Friedhart Klix

Stabilität und Wandlungen in geistigen Dispositionen des Menschen

Vortrag, gehalten im Plenum der Leibniz-Sozietät am 20. Januar 1994[1].

Teil I: Zur Evolution kognitiver Leistungen

1. Zur Einführung

Kognitive Prozesse sind ihrem Wesen nach Erkenntnisprozesse. Sie beginnen mit der Aufspaltung des Reizeinstromes an den Rezeptoren der Sinnesorgane und enden mit dem Ansprechen von Gedächtnisstrukturen oder ihren Veränderungen. Ihre Bewährung finden sie während des aktiven Verhaltens in einer komplexen und dynamischen Umwelt.

Die Entstehung kognitiver Prozesse und Leistungen ist Teil der Erdgeschichte und damit der Evolution anorganischer wie organischer Strukturen. Evolutionsgeschichte beginnt mit den Wechselwirkungen zwischen instruktionsfähigen Nukleinsäuren und bindungslabilen Proteinen. Es war dies eine Basis für die variationsreiche Entwicklung von Lebensformen auf der Erde. Der Vorgang dauert seit etwa 3 1/2 Milliarden Jahren an.

Die Wandlungen der physischen Erdoberfläche und die Evolution der Organismen beeinflussen sich gegenseitig. Dabei ist die Erdgeschichte als dynamisch wirkende Einflußsphäre für die biologische Evolution deren Schrittmacher. Dreimal sind durch erdgeschichtliche Veränderungen die Weichen zu jenen Triebkräften der Evolution hin gestellt worden, durch die die Ausbildung kognitiver Dispositionen beschleunigt wurde. Dies deshalb, weil ihre Ausprägung einen Selektionsvorteil bedeutete. Das waren die folgenden Veränderungen, die globalen Einflüssen folgten:

- Zum *ersten* die Anreicherung der Uratmosphäre mit freiem Sauerstoff. Frühe Algenarten setzten die Photonen des Sonnenlichts in Zucker und in Stärke um. Andere spalteten Wasser auf in Wasserstoff und Sauerstoff.

---

[1] Überarbeitete Fassung des Plenarvortrages. Sie baut auf einem Beitrag des Autors auf in : Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich C: Theorie und Forschung, Serie II: Kognition, Band G: Wissenspsychologie, Herausgeber F. Klix und H. Spada, Verlag C. J. Hogrefe, Göttingen
(mit freundlicher Gnehmigung des Verlages C. J. Hogrefe).

Schwefelbakterien konnten umschalten von anaerobem zu aerobem Stoffwechsel. Dabei erhöhte sich die Energieausbeute um den Faktor 14. Dadurch wurde auch der Weg zu differenzierteren Lebensformen geebnet. Denn die sind mit höherem Energieverbrauch verbunden.

- Die *zweite* Weichenstellung war mit der partiellen Austrocknung von weiten Gebieten der Erdoberfläche verbunden. Sie war geophysikalisch bedingt und erzwang den zunächst zeitweiligen Übergang zum Landleben. Der Prozeß begann vor etwa 350 Millionen Jahren und führte zu den höheren Wirbeltier- und schließlich zu den frühen Säugetierarten mit innerer Befruchtung, mit Thermoregulation, lautlicher Kommunikation (am Tage *und* in der Nacht) und schließlich auch zu Kooperation. Die Komplexität der Umweltereignisse nimmt mit der Festlandbesiedelung (relativ gesehen) rapide zu. Kausale und zufällig aufeinander folgende Ereignisvernetzungen werden zunehmend weniger durchschaubar. Was hier und jetzt sich an Erkennung und Entscheidungen bewährte, das konnte an anderem Ort oder zu anderer Zeit ein Irrtum sein. Da mußte die bis dahin vorherrschende, instinktive Verhaltensorganisation versagen. Denn Instinktverhalten ist auf relativ stabile Biotope eingestellt mit fest bleibendem Signalement für die Erkennung und Verhaltensentscheidung. Die Selektion durch die Kräfte einer komplexen und turbulenten Welt begünstigt umstellungsfähige und damit flexible Verhaltensmuster. Sie fördert damit Lernfähigkeit und - komplementär dazu - Vergessen[2].

Durch Lernvorgänge bilden sich zwei adaptive Strategien aus:

1. Die assoziative Speicherung von zeitweilig verläßlichen Zusammenhängen in der Umwelt. Sie können durchaus statistischer Natur sein.

2. Elementare Bewegungsaktivitäten werden wie Operationen zur Erzeugung neuer Umgebungszustände eingesetzt. Aktivitäten führen zu Transformationen in der Umwelt. Sie lehren die Welt des Möglichen zu entdecken. In der Evolution bildet sich über die primitivere Lebensweise in Nischen eine Primatenstrategie des Überlebens heraus. Die Nischenstrategie, prototypisch bei Insekten ausgebildet, beruht auf punktgenauer Signalauswertung, die Primatenstrategie auf Vergleichen und Berechnen teils unscharfer Informationen aus verschiedenen Sinnesorganen. Beide Strategien bewähren sich bei der Rekonstruktion von Wahrnehmungsbildern und der Prädikation ihrer Folge-

---

[2] In evolutionsbiologischer Sicht ist Vergessen genau so adaptiv wie ursprünglich Lernen. Wenn zuvor gültige und relevante Zusammenhänge außer Kraft gesetzt sind, dann ist es nützlich, sie für Verhaltensentscheidungen nicht mehr zu beachten. Dies eben leistet der Vergessensvorgang.

zustände. Allerdings auf unterschiedliche Weise, die verschiedene nervale Kapazitäten voraussetzt (vgl. Klix 1992).

- Das *dritte*, Kognition stimulierende Ereignis begann vor etwa 3 1/2 Millionen Jahren mit lang- und kurzzeitigen Wechseln von Vorzugstemperaturen auf der Erdoberfläche; eben mit den Eiszeiten. Zehntausende von Generationen zogen äußerlich wie in Haufen als Vor- oder Frühmenschengruppen durch Tundren und Endmoränen, durch austrocknende Hitzegebiete oder durch Eisgebirge und Schneestürme[3]. In diesen scheinbaren Haufen bildeten sich die ersten sozialen Gliederungen und Binnenstrukturen. In den Zwängen der Eiszeiten wandelten sich Kommunikation und Kooperation grundlegend. Über große Distanzen bewährte sich eine die Lautierung begleitende Gebärdengestik. Aus ihr ging, durch physische Umstände erzwungen (s. unten) bei angestrengter Arbeit und wohl auch beim Planen von Unternehmungen die Lautsprache hervor. In der Endphase dieser Entwicklung entstanden Schrift und Zahlsysteme - und mit ihnen die Metaebene des menschlichen Denkens. Dies wurde in der Zeitspanne zwischen 40000 und 12000 Jahren v.Chr. die Voraussetzung für die Ausbildung stabil organisierter gesellschaftlicher Strukturen. Es begann im vorderen Orient und breitete sich über eine Mittelmeerzone weit nach Osten aus; über den süd-, mittel- und nordostasiatischen Raum bis hin zur Besiedelung Nord- und Mittelamerikas.

Von diesen drei langgestreckten, evolutionär wirksamen Perioden sind unter verhaltensbiologischen und kognitiv-psychologischem Aspekt vor allem der Abschnitt zwei und drei von Bedeutung.

Der Abschnitt zwei umfaßt die evolutionsgeschichtlich längste Periode. Es ist ein Zeitraum, in dem viele für die heutige Erde noch immer adaptive Verhaltensprogramme entstehen. Sie sind bis zum heutigen Menschen genetisch wirksam geblieben. Die Selektion ist über ungezählte Generationen hin am Werke gewesen. Die adaptiven Verhaltensmuster sind über die Begünstigung der Fruchtbarkeit und Ausbreitung zufällig besitzender Individuen als genetische Mitgift bis auf unsere Tage wirksam geblieben. Mit ihrem Nachweis werden wir uns im nächsten Abschnitt befassen. Eine andere Konsequenz aus dieser Periode zunehmender Komplexität ist ein ebenso globaler wie folgenreicher Vorgang: der Auf- und Ausbau der Lernfähigkeit. Auch sie wird als Disposition vererbt. Das gilt nicht nur in einem sehr allgemeinen Sinne, sondern auch als Disposition für das Erlernen spezifischer Leistungen, wie zum

---

[3] Neue Untersuchungen im Grönlandeis bezeugen, daß es in diesen Perioden starke und kurzzeitige Temperaturschwankungen gab, die die rein thermische Anpassungsfähigkeit der Körpertemperatur überforderte. Es mußten technische Mittel der Wärmestabilisierung gefunden werden: Felle, Hütten und schließlich das Feuer verrichteten diesen Dienst.

Beispiel für den Erwerb der Sprache. Der Ausbau der Lernfähigkeit und ihrer Resultate leiten den Übergang zur vor- und frühmenschlichen Intelligenz ein. Die ersten möglichen Auswirkungen sind wie eine Mitgift der Evolutionsgeschichte zur Bewältigung der ersten Sozialisationsprobleme, wie sie mit der entstehenden Seßhaftigkeit und zunehmenden Siedlungsdichte verbunden sind. Dieser Prozeß wird zunächst durch geobiologische Wandlungen eingeleitet. Er setzt sich danach durch Wechselwirkungen zwischen soziologischen Faktoren und kognitiven Prozessen fort.

Wir betrachten zunächst die adaptiven Erkennungsprogramme, wie sie aller Wahrscheinlichkeit nach vorwiegend in dieser zweiten Periode ausgebildet wurden.

2. Über adaptive Nervennetzverschaltungen bei statistischen Invarianzeigenschaften im Reizangebot

Die Erkennung von Invarianzeigenschaften in turbulenten, semistochastischen Umwelten beruht auch auf Berechnungsvorgängen von Nervenzellgruppen. Dabei spielen Mittelungsvorgänge über Häufigkeiten eine besondere Rolle. Wir wollen das an einem Beispiel erläutern:

Nur für einen winzigen Teil der Erdgeschichte gab es für die Augen von Mensch und Tier zahlreiche Lichtquellen. Über hunderte Jahrmillionen hatte die visuelle Erkennung aller Wirbeltiere eine Lichtquelle zur Voraussetzung, eben die vom Horizont her über Zenit und wieder Horizont einstrahlende Sonne. (Das Mondlicht hat, wie wir sogleich erkennen werden, die gleiche informative Funktion und stammt ja auch von der Sonne.) Sonnenlicht wurde in vieler Hinsicht zum Informationsträger über Umgebungseigenschaften. Auf sie hin mußte die räumliche Verhaltensregulation ausgelegt werden. Dabei spielt eine Invarianzeigenschaft zwischen der Räumlichkeit in der Körperwelt und der Leuchtdichte des reflektierten Lichts eine bedeutsame Rolle: Bei nach vorn konvexen Oberflächen, wie etwa beim Anblick einer Kugel, beginnt der die Oberfläche abdunkelnde Schatten unterhalb größter Nähe (an der Mittellinie) und nimmt nach unten hin zu. Bei Konkaven (nach innen hohlen) Krümmungen ist das umgekehrt, dort liegt die stärkste Schattendunkelung an der oberen Kontur, und die Aufhellung nimmt über den Kugeläquator zum unteren Rand hin zu Ramachandran (1988) hat mit zahlreichen Beispielen gezeigt (vgl. Abb. 1), daß unser Wahrnehmungssystem diesen Zusammenhang für die Rekonstruktion von Räumlichkeit verwendet. Diesem Vorgang liegt eine statistische Invariantenbildung zugrunde. Sie ist allem Anscheine nach ein evolutionsgeschichtlich entstandenes, genetisch fixiertes Anpassungsergebnis.

Der Effekt paßt im übrigen gut zu Annahmen über die Funktionsweise parallel arbeitender, erkennender Nervennetze (Seijnowski, 1987). Ganz Ähnliches ließe sich für jene (ebenfalls statistischen) Invarianzeigenschaften zwischen der Verteilung von Räumlichkeit im Wahrnehmungsraum und Gestaltgesetzen nachweisen.

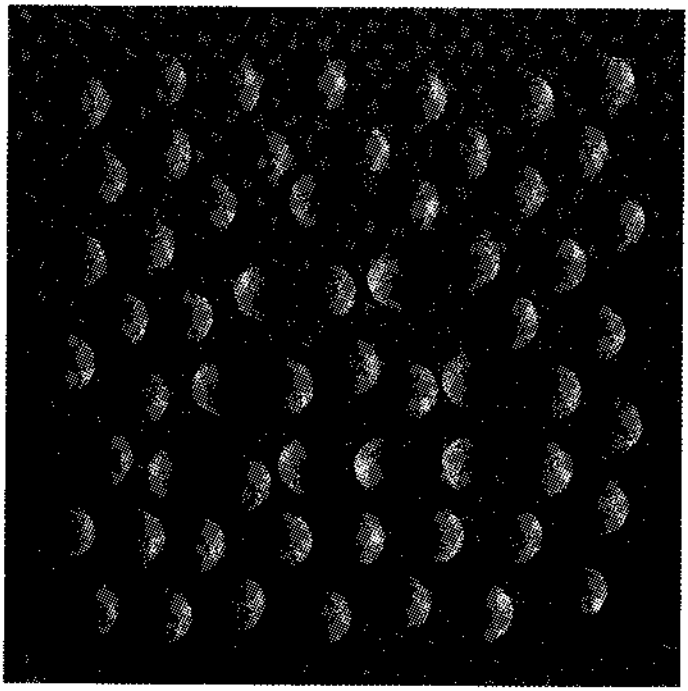

Abb. 1
Räumliche Wirkungen bei der allmählichen Aufhellung oder Abdunkelung von flächigen Mustern. Es wird begründet, daß es sich hier um nervale Transformationen von Helligkeitsdifferenzen in Tiefenunterschiede handelt. Sie werden als evolutionsgeschichtlich erworbene Umrechnungen der Reflexionen des Sonnenlichts in räumlich erstreckte Körperoberflächen angesehen. Aufhellung, von oben her abnehmend, und Abdunkelung, von der Mitte zur unteren Hälfte hin, tritt bei erhabenen Kugelflächen (zum Beobachter gerichtet) ein; Schatten oben (innen) und Aufhellung nach unter hin entsteht bei Wölbung einer Kugelfläche vom Beobachter weg. Die Schwarz-Weißverteilung alleine erzeugt die Wirkung nicht (oben links). Dreht man die Abbildung um 90°, dann erkennt man im unteren Bilde ein mit der Spitze nach rechts liegendes Dreieck. Die Aussonderung des Dreiecks folgt der eben beschriebenen Licht-Schattenverteilung (nach Ramachandran 1988)

3. Über adaptive Organisation bei der Ausbildung von Gedächtnisbesitz

3.1 Elementare Lernprozesse und ihre Vervollkommnung

Lernen bildet Gedächtnisbesitz. Gegenüber der zeitlich sehr trägen Umstellungsfähigkeit instinktiver Verhaltensmuster haben in turbulenten Umwelten rasch ablaufende Anpassungsvorgänge an sich schon hohen Selektionswert. Dabei spielt die sensorische Erkennung von Zusammenhängen in der Umwelt eine bedeutende Rolle.

Die evolutionäre Vervollkommnung von Lernprozessen und Lernleistungen beruht auf der Erkennung von vergleichsweise auch kurzfristig gültigen und zuverlässigen Zusammenhängen zwischen den Signalements wahrnehmbarer Umweltzustände. Die einfachsten Formen liegen in der bedürfnisgerechten Registrierung und Speicherung von Regelhaftigkeiten in der Aufeinanderfolge von Umweltereignissen. Zentralnervöse Registrierung und bedürfnisgebundene Bewertung wirken zusammen.

Frühes Kennzeichen bestehender Lernfähigkeit ist die Bildung bedingter Reaktionen. Eine angeborene Erkennung b*edeutsamer* Umweltzustände wie etwa die Wahrnehmung von Nahrung bei Hunger oder Flüssigkeit bei Durst, das Erleiden von Schmerz durch Stich, Stoß oder Schlag, die Erkennung von Sexuallockstoffen in der Paarungsphase wird außerhalb eines Labors in Zusammenhang mit räumlich wie zeitlich koinzidenten Reizen wahrgenommen. Treten solche Begleitreize regelmäßig mit vererbter Signalerkennung auf, dann wird diese Zusammengehörigkeit zu einem registrierten Ereignis und in dieser Verbindung auch im Gedächtnis gespeichert. Dabei spielen die Zeitverhältnisse eine bedeutsame Rolle. Nur wenn der begleitende Reiz zeitlich etwas vor dem bedeutungsvollen Reiz auftritt, wird diese Zusammengehörigkeit rasch und zuverlässig im Gedächtnis gespeichert. Der begleitende Reiz wird zur bedeutungsvollen Ankündigung für zu Erwartendes. Gleichzeitig mit dem wirksamen Signal oder nachher erst auftretende Reize erzeugen diesen Speicherungseffekt nicht. Eine besonders günstige Zeitdifferenz für den Zusammenschluß beider Wirkungen im Gedächtnis liegt bei etwa 1/2 Sekunde. Darin wird die adaptive Voreinstellung von Nervensystemen deutlich, in denen vernetzte Erkennung stattfindet: In einem sehr komplexen szenischen Geschehen werden jene invarianten Zusammenhänge extrahiert, die - wenn auch nur kurzfristig - *Bevorstehendes* zu erkennen erlauben. Schon der einfachen bedingten Reaktion kommt damit das Kriterium der Prädiktivität zu (vgl. dazu auch Hoffmann, 1993).

Die zweite Quelle prädiktiver Lernleistungen hat mit aktivem Verhalten zu tun. Wenn bei höheren Organismen, Säugern zumal, Aktivitäten des Körpers in die Umwelt eingreifen, sei es durch bloße Bewegung, Stoß, Schlag oder

Zufassen, so ändern sich dadurch in der Regel auch die zugehörigen Situationseigenschaften. Und falls solche Veränderungen regelhaft auftreten; wenn also eine Aktivität a_i, angewandt auf Situationseigenschaften S_i deren Wahrnehmungsbild zu Eigenschaften Sj abwandelt, dann wird diese Zusammengehörigkeit im Gedächtnis ebenfalls fixiert. Es entstehen mit der Speicherung solchen Zusammenhanges Gedächtnistripletts der Art a_i $(S_i) \rightarrow (S_j)$ oder kurz: $a_i(S_{ij})$. Sie kennzeichnen als Wissenselemente die Veränderbarkeiten einer gegebenen Umweltsituation durch verfügbare Aktivitäten $\{a_i\}$.[4]

Beide Resultate, sensorische Verbundereignisse und sensomotorisch wirksame Verhaltensaktivitäten bilden die elementaren Wissenseinheiten einer adaptiven (weil lernfähigen) Gedächtnisstruktur. Sie bilden die Basis höherer Organisationsformen des Wissens im Gedächtnis.

Die zitierten Gedächtnistripletts sind nicht nur Träger assoziativer, sondern auch konstruktiver Information. Der gleiche Vorgang, der sie entstehen läßt, ermöglicht die Steigerung ihrer Leistungsfähigkeit. Wenn $a_i(S_{ij})$ und $aj(S_{jk})$ bekannt sind, dann ist mit deren Assoziativität auch $(a_ia_j)S_i \rightarrow S_{ik}$ verfügbar. Dieser Erweiterung entspricht die Fortsetzbarkeit sensomotorischer Aktivitäten bis hin zu einer entfernten Zielerreichung. $a_{i,...,}a_n(S_i) \rightarrow S_{i,...,n}$ beschreiben das Wissen um eine Serie von Verhaltensschritten mit einem Endzustand S_n. Ihnen ist eine Folge von Umweltänderungen komplementär zugeordnet. Solche *Verkettungen* erzeugen Verhaltensfolgen, die wie Programme für Situationsänderungen funktionieren und die auch als Handlungen verfügbar sind: Knotenbinden, Gewehr laden, Zahnziehen, Pullover stricken, Essenkochen, Haare schneiden.

Man kann solche Verhaltensketten auch vom Ende aus sehen. Beispielsweise von einem vorgestellten Endzustand her. Die Frage an die Gedächtniseintragungen ist nun: welche Verhaltensfolge kann diesen Endzustand erzeugen. Dazu sind aktive Gedächtnisprozeduren erforderlich. Verkettungen gehören zu ihnen. Auf andere kommen wir noch zu sprechen. Bedeutsam ist, daß Gedächtnistripletts in ihrer Abfolge kombiniert werden können. Dies führt zur Erkenntnis der konstruktiven Kapazität von Gedächtnisfunktionen; eben daß verschiedene Wege zu einem Zielzustand konstruiert werden

[4] So wird Draht als biegbar gespeichert, ein Holzstäbchen als zerbrechbar, eine Glasscheibe als durchstoßbar usf. Kombinationen von sensorischen und sensomotorischen (operativen) Assoziativitäten sind dem "Schlüsselwissen" vergleichbar: also daß es Paßformen an Dingen gibt, zu denen ein Instrument gehört, dessen Gebrauch das Ziel zu realisieren gestattet; etwa sowie das Drehen eines passenden Schlüssels eben das Türschloß öffnet.

können. Wege in Künftiges werden als Folgen von Situationsänderungen vorstell- und erzeugbar. Vorgänge dieser Art sind ihrem Wesen nach Denkvorgänge. Die Realisierung vorstellbarer Endzustände im Gedächtnis sind Denkleistungen. Um einen vorgestellten Umweltzustand zu erzeugen, kann verschiedener Aufwand aufgebracht werden. Auf dem Wege zum Ziel können Umwege eingeschlagen werden, Sackgassen entstehen, die wieder verlassen werden müssen. Es können auch vom Zielzustand wieder wegführende Kombinationen gebildet werden, kurz: es kann zügige oder umständliche Realisierungen von End- oder Zielzuständen geben. Darin, im Aufwand bzw. in der Effizienz einer Zielrealisierung, findet das Phänomen Intelligenz seinen Niederschlag.

Die bisher betrachteten Leistungsdispositionen sind bereits in späten vormenschlichen Entwicklungsstadien verwirklicht. Sie haben mit den einfachsten Formen der Werkzeugherstellung zu tun: der Erzeugung einer Schneidkante an der Steinaußenseite, deren birnenförmige Rundung im Handballen liegt und so eine Kraftverstärkung der zuschlagenden Hand nach außen hin ermöglicht. Die frühen "pebble tools" von Homo habilis (2.0 - 1.5 Mio. v. Chr.) bezeugen, daß solche Denkstrukturen als direkte Fortsetzung vormenschlicher Primatenintelligenz verfügbar waren. Ein wichtiges kognitives Ereignis bahnt sich hier an. Wissensverkettungen für erreichbare Ziele sind im Gedächtnis verfügbar. Für eine Zielerreichung kann zwischen verschiedenen Wegen gewählt werden. So entsteht Metawissen. Dies könnte ein Quelle von Reflexivität gewesen sein: Was mache ICH jetzt? Wofür entscheide ICH MICH? Bewußtsein könnte mit durch das Erkennen von Benutzungsalternativen vom Gedächtnis her entstanden sein. Jedenfalls sind solche inneren Konflikte *eine* mögliche Quelle.

Kehren wir noch einmal zurück zu den Wissenselementen und den konstruierbaren Zielen. Diese Dispositionen betreffen natürlich keineswegs nur Verhaltensweisen in einer materiell toten Umwelt. Lernen als Zusammenhangserfassung oder Wirkungserkennung betrifft ebenso den Bereich sozialen Umgangs, betrifft ebenso die Erfassung sozialer Beziehungen oder Verhaltenseigenschaften von Gruppenmitgliedern untereinander. Aber auch die Erfassung sozialer Wirkungen eigenen Verhaltens. Konstruktive Wissenselemente münden hier ein in die Planung sozialer Aktivitäten. Das können eine Gruppenjagd, kollektive Suchaktionen, die Planung beim Austragen einer Gruppenfehde oder auch Intrigen sein.

Bevor wir auf die sozial strukturierte Ausgestaltung dieser Leistungen und ihrer Wirkungen näher eingehen, wollen wir uns noch mit einigen Eigenschaften höher organisierter Wissensstrukturen im menschlichen Gedächtnis befassen. Auch sie entstehen im Ergebnis von Lernprozessen.

Als eine gemeinsame Eigenschaft von elementaren Lernvorgängen hatten wir ihren prädiktiven Charakter hervorgehoben. Schon die elementaren Wissenselemente sind auf die Erkennung oder Erzeugbarkeit von Bevorstehendem hin ausgelegt. Wir wollen nun an zwei Beispielen zeigen, daß sich dieses Phänomen auch auf höhere kognitive Strukturbildungen im menschlichen Gedächtnis übertragen hat: auf die Speicherung komplizierter Folgen von Ereignissen und sogar auf bestimmte Aspekte schlußfolgernden Denkens.

3.2 Komplexe Lernprozesse und ihre Strukturbildung im Gedächtnis

Wir versuchen, uns die nervalen Steuerungsanforderungen eines in unbekannter Umgebung weiträumig operierenden Organismus vorzustellen. Der Träger eines hochorganisierten Nervensystems, ein Säugetier z.B., durchstreift weite, unbekannte Landstriche. Man kann dabei auch an einen weiträumigen Vogelflug denken (vgl. Riedl. ob. zit. 1992). Szene wechselt auf Szene. Irgendwie ist dabei das Heimfinden eine biologisch permanent relevante Leistung. Dazu muß während des Streunens oder Umherfliegens in der Umwelt brauchbare Wegeinformation aufgenommen und als Szenenfolge gespeichert werden. Der Umfang und - besonders wichtig - *die Folge der Sinneseindrücke* übersteigt dabei in der Regel die Behaltenskapazität. Was ist in solcher Lage ein effizienter Speichervorgang? Speichern natürlich zum Zwecke des wieder Hin- oder des Heimfindens. Beides sind biologisch höchst relevante Anforderungen. "Allesbehalten" ist unter natürlichen Bedingungen aus Kapazitätsgründen zumeist nicht möglich. Dann besteht eine von der verhaltensbiologischen Seite her optimale Strategie der Speicherung in einer möglichst frühen mnemotechnischen Abhebung und Eingrenzung der Ereignisfolge von den Anfangs- und Endszenen her. Das müßte in sequentieller Ordnung mit einer Bevorzugung für die jeweils folgende Szene geschehen. Dazu ist von Lernprozessen beim Menschen her bekannt, daß die Einprägung von Listen eben dieser Organisation von Gedächtnisbesitz folgt. Beim Erlernen von Wortlisten, wie etwa beim Vokabellernen, findet man immer wieder die frühe Bevorzugung von Anfangs- und Endgliedern der Serie. In der englischsprachigen Literatur (und mittlerweile auch im Deutschen) ist das Phänomen der Anfangs- und Endbetonung als Primacy und Recency-Effekt beschrieben (Abb. 2). Das Phänomen zeigt sich besonders deutlich in einem mittleren Lernstadium, also nach den ersten Kenntnisnahmen und vor der vollständigen Beherrschung der Serie.

Man könnte einwenden, daß solche Effekte doch an Wortlisten gebunden seien. Wright (1985) hat nun gezeigt, daß Tauben, Makaken und Menschen gleichermaßen mit diesem autonomen Speicherprinzip ausgestattet sind. Der

Effekt zeigt sich deutlich dann, wenn die ersten Ereignisserien aufgenommen sind, aber die Sequenz der Ereignisfolge noch keine assoziativ fest verbundene Kette ist. Die Verzögerungszeiten bis zu den ersten Prüfitems hängen von der Organisationshöhe des lernenden Nervensystems ab. Der Effekt ist mit den ersten nachweislichen Behaltensleitungen über der Serie am deutlichsten ausgeprägt

Nach unseren einleitenden Ausführungen ist es wichtig, zeigen zu können, daß mit dem serialen Lernen eine zeitliche Folgeinformation mitgespeichert

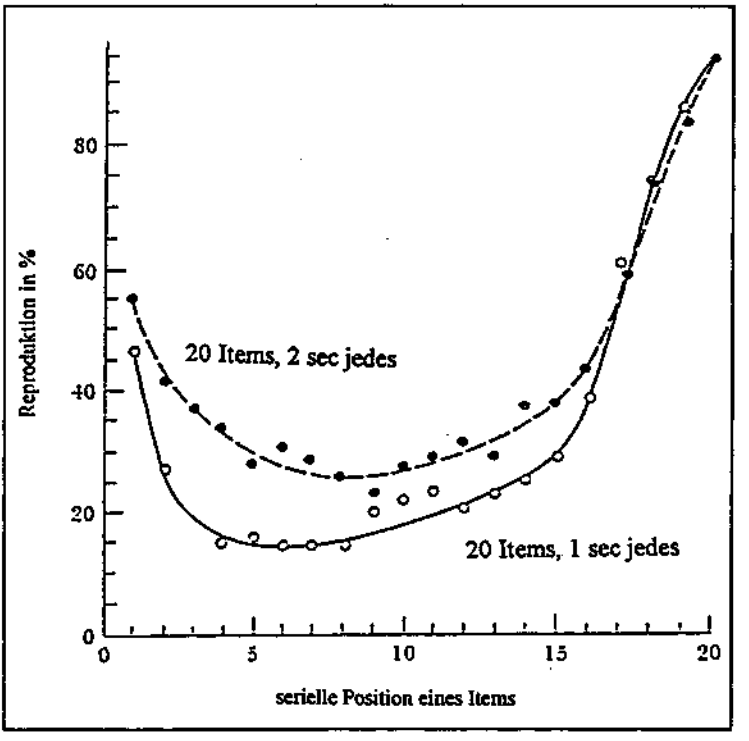

Abb. 2
Sogenannte Primacy- und Recency-Effekte. Beim Erlernen von Listen werden die randständigen Glieder früher behalten als die mittelständigen. Das gilt von einer Listenlänge an, die nicht sofort und geschlossen behalten werden kann. Es ist eine Art "Bereichsbildung im Spurenfeld" (Köhler und v. Restorff, 1937), die zu einem möglichst frühen Zeitpunkt Verwechslungen mit anderen Gedächtniseintragungen verhindert. Bei Orientierungen in fremdem Freiland ist dies eine hilfreiche Organisationsform des Gedächtnisbesitzes. Abszisse: Die Positionen verschiedener Lerneinheiten in der Serie; Ordinate: Prozentualer Anteil der erinnerten Glieder. Oben: Umfang der Lernserie und Darbietungszeit der Worte (nach Murdock, 1974).

wird. Das Wissen darüber geht auf Experimente von G. E. Müller (1911-1917) zurück. Die Befunde wurden mit neuen experimentellen Varianten von J. Lander (1968-1970) abermals geprüft und auf exakte Weise bestätigt. Lander hat gezeigt, daß sich im Laufe einer Folge von Wiederholungen beim Erlernen einer Liste von jeder Lerneinheit aus die Gedächtnisbindung zum jeweils folgenden Element verstärkt, während sie sich zu entfernteren Gliedern einer Serie abschwächt. Dieser Prozeß der Selbstorganisation einer Gedächtnisspur ist unsymmetrisch: die rückwärtigen Bindungen werden rasch abgebaut, die vorwärts gerichteten erhalten sich länger. Schließlich erfolgt die stabilste Bindung zum jeweils nächstfolgenden Element. Die assoziativen Bindungen einer Ereignissequenz reflektieren eine zeitliche Ordnung im Gedächtnis. Dabei erhält das jeweils bevorstehende Ereignis assoziative Priorität (Abb. 3 nach Lander 1968-1970)

4. Adaptive Eigenschaften von Inferenzen

Wir haben gezeigt, wie Lernvorgänge zu Wissenselementen im Gedächtnis führen, die prädiktiven Charakter haben. Es sind adaptive Vorgänge, die auf selektive Rückmeldungen in frühen Phasen der Evolution schließen lassen. Für die Überlebensfähigkeit eines Organismus ist es eben ungleich wichtiger zu wissen, was eintreten wird (besonders wenn dies bald ist), als das, was war. Etwas extrapolieren oder vorhersagen zu können, schafft Sicherheit, hilft Fehlentscheidungen zu vermeiden und erhöht im Vererbungsfalle dadurch auch die Chance für überlebensfähige Nachkommen. Dies führt zwangsläufig zur stärkeren Ausbreitung erfolgreicher Verhaltensmerkmale in nachfolgenden Populationen.

Wie ist das nun bei sogenannten "höheren" geistigen Vorgängen, die ja nicht autonom verlaufen, sondern wenigstens teilweise der reflektierenden Kontrolle unterliegen oder ihr doch zugänglich sind?

Wir kennen bei seriellen Vorgängen viele Phänomene aus der menschlichen Urteilsbildung, zum Beispiel die Folgeerwartungen bei Ereignisserien (Edwards, 1968). Dabei tritt der sogenannte Monte-Carlo-Effekt auf (vgl. dazu Riedl, 1992): Wenn beim Roulette mehrmals hintereinander eine schwarze Kugel kam, dann erwarten die Spieler, daß der Eintritt eines Wechsels zum Rot bevorsteht, und sie vermeiden eine erneute Schwarzwahl. Ähnliches kann man beim Würfeln beobachten: Nach wiederholtem Würfeln einer Sechs erwartet man zunehmend stark einen Wechsel von der Sechs weg, wie wenn die Auftrittswahrscheinlichkeit für eine Sechs durch die Vorgeschichte gesenkt worden wäre. Wie kann man sich dieses Verhalten erklären? Nun, die Spieler realisieren nicht, daß unabhängige Ereignisse vorliegen. Sie handeln, wie wenn es sich um bedingte Wahrscheinlichkeiten handeln würde: je länger eine natürliche Folge, um so größer wird die Voraus-

sagbarkeit eines Ereigniswechsels. Wenn man sich die natürlichen Lebens- und rationalen Entscheidungsbedingungen ansieht, an die sich höhere Lebewesen bis hin zum Menschen seit altersher gewöhnen mußten, so ging es dabei ständig um die Abschätzung bedingter Wahrscheinlichkeiten: Mit jedem Tag, den es länger regnet, nimmt die Wahrscheinlichkeit für den Wetterwechsel zu. Jeder Tag eines frühen Frühjahrs, an dem der lange Frost noch dauert, läßt die Hoffnung berechtigt steigen, daß das Ende naht. Das nämliche gilt auch für das Ende von Handlungen, die mit einem Ziel verbunden sind.

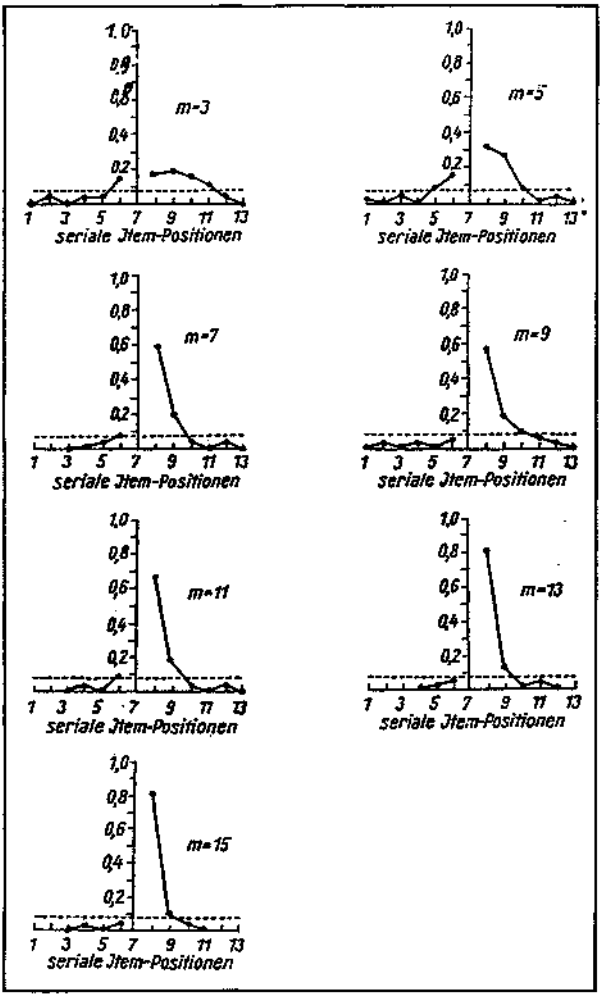

Abb. 3
Die langsame, unsymmetrische Verfestigung der Assoziationsstärken zwischen den Elementen einer Lernserie. Als Testitem ist das siebente Element einer Silbenserie herausgegriffen. Es wird zur Prüfung angeboten. Die relative Häufigkeit des Erinnerns verschieden entfernter Glieder ist auf der Ordinate abgetragen. Mit zunehmender Anzahl der Lernversuche (m) werden die "Rückwärts-Assoziationen" schwächer. Das gleiche gilt auch für die entfernter folgenden Elemente. Die Bindung an das unmittelbar nächste Glied nimmt jedoch stark zu. Diese Assoziationsverstärkung und -lösung läuft über die gesamte Serie. So entsteht mit der Sequenzbindung im Gedächtnis zugleich eine *Kodierung der zeitlichen Abfolge* durch die Assoziationsstärken zwischen den Lernelementen (nach Lander, 1968, 1969, 1970).

Die so schwer fallende Einstellung auf statistisch unabhängige Ereignisse setzt eine Art unnatürliche Berechnungsgrundlage voraus. Unsere Umwelt ist eben keine zufällige Ereigniswelt, in der Vorhersagen prinzipiell unmöglich sind. Organismen suchen nach Regularitäten, um daran Prädiktionen festzumachen. Der Wechsel homogener Folgen bei zunehmender Länge ist eine solche Regularität Wir können prüfen, ob sich solche Zusammenhänge auch heute noch in höheren geistigen Vorgängen nachweisen lassen. Um dies zu zeigen, gehen wir nun zu etwas komplexeren Phänomenen über.

Wir wählen ein in letzter Zeit vieldiskutiertes Beispiel (nach Johnson-Laird (1983), Johnson-Laird und Wason (1972), Ziegler (1990)). Die Anforderung selbst ist vielfach variiert. Wir wählen zuerst ein Beispiel nach Ziegler (1990). Den Versuchspersonen werden Karten gezeigt, auf denen Buchstaben oder Ziffern stehen: E, K, 4 und 7 im Beispiel (Abb. 3). Die Versuchspersonen wissen, daß auf einer Seite eine Zahl, auf der anderen eine Ziffer steht. Eine Instruktion lautet: "Immer, wenn auf einer Seite ein E steht, dann befindet sich auf der Rückseite eine Vier. Sie sollen das prüfen, indem Sie nur die Karten umdrehen, die Sie brauchen, um den Wahrheitsgehalt der Aussage entscheiden zu können". Im logischen Sinne liegt eine Implikation vor: $P \rightarrow Q$. P wurde im Beispiel durch E und Q durch 4 belegt. (Nicht P ($\neg$ P)) bezieht sich dann auf K und (nicht Q) bzw. ($\neg$ Q) auf eine 7. Eine Implikation ist dann falsch, wenn eine Prämisse gegeben ist und die Konsekution nicht eintritt. Daher müssen die Versuchspersonen P und ($\neg$ Q) prüfen; das sind E und die 7. Die Prüfung von Q ist hingegen nutzlos, denn die Vier kann auch hinter anderen Buchstaben stehen; nur nach E, da muß sie stehen und keine andere Zahl darf es. Das wirkliche Prüfverhalten der Versuchspersonen gibt Abb. 4 wieder. Nur 4 % wählen die richtige Prüfvariante; 46 % prüfen P & Q. Es gibt viel Diskussion darüber, warum an sich kluge Menschen diese einfache logische Struktur nicht durchschauen. Nur 4 % finden die offensichtlich viel schwierigere, richtige Lösung. Nach dem Vorangegangenen sehen wir diesen Befund wie folgt (s. Abb. 4):

Unter biotischen Wahrnehmungs- und Entscheidungsbedingungen sind Inferenzen in der Regel Prädiktionen. Sie sind auf die Voraussage eines künftigen Ereignisses bezogen. Die situationsbezogene Urteilsbildung nimmt die gegebenen Wahrnehmungsdaten (P im Beispiel) als Basis. So gesehen ist es nachgerade widersinnig, von möglichen Alternativzuständen einer Umwelt ($\neg$ Q) auszugehen und von da zur gegenwärtigen Wahrnehmungssituation zu kommen, um zu prüfen, ob die Jetztsituation dann so vorhanden sein darf. Eine Prüfstrategie für Konsequenzen muß vom Gegebenen ausgehen und nicht von einer Alternative dazu. Die existiert nicht im Verhaltensraume, nur in der Kunstwelt des Labors kann man es schaffen. Aber auch dort bevorzugen die Versuchspersonen eine Strategie, die sich in evolutionären

Zeiträumen als adaptiv bewährt hat. Übrigens kann man diesen Auswahlraum semantisch definieren (statt Zahlen z.B. Briefe mit Freimarken verschiedenen Werts und Abstempelung auf der Rückseite). Dann vermindern sich die Schwierigkeitsunterschiede deutlich (Johnson-Laird, 1989). Das ist leicht einzusehen, weil dann die alternative Welt anschaulich feststellbar ist. Etwa so: Wenn ein Bergsteiger (P) einen Gipfel erklommen hat, so steht fest, daß dort oben ein Mensch war (Q). Aber wenn dort oben noch nie ein Mensch war ($\neg$ Q), so war auch noch kein Bergsteiger dort ($\neg$ Q $\rightarrow$ $\neg$ P). Es ist die unbegrenzte Welt der logischen Negation, die im umweltbezogenen Denken kein vorstellbares Gegenstück hat. Folglich konnten sich dazu auch keine ökologisch relevanten Bewältigungsstrategien ausbilden. Darum ist auch im logischen Sinne der Modus ponens die natürliche, der Modus tollens eine vergleichsweise artifizielle Schlußweise.

Wason: Wenn E $\rightarrow$4, wie dann P$\rightarrow$Q entscheidbar?

E	K	4	7
x	x		x

(P&¬Q)	=	4%
(P&Q)	=	46%
(P)	=	33%
(P&Q&¬Q)	=	7%

Abb. 4: Deduktives Schließen unter eingeschränkten Auswahlbedingungen: Auf Kärtchen sind Buchstaben oder Zahlen geschrieben (Vorder- und Rückseite unterschiedlich). Die Vorinformation lautet sinngemäß: Wenn immer ein E auf der Vorderseite ist (= P), dann befindet sich immer eine 4 (= Q) auf der Rückseite. Es gilt danach im logischen Sinne die Implikation P $\rightarrow$ Q. Das soll auf Richtigkeit geprüft werden. Notwendig ist, P und $\neg$ Q zu prüfen. Das tun aber nur 4 % der erwachsenen Versuchspersonen. Überflüssigerweise prüfen aber 46 % P & Q, obwohl die Q-Prüfung überflüssig ist, denn es ist nicht gesagt, daß Q nicht auch von anderen Bedingungen abhängen kann (nach Johnson-Laird und Wason, 1972 sowie Ziegler, 1990).

Wir haben damit wahrscheinlich gemacht, daß auch aktive kognitive Prozeduren in ihrer Entstehungsgeschichte weit zurückgedacht werden müssen. Ihre Eigenschaften weisen darauf hin, daß in den strukturellen Verknüpfungen unseres Nervensystems und seinen Funktionen ein Selektionsdruck wirksam gewesen ist, der auf Optimalität in den Verarbeitungsprozeduren, den Speicherprinzipien und den Verfügungsmöglichkeiten über Informationen bei Prädiktionen hin gewirkt hat. Diese adaptiven Mechanismen haben sich wenigstens teilweise auch im Prozeß der Menschwerdung bewährt.

Sofern dies der Fall war, sind sie hineingewachsen auch in die Art der Bewältigung kultureller Anforderungen. Und sie sind wirksam geblieben in der Entstehungsgeschichte von Kulturen und selbst in rezenten Kulturleistungen nachweisbar (vgl. Klix 1993). Natürlich hat sich in der Kulturgeschichte wesentlich Neues gebildet. Aber eben nicht geschichtslos. Das ist unser Thema.

Also: Was sich in Wechselwirkung zwischen biologisch Vorbereitetem und kulturbedingten Anforderungen an Triebkräften eingestellt und verändert hat, davon soll nun der zweite Teil dieses Beitrages handeln.

Teil II Kulturbedingte Wandlungen im Prozeß der Menschwerdung

5. Vom Natur- zum Kulturwesen

5.1 Die Mitgift der Evolutionsgeschichte im Prozeß der Menschwerdung

Es ist jetzt zu erörten, wie von der Evolution her die zweifache Geschichtlichkeit des Menschen entstand; wie biologische Faktoren Voraussetzungen für die Schaffung von Kulturgütern hervorbringen und wie angetroffene Kulturgüter "vererbt" werden können. Schließlich bringen kognitive Dispositionen auch soziale Strukturen hervor, die stark auf deren Verfeinerung zurückwirken.

Die beiden Quellen der Menschwerdung, die genetische und die kulturgeschichtliche, sind in ihren Wechselwirkungen so eng miteinander verwoben, daß eine strikte Trennung oftmals kaum möglich ist (vgl. Osche 1987).

Verhalten wird durch Information gesteuert. Psychologisch relevante Information ist vor allem in Nervenzellen kodiert, sei es im Genom des Zellkerns oder in informationellen Strukturen, die durch individuelles Lernen an der Zelle entstehen. Die plastische Verschaltung der Nervenzellen ermöglicht die Erlernung von Resultaten des Wahrnehmens wie auch die Steuerung von Muskelbewegungen. Die wiederum kann auch der Informationssuche im Wahrnehmungsraum dienen.

Die Kodierung der genetisch vermittelten Information geschieht in der Embryogenese; zunächst im Zellkern mit der Einlagerung replizierter Chromosomen als den Erbanlagen und danach in der Konstruktion von Rezeptoren an der Zelloberfläche der Neuronen. Sie warten dort gleichsam auf die für sie vorgesehene Umweltinformation. Mit deren Eintreffen aus dem Wahrnehmungsraum spezifizieren sich die Rezeptoren und bilden mit koaktivierten Zellen Nervenzellverbände. Wahrscheinlich geschieht das durch frequenzkodierte Zellentladungen. Sie beeinflussen auch die Schwellen

des Ansprechens der koaktivierten Zellen. Diese Synchronisationen in den Nervenzellentladungen der Hirnrinde kann auch auf tieferliegende Hirnstrukturen übergreifen. Angeborene Erkennungsschemata dürften hier mit affektiven Reaktionsbereitschaften interagieren.

Genexpressionen an wohlbestimmten Chromosomenorten leiten diesen frühen, genetisch gesteuerten Lernvorgang. Er ist mit einer Art Prägung begünstigter Nervenzellverbindungen vergleichbar. Man nimmt an, daß solche angeborenen Schemata sehr früh und schon nach geringen Koaktivierungen irreversibel gebildet werden. Solche genetisch vorgeformten Musterbildungen sind artspezifisch und durch ontogenetisches Lernen nicht oder nur sehr schwer veränderbar.[5]

Seit einiger Zeit ist nun bekannt, daß auch bei indivuellen Lernvorgängen in den angeregten Hirngebieten eine Aktivierung bestimmter Genorte stattfindet. Sie sind offensichtlich am Neulernen beteiligt. Anders als bei genetisch vorprogrammierten Lernprozessen spielt hier die DNS in Wechselwirkung mit dem Golgisystem der Nervenzelle eine wesentliche Rolle. Dabei wird ein Protein gebildet, das ebenfalls als Rezeptor auf der Nervenzellmembran eingelagert wird. Dieses Protein verschaltet als Rezeptor das so veränderte Neuron mit anderen, parallel vom gleichen Erregungsmuster aktivierten Zellen. Diese Verschaltung geschieht wahrscheinlich durch kovalente Schwellenänderungen zwischen den Synapsen. Die hängen vom neu gebildeten Rezeptorprotein ab (Rose, 1994).

Überraschend ist an diesen Befunden, daß die genetisch vermittelte, in den Chromosomen niedergelegte und vererbte (Vor-)Information und die Mitwirkung von Genen beim individuellen Lernen vermittels Sinnesinformation vom gleichen Mechanismus gesteuert wird. Der Unterschied besteht darin, daß die von DNS über mRNS produzierten Proteine als synaptische Rezeptoren über die Keimbahn von Generation zu Generation übertragen werden. Die über den Golgi-Apparat synthetisierten Proteinrezeptoren haben keinen genetischen Ursprung. Ihre Erzeugung wird über die Sinnesrezeptoren angeregt und sie werden nicht über die Keimbahn weitergegeben. Im Ergebnis entstehen nervale Abbilder von *individuell erfahrenen* Zusammenhängen. Diese Information muß immer wieder neu gebildet werden, wenn sie auf die nächste Generation übertragen werden soll. Das geschieht durch Selbsterfahrung oder vermittels der Sprache. "Kulturelle Vererbung", wie man sagt, kann durch anschauliche oder sprachliche Vermittlung von

[5] Ein gut untersuchtes Beispiel ist Prägung der korrespondierenden Netzhautpunkte durch bevorzugtes Ansprechen von sensiblen Zellen in der Sehrinde. Dieser Vorgang ermöglicht binokulares Tiefensehen. Die Verschaltung zwischen Netzhautrezeptoren und Zielzellen muß in den ersten Lebenswochen erfolgen. Danach ist sie nicht mehr möglich.

Zusammenhängen stattfinden. Doch die einfachste Form kultureller Vererbung ist die Traditionsbildung. Sie beruht auf dem Vorgang der Nachahmung.

Die ersten Formen der Traditionsbildung finden wir in vormenschlichen Gruppen hochorganisierter Tiere. Man hat das u.a. am Beispiel nicht vererbter Essensgewohnheiten bei japanischen Makaken (Kawai, 1975) beschrieben. Im Wasser manipulierend, reinigen die Tiere die Frucht mit der Hand vom Sand. Dazu bringt das Meerwasser einen leichten Salzgeschmack, der einem organischen Bedürfnis nach Salzhaltigem entgegenkommen könnte. Vorausetzung für solche generationsübergreifenden Übertragungsvorgänge sind permanente Kontakte in den bestehenden Sozialbeziehungen der Tiere. Aus den japanischen Untersuchungen wurden charakteristische Ausbreitungswege bekannt. Ein erfinderisches Makakenweibchen mittleren Alters war die Quelle der sich rasch ausbreitenden Gewohnheit. Sie wurde zuerst von weiblichen Jungtieren übernommen, später von jüngeren männlichen Tieren. Die dominanten Altmänner, gewissermaßen die Paschas der Herde, widersetzten sich der neuen Mode und übernahmen sie nicht. Dies zeigt, daß und wie die Funktion des Motivsystems in die Aktivierung von sozial bezogenen Lernvorgängen eingreift oder sie behindert.

So haben wir einen ersten Einblick gewonnen, wie sich die Vorleistungen der Evolutionsgeschichte in den Prozeß der Menschwerdung einbringen:

(1) Zuerst und am Intensivsten im Ausbau von Lernprozessen. Sie sind auf die Erkennung korrelativer Zusammenhänge hin ausgelegt. In sie geht die informationelle Repräsentation von zeitlichen Folgeereignissen ein. Dadurch entsteht in Gedächtniselementen ein Wissen um (kurzfristig) Zukünftiges. Als Spezialfall kann die Erkennung kausaler Beziehungen gelten.

(2) Lernprozesse betreffen in späten Stadien der Evolutionsgeschichte auch die Erfassung regelhafter sozialer Beziehungen, Abhängigkeiten und Kompetenzen. Das entstehende soziale Verhaltensrepertoire kann sich auf die eigene Gruppe, auf die Artgenossen überhaupt oder auch auf zwischenartliche Koordination von Aktivitäten beziehen.[6] Sozialbeziehungen in größeren Gruppen sind von hoher Komplexität. Dies fördert die rationellen Formen der Informationsspeicherung und der Wiedergewinnung. Der hierarchische Aufbau von Wissensstrukturen und die Erkennung von Ähnlichkeiten sind solche rationellen Mechanismen, deren Ausgestaltung im Prozeß der Menschwerdung besondere Bedeutung zukommt.

---

[6] Wir können hier nur en passant daran erinnern, daß solche Leistungen auch in vererbten Verhaltensmustern, insbesondere bei Insekten zu beobachten sind. Verwandtschaften und Unterschiede dieser Art müssen jenseits unserer Betrachtungen bleiben. Wir behandeln hier die individuell lernabhängigen Vorgänge.

(3) Das Motivsystem greift ein in den Aufbau von Gedächtnisbesitz. Es beeinflußt seine Abwandlungen wie auch die Vergessensvorgänge. Emotion und Affekt sind Steuergrößen des Wissenserwerbs. Sie signalisieren die Bedeutsamkeit von Informationen und beeinflussen dabei die Geschwindigkeit ihrer Speicherung, die Langlebigkeit und ihre Reaktivierung für die Nutzung.

Mit diesen allgemeinen Dispositionen kognitiver und motivationaler Ausstattung ist die Evolution in den Prozeß der Menschwerdung eingetreten. Immer wieder haben äußere oder arteigene Bedingungen diese Vermögen aufs höchste herausgefordert und dabei deren Leistungsfähigkeit oft überfordert und dadurch auch gesteigert. Insbesondere hat die zunehmende Komplexität sozialer Vernetzungen die Überschaubarkeit relevanter Beziehungen beeinträchtigt und die Suche nach neuen Instrumenten der Wissensgewinnung, der Speicherung erworbenen Wissens und dessen Nutzung gefördert. Die Emotionalität ist als Begleiterscheinung der Erkenntnisgewinnung den Differenzierungen der Wissenseinlagerungen gefolgt. Affektive Komponenten stimulieren danach abstrakte Denkstrukturen ebenso, wie sie ehedem Erfolg und Mißerfolg beim Gebrauch einfachen Gerätes begleitet und beeinflußt haben mögen.

6. Wandlungen im Prozeß der Menschwerdung

Im mittleren und südlichen Osten Afrikas lag, der heutigen anthropologischen Fundlage nach, die Wiege der Menschheit. Warum gerade dort? Das ist nicht geklärt. Klimatische Bedingungen, tektonische Bewegungen und Nischenbildungen, Ernährungslage durch Flora und Fauna, keine übermächtigen natürlichen Feinde und ein breit gefächertes Reservoir hochentwickelter vormenschlicher Lebewesen in vielen Varianten mögen zusammengewirkt haben. Zahlreiche Formaufspaltungen von Halbaffen haben zwischen 24 und 17 Mio. Jahren ante in Regionen der südlichen Nilgebiete, im heutigen Äthiopien, Kenya und Tansania stattgefunden (vgl. Coppens, 1983). Eines der entstehenden Exemplare, Prokonsul genannt, war wahrscheinlich der Urahn der höheren Affen und des Menschen. In ungezählten Folgegenerationen dürften Vormenschen entstanden sein, wie sie die Funde im Gebiet um Hadar (Äthiopien) am früheren Rudolfsee und im Olduwai-Gebiet nahelegen. Australopithecus, nicht mehr Tier und noch nicht Mensch, ist in den frühesten Lagen des Olduwai-Gebietes im heutigen Tansania in verschiedenen Schichten und in verschiedenen Formen gefunden worden (vgl. Herrmann und Ullrich 1992, Vogel 1987). Man berechnet ihr Alter auf ca. 2,5 Mio. Jahre.

Ob die frühen Australopithecinen schon Werkzeuge hergestellt haben, ist umstritten. Daß sie gesplittete Knochen, spitze Steine oder Holzkeulen als Waffen oder (wie die Steine) als Werkzeug benutzt haben, kann als sicher gelten. Man hat Homo habilis als Typ von ihnen abgesondert. Es ist ein späterer, wahrscheinlich aus den Australopithecinen hervorgegangener Menschentyp, der nicht mehr nur wie jene über gerade 500 cm^3, sondern bereits über 670 cm^3 Hirnschädelkapazität verfügte. Er wurde mit einer Zeitdatierung von ca. 1,6 Mio. Jahren ebenfalls im Olduwai-Gebiet gefunden. Er hat Werkzeuge hergestellt. Die spaltbaren harten Steine mit mehrfach zugeschlagener Schneidkante und rundem Rücken für die Handinnenfläche scheinen wie ein Vorbild für den Faustkeil in späteren Jahrzehntausenden. Aus den früheren Habilisformen, so nimmt man an, ist Homo erectus mit einem mittleren Hirnvolumen von ca. 1000 cm^3 hervorgegangen. Zwischen 1,6 und 0,5 Mio. Jahren werden die Funde datiert. Es gibt Gründe anzunehmen, daß Frühmenschen vom Typ Homo erectus den afrikanischen Lebensraum verlassen und über Landbrücken zum Orient, zum Mittelmeerraum sowie zu asiatischen Gebieten, den heutigen chinesischen und den Südseegebieten, vorgedrungen sind. Während der Besiedelung des südlichen Teils der nördlichen Halbkugel wurden kollektive Techniken wie Großwildjagd, Hüttenbau, die Organisation von Sammelaktionen, Fischfang, die Nutzung von Feuer, vermutlich erste Techniken der Navigation am Sonnenstand und am Sternenhimmel und auch die frühesten Formen erlernter lautlicher Kommunikation ausgebildet und über Nachahmung sowie erste gestisch-lautliche Belehrungsformen weitergegeben. Parallel zu diesen (ja sehr langzeitigen) Vorgängen finden wir eine kontinuierliche Vergrößerung des Volumens der Schädelkapseln an den Fundorten. Wohl kein Organ wurde in seiner Leistungsfähigkeit so herausgefordert, strapaziert und wohl auch überfordert wie das menschliche Nervensystem. Das wird besonders für die eiszeitlichen Härteperioden wie für die Dürreperioden der Zwischeneiszeiten gegolten haben. Allerdings ist es durch die spärliche Verteilung der Schädelfunde noch immer eine Frage der Konvention, wie und von wo an man einen neuen Menschtyp definiert. Man muß dabei immer auch die erhebliche zeitgleiche Variation der Ausprägungsgrade einzelner Merkmale und darunter auch der Schädelmerkmale bedenken.

Gleichwohl gibt es Gründe anzunehmen, daß der Übergang von einem Homo erectus-Typ zum Homo sapiens der Neuzeit wiederum im Süden Afrikas stattgefunden hat. Fundplätze eines morphologisch modernen Menschen finden sich in Gebieten der heutigen südlichen Sahara. Auf etwa 120 000 Jahre ante wird ihr Alter taxiert. Dies (sowie andere Fundeigenschaften und -orte) lassen vermuten, daß es auch auf dieser Hominidenstrecke eine (oder

mehrere) große Wanderungsbewegungen gegeben hat. Mit ihnen haben sich die Eigenschaften der Homo sapiens sapiens-Leute über Süd- und Mitteleuropa hin ausgebreitet. Ihnen mußten die dort evoluierten und ansässigen Neandertalleute weichen; teils durch Vermischung, teils aber auch durch Genozid. Um 70 000, so die Funde, hat man die Toten mit Ritualen beerdigt. Um 40 000 datieren die ersten großen Wandmalereien. Kult und Magie sind gängige Gepflogenheiten und mit Sicherheit gab es lautsprachliche Verständigung. Als bedeutsames Werkzeug begünstigt die Differenzierung lautsprachlicher Verständigung die kollektive Gestaltung von bevorstehenden (also zukünftigen) Ereignissen, die Vorbereitung von kollektiven Entscheidungen und Aktionen. Die Kodifizierung von Verhaltensnormen und eine Ordnung allgemein verbindlicher Strafen für wohlbestimmte Vergehen dürften gleichzeitig erfolgt sein. Es entsteht damit auch moralische Verantwortung für Handlungen; es wird unterschieden zwischen Töten und Mord (Vogel, 1989).

Das Ende der vikariierenden Gruppenaktivitäten wird zwischen 14 000 und 10 000 vor Christus erreicht. Eine neue, die vorerst jüngste Lebensperiode der Menschheit wird im vorderen Orient eingeleitet. Das geschieht wiederum in Wechselwirkung zwischen lokalen externen und internen Ereignissen bzw. Vorgängen.

7. Lokaler Überfluß, Seßhaftigkeit, soziale Netze und kognitive Anforderungen

Noch um etwa 30 000 vor unserer Zeitrechnung war etwa ein Drittel der festen Erdoberfläche mit Eis bedeckt. Um etwa 12 000 war es stark zurückgegangen. Eine interstadiale Warmzeit hatte begonnen (Lanius 1995).

In der Nähe von Wasser, an den großen Flußmündungen zumal, hatten sich nahrhafte Biotope ausgebildet. Es war der relative Überschuß, vor allem aber wohl die Zuverlässigkeit, mit der sich im Laufe der Jahrzehnte, über die Generationen hinweg, voraussagen ließ, was an Angebot der Natur erwartet werden konnte. Mal reicher, mal weniger üppig, aber doch ohne die beständige Unberechenbarkeit, die dem Angebot am Eis, in der Tundra oder in der Savanne anhaftete. Die neue Zuverlässigkeit lädt zum Bleiben ein. So finden sich die ersten längerlebigen Siedlungen vorwiegend an den großen Flußmündungen: am Nil, am Zweistromland zwischen Euphrat und Tigris, am Jordan, im Hindustal. Die Zuverlässigkeit und Größe des Nahrungsgewinns läßt sich steigern, wenn man die Zusammenhänge zwischen Saatkörnern und Halmen regelhaft beobachten kann, was gewiß geschah. Regenfeldbau war die erste Anbauweise von Getreide, die auf lernabhängiger

Zusammenhangserkennung beruht. Den Samen auf vorgegebene Gebiete bringen und einigermaßen ruhig einem üppigen Wachstum (z. B. im Schwemmland) entgegensehen, das bedeutete eine neue Lebensweise, die neue Denk- und Organisationsformen in den Sozialbeziehungen hervorbringen mußte. Wir lenken dabei unseren Blick auf das Gebiet zwischen Euphrat und Tigris. Der erwähnte Besiedelungsprozeß begann dort etwa um 10 000 v.Chr. Über etwa zweihundert Generationen hinweg konnte das Land bei zunehmender Siedlungsdichte seine Bewohner ernähren. Um etwa 4000 ante trat aus geophysikalischen Gründen zunehmende Trockenheit ein (Nissen et al. 1990). Sie erzwang eine Alternative, die womöglich nie explizit bedacht wurde: Entweder das Land verlassen und andere Weidegründe irgendwo in der Ferne suchen oder neue Instrumente zur Sicherung der Fruchtbarkeit des Bodens zu konstruieren. Der Ursache-Wirkungskreis von Wasser-(Sonne)-Wachstum war registrierbar und im Wissen der Bewohner verankert. Das Defizit lag am Wasser. Das hieß: Wasser bei Regenfällen auffangen, speichern und in kritischen Zeiten dem Land über Kanäle zuleiten. Eben dies begann vor etwa 6000 Jahren mit dem ersten Bewässerungssystem der Menschheitsgeschichte. Damit begannen das erste Mal nicht naturgegebene Systeme die Oberfläche der Erde umzugestalten. Gedankenarbeit begann zudem, hydromechanische Zusammenhänge zu erfassen und in konstruktiver Mechanik zur Wirkung zu bringen. Die Organisation dieses Vorgangs leitete Formen sozial geregelter Arbeitsteilung der Menschheitsgeschichte im engeren Sinne ein.

In den Folgewirkungen ging alles vergleichsweise sehr schnell. Ursprünglich getrennte Siedlungen wuchsen zusammen. Erstes Kennzeichen früher Städtebildung war eine Verwaltung des sozialen Zusammenlebens in einem Siedlungsgebiet. In einem Zeitraum von nur 200 Jahren trat eine Verzehnfachung der Siedlungen ein. Zwischen 3400 und 2500 waren verwaltete Städte mit 40- bis 50000 Einwohnern entstanden (Nissen et al. 1990). Sie wurden von Zentren aus verwaltet und alsbald auch beherrscht. Abhängige Siedlungen in der Umgebung wurden einbezogen. Sie gewannen Sicherheit im Schutze der zentrierenden Stadt und verloren Unabhängigkeit. Was den damit veränderten psychologischen Status der Menschen betrifft, so wurde der durch hierarchische soziale Strukturbildungen tiefgehend beeinflußt. Um einen Tempelbezirk mit Priesterkaste oder einem selbst ermächtigten Lugal[7] entstanden Spezialisten für Herrschaftsdienste wie Schmuckhersteller, Verteiler, Erzähler; Fachleute für Gebrauchsgüter wie Zimmerer, Schlachter,

[7] Ursprünglich einmal für Eroberungszüge oder Verteidigungszwecke zum Heerführer auf Zeit ernannt, konnte der Lugal nach erbrachtem Erfolg auf der verliehenen Macht bestehen und sie sich als (verdientes?) Eigentum aneignen.

Konservierer; Schmuckhersteller und Dienste leistende wie Lastenträger, Wächter, Boten. Dazu bildeten sich eigene kastenähnliche Substrukturen heraus wie Schreiber, Verwalter, Händler, Aufseher, Bewacher oder Verteidiger der Macht nach innen oder außen. Einige hielten Verbindung zwischen den "produzierenden Randgebieten" , ihren Abnehmern und dem Verteilungsregime. Die Städte boten Schutz im Vergleich zum gefahrenbelasteten Nomadenleben. Aber sie erzeugten eben auch Abhängigkeit. Sie reichte von der völligen Unfreiheit eines Sklavendaseins bis zu vertraglich geregelten Kompetenzen und Befugnissen.

Verhältnismäßig viele der ältesten Zeugnisse behandeln Aspekte der Wirtschaftsführung(Nissen et al. 1990); also wer für welche Arbeit und welche Zeit wieviel an Naturalien erhält, sei es feste Nahrung, wie Getreide oder Trinkbares wie Milch oder Bier.

Mit den sozialen Binnengliederungen differenzieren sich die Motivationen der Bewohner. Es entstehen Soziotope mit besonderen Leistungsansprüchen und Ansprüchen an Geltung und Wirkung im sozialen Feld. Kompetenzen für Machtausübung gegenüber anderen werden ausgeschöpft, Symbole für Prestige entstehen, und die Bestrafungen sind nach heutigen Maßstäben grausam. Sie reichen von Verkrüppelungen der Gliedmaßen über Todesstrafen mit verschiedenen Martern bis zur Verweisung aus dem Gemeinwesen, was zumeist schlimmen Tod bedeutete.

Wichtiges Stimulans für die Festigung ich-naher Motivationen zugunsten des Gemeinwesens ist die Erweiterung des persönlichen Zubehörs zu Eigentum und Besitz. Dieser an zentrale Motivationen gebundene Vorgang bringt ein Bedürfnis hervor, das anfangs unscheinbar ist und das doch folgenschwere Entwicklungen einleitet: das Bedürfnis nach der äußeren Kennzeichnung von Eigentum bezüglich Inhalt und Wert. Beides erfordert die Wahl einer Symbolik: Zeichen für den Ding-Begriff und Zeichen für eine Menge (oder ein anderes Maß für den Grad von Wert). Die Anfänge für Schrift im frühen Altertum waren Rollsiegel mit Symbolen für Inhalte und oft auch noch für den (oder die) Eigentümer. Bei den Zahlzeichen waren Inhalt und Menge noch ungeschieden: 10 Hohlmaße für Getreide hatten ein anderes Zeichen für 10 als für 10 Gefäße für Bier.

8. Soziale Herausforderungen beeinflussen kognitive Leistungen

Mit der Organisation arbeitsteilig funktionierender sozialer Vernetzungen entstehen gut bestimmbare Typen von Anforderungen an geistig-intellektuelle Leistungen und damit auch an kognitive Prozesse. Wir wollen daher betrachten, was mentale Prozesse bei der Gestaltung sozialer Anforderungen zu erbringen haben. Dabei soll auch gezeigt werden, wie bestehende allge-

meine Vermögen zugeschnitten werden für diese Anforderungen. Es kann sich dabei aber auch ihre Unzulänglichkeit erweisen. Gerade die Erfahrungen des Unvermögens sind es, die bestehende Grenzen geistiger Leistungsfähigkeit überwinden helfen und ihr Vermögen steigern können. Wir betrachten diese Bedingungen weitgehend unabhängig von ihren konkreten sozialen und historischen Einbettungen. Das würde zu geistesgeschichtlichen Betrachtungen führen, die wir hier nicht leisten können. Statt dessen soll versucht werden, jene invarianten Typen von Anforderungen auszufällen, die sozialen Kontexten entspringen und die bei Versuchen zu ihrer Erfüllung immer wiederkehren.[8]

Wir beginnen in der kognitiven Psychologie zu verstehen, wie es in den Grenzen intellektueller Leistungsfähigkeit zu einer autodidaktischen Steigerung mentaler Leistungen kommen kann. Es gibt keinen Grund anzunehmen, daß dies unter historisch stimulierenden Bedingungen anders gewesen sein sollte. Das individuell treibende Element liegt allemal in der Dynamik der Motivsysteme, gleichviel wodurch sie stimuliert werden. Wir wollen darum jene Situationsbedingungen in den Blick nehmen, deren motivationale Wirkungen geistige Vorgänge angeregt und gesteigert haben.

Wir ordnen diese Faktoren unter vier Aspekten:

(1.) die Organisation sozialer Strukturen betreffend (Abschn. 7.1),

(2.) die Kalkulation sozial organisierter Aktivitäten (Abschn. 7.2),

(3.) wie Unzulänglichkeiten die Überschreitung von Leistungsgrenzen in

(1.) und (2.) veranlassen (Abschn. 8), und schließlich

(4) welche Funktion dabei der menschlichen Sprache zukommt (Abschn. 9).

7.1. Mentale Anforderungen durch soziale Strukturbildungen

Eine permanente Steigerung der Siedlungsdichte kann entweder zu einem Chaos führen oder ein Bedürfnis nach innerer Ordnung erzeugen, die eine gewisse Stabilität ermöglicht. Soziales Chaos hat keine Stabilität. Es ist der Endzustand bei der Auflösung eines sozialen Verbunds. Für das Überleben eines Gemeinwesens wird Stabilität gebraucht. Bei der Häufung von Individuen ist die optimale Stabilisierungsform die hierarchische Ordnung. Ihr

[8] Es geht uns also um zeitlich invariant bleibende Anforderungsklassen, die sich für verschiedene historische Epochen auf spezifische Weise präzisieren lassen. Das ist nur scheinbar ein unhistorisches Vorgehen, wird doch versucht, Rahmenbedingungen zu umreißen, *in denen* sowie *durch die* sich konkrete historische Ereignisse in gewisser Weise wiederkehrend abspielen.

Kennzeichen im sozialen Bereich sind die in Ebenen geschichteten Vollmachten und Kompetenzen: Eine Macht ausübende Spitze mit nachfolgenden Unterkompetenzen für Teilbereiche, die sich aufspalten und verkleinern, bis hin zur singulären Einordnung des Individuums. Die Spitze kann eine Priesterkaste mit einem Oberpriester, ein Heerführer, ein gottnaher König, ein absolut herrschender Fürst oder ein Präsident sein. Die Spitzenämter und ihre Benennungen wechseln in der Geschichte. Die hierarchische Struktur bleibt. Mit ihr bleiben die Abhängigkeiten, die gegliederten Über- und Unterordnungen, die Kompetenzen und Pflichten nach Ebenen sozialer Bewertung getrennt, wie immer sie im einzelnen benannt werden.

Hierarchische Ordnungsbildung ist ein universelles Verfahren zur Beherrschbarkeit großer Strukturen, über die ein simultaner Überblick nicht möglich ist. So sind z.B. große Datenmengen im menschlichen Gedächtnis hierarchisch geordnet. Die Ordnung in Insektenstaaten zeigt das gleiche Prinzip. Verwaltungen und Heere sind nach diesem Prinzip aufgebaut, Staaten sind danach gegliedert[9]. Wenn es sich dabei um dynamische soziale Strukturen handelt, für die es keine vorgeprägten Erhaltungsregeln gibt, bedarf es zudem der Festlegungen. In dem Grade auch, in dem die Regeln überdauern , also verbindlich bleiben sollen, wird die mündliche Überlieferung unzulänglich. Schriftliche Fixierung eignet sich weit besser zum kontrollierbaren, die Generationen überdauernden Faktum. Die Tendenz dahin entsteht in sozialen Strukturen als Bedürfnis.

Die Regeln zur Erhaltung des Sozialwesens fixieren die Strafen sehr hart, die für Handlungen stehen, die den Aufbau der sozialen Struktur gefährden. Besondere Härte erfahren dabei jene Aktivitäten, die den hierarchischen Aufbau des Sozialwesens antasten. Revolutionäre Taten gehören dazu, die über das zeitweilige Chaos eine neue, oft wiederum hierarchische Struktur schaffen wollen. Gesetzgebungen sind auch Schutzmechanismen für das bestehende Hierarchieprinzip in der sozialen Ordnung. Die individuellen Motivationen, dies verwirklicht zu sehen, sind von der Stellung in der Hierarchieebene mitgeprägt. Je höher die individuelle Lebensführung in einer Hierarchieebene angesiedelt ist, um so stärker die Motivation zur Erhaltung der bestehenden Über- und Unterordnungsverhältnisse.

7.2 Ein Gemeinwesen ist keine statische Ordnung. Es ist ein pulsierendes soziales System, in dem Aktivitäten stattfinden, die bestehende Strukturen permanent beanspruchen und partiell transformieren. Die Mächtigkeit oder der Umfang kollektiver Aktivitäten hängt von der Hierarchieebene ab, von

---

[9] Daß dies auf instinktiver Basis auch für die staatenbildenden Insekten gilt, weist darauf hin, daß wir es hier mit einem sehr universellen Prinzip der Selbstorganisation in Nervensystemen zu tun haben.

der sie veranlaßt oder kontrolliert werden. Besondere Bedeutung hat dabei die Berücksichtigung *zukünftiger* Vorgänge oder Ereignisse. Es kann dies deren Verwirklichung oder Verhinderung betreffen.

Zu den wichtigen kollektiven Aktivitäten gehört die Errichtung von Behausungen oder das Anlegen von Siedlungen. Das erfordert antizipierendes Vorgehen: im großen für das Ganze zunächst, für die Großfamilie darunter und vielleicht auch noch für kleinere Gesellungsformen. Auch die Bauwerke reflektieren in ihrer äußeren Gestalt wie in ihrer inneren Ausstattung die hierarchische Struktur des Gemeinwesens. Oder einfacher: Sie zeigen die Machtstrukturen nach außen hin: Von den Zikkurats in Ur angefangen, über die Pyramiden Ägyptens oder in Teotihuacan, die griechischen Tempel, das Forum Romanum, die mittelalterlichen Pfalzen, die Burgen und Schlösser bis hin zu den Banken der Neuzeit wird angezeigt, wo die Zentren der Macht lagen und liegen. Die Äußerlichkeiten bezeugen, daß die Motivation für die Signalisierung der Macht erhalten geblieben ist, ja daß diese selbst ein Mittel zu ihrer Erhaltung war und blieb.

Größe und Ausstattung sind das eine, die Funktionsteilung in der Bauplanung ist das andere. Wohnareale kennzeichnen die Schichtung im Gemeinwesen: Das Vornehme gegenüber dem Gleichgestellten, und auch das noch einmal untergliedert fürs Feine oder Grobe: Schmiede für Schmuck in Gold oder Silber oder für Zaumzeug und Hufeisen; Zimmerer für die Burg oder fürs Alltägliche, die Fischer und die Getreidebauer, die Gelegenheitsleute; sie alle haben mit ihren Funktionen spezifische Arbeits- und Wohnkulturen zugebilligt bekommen bzw. sich geschaffen.

Zur aktiven, vororientierenden Planung gehört auch der Anbau von Getreide, die Umgrenzung der zu bestellenden Gebiete, die Speicherung von Vorräten, die Regelung von Entlohnungen, der Tausch und die Verteilung von Gütern; ihre Festlegung wie ihre Durchführung. Eine der dafür notwendigen, fundamentalen kognitiven Operationen ist der Vergleich. Als Vorgang der perzeptiven Erkennung von Gleich gegenüber Ungleich ist er tief in der Arbeitsweise höherer Nervensysteme verankert. Das gilt auch für die Erkennung von Ungleich selbst, von Mehr und von Weniger. In Zusammenhang mit den erwähnten sozialen Aktivitäten verbinden sich diese elementaren Erkennungsvorgänge jedoch mit der Notwendigkeit, Gleichheit *herzustellen*. Das geschieht durch Hinzutun und Wegnehmen. Implizit sind das die ersten arithmetischen Operationen; die Addition und die Subtraktion. Sobald es für diesen Vorgang soziale Vereinbarungen gibt, über die kommuniziert werden muß, dann bedürfen auch die Herstellung von Gleichheit und von Ungleichheit der Benennung. Schwer ist es in der Geschichte gewesen, die Herstellung der Gleichheit von der Art der betref-

ken, von Schafen, Ziegen, von Arbeitszeiten oder von Land? Die Bezeichnungen von diesen inhaltlichen Spezifika zu trennen, das hat große Probleme bereitet. Der Inhalt läßt sich auch schwer vom Wozu trennen, die Menge vom Zweck oder von ihrem Nutzen. Erst diese Trennung führt jedoch zu den

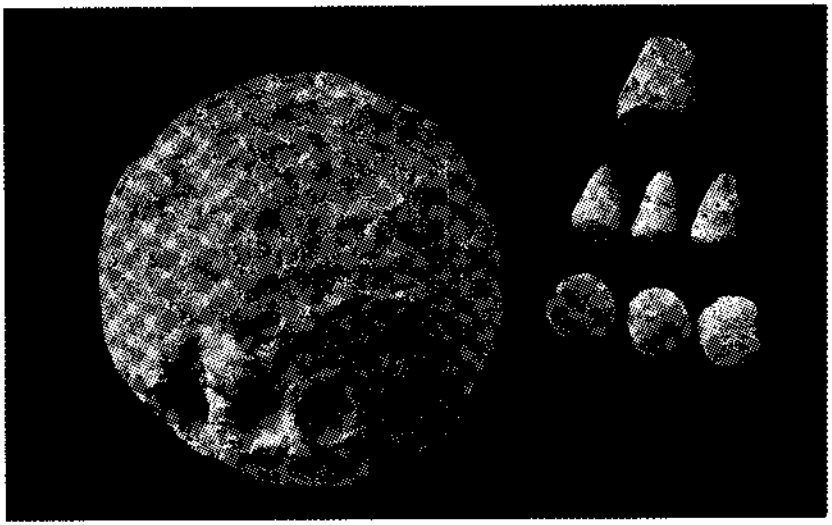

Abb. 5 Eine Tonkugel mit Zählsteinen, deren Größenverhältnisse auf eine hierarchische Ordnung in der Zählreihe hindeutet. Das könnte als Vorstufe für ein Positionssystem in der Zahldarstellung gelten. (Aus Nissen et al. 1990).

neutralen, wertfreien arithmetischen Operationen. Dieser Übergang hat sich in Sumer zwischen 2800 und 2200 ante vollzogen. Dazu kommt noch ein wesentlicher anderer Aspekt: Wenn Zuteilungen irgendwelcher Art dem Hierarchieprinzip folgen (was sie nach den Machtverhältnissen tun), dann ist die Frage nach dem Wieviel mehr und dem Wieviel weniger von hoher sozialer Relevanz. Damit sind Ansehen und Prestige verbunden.

Das Prinzip der Messung verbindet sich so unter sozialem wie unter kognitivem Aspekt mit den ersten arithmetischen Operationen. Aber nicht am sensorisch Einfachsten setzt das Messen an (also an der eindimensionalen Länge, Breite oder am Gewicht), nein, beim Meßbaren liegt der Anfang im

Dreidimensionalen: beim Volumen (Abb. 5). Einheiten für Getreide oder Getränke werden in Hohlmaßen angegeben. Der entwickelte Zahlbegriff erlaubt es, die Menge der Hohlmaße in Vergleich zu setzen. Das einzig neu Festzulegende ist eine Maßeinheit. Beliebige Größen eignen sich dafür, entscheidend ist die alltägliche Handhabbarkeit und - damit verbunden - die soziale Übereinkunft. So ist es auch mit den Längenmaßen wie späterhin mit

Elle, Klafter oder Fuß. Je nach der Art und den Gebräuchen im Gemeinwesen sind Normen in der Geschichte festgelegt worden.

Meßvorgänge sind Teilungen nach vereinbarten Einheiten. Teilungsprozeduren sind auch die Grundlage von Wertevergleichen. Die wiederum sind die Basis des Tauschens und des Tauschgeschäfts. So mündet die eine Operation des Vergleichens in Verbindung mit Arithmetik und (motivationaler) Bewertung in die frühen Regulationen und Vorformen des Handelns und des Gewinnstrebens.

Meßvorgänge führen zur Bildung von Verhältnissen der Art x1 mal Krug 1 ist gleich dem Krug 2. Mit diesem Vergleichsvorgang entsteht die Bildung von Verhältnissen bzw. von Relationen. Sie finden ihren Gebrauch keineswegs nur beim Vergleich von Volumina, sondern ganz allgemein dort, wo Anzahlen oder Mengenangaben möglich sind. Also beispielsweise auch beim Vergleichen von Orten zu verschiedenen Zeitpunkten. Diese Art der Teilung ist auch die Grundlage frühester astronomischer Erkenntnisse, zum Beispiel der Trennung zwischen Planeten und Fixsternen und auch der Planeten untereinander. Denn dieses Teilungsverhältnis markiert die verschiedenen Umlaufbahnen der Planeten um die Sonne. Bis zu den Berechnungen von Galilei, Descartes und Beeckmann für das Fallgesetz, bis zur Renaissance überhaupt, beruht die Physik vor allem auf der Bildung von Relationen und Relationsvergleichen (Damerow, 1993). In Verbindung mit der Arithmetik wiederum gehen auch komplexere naturwissenschaftliche Aussagen, wie z.B. die Beziehung zwischen Druck, Volumen und Temperatur auf messende Vergleichsprozesse zurück.

Neben den Operationen an Mengen spielen in allen sozial organisierten Lebensformen des Menschen auch Planungen für Angriff, Eroberungen, für Schutzmaßnahmen bei Unwetter oder Verteidigung bei Überfällen eine bedeutsame Rolle. Die Zusammenhangserfassung bei vernetzten Wenn-Dann-Beziehungen und den Vergleichen von Konsequenzen ist höchst wesentlich für die Entscheidungsfindung in komplexen Situationen. Das gilt im besonderen für aktive soziale Systeme. Es ist die Basis dessen, was man später einmal Logistik nennt. Entsprechende Abschätzungen sind keine arithmetischen Probleme mehr. Komplexes Systemverhalten ist essentiell mit Unsicherheit behaftet, wird zu einem eigenen Bewährungsfeld mentaler Operationen.

8. Die Grenzen menschlicher Leistungsfähigkeit und die Versuche zu ihrer Überwindung

Wir haben an Beispielen gezeigt, wie soziale Vernetzungen Bedürfnisse erzeugen, die Herausforderungen an geistige Leistungen darstellen. Was die Natur vor Zeiten bewirkte, geht mehr und mehr auf die gesellschaftlich

geschaffene Umwelt über. Dabei kommt es auch hier nicht selten zu Überforderungen. Dieses Spannungsfeld zwischen Anforderung und Unfähigkeit, sie zu realisieren, ist abermals wesentliche Motivbasis für die Versuche, die Grenzen bestehender Leistungsfähigkeit zu überwinden. Suchen wir einmal diese Grenzen auf:

(1) Seit Urzeiten stoßen Menschen auf die Schranken ihrer körperlichen Kräfte. Immer wieder werden Mittel ersonnen, diese Grenzen zu überwinden: Hebel, Keil, Rolle, Flaschenzug bezeugen diese Bestrebungen. Der Gebrauch dieser Instrumente nimmt mit der Bildung sozialer Organisationsformen im Gemeinwesen zu: Rodungen, Bauten, Transporte fordern diese Instrumente und ihre Vervollkommnung. Das Rad und seine Verbindungen stehen vielfach im Dienste der Kraftübertragung und Verstärkung. Die Optimierung von Aufwand an Körperkraft und erzielter Wirkung ist über lange Zeiträume ein zentrales Thema für die Gestaltung von Arbeitshandlungen. Die Nutzung fremder Energiereservoire wie Feuer, Elektromagnetismus und Kernkraft zeugen von einem neuen Weg der Gewinnung und Verstärkung von Kräften.

(2) Die Grenzen der Sinnesorgane betreffen ihr Auflösungsvermögen, die Fernsicht (oder das Fernhören) sowie die Kurzsicht. Linse, Mikroskope, Teleskope, Spektroskopie und Radiowellen zeugen von den Bemühungen, die Grenzen der Sinnesorgane beim Informationszugang aus der Umwelt zu überwinden. Die Suche nach neuen Fortbewegungsregionen wie Luft oder Unterwasser sind Zeugnisse später technischer Entwicklungen. Manipulatoren erweitern die Genauigkeit und Treffsicherheit der Auge-Handsteuerung.

(3) In alle diese "Grenzüberschreitungen" naturgegebener menschlicher Leistungsfähigkeit sind Leistungseigenschaften mentaler Prozesse eingegangen. Die ungezählten Konstruktionen im technischen Bereich zeugen von der nahezu unbegrenzten Kombinatorik kognitiver Komponenten im Denken und im Handlungsaufbau. Das zugehörige Thema der kognitiven Psychologie besteht darin zu erklären, welche elementaren Vorgänge der Informationsverarbeitung und Informationsproduktion in diese Kombinationen eingehen und die Resultate des menschlichen Denkens in seiner unübersehbaren Vielfalt erzeugen. Dabei bahnt sich eine neue Technologie der "Grenzüberschreitungen" an. Sie betrifft die Überschreitung intellektueller Kapazitätsgrenzen. Das Thema ist schon einige hundert Jahre alt. Aber erst als die mechanische Informationsübertragung und Speicherung verlassen werden konnte, kam mit der elektronischen Computertechnologie der Durchbruch zur Imitation und Nachbildung geistiger Prozesse und Leistungen. Die Kapazität technischer Speicher und die Zugriffsgeschwindigkeiten zu den Speicherinhalten liegen schon jetzt über den Parametern des menschlichen Nervensystems. Dennoch ist damit dessen Leistungsfähigkeit

noch längst nicht erreicht. Zwar ist es möglich, elementare Problemlösungsprozesse durch Rechner nachzubilden. Dazu gehören z.B. die Simulation von Mechanismen des Abstrahierens, des Verdichtens von Information zu Begriffen unterschiedlicher Komplexität, des Verkürzens von Operationenfolgen zu einer Makrooperation oder die Umkehrung von Operationen. Dennoch bleiben große Lücken in der Nachbildung mentaler Leistungen durch die Computertechnik. Die Grenzen sind erkennbar, und sie verlocken derzeit Computerfreaks wie Profis, sie zu überwinden. So vollzieht sich vor unseren Augen, was sich tausende Male in der Geschichte zugetragen hat, wenn soziale Bedürfnisse menschliche Motivationen stimuliert und zu höheren Leistungen angetrieben haben.

Von den derzeit gegebenen Schranken auf dem Gebiet der Nachbildung geistiger Prozesse gibt es ein Problem, das sich wahrscheinlich schrittweise lösen lassen wird. Es gibt aber noch ein wesentlicheres, weiteres Problem, dessen Lösung sich sehr wahrscheinlich der Leistungsfähigkeit menschlicher Nervensysteme entzieht. Auch das Warum dafür, läßt sich begründen (vgl. Abs. 10). Diesen beiden Problemen werden wir uns nun zuwenden. Das erste betrifft die Rolle der Sprache bei der zunehmend beschleunigten Entwicklung geistiger Kalküle in der Menschheitsgeschichte. Das zweite hängt mit der infiniten Komplexität der Umwelt und der begrenzten Prädiktierbarkeit des Geschehens in ihr zusammen.

9. Über die Rolle der Sprache in den Wandlungen geistiger Dispositionen

Wenn jetzt von Sprache die Rede ist, so in einem sehr eingeschränkten Sinne. Es geht uns nur um einen einzigen funktionellen Aspekt, der sich aus einer geschichtlichen Beobachtung ergibt. Die Beobachtung besagt, daß, seitdem es Sprache in einem natürlich-hochsprachlichen Sinne gibt, die geistige Regsamkeit des Menschengeschlechts erheblich zugenommen und dabei kulturelle Entwicklungen eingeleitet hat, die an Qualität und Intensität alles bis dahin möglich Gewesene übersteigen. Dabei denken wir nicht nur an die Entwicklungstempi von Wissenschaft und Technik, sondern auch an die intelligenzintensiven Begründungen für die Gestaltung ökonomischer, agrokultureller und auch künstlerischer Prozesse, an die intelligenzintensive Gestaltung von Geschmacks- und Essenskulturen ("die Kultur beginnt in der Küche", lautet ein Satz, der ebenso einem Chinesen wie einem Franzosen zugeschrieben wird), und wir denken auch an die Gestaltung von Kleidung, Wohnung und Hygiene. Die Frage ist, ob diese Entwicklungen mit der Sprache im Denken zusammenhängen können, und, wenn ja, wie das vorstellbar ist. Dies sei an Beispielen in Grundzügen bedacht:

Die Sprache des Menschen hat eine doppelte Funktion: eine kommunikative und eine kognitive. Die kommunikative dient der Verständigung, die kogni-

tive dient dem Erkenntnisgewinn. Evolutionsgeschichtlich gesehen ist die kommunikative Funktion der Lautbildung längst vor der kognitiven anzutreffen. Tiere verfügen über lautliche Kommunikation bereits auf instinktiver Basis. Sie dient der Koordinierung des Verhaltens verschiedener Individuen einer Art, seltener auch der zwischenartlichen Kommunikation. Lernabhängige Lautbildungen für kooperative Aktivitäten finden wir ausgeprägt bei höheren Wirbeltieren. Gesangslernen bei Vögeln ist ein wohlbekanntes Beispiel. Mit der lernabhängigen Kommunikation beginnt eine zweite Funktion der lautlichen Konnexion zwischen Lebewesen, die der adaptiven Partnererkennung und Informationsübermittlung. Dies ist möglicherweise der Anfang für die kognitive Durchdringung der Kommunikation. Sprache jedoch ist es noch nicht. Die findet ihre schließliche Bestimmung mit dem Abschluß der Menschwerdung, mit der Benennung von Begriffen.

Begriffe sind Klassifizierungen von Objekten, Ereignissen oder Operationen nach den ihnen gemeinsamen (invarianten) Merkmalen. Sie werden im Gedächtnis gespeichert und bilden die Basis des klassifizierenden Erkennens: Ein Stamm, Zweige und Blätter oder Nadeln bilden den Begriff des Baumes. Und so für alle wahrnehmbaren Merkmalssätze. Bei der begrifflichen Zuordnung eines Einzeldinges (etwa "das ist mein Hund Bello" als Individuum wie als Klassifikat) entfalten sich alle Artmerkmale bis zum Anschauungs- oder Vorstellungsbild. Bei der Bestimmung als HAUSTIER, SÄUGETIER, TIER oder LEBEWESEN[10] regen die Wortmarken immer weniger charakteristische Merkmale an. Gleichzeitig wird die Menge der begrifflich umgriffenen Objekte immer größer (es gibt ungleich mehr Haustiere als Hunde, mehr Tiere als Haustiere usf.) Die Wortmarken selber ändern sich in ihrer Komplexität nicht, wohl aber nimmt mit abstrakterer Klassifizierungsstufe die Kompaktheit des Begriffs bzw. die Anzahl der erfaßten Objekte zu. Für jede Abstraktionsstufe gilt: Die Menge der durch Merkmalssätze im Gedächtnis gespeicherten und dadurch wiedererkennbaren Objekte ist potentiell unendlich. Jede begriffliche Wortmarke in jeder Abstraktionsebene erlaubt bei lautsprachlicher Kompetenz, diese Menge an Information zu übertragen. Das ist eine ungeheure *Verdichtung des Informationstransports in der Kommunikation durch begriffliche Repräsentation* der Worte in der Sprache. Das ist die erste, mit Sprache verbundene kognitive Neuleistung.

Es werden, wie erwähnt, nicht nur Objektmengen klassifiziert, sondern auch Ereignisse und Operationen. Für Ereignisse stehen klassifizierende Wortmarken wie HACKEN, SÄGEN, SCHREIBEN, BERECHNEN oder

[10] Die Begriffe sind in Großbuchstaben, die sie bezeichnenden Worte in Normalschrift gehalten.

AUSGIEßEN, ÜBERHOLEN, EINHOLEN. Charakteristisch ist, daß auch hier die invarianten Merkmale der so benannten Ereignisse für den Prozeß der Wiedererkennung im Gedächtnis gespeichert werden. Das gleiche gilt für die Klassifizierung von ausführbaren Handlungen, von Operationen und ganzen Handlungsprogrammenn. Begriffe wie STRICKEN, HINZUTUN, MULTIPLIZIEREN, EXERZIEREN, PROGRAMMIEREN oder BERECHNEN sind Beispiele dafür. (Wir unterscheiden also zwischen dem Klassifizierten Ereignistyp SCHREIBEN und der im Gedächtnis ebenfalls verankerten Wissensstruktur für die Produktion von Schriftzügen; vgl. dazu Engelkamp, 1991).

Nun sind begriffliche Merkmalssätze (oder kurz Begriffe) noch keine Sprache, wohl aber die Voraussetzung für deren kognitive Funktion. Sie tragen die Semantik sprachlicher Informationen.

Begriffe sind zugleich Ankerpunkte des menschlichen Denkens. Worte sind ihnen assoziiert. Sie können von ihnen angeregt werden und umgekehrt. Dadurch, daß Begriffe benannt sind, begleiten die Benennungen auch den begrifflichen Denkprozeß. Jedenfalls, soweit es Benennungen für die klassifizierten Strukturen gibt.

Denkprozesse finden außer im Begrifflichen auch im Anschaulichen statt. (Zwischen beiden Repräsentationsformen gibt es Überführungen bzw. Abbildungen.) In jedem Falle betreffen die Operationen auch Transformationen, sei es im Begrifflichen oder bei anschaulichen Vorstellungen. Diese Transformationen können Zustände oder Bewegungen in der Umwelt abbilden, die Ergebnisse von Handlungen *vorwegnehmen*, den Aufbau oder die Konstruktion einer Manipulation steuern, wie z.B. bei der Konstruktion eines Gerätes. Diese konstruktive Gestaltwirkung von Operationen im menschlichen Gedächtnis führt zu flüchtigen, neuen, kurzzeitig wirksamen mentalen Strukturen. Sofern solche Strukturbildungen als Zwischenergebnisse beim Problemlösen im menschlichen Denken häufig vorkommen, also auch öfter gebraucht werden, können sie benannt und von ihrer Benennung her wieder aufgerufen werden. Begriffe wie ZÄHLEN, TEILEN, VERVIELFACHEN sind solche neuartigen Benennungen, die in vormenschlichen Lebensbereichen gewiß keine Rolle gespielt haben. Darin erkennen wir die zweite kognitive Funktion der Sprache: *die Fixierung neuer Wissensbereiche* und deren begriffliche Durchdringung. Damit haben wir zwei bedeutsame kognitive Funktionen begrifflich sprachlichen Denkens erfaßt: Die beliebige informationelle Kompaktheit im Begrifflichen bei gleichbleibend einfacher Benennung und die Verfügbarkeit mentaler Prozesse oder Prozeduren durch freie Wortwahl als Benennung.

Die dritte kognitive Funktion der Sprache liegt darin, daß die Ergebnisse individuellen Denkens durch die Benennung ihrer Ergebnisse in der Sozietät kommuniziert, - oder besser: mit - geteilt werden können. Der Begriff der Mit*teilung* enthält den Sachverhalt der Vervielfältigung. Das eben macht die soziale Funktion des Denkens im Gemeinwesen und für das Gemeinwesen aus. Diese Vervielfältigung im Austausch von Denkleistungen erhöht den Reichtum an Variabilität der Denkresultate und führt im Effekt zu einer Potenzierung der Intelligenz in der menschlichen Gesellschaft durch die Gesellschaft. Dies bedeutet auch eine Chance für die Intensivierung des Gewinns neuer Erkenntnis.

Begriffliche Bildungen können auch Operationen betreffen. Eine bedeutsame mentale Operation betrifft die Abbildung begrifflicher Strukturen (bzw. Merkmalssätze) auf die mentalen Bilder oder Vorstellungen im Gedächtnis. Die Wechselbeziehung zwischen Anschauungsbildern und begrifflichen Strukturen ist ein wesentliches Element kreativen Denkens, das durch Sprache vermittelt wird. Das ist die vierte kognitive Funktion natürlichsprachlicher Anteile im menschlichen Denken.

Operationen können auch die Worte als Elemente des mentalen Lexikons betreffen. So wie die Anwendung kognitiver Operationen auf andere begriffliche Merkmale die Dynamik des Denkens begründet, so die Transformationen an Worten des mentalen Lexikons die Adaptivität der sprachlichen Ausdrucksfähigkeit. Operationen, angewandt auf Wortbildungen im menschlichen Gedächtnis, erhöhen die Ausdrucksfähigkeit der Lautsprache. Damit wird es zum Beispiel möglich, Zeitbeziehungen als begriffliche Information in die Kommunikation aufzunehmen, Vergangenheit auszudrücken oder Zukunft, Verhältnisse in Raum und Zeit und ihre Veränderungen zu benennen und zu beschreiben; kurz: eine (transformative) Grammatik auszubilden. Wortbildungen im Gedächtnis und ihre Transformationen verbinden das Denken mit der Umwelt über die Sprache und umgekehrt, sie verbinden auch die Geschehnisse der Umwelt durch die Sprache mit dem Denken. Denn Grammatik: das sind Abbildungen begrifflicher Operationen in Wortstrukturen. Sprachkompetenz besteht in der Nutzung von begrifflichen Denkoperationen für die aktuelle Gestaltung der Laut- oder Schriftsprache. (Zwischen Laut- und Schriftsprache haben wir hier nicht differenziert. Die eigenständige Problematik dazu haben wir an anderer Stelle abgehandelt (Klix, 1993)).

Wir haben im Überblick gezeigt, wie die Ausbildung natürlicher Sprache die Entstehung und Verbreitung von Denkleistungen befördert. Sie hat allem Anscheine nach die Intelligenzentwicklung in den menschlichen Sozietäten im ganzen beschleunigt. Dieser Prozeß hält bis in die Gegenwart an, ja, er

beschleunigt sich hier noch einmal um Größenordnungen (wenn auch nicht ohne neue Problematik, wie wir gleich zeigen werden). Allerdings scheint das letzte Ziel kognitiver Bemühungen um die Erhöhung der intellektuellen Dispositionen des Menschen nicht erreichbar: der Blick in eine beliebig lange Zukunft. Dies wollen wir am Schluß in einer Art philosophischen Ausblick begründen.

9. Schlußbetrachtung

Im ersten Teil dieses Beitrages wurde begründet, daß erdgeschichtliche Wandlungen in einem Zeitraum von 250 Mio. Jahren stimulierende Bedingungen für die Evolution hochentwickelter, lernfähiger Lebewesen gesetzt haben. Die erforderlichen Anpassungsleistungen mußten gegenüber gravierenden Veränderungen in den Lebensräumen bestehen können. Dabei erzeugten die wirksamen Faktoren Dispositionen der Nervensysteme, mit denen Komponenten mentaler Strukturbildungen des Gegenwartsmenschen entstanden. Sie sind ursprünglich Anpassungen an eine durch geobiologische Faktoren beschleunigt komplexer werdende Welt. Die entstehenden organismischen Wirkungsgefüge erzeugen eine Strategie, durch die die zunehmende Komplexität der Umwelt durch eine Verstärkung der mentalen Leistungskapazität der Nervensysteme abgefangen wird. Sie müssen ihre Erkennungs-, Entscheidungs- und Verhaltensstrategien in dieser Welt bewährungsfähig halten, und das heißt, sie fortwährend wirkungsfähiger zu gestalten. Wirkungsfähig heißt vor allem, leistungsfähige Extrapolationen für Zukünftiges zu entwickeln. Anpassungseffekte dieser Art sind noch heute bei Lern- und Behaltensfunktionen des rezenten Menschen nachweisbar.

Dieser langen Periode biologischer Anpassung folgt im Prozeß der Menschwerdung eine Zeit zunehmender Differenzierung der Sozialstrukturen. Sie begann etwa 12 - 10 000 v. Chr. im vorderen Orient, u.a. an Euphrat und Tigris, und sie strahlte alsbald aus in nordindische Sozietäten. Andere Bindungen und neuartige Organisationsformen im Zusammenleben von Menschengruppen entstanden am Nil. Wohngebiete untergliedern und differenzieren sich mit zunehmender Dichte der Besiedlung. Es sind Bindungen, die durch soziale Abhängigkeiten, verschiedenartige Kompetenzen, Verantwortlichkeiten oder Befehlsgewalten entstehen. Die Dynamik in solchen sozialen Vernetzungen kann zu Auswirkungen führen, die in ihrer Dramatik Naturprozessen vergleichbar sind. Obwohl durch geistige Prozesse gestaltet, sind die Wirkungen menschlicher Eingriffe in soziale Strukturbildungen oft nicht überschaubar. Das schließt die Möglichkeit ein, daß sie Katastrophen produzieren können wie das Aufbrechen geologischer Kräfte auch. Nur daß die aus sozialer Dynamik geborenen Katastrophen noch größeres Elend für

Leib und Leben von Mensch und Tier verursachen können. Auch für die sozialen Vernetzungen gilt, daß kleine Ursachen gigantische Wirkungen hervorrufen können. Das bezeugen historische Verwicklungen zwischen Völkerschaften, die häufig von scheinbar sozialen Winzigkeiten hervorgerufen werden. Ob das nun durch Verwicklungen ausgelöst wird, die von einer schönen Frau wie Helena ausgehen oder von der sprichwörtlichen Nase der Kleopatra, von einem nichtswürdigen Fenstersturz in Prag oder von der Kränkung der Brunhilde durch Kriemhild vor dem Kirchgang zu Worms (sie ist im Nibelungenlied als Ursache für ein grauenhaftes Gemetzel unter Zehntausenden von Hunnen und Burgundern beschrieben). Wir haben Lawinenphänomene dieser Art vor uns in Glaubenskriegen. Erinnert sei an die Deutungsdiskussion über die Substantialisierung von Leib und Blut im Abendmahl: ob "ist" oder "bedeutet" das rechte Glaubensbekenntnis ausdrückt. Dies war der Vorabend des grausamsten Glaubenskrieges im mittelalterlichen Europa.

Es waren Miniaturursachen, die zu Völkerbewegung, ja zu Völkermord führten. Die Kräfte zwischen Ursachengeflechten und Wirkungsverzweigungen waren in den Startsituationen allemal undurchschaubar. So wie sie in komplexen und nichtlinear verkoppelten Systemen allgemein anzutreffen sind.

Wir finden seit der Sozialisation durch Institutionen im menschlichen Zusammenleben bis heute einen beständigen Wettlauf zwischen steigender Komplexität innerhalb oder zwischen Gesellschaften und Tendenzen zur Steigerung geistiger Leistungsfähigkeit. Angetrieben wird dieser Wettlauf, um etwas Voraussicht bzw. Prädiktierbarkeit in den sozialen Entwicklungen zu entdecken. Prädiktierbarkeit schafft Sicherheit. Das ist bei sozialen Lebensgemeinschaften in Miniwelten genauso wie in Biotopen, in denen sich instinktive Verhaltenseinstellungen bewähren und erhalten. Die Regeln eines Klosterlebens oder eines Ordens sind lokal stabil und überschaubar. Es kann über Generationen prädiktierbar sein, was zu bestimmten Tages- oder Jahreszeiten geschieht. Es ist dies wie eine teilweise Rückkehr in die Stabilität instinktgeregelter Nischenanpassung.

Allgemein gilt: Voraussagbarkeit besteht dann, wenn man Periodizitäten überblicken kann, in denen einzelne Ereignisse sich wiederholen. Periodizität ermöglicht Prädiktierbarkeit. Für Naturereignisse gilt das gewiß, und, wie wir sehen, auch in Bereichen sozialer Ordnungsbildungen. Die oft starren Prinzipien der Ordensbildung findet man mehr oder weniger starr in vielen Formen menschlichen Zusammenlebens, zum Beispiel in Vereinen, Parteien oder in Korporationen. Dadurch lassen sich kollektive Ziele anstreben. Ziele sind ja vorausgesehene Zustände. Wenn es aber um einen Zeitraum von

zweitausend Jahren geht, über den hinaus keine Periodizitäten bekannt sind, und wenn daraus dann die gesamte Menschheitsgeschichte prädiktiert werden soll, da ist die potentielle Leistungsfähigkeit der menschlichen Intelligenz deutlich überschritten. Für solche Prädiktionen wurden in der Evolutionsgeschichte keine Schlußregeln ausgebildet; und, wie nun von mathematischer Seite bewiesen ist: Sie konnten auch gar nicht ausgebildet werden. Denn: Nur wenn der Ablauf der Weltzustände so kodiert werden könnte, daß der beschreibende Algorithmus kürzer ist als die Zustandsfolge selber, dann wäre eine Prädiktion gesellschaftlicher Entwicklungen über lange Zeiträume möglich. Nach allem, was wir wissen, ist dies nicht der Fall.

Was kann geschehen? Wir leben in einem Zeitalter der algorithmischen Beschreibung komplexer Zustandsfolgen, im Zeitalter der Rechentechnik und der Computer. Neben anderen Leistungen verstärken diese Technologien den Komplexitätsgrad unserer Welt. Sie tun dies auf einigen nördlichen Regionen der Erdkugel wesentlich stärker als auf allen anderen. Nach dem, was wir im letzten Abschnitt begründet haben, muß dies zu einer regional unterschiedlichen Intelligenzentwicklung führen. Das kann, wenn nicht gegengesteuert wird, zu dramatischen Differenzierungen der Intelligenzzusammensetzung der unterschiedlich betroffenen Bevölkerungsgruppen unserer Erde führen.

Es kann aber auch sein, daß die Zunahme hyperkomplexer Weltzustände so vehement fortschreitet, daß sie sich der Beherrschbarkeit durch menschliche Intelligenz überhaupt entzieht. Dann würden die bestadaptierten und mithin überlebensfähigen Organismen nicht die höchsten Säugetiere sein, sondern die Viren und die Bakterien.

Literatur

Coppens, Y. (1983) Le Singe, l'Afrique et l'Homme. Fayard Paris

Edwards, W. (1968), Conservatism in Human Information Processing. In: Kleinmuntz (Ed.) Formal Representation of Human Judgement. New York, Wiley

Engelkamp, J. (1991) Das menschliche Gedächtnis. Verlag C. J. Hogrefe Göttingen

Foppa, K. (1966), Lernen, Gedächtnis, Verhalten. Kiepenheuer und Witsch Köln, Berlin

Hallpike, Chr. R. (1990), Die Grundlagen primitiven Denkens, dtv/Kett-Cotta

Herrmann, J. und Ullrich, H. (Hrsg.) (1992 Menschwerdung. Akademie Verlag Berlin

Hoffmann, J. (1993) Vorhersage und Erkenntnis, Hogrefe Göttingen

Johnson-Laird, P. N. & Wason (1972), Psychology of reasoning: Structure and content London, Balsford

Johnson-Laird, P. N. (1983), Mental Models. Cambridge, Harvard University Press

Johnson-Laird, P. N. (1989), Analogy and the exercise of creativity. In: Vosniadou, S. und Orthony, A. (Eds.) Similarity and Analogical Reasoning. Cambridge, Cambridge University Press, pp. 312-331

Kawai, M. (1975) Precultural Behavior of Japanese Monkey. In: Kurth, G. und Eibl-Eibesfeldt (Hrsg.) Hominisation und Verhalten. Thieme Stuttgart S. 32-55

Klix, F. (1992) Die Natur des Verstandes. C. J. Hogrefe, Göttingen

Klix, F. (1992) Erwachendes Denken. Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg

Köhler, W. & Restorff, H. V. (1937), Zur Theorie der Reproduktion, Psychologische Forschung 1921

Lander, H. J. (1968/69/70), Zur Psychologie des Gedächtnisses I-IV, Zeitschrift für Psychologie 175/176/177

Lanius, K. (1995) Globaler Wandel. Spektrum Akademie Verlag Heidelberg

Müller, G. E. & Pilzecker, A. (1900), Experimentelle Beiträge zur Lehre vom Gedächtnis, Leipzig

Müller, G. E. (1911-1917) Zur Analyse der Gedächtnistätigkeit und des Vorstellungsverlaufes, 3 Bände, Leipzig

Murdock, B. B. J. (1974) Human Memory-Theory and Data, New York, Erlbaum

Nissen, H. J., Damerow, P. und Englund, R. K. (1990) Frühe Schrift und Techniken der Wirtschaftsverwaltung im alten Vorderen Orient. Verlag Franzbecker Berlin

Osche, G. (1987) Die Sonderstellung des Menschen in biologischer Sicht. In: Siewing, R. (Hrsg.) Evolution (3. Aufl.) G. Fischer, Stuttgart

Ramachandran, V. S. (1988), Perceiving Shape from Shading. Scientific American No. 2, pp. 58-66

Riedl, R. (1992), Wahrheit und Wahrscheinlichkeit. P. Parey Verlag Berlin, Hamburg

Rose, St. (1994) Molecular and Cell Biology of Memory Formation. Academia Europaea, Parma

Siewing, R. (Hrsg.) (1987) Evolution (3. Aufl.) G. Fischer Stuttgart (UTB)

Seijnowski, T. J. (1987), Open Questions About Computation in Cerebral Cortex. In: Mc. Chelland, J. L. & Rumelhart, D. E.: Parallel Distributed Processing. The MIT Press Cambridge Mass. Vol. 2

Vogel, Chr. (1987) Evolution des Menschen. In: Siewing, R. (Hrsg.) Evolution (1987)

Vogel, Chr. (1989) Vom Töten zum Mord. Hanser Verlag München

Wright, A. A. et al. (1985) Memory Processing of Serial Lists by Pigeons, Monkeys, and People. Science 229, pp. 287-289

Ziegler, A. (1990) Deduktives Schließen mit mentalen Modellen. In: Sprache & Kognition, H. 2, pp. 82-91