.

Nach einigen Tagen begann sich das Wasser zu trüben, und eine Analyse zeigte, dass es nun einige Aminosäuren enthielt. Dieses »Miller-Experiment« erregte damals viel Aufsehen. Es war der Beweis, dass bestimmte organische Moleküle, die die Grundbausteine für lebende Materie sind, unter natürlichen Verhältnissen, wie sie in der Frühzeit der Erde vorgelegen haben mochten, entstehen konnten.

Der Aufbau der Gene

Ein Gen enthält nun den Plan, wie die Perlenkette des Proteins aufgebaut ist. Das Gen selbst ist ein Abschnitt auf der DNS (Desoxyribonucleinsäure auch DNA, A für acid, engl. für Säure). Sie ist ein langer Faden, der in jedem Zellkern vorhanden ist.

Die Syntax des Gens: Der genetische Code

Was ein Codon speichern kann:

AAA;AAG;AAT;AAC
AGA;AGG;AGT;AGC;
ATA;ATG;ATT;ATC;.....

Wir wiederholen noch einmal die Darstellung aus dem Kapitel 4.1. Der genetische Code besteht aus einem Vierersystem. Es gibt 4 Zeichen, die mit A, G, T, C bezeichnet werden; man könnte auch 0,1,2,3 sagen. Im genetischen Code kann man also bis 3 zählen, dann braucht man eine neue Stelle: die Vierer. Der Code enthält „Bytes“ von nur drei „Bit“ Länge. Das Bit heisst Nukleotid und das Byte nennt man Triplet oder Codon. Mit diesem System kann jedes Gen-Byte (Codon) 64 verschiedene Zustände darstellen. Mit Zahlen:

16_er	Vierer	Einer
1	2	3

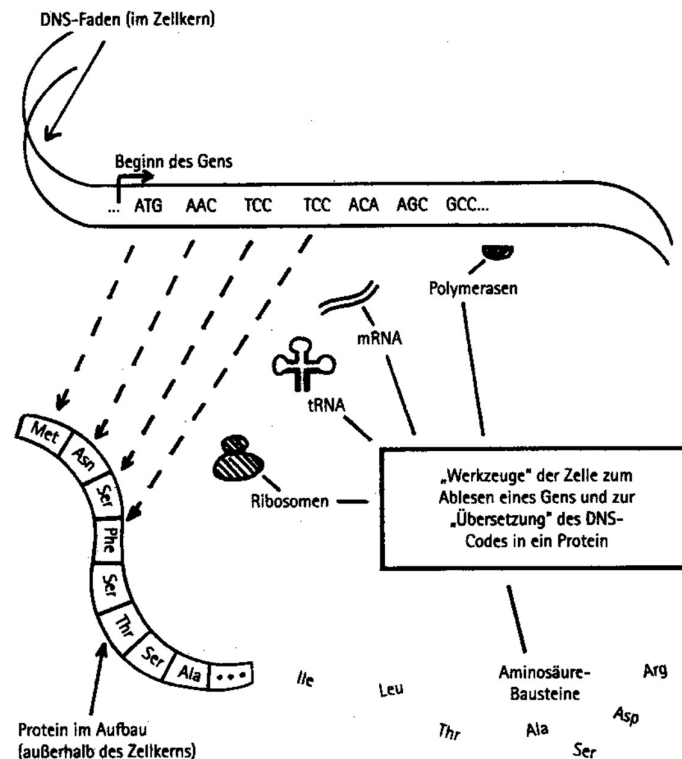
Das wäre die Zahl 27 ($16 + 2 \cdot 4 + 3 \cdot 1$) im Vierersystem. Analog zur Sprache entspricht das Bit oder Nukleotid dem Buchstaben, und das Codon dem Wort.



Ein Codon, Byte bestimmt eine Aminosäure

Ein Codon oder ein Byte besteht wie gesagt aus 3 Zeichen z.B. ATG. Jedes Byte bestimmt jetzt eine Perle auf dem Protein. Also jedes Byte entspricht einer Aminosäure. ATG z.B. entspricht der Aminosäure Met (Abk. für Methionin). Allerdings kann ein Byte ja 64 verschiedene Zustände darstellen, es gibt aber nur 20 verschiedene Aminosäuren! Eine Aminosäure kann deshalb verschiedene Codons (Wörter) haben. Es gibt also Synonyme.

Bauers Darstellung der Proteinbildung



Ein Protein entspricht einem Gen

Um die Perlenkette eines Proteins zu erstellen braucht es also eine ganze Reihe von Codons. Diese Reihe heisst Gen und ist ein Teil der DNS. In der sprachlichen Analogie ist das der Satz.

DNS oder Genom: Der ganze Text

Die DNS enthält also alle Gene und zwischen den Genen lange Sequenzen, die nicht direkt dem Proteinbauplan zugeordnet werden können. Die DNS wird auch Genom genannt und entspricht in der sprachlichen Analogie dem ganzen Text.

Junk DNA

Von den 3.9 Milliarden Nukleotiden der menschlichen DNS fallen nur etwa 2-3 Prozent auf die Gene, resp. den Bauplan der Proteine. Dazwischen liegen sehr lange Reihen repetitiver Sequenzen, deren Funktionalität man (noch) nicht versteht und die man deshalb als *Junk* DNS bezeichnet. Die Wortwahl sagt schon viel über die Mentalität der Wortschöpfer aus!



6.2 Gene und der Sumpf der Komplexität

Gentherapie: Die kaputte Stelle ersetzen?

Als Nichtbiologe könnte man bei Gentherapie denken: „Aha, das Gen ist an einer Stelle kaputt und jetzt wird es repariert und der Mensch ist dann gesund, weil wieder die richtigen Proteine erzeugt werden.“

Diese Überzeugung nennt man „genetischen Determinismus“. Genetische Information lässt sich nicht so simpel fassen. Wie gesagt, das Lesen des genetischen Codes entspricht einem „Sprachproblem“. Richard Lewontin listet in seinem Buch „Biology as Ideology“ die verschiedenen Komplexitätsstufen des genetischen Codes auf. Wir wollen am Beispiel Gentherapie einer Krankheit diesen Komplexitätsgraden nachspüren.

Syntaktische Probleme: Polymorphismus

Schon auf der Ebene von Gen-Bits – dem Nukleotid, das ein A, G, T oder C sein kann – und auf dem Niveau der Gen-Bytes (drei Bit zusammen oder Codon) wird es schwierig. Bereits die syntaktische Dimension enthält eine grosse, schwer fassbare Komplexität. Die Gensequenz von zwei Menschen (DNS) stimmt nämlich an etwa 6 000 000 Stellen (Bit) nicht überein – und beide sind gesund. Man nennt das Phänomen *Polymorphismus*. Ein Mensch weicht etwa in 2 Promille vom Durchschnitt ab.

Umgesetzt auf ein Protein, das im Durchschnitt aus 1000 Aminosäuren besteht, für deren Festlegung 3000 Stellen auf dem DNS-Strang zuständig sind (ein Gen), heisst das, dass im Schnitt 6 Stellen auf der DNS vom Durchschnitt abweichen. Kein Protein wäre dann „fehlerfrei“!

Syntaktische Probleme: Mehrfach Codierung

Wie gesagt, ein Codon bestimmt die Perle auf dem Protein, es legt fest, welche Aminosäure an einer bestimmten Stelle verwendet wird. Aber das Codon könnte 64 Aminosäuren beschreiben. Wenn es nun nur 20 Aminosäuren gibt, können dann zwei verschiedene Codons z.B. AAA und AAG die *gleiche* Aminosäure bestimmen?

Ja, der Mehrheit der Aminosäuren sind 2 oder 4 Codons zugeordnet. Man sagt der Code hat *Redundanz*. Mit einem solchen Code können Fehler besser korrigiert werden. Man kann mit dem Synonym überprüfen, ob die richtige Aminosäure gewählt wurde. Aber wie läuft diese Prüfung ab?

Syntaktische Probleme: Der Code ist nicht statisch, sondern Produkt eines rückgekoppelten Prozesses

Lewontin kritisiert am genetischen Determinismus, er vernachlässige die Wechselbeziehung von genetischem Code und Umwelt: Hören sie ihn im Originalton (S.51):

The second problem of the human genome sequencing project is that it also claims that in knowing the molecular configuration of our genes, we know everything that is worth knowing about us. It regards the gene as determining the individual, and the individual



as determining society. It isolates an alteration in a so-called cancer gene as the cause of cancer, whereas that alteration in the gene may in turn have been caused by ingesting a pollutant, which in turn was produced by an industrial process, which in turn was the inevitable consequence of investing money at 6 percent.

**Semanto-pragmatische
Probleme:
Kontextabhängigkeit**

Die gleiche Code-Sequenz, z.B. GTAAGT, kann ganz verschiedene Bedeutungen haben, je nach dem sie umgebenden Umfeld. Einmal dient sie als Instruktion, die Aminosäuren Valin und Serin in ein Protein einzubauen. Ein anderes Mal steht sie bloss als Platzhalter da und hat keine semantische Bedeutung. Unglücklicherweise wissen wir nicht, wie die Zelle zwischen den verschiedenen Bedeutungen entscheidet.

GTAAGT entspricht z.B. dem englischen „do“.
„Do it now!“ oder „I do not know“. Im ersten Fall fordert „do“ zur Handlung auf, im zweiten Fall hat es keine eigenständige Bedeutung.

**Semanto-pragmatischer
Aspekt: Wer löst die
Proteinbildung aus und
wie geht sie von Statten?**

Eigentlich können wir die Frage, wie ein Organismus seinen genetischen Code interpretiert, nur an der Handlung ablesen, die das Protein ausführt. Nun sind diese Handlungen aber vom *ganzen Körperzustand* des Organismus abhängig. Die Beschreibung der Handlung ist ohne grobe Vereinfachungen nicht möglich. Wir stecken schon wieder mitten im Sumpf der Komplexität: Mit den Worten von Lewontin:

- Wir wissen nicht einmal im Prinzip welche *Funktionen* die verschiedenen Nukleotide in einem Gen ausführen können
- Wir wissen nicht, wie der spezifische *Kontext* (Zellzustand, Anwesenheit anderer Substanzen) die Interpretation des Nukleotids durch die Zelle beeinflusst
- Noch wissen wir nur im Entferntesten, wie ein ganzer Organismus aus den einzelnen Proteinen *erklärt* werden könnte.



6.3 Das Lernen der Gene

Bauer, „Das Gedächtnis des Körpers“

Joachim Bauer verdient die Ehre, dem Gen-Determinismus drei entscheidende Stösse versetzt zu haben. In seinem Buch „Das Gedächtnis des Körpers“ stellt er eine Sammlung von wissenschaftlichen Arbeiten zu drei Themen vor, die das Wissen um die Funktionsweise der Gene revolutionieren:

1. Gene führen kein autistisches Eigenleben; ihre Aktivität wird reguliert
2. Teile dieser Regulation erlernt ein Organismus bei seinem Aufwachsen
3. Gene kommunizieren mit der Umwelt

Die folgende Darstellung stützt sich wesentlich auf die Gedanken von Bauer.

Gene werden reguliert

Die Aktivität der meisten Gene wird reguliert. Dies gilt insbesondere für die Gene, die entscheidenden Einfluss auf Gesundheit und Krankheit nehmen.

Schlösser upstream und downstream

Zwischen den einzelnen Genen auf der DNS existieren lange Abschnitte, deren Funktion bis in jüngster Zeit unklar blieben. Wie erwähnt redeten einige Forscher deshalb von „junk“-DNA. Nun lassen sich aber gerade auf diesen Abschnitten Sequenzen identifizieren, die darüber bestimmen, ob und wie stark das nach ihnen kommende Gen abgelesen wird (downstream). Diese Sequenzen wirken wie Schlösser. Sie sind fähig, Substanzen aus der Zelle, aus dem Körper oder sogar aus der Umwelt anzulagern.

Die Schlüssel – Transkriptionsfaktoren

Diese Substanzen aktivieren nun das Gen, es wird abgelesen. Sie spielen also die Rolle eines Schlüssels, der das Schloss öffnet. Da das Ablesen des Gens in der Fachsprache „Transkription“ heisst, nennt man die Substanzen „Transkriptionsfaktoren“.

Das Befestigen von Schlössern; ein Lernprozess

Aus der Stressforschung weiss man, dass das Befestigen und die Funktionsweise der Schlösser ganz offensichtlich aus einem Lernprozess hervorgehen. Je nach Biografie eines Organismus aktivieren seine Schlösser die Stressgene mehr oder weniger, obwohl der Organismus den gleichen Umweltreizen ausgesetzt ist. Im Körper finden sich dann mehr oder weniger Stress-Proteine.



6.4 Die Kommunikation zwischen Genen und Umwelt

Produktion von Transkriptionsfaktoren als Folge einer somatischen Bewertung von Sinneseindrücken

Substanzen, die als Schlüssel wirken, die Transkriptions-faktoren, können wie erwähnt, aus dem Körper oder aus der Umwelt stammen. Oft aber werden solche Substanzen im Körper als Folge eines Zusammenspiels von Sinneswahrnehmungen und Bewertungen dieser Sinneswahrnehmungen durch unser Gehirn erzeugt. Diese Bewertung durch sogenannte „somatische Marker“ ist Gegenstand des erwähnten Buches von Damasio.

Panik - Orchester

Durch die Sinne wahrgenommene Gefahrensituationen führen nach vielen Bewertungsstufen schliesslich zur Aktivierung von Genen im Hirnstamm (Noradrenalin- Produktion) sowie im Hypothalamus (Produktion von CRH – Corticotropin- Releasing Hormon). Die vom Gen gebildeten Proteine lösen nun im ganzen Körper die vielfältigsten Reaktionen aus. Die Stressforschung hat in unzähligen Experimenten nachgewiesen, dass diese Prozesse hochkomplex sind, keinem unverrückbaren Ablaufschema folgen und an mehreren Stellen Elemente des Lernens erhalten. Die im Blutkreislauf festgestellten Botenstoffe geben dabei wenig Auskunft darüber, wer das Orchester dirigiert und welches Stück es in welcher Lautstärke spielt.

Wachstumsfaktoren

Positive äussere Situationen – z. B. freundliche oder interessante Beziehungen zu anderen Menschen oder reizvolle Aufgabenstellungen – aktivieren das „Wachstumsorchester“ des Körpers. Bestimmte Gene werden aktiviert, deren Proteine sogenannte Wachstumsfaktoren für die Nervenzellen sind. Synapsen werden dann leichter gebildet, die Funktion der Nervenzellen wird intensiviert und das neuronale Netzwerk wird stabilisiert.

Allerneueste Untersuchungen legen gar nahe, dass sogar *neue* Nervenzellen gebildet werden. Ein Faktum, das der gültigen Lehrmeinung widerspricht, wonach Nervenzellen im Laufe des Lebens nicht neu gebildet werden – sie würden bloss absterben.



7 Neurologisch – kognitiver Zugang zum Lernen

7.1 Wie entstehen abstrakte Begriffe?

Wie gelangen abstrakte Ideen in unser Hirn?

„Drei Menschen tragen drei Säcke Mehl auf ihrem Rücken.“ – Können Sie sich vorstellen, dass es Kulturen gab, die für den Begriff „drei“ im obigen Satz zwei unterschiedliche Wörter verwendeten? Weil für sie die „Drei“ für Menschen nicht die *gleiche* „Drei“ war, wie die für unbelebte Sachen?

Für uns ist die „Drei“ ein vollständig abstrakter Begriff. Er existiert losgelöst vom materiellen Gegenstand, den er zählt – er ist unabhängig vom Menschen oder vom Sack.

Wie aber wird ein solch abstrakter Begriff in unseren Hirnen konstruiert? Diesem Gedanken wollen wir nachgehen und uns von den Überlegungen von Lakoff und Núñez in ihrem Buch „Where Mathematics Comes From“ leiten lassen.

Die Metapher, ein Scheinwerfer

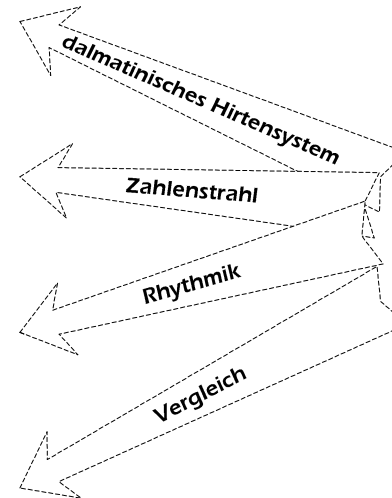
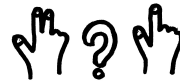
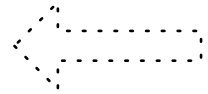
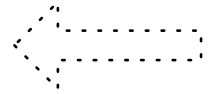
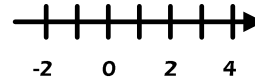
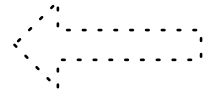
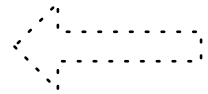
Ihre Erklärung fusst wesentlich auf dem Konzept „Metapher“. „Heute scheint eine herrliche Sonne“. In diesem Satz steht ein Wort, das mit Sonnen vorerst gar nichts zu tun hat.

Natürlich: „herrlich“. Herrlich ist ein sprachliches Bild, das die Schönheit und Erhabenheit der Sonne mit Eigenschaften eines Herrn vergleicht. So funktioniert eine *Metapher*. Sie beschreibt eine Situation indem sie auf eine andere – hoffentlich bekannte – Situation verweist. Lakoff vergleicht die Metapher mit einem Scheinwerfer. Er zündet vom neu zu erklärenden Begriff auf bereits bekannte Begriffe und leuchtet bei ihnen Eigenschaften an, die auch für den neuen Begriff zutreffen.

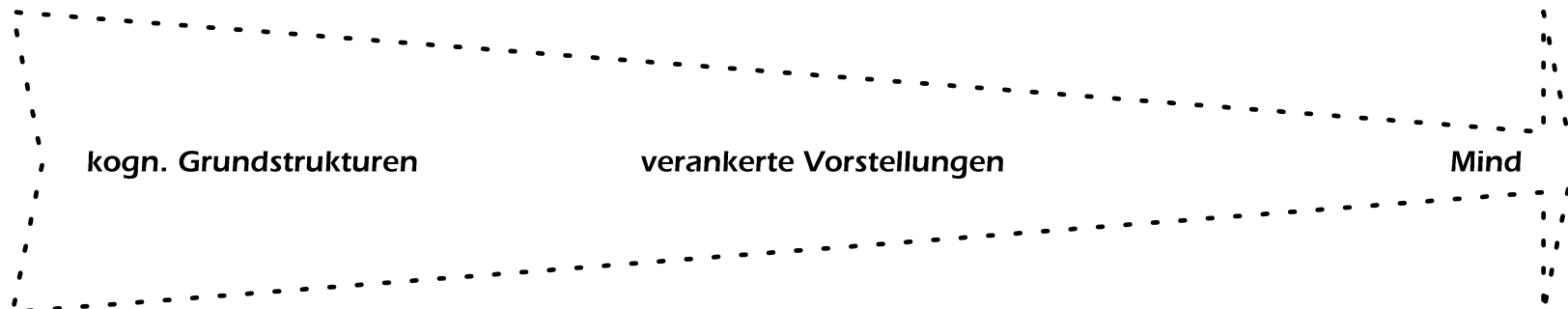
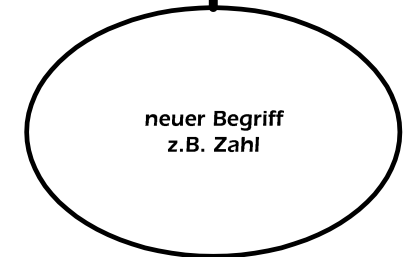
Wir wollen diesen Aufbau abstrakter Begriffe am *Zahlbegriff* illustrieren. Vergleichen Sie dazu die Übersicht auf der nächsten Seite. (Übrigens: „herrliche“ ist eine sogenannte *tote* Metapher; die meisten Menschen denken bei herrlich nicht an einen Herrn.)



- Subitizing
- Container Schema
- Seriation
- Hinzufügen/
Wegnehmen



Scheinwerfer
Metapher



Konzeptionelle Metapher

Wenn man nun den vernunftgeleiteten Prozess des Aufbaus neuer Begriff in unserm Hirn beschreibt, dann reden Lakoff und Núñez von *konzeptionellen Metaphern*. Sie verstehen darunter kognitive Mechanismen, die uns erlauben, über etwas nachzudenken, als sei es ein Spezialfall von etwas ganz anderem. Diese schwierige Definition wollen wir am Zahlenbeispiel nachverfolgen. „Kognitiv“ könnte man am ehesten mit verstandesmässig, vernunftmässig übersetzen.

Der Scheinwerfer steht auf dem zu erklärenden Begriff

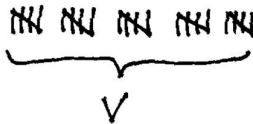
Beim Aufbau des Begriffes „Zahl“ steht der Scheinwerfer auf dem neuen Begriff und leuchtet z.B. auf das wohlbekannte Schreiben beim Jassen: Nach vier Strichen kommt ein Querstrich. Abgekürzt könnte man auch ein V schreiben usw. Wieso dieses „komische“ System? Es heisst übrigens „dalmatinisches Hirtensystem“.

„Wie weiss ein mesopotamischer Gutsherr, ob sein Knecht am Abend noch alle Schafe nach Hause bringt – wenn er gar nicht zählen kann?“

Gewisse Probleme beschäftigen uns heute nicht mehr. Zum Beispiel das nebenstehende. Aber Hand aufs Herz, wie würden Sie das Problem lösen ohne zu zählen?

Ja, zum Beispiel mit einem Stock und einem Messer. Die Schafe laufen an Ihnen vorbei. Für jedes machen Sie eine Kerbe, einen Strich. Nach vier bis fünf Strichen wird es kritisch. Warum?

Der Link zu kognitiven Grundstrukturen: Subitizing



Vier bis fünf Dinge können wir noch auf einen Blick erfassen – ohne sie zu zählen. Ab Sechs geht das nicht mehr. Diese allen Menschen eigene Fähigkeit nennt man „Subitizing“ („subito“ erfassen). Voraussetzung für unser Jasssystem ist also eine noch tiefere geistige Eigenschaft unseres Hirns. Ob sie selber auch wieder aus einem Lernprozess resultiert, lassen wir vorerst dahingestellt.

Kontrollieren ohne zu zählen

Der Querstrich nach der Vier ordnet unsere Striche zu einem Bündel. Nach vier solcher Bündel wird es aber wieder kritisch. Wir brauchen ein neues Zeichen für fünf Bündel: V. Und so weiter ...

Übrigens, selbst wenn der Gutsherr in späteren Jahrhunderten zählen lernte, mit diesem System konnte er in keiner Weise rechnen. Versuchen Sie einmal im römischen Zahlssystem schriftlich zusammenzuzählen! Den Römern fehlt die 0 als Symbol für das Nichts. Eine philosophische Knacknuss, die die Inder lösten und die über die Araber zu uns kam. „Sifr“ heisst arabisch „Null“, davon stammt unser Wort „Ziffer“ ab. Wer kommt schon auf die Idee für „Nichts“ extra ein Symbol einzuführen? Es ist ja nichts, also schreiben wir einfach nichts. Die Araber begründeten: „Sifr dient dazu, die „Kolonnen gerade zu halten“.



7.2 Kognitive Grundstrukturen der räumlichen Orientierung

Zahlenstrahl

Zahlen haben die erstaunliche Eigenschaft, dass sie ständig fortlaufen. Sie tragen eine Art Orientierung, die vom Kleinen zum Grossen zeigt. Unser Scheinwerfer müsste bei der Konstruktion des Zahlbegriffes also auch auf so etwas wie einen Strahl zeigen. Damit werden die visuellen geistigen Eigenschaften angesprochen und es stellt sich die Frage, welche geistigen Grundstrukturen der räumlichen Orientierung zu Grunde liegen?

kognitive Voraussetzungen zum Lernen räumlicher Verhältnisse

Richard Egger hat in seinem Text die kognitive Grundstruktur des räumlichen Denkens, das sogenannten Container-Frame, beschrieben. Was braucht es, um sagen zu können: „Das Auto ist in der Garage“? Kurz zusammengefasst: Räumliches Denken setzt folgende Grundmuster voraus:

- Innen und aussen unterscheiden
- Anleuchten können; das Innen oder das Aussen muss markiert werden können, sonst kann man nicht sagen das Auto ist *in* der Garage
- Trajektorie, (Fahrstrahl): Das Auto muss verschoben werden können, eine Art Spur in der Landschaft, die die Verschiebung markiert

Trajektorie

Vor allem das Konzept der Trajektorie ist erforderlich, um Zahlen als auf einem Strahl aufgereiht verstehen zu können.



7.3 Weitere kognitive Grundstrukturen

7.3.1 Seriation und Rhythmus

Wo findet Rechnen im Hirn statt? An zwei verschiedenen Orten!

Ein unvoreingenommener Beobachter würde wohl vermuten, dass Addieren und Multiplizieren in ungefähr den gleichen Hirnarealen ablaufen. Interessanterweise trifft dies nicht zu. Es gibt Hirnverletzte, die perfekt addieren, aber nicht mehr multiplizieren können und es gibt solche, bei denen es gerade umgekehrt ist; sie sind nach wie vor fähig zu multiplizieren, obwohl sie zwei Zahlen nicht mehr zusammenzählen können! Ganz offensichtlich sind die Addition und die Multiplikation auf ganz unterschiedlichen kognitiven Strukturen aufgebaut, die in unseren Hirnen sehr verschiedene Areale beanspruchen.

Seriation und Reihen

Die Zahlen sind nach einem höchst simplen Bildungsgesetz aufgebaut:

- Es gibt eine erste Zahl
- Jede Zahl hat eine Nachfolgerin in festem Abstand

Mit diesen zwei Regeln entstehen unendlich viele Zahlen in schön festgelegter Reihenfolge. Voraussetzung ist allerdings, dass unser Hirn eine Serie erfassen kann. Diese Fähigkeit zu repetitiver Verarbeitung kann gut im Hirn lokalisiert werden und schafft die kognitiven Voraussetzungen für den „Nachfolger im festen Abstand“. Sie legt auch die Voraussetzung für das Multiplizieren, weil sie erlaubt, die Reihen (Z.B. Sechser-Reihe) zu lernen und zu behalten.

Rhythmus und Trommel

Der Aufbau des Begriffes Zahl kann sich auf Eigenschaften stützen, die der Mensch schon vom Rhythmus her kennt. Eine Abfolge mit Schlägen in festem Abstand. Wenn der Scheinwerfer diese Vorerfahrung anstrahlt, verankert er die Eigenschaft „Nachfolger im festen Abstand“.

7.3.2 Gleichheit und Verschiedenheit

Addition

Die Addition erfordert kognitive Strukturen des Vergleichens. Wenn Menschen wegen Hirnverletzungen nicht mehr addieren können sind Hirnareale betroffen, die Vergleiche erlauben. Schon sehr früh lernen Kinder festzustellen, ob sich bei einer Situation etwas verändert hat. Diese sehr fundamentale Fähigkeit legt die Voraussetzungen für das Addieren.

Aufbau abstrakter Begriff

Es ist das grosse Verdienst von Lakoff und Núñez, ein lückenloses Modell ausgehend von der Verschaltung von Nervenzellen bis hin zu einem vollständig abstrakten Begriff gezeichnet zu haben. Auch in diesem Modell entsteht an verschiedenen Stellen Emergenz. Das geistige Zusammenfügen von verschiedenen Eigenschaften führt zu etwas grundsätzlich Neuem: Hier dem Konzept der Zahl.



8 Literaturverzeichnis

Beziehung ist die Vorlaussetzung zum Lernen

J. Bauer: *Das Gedächtnis des Körpers. Wie Beziehungen und Lebensstile unsere Gene steuern*. Eichborn, Frankfurt am Main, 2002

ISBN 3-8218-3956-2

Bauer stützt sich auf die Resultate der Neurowissenschaften und Genetik und geht der Frage nach dem Zusammenspiel von Erfahrung und Physiologie nach. Sehr interessant für die Sozialwissenschaften. Engagiert geschrieben.

Menschliche Kommunikation ist einzigartig

M. Tomasello: *Die Ursprünge der menschlichen Kommunikation*. Suhrkamp, Frankfurt a. Main, 2011

Die menschliche Kommunikation ist einzigartig, sie unterscheidet uns von den nächsten Nachbarn vor allem dadurch, dass Kommunikation durch Kooperation entsteht. Kompetent; aktueller Stand der Forschung zur Kommunikation.

Schimpansen zeigen Vorformen des Menschlichen

Frans de Waal: *Primaten und Philosophen*. Hanser, München, 2008
Liebevolle und eindruckliche Darstellung von Vorformen des Menschlichen bei Schimpansen. Klärt, was wir sind.

Evolutionäre Erkenntnistheorie

G. Vollmer: *Evolutionäre Erkenntnistheorie*. S. Hirzel, Stuttgart 6/1994

Standartwerk der Erkenntnistheorie. Interessant, breit und teilweise auch recht tief.

Informationstheorie

H. Lyre: *Informationstheorie*. Fink, München 1/2002, (UTB Wissenschaft; 2289)

ISBN 3-8252-2289-6

Umfassende, philosophisch-naturwissenschaftliche Darstellung des Konzepts Information in verschiedenen Wissenschaftsbereichen. Setzt sehr viel voraus. Anspruchsvoll.

Kritischer Blick auf die Gene

R.C. Lewontin: *Biology as Ideology. The doctrine of DNA*.

HarperPerennial, NY, 1991

ISDN 0-06-097519-9

Als Harvard Professor eine Kapazität. Als Denker ein Glücksfall: kritisch, anschaulich, engagiert. Lesenswert vor allem auch, weil er lange Zeit ein Rufer in der Wüste war.



Der Vater des induktiv-deduktiven Kreisprozesses

Peter Kropotkin: *Moderne Wissenschaft und Anarchismus*.
Topia, Zürich, 1978
ISBN 3-85945-000-X
Der Begriff Anarchismus hat heute eine ganz andere Bedeutung als zur Zeit Kropotkins (Ende des 19. Jahrhunderts). Damals bezeichnete er die Vision einer selbstverwalteten Gesellschaft mit flachen Hierarchien und hoher Selbstverantwortung der Bürger. Der Autor ist verkannt, er war ein engagierter Wissenschaftler (Geograf) und kämpfte mit Herzblut zur Befreiung Russlands vom Joch ihrer Zaren. Etwas für Querdenker.

Geschichte der Psychologie

Henry F. Ellenberger: *Die Entdeckung des Unbewussten*.
Hans Huber, Bern, Stuttgart, Wien, 1973
ISBN 3-456-30577-x
Noch immer eines der schönsten und lehrreichsten Bücher zum Einstieg in die Psychologie. Stellt Freud, Adler und Jung als Menschen in ihrer Zeit dar. Kompetent leitet er daraus ihre psychologischen Positionen ab.

Geschwistersituation

Frank J. Sulloway: *Der Rebell der Familie*.
Siedler, Berlin 1/1997
ISBN 3-88680-627-8
Sehr interessant und lehrreich. Vor allem auch für geschichtlich interessierte Leser. Das Buch hilft, sich selbst und sein Mitmenschen besser zu verstehen.

Theoretische Einführung zu Adler

Rowena R. und Heinz L. Ansbacher: *Alfred Adlers Individualpsychologie*. Ernst Reinhardt, München 1972
Breite, geistreiche und umfassende Einführung in die Psychologie von A. Adler. Eher etwas für Spezialistinnen.

Was den Menschen zum Menschen macht

R. Leaky, R. Lewin: *Die Menschen vom See*.
Bertelsmann, München, 1979
ISBN 3-570-01642-0
Die Autoren gehen den Lebensformen nach, die Menschen von andern Tieren unterscheiden. Sehr gut und materialreich. Interessante Anregungen, auf die man nicht so ohne weiteres kommt.

Einführung in die Paläontologie

R. Leaky, R. Lewin: *Wie der Mensch zum Menschen wurde*.
Hoffmann und Campe, Hamburg, 2/1980
ISBN 3-455-08931-3
Der Titel sagt es: Was können uns die Paläontologen, die Vorgeschichtsforscher, über die Evolution vom Primaten zum Menschen sagen? Das besondere Verdienst der Autoren liegt darin, nicht nur von Knochenfunden zu sprechen, sondern auch das Sozialverhalten ins Auge zu fassen.



Aktueller Stand der Lernforschung

M. Spitzer: *Lernen. Gehirnforschung und die Schule des Lebens*. Spektrum, Heidelberg Berlin, 2002.
Kompetente und wichtige Darstellung des aktuellen Standes der Lernforschung. Auswirkungen der neurowissenschaftlichen Resultate der 90 er Jahre auf das Verständnis von Lernen. Wichtig für die Grundlagen der Didaktik.

Wie baut das Gehirn abstrakte Begriffe auf?

G. Lakoff, R. Nuñez: *Where Mathematics Comes From*. Basic Books, NY, 2000, ISBN: 0-465-03771-2
Wie baut das Gehirn abstrakte Begriffe auf? Am Beispiel der Mathematik. Interessant, kompetent, geht ziemlich tief, da die beiden Autoren Top-Spezialisten auf ihrem Gebiet sind.

