

Evolution und Kulturentwicklung.

Wie können wir die Analogie der Verläufe erklären?

1. Einführung und Vorbemerkungen

Der erste systematische Versuch, die Entwicklung der menschlichen Kultur auf Prinzipien der biologischen Evolution zurückzuführen, stammt von *Otto Koenig (1970)*. *Konrad Lorenz (1980, 289)* hat für diese „Evolutionistische Betrachtung der Kulturentwicklung“, die auf die vergleichende Verhaltensforschung am Menschen zurückgeht, die Bezeichnung „Kulturethologie“ vorgeschlagen (*Koenig, O. 1970, 1*).

Vor ihnen hatte bereits *Bernhard Rensch (1965)* auf zahlreiche Übereinstimmungen von Gesetzlichkeiten der Evolution mit Regeln der Kulturentwicklung hingewiesen. Darunter finden wir neben Voraussetzungen, Mechanismen und Prinzipien der Evolution wie Variabilität, Selektion und Irreversibilität (Dollo'sches Gesetz) eine Reihe von Phänomenen, die den Gang der Entwicklung charakterisieren, u.a. Höherentwicklung, Rudimentation und Exzessivbildungen.

Von *Otto Koenig* stammt die erste detaillierte Beschreibung einiger solcher Entwicklungslinien in der menschlichen Kultur. An Uniformen aus verschiedenen aufeinander folgenden Zeiten weist er einige aus der biologischen Evolution bekannte Abläufe nach: Rudimentation und die Erhaltung von Relikten, Funktionswandel von Organen oder Merkmalen, Luxurierung, d.h. exzessive Ausprägung von Merkmalen und, häufig mit dieser gekoppelt, Ritualisierung von Verhaltensweisen (*Koenig, O. 1968; 1970*). An allen diesen Phänomenen lassen sich allmähliche Veränderungen aufzeigen, wenngleich diese weit weniger fein abgestuft sind als in der Evolution der Organismen.

Später haben *Max Liedtke (1994)* und *Uwe Hilgers (1994)* etwa zeitgleich zwei Studien vorgelegt, die den schrittweisen Wandel von liturgischen Gewändern und von Holzblasinstrumenten zum Inhalt haben. Für die Entwicklung von Schreibgeräten seit der Erfindung der Schrift liegt uns ebenfalls von *Max Liedtke* eine umfangreiche Darstellung vor, die systematisch die Veränderungen dieser Gebrauchsgegenstände analysiert (*Liedtke, M. 1996*). Für den quasi-kontinuierlichen Wandel hat er die

Bezeichnung „Verlaufsform“ eingeführt (*Liedtke, M. 1994*). Aus zwei Gründen verwende ich hier diesen Terminus (oder synonym „Verlauf“): Zum einen, weil er am deutlichsten ausdrückt, dass wir es bei den zu besprechenden Analogien mit Prozessen zu tun haben, die über mehrere Stadien verlaufen, zum anderen, weil er keine Erklärung oder Bewertung impliziert, also zunächst offen lässt, ob es sich tatsächlich um generelle Gesetzmäßigkeiten handelt, welche sowohl die Evolution als auch die Kulturentwicklung beherrschen.

Von Humanwissenschaftlern werden immer wieder Vorbehalte gegen die Anwendung naturwissenschaftlicher Methoden und Erkenntnisse auf kulturwissenschaftliche Probleme vorgebracht. Besonders der Vergleich der Kulturentwicklung mit der Evolution der Organismen und konsequenterweise der Begriff *Kulturevolution* werden vor allem von vielen Philosophen vehement abgelehnt, bestenfalls ignoriert. Mir scheint sich diese Haltung eher aus einem tief liegenden Ressentiment als durch begründete Einwände zu erklären, zumal beispielsweise die vergleichende Sprachwissenschaft unter Anwendung biologischer Prinzipien unbestreitbare Erkenntnisgewinne gebracht hat (*Lenneberg, E.H. 1967; Chomsky, N. 1970*). Neben einer generellen Unterbewertung der empirischen Arbeitsweise könnte die zunehmende Bedeutung der Lebenswissenschaften für unser gegenwärtiges Selbstverständnis und Weltbild der Grund für die Aversion sein. Steckt in dieser Entwicklung nicht eine dreifache „Kränkung“, von der insbesondere die Transzendentalphilosophie betroffen ist? Erstens ist die revolutionierende Abstammungslehre nicht verwunden. Dann stellt zweitens die neuere Hirnforschung den „freien Willen“ des Menschen und damit die Freiheit infrage, unsere Kultur ohne äußere Zwänge zu gestalten. Drittens mag von größter Tragweite der vermeintliche Einbruch der Biologie in eine Domäne sein, die traditionell von der Philosophie besetzt ist. Ich denke dabei an die Evolutionäre Erkenntnistheorie (*Lorenz, K. 1941; Vollmer, G. 1975; Riedl, R. 1979*). Da hätten wir es dann mit einem Fall territorialer Verteidigung zu tun.

Leider sind einige Formulierungen in Otto Koenigs kulturethologischer Studie an Uniformen geeignet, ihm bei oberflächlicher Rezeption einen unreflektierten Biologismus vorzuhalten: „Der Mensch ist eben ein biologisch gewordenes Lebewesen, und sein Denkapparat folgt denselben elementaren Gesetzen, die seinem Werden zugrunde liegen“ (*Koenig, O. 1969, 40*). Zumindest suggerieren Feststellungen wie diese, eine weitere

Kausalanalyse der dargestellten Analogien zwischen Prinzipien der Evolution und der Kulturgeschichte sei entbehrlich.

Rensch und Koenig sind in erster Linie beschreibend-vergleichend vorgegangen, wie die klassische Biologie auch, bevor sie sich eher kausal-analytisch ausgerichtet hat. Abgesehen von den wichtigsten Mechanismen, welche die biologische Evolution vorantreiben, wie Selektion als Folge von Anpassung, Konkurrenz und Isolation, finden sich bei ihnen kaum Hinweise auf mögliche generelle oder spezifische Ursachen für die Verlaufsformen in der Kulturgeschichte.

2. Analoge Verlaufsformen in der Evolution und Kulturentwicklung

Im Folgenden möchte ich im Anschluss an die Zusammenstellungen von Rensch (1977) und Liedtke (1996) eine erweiterte Liste von Verlaufsformen aus der biologischen Evolution, für die sich analoge Phänomene aus der Kulturgeschichte finden lassen, vorstellen und nach den Ursachen für die Ähnlichkeit suchen. Da meine Interessen und Kenntnisse naturgemäß beschränkt sind, stammen die meisten Beispiele für kulturelle Verläufe aus Wissenschaft und Technik. Andere Bereiche wie Soziologie, Politik, Gesetzgebung, Volkskunde, Religion und Kunst sind eher unterrepräsentiert. So kann diese Darstellung vorerst nur einen unvollständigen Überblick geben, hoffentlich aber Vertreter anderer Fachgebiete anregen, aus ihrem Bereich weitere Beispiele zu liefern und nach den Ursachen für die Analogien zu forschen.

Voraussetzungen für die Evolution der Organismen sind eine genetische Variabilität (durch Mutationen) innerhalb der Arten, die Vererbung der Anlagen (und damit der phänotypischen Merkmale) sowie die Ausbreitung neuer Merkmale innerhalb der Population (und über diese hinaus) durch den so genannten Genfluß. Diesen Bedingungen entsprechen in der von Menschen geschaffenen Kultur die Vielzahl von Ideen und Problemlösungen, ihre Weitergabe an Mitglieder der Gruppe (und über diese hinaus) und an nachfolgende Generationen durch Tradierung. Bereits diese Parallelen lassen es lohnend erscheinen, die markantesten Verläufe der biologischen Evolution und die ihnen entsprechenden Phänomene der Kulturgeschichte eingehender zu untersuchen.

Im Verlauf meiner Betrachtung wird sich zeigen, dass nicht in allen Fällen eine strikte Unterscheidung von Verläufen und Ursachen bzw. Mechanismen

möglich ist. Auch können bestimmte Verlaufsformen gleichzeitig als Ursache für andere wirksam sein. Dies darf uns nicht irritieren; denn schließlich finden sich in der Natur immer fließende Übergänge, die sich dem Bestreben des menschlichen Geistes nach Systematisierung und Ordnung entgegenstellen.

Bei der Frage, wie es dazu gekommen ist, dass ein Lebewesen so gebaut ist, wie wir es vorfinden, geht es ausschließlich um die Antriebsursache, die *causa efficiens* des Aristoteles, sieht man einmal von der *causa materialis* und der *causa formalis* ab, die vielleicht für die Determinierung durch den Bauplan, die genetische „Blaupause“ reklamiert werden könnte. Die vermeintliche Zweckmäßigkeit von Organen und anderen Merkmalen ergibt sich *ex post* aus der durch Selektion erfolgten Anpassung an die unbelebte und belebte Umwelt und damit aus ihrer Funktion. Ergebnisse der Kultur-entwicklung insbesondere die Produkte der Technik sind dagegen in der Regel für bestimmte Zwecke konzipiert, also zielorientiert entstanden. Neben der eigentlichen Kausalanalyse, der Suche nach den Antriebsursachen, wird daher bei den Verläufen der Kulturentwicklung auch nach der Zweckursache, der *causa finalis*, zu fragen sein.

Die „klassischen“ Mechanismen, d.h. Selektion durch Anpassung sowie inner- und außerartliche Konkurrenz können für die meisten Beispiele aus der biologischen Evolution als verbreitete und höchst wirksame Ursachen vorausgesetzt werden. Sie bleiben in der Regel unerwähnt.

Einige Verlaufsformen sind in den zurückliegenden „Matreier Gesprächen“ bereits ausführlich behandelt worden. Der Vollständigkeit halber werden sie hier noch einmal aufgegriffen, da auch sie in die Kausalanalyse einbezogen werden sollen. Für die Fülle der seinerzeit vorgestellten Beispiele möchte ich jedoch auf die entsprechenden Veröffentlichungen verweisen. Die hier behandelten Verläufe sind, soweit dies möglich war, im Hinblick auf ihre mutmaßliche Allgemeingültigkeit in der Evolution und ihre Verwandtschaft oder Ableitbarkeit geordnet.

2.1 Zunahme der Komplexität

Eine generelle Erscheinung der biologischen Evolution ist die „Höherentwicklung“, die in fast allen systematischen Kategorien zu beobachten ist. Der Begriff ist unscharf und wertend zugleich. Zum einen fehlt eine objektive Messlatte, zum anderen steckt dahinter die idealistische Vorstellung von Vollkommenheit, die im Menschen ihre höchste Stufe erreicht hat. Daran ändert auch der von Rensch vorgeschlagene Terminus

„Anagenese“ (Aufwärtsentwicklung) nicht viel (*Rensch, B. 1972, 302ff.*). Ich möchte beide Begriffe hier durch die neutrale und wenigstens prinzipiell quantifizierende Bezeichnung „Zunahme der Komplexität“ ersetzen. Darunter ist eine erhöhte Zahl von Elementen (Bausteinen) und ihrer Wechselwirkungen in einem System gemeint, das hier für den Organismus steht.

Die Entwicklung von Einzellern zu Vielzellern sowie die Entstehung von Organen und Organkomplexen aus unterschiedlich spezialisierten Zellen und Zellverbänden sind in vielen Stammesreihen und Entwicklungslinien zu finden. Hervorragende Ergebnisse dieses Entwicklungsverlaufs sind die höchst komplexen Insekten und Vertebraten. Die Zunahme der Komplexität geht häufig mit einer anderen Verlaufsform einher, der Zentralisierung (s. Abschnitt 2.5.3), wie die Entwicklung von Gehirnen in mehreren Stammesreihen zeigt. Generell führt dieser Verlauf zu einer größeren Unabhängigkeit der Organismen von ihrer Umgebung, da sie autonomer sind und flexibler auf Änderungen der Umwelt reagieren können, und allgemein zu einer erhöhten Leistungsfähigkeit und Ökonomisierung der Lebensfunktionen. Ausnahmen sind hoch spezialisierte und so auf enge ökologische Nischen beschränkte Formen.

Außer der Selektion der bestangepassten Individuen trägt ein anderes Prinzip der Evolution entscheidend zur Erhöhung der Komplexität bei. Alte Merkmale werden nur in seltenen Fällen ganz abgeschafft und durch neue ersetzt; vielmehr bringt die Anpassung zusätzliche Eigenschaften hervor und erhöht so die Zahl der Komponenten. Für das Genom, die gesamte Erbsubstanz eines Organismus, bedeutet dies, dass die Menge genetischer Information zunimmt. Wechselwirkungen können genetisch determiniert sein oder aber als Folge der zunehmenden Zahl von Elementen im Laufe der Individualentwicklung entstehen, wie zum Beispiel die synaptischen Verbindungen zwischen Nervenzellen.

Eine vergleichbare Zunahme von Komplexität lässt sich in vielen Bereichen der Kultur beobachten. Beispiele für die schrittweise Erhöhung der Zahl von Elementen in technischen Systemen bieten Maschinen, Gesellschaften, Verwaltungen, Gesetzeswerke sowie Wissenschaft und Medizin. Der Begriff Element steht dabei für Komponenten einer Konstruktion, für beteiligte Personen, Vorschriften und Gewohnheiten, die das Zusammenleben regulieren, oder für Kenntnisse und Forschungsmethoden, zwischen denen meist reziproke Wechselwirkungen bestehen. Automobile sind durch den Einbau zusätzlicher Hilfsmittel wie Beleuchtung, Scheibenwischer, Klimaanlage,

Navigationsgerät und Tempomat, um nur einige zu nennen, immer komplizierter, aber auch effektiver geworden. An der gesamten Technikgeschichte seit der ersten Verwendung von Artefakten lässt sich dieser Trend verfolgen: Erst hat der Mensch seine Handlungsfähigkeit durch einfache Werkzeuge erweitert, danach einfache, später kompliziertere Apparate und Maschinen gebaut. In einer weiteren Phase der Entwicklung sind durch den Einbau von regulierenden Elementen rückgekoppelte Automaten entstanden, und schließlich haben elektronische Rechenmaschinen nahezu die ganze Welt der Technik durchsetzt. Die Entwicklung „künstlicher Intelligenz“ steht auf dem Programm (*Lem, S. 1981*).

Wolfgang Wieser (1959, 26) hat bereits früh darauf hingewiesen, dass in technischen Systemen ein Zuwachs an Komponenten und Wechselwirkungen mit einer differenzierteren Leistung einhergeht. In vielen Fällen ist die Veränderung an eine Vergrößerung der Systeme gebunden, um eine verbesserte Wirtschaftlichkeit zu erreichen, zum Beispiel bei Kraftwerken und großen Industrieanlagen. In anderen Fällen bringt die Miniaturisierung eine Erweiterung des Anwendungsbereichs durch verbesserte räumliche Anpassung und Mobilität hervor. Dieser Trend zeigt sich an vielen Kleingeräten unseres gegenwärtigen Lebens. Auch in den Naturwissenschaften und der Medizin erhöht sich die Komplexität ständig. Das betrifft sowohl das Wissen als auch die Untersuchungsmethoden. Ähnliches beobachten wir in der Rechtsprechung. Gesetzen werden ständig neue hinzugefügt, ältere – zumindest für eine Übergangszeit – beibehalten.

Die Ursachen für die Zunahme der Komplexität sind in den einzelnen Bereichen der Kultur verschieden. Technik hat das Ziel, die Wirksamkeit der Produkte funktionell zu optimieren, ihre Anwendbarkeit zu erweitern und den Aufwand für die Herstellung und Verbreitung gering zu halten. Die vordergründige Ursache ist also der Zweck oder die Lösung eines Problems. Doch die wenigsten technischen Errungenschaften, die wir heute vorfinden, sind direkt und in einem entscheidenden Schritt entstanden. In den meisten Fällen sind sie die vorläufige Endstufe einer langen Entwicklung, bei der oft der Zufall oder Versuch und Irrtum beteiligt waren. Entscheidend für das Verständnis dieser Verlaufsform ist, dass sowohl die Konstrukteure wie auch die Benutzer mit Beharrlichkeit auf bereits vorgefundene Lösungen zurückgreifen bzw. die Akzeptanz von vertrauten Merkmalen abhängig machen. Ähnlich wie in der Evolution werden also auch in der Kultur neue Merkmale angefügt, ohne dass die alten sogleich vollständig verloren gehen. Dieses Prinzip kommt neben der Steigerung der Effizienz als Ursache für die

zunehmende Komplexität in der Technik infrage. Der „Konservativismus“ im menschlichen Verhalten, der wahrscheinlich in einem Bestreben nach Verlässlichkeit und Ordnung begründet ist, bestimmt auch den Verlauf in anderen, insbesondere sozialen Bereichen.

Neben der progressiven Evolution, die durch eine Zunahme an Komplexität gekennzeichnet ist, gibt es in den Stammesreihen der Organismen auch regressive Verläufe. Höhlenbewohner haben in der Regel den Lichtsinn verloren und sind unpigmentiert. Endoparasiten besitzen meist kein Verdauungssystem. In allen Fällen handelt es sich jedoch um sekundäre Vereinfachungen. Häufig werden die degenerierten Organe in der Ontogenese angelegt und sind auch später noch als Rudimente vorhanden. Parasiten stammen generell von differenzierten Vorfahren ab.

Eine sekundäre Verringerung von Komplexität ist in der Technik selten, und die Grenze zur Reliktbildung ist verschwommen (s. Abschnitt 2.10). Autobusse, die auf den Rollfeldern von Flughäfen eingesetzt werden, haben keine Sitzbänke, Frachtflugzeuge keine Fenster, obwohl sie in ihren sonstigen Merkmalen mit den gängigen Typen übereinstimmen. Im Gegensatz zu dem Verlauf in der Biologie sind die überflüssigen „Organe“ hier in einem Schritt abgeschafft worden, so dass an einer Analogie gezweifelt werden kann.

Als Ursache für eine beschleunigte Zunahme der Komplexität muss eine Strategie der Evolution besonders hervorgehoben werden, die **Rekombination** durch Kreuzung bei sexueller Fortpflanzung. Sie führt bisher nur in verschiedenen Linien vorhandene Merkmale zusammen und erweitert so die Variabilität und die Chancen, neue Funktionen zu übernehmen. Seit Jahrtausenden hat der Mensch die gezielte Kreuzung von Pflanzen und Tieren als biotechnologisches Verfahren genutzt, um Kulturpflanzen und Haustiere für bestimmte Eigenschaften zu optimieren.

Die Kombination von Ideen für Produkte und Verfahren ist eine wesentliche Grundlage des schnellen Fortschritts in der Entwicklung von Technik und Wissenschaft. Die vergiftete Pfeilspitze ist ein frühes Beispiel für eine Verbindung mechanischer und chemischer Technik, der Einbau der zunächst stationär betriebenen Dampfmaschine in ein Fahrzeug zum Antrieb desselben ein weiteres aus einer späteren Epoche. Die Reihe derartiger Kombinationen ist nahezu unerschöpflich, und wohl deshalb ist der „kumulative und rekombinative Charakter technischer Neuerungen“ schon früh erkannt worden (Rammert, W. 1994, 10). Auch in anderen Bereichen der Kultur sind

Rekombinationen zahlreich zu finden, denken wir an die Einführung der Wahrscheinlichkeitsrechnung in der Genetik, die zu einem wichtigen Erkenntnisgewinn geführt, diese Fachrichtung aber auch komplexer gemacht hat. Die Übernahme vorchristlicher Bräuche in die Praxis unserer Religionsausübung ist ein weiteres Beispiel. Sie hat vermutlich zur Akzeptanz und Stabilisierung des neuen Glaubens beigetragen. Selbst in unserer Sprache finden sich Kunstwörter, welche die technische Rekombination widerspiegeln und eine sparsame Verständigung über die betreffenden Gegenstände ermöglichen, zum Beispiel „Mofa“ für Motorfahrrad oder „Füllhalter“ für Füllfederhalter oder das allerdings veraltete Wort Kraftdroschke.

Kunst und Literatur sind Fundgruben für Beispiele der Bastardierung von Formen und Verfahren. Denken wir nur an die Kombination von Schauspiel und Musik zur Oper, die Ballade, eine in Verse gefügten Erzählung, an den kolorierten Holzschnitt oder farbig gefasste Skulpturen. Dazu kommt die nahezu beliebige Kombination von Inhalten. Kunst zeichnet sich freilich durch eine weit größere Unabhängigkeit von Zielvorgaben und Zwängen aus, so dass die Funktionalität als treibende Kraft hinter den Spieltrieb und die Experimentierfreude zurücktritt.

2.2 Orthogenese

Gelegentlich lassen sich in der biologischen Evolution Entwicklungsreihen finden, die eine kontinuierliche und langfristige morphologische Veränderung in gerader Linie andeuten. Solche Befunde haben vorübergehend dazu geführt, richtende Kräfte in der Evolution zu postulieren (*Dzwillio, M. 1978, 96*). Das meistzitierte Beispiel für Orthogenese bietet die Stammesgeschichte der Pferde, die über viele Generationen und Gattungsgrenzen hinweg an Körpergröße zugenommen haben. Parallel dazu verlängerte sich ihr Gesichtsschädel, die ursprünglich pentadactylen Extremitäten wurden zu unpaaren Hufen, und die Kauflächen der Zähne vergrößerten sich stetig. Als Ursache für diesen Verlauf wird heute eine kontinuierliche Veränderung des Lebensraums der Pferde-Vorfahren vom Wald zur Steppe angenommen, also ein etwa gleichgerichteter Selektionsdruck. Evolutionsbiologen sprechen deshalb von Orthoselektion. Freilich ist die Rekonstruktion der Stammesreihe wegen der Lücken zwischen den paläontologischen Funden unvollkommen und hypothetisch.

Besser belegt ist eine Reihe von Beispielen aus der Technikgeschichte. In der Entwicklung von Automobilen lässt sich eine stetig veränderte äußere Form erkennen, für die mehrere Ursachen infrage kommen. Erstens erzwang

die erhöhte Geschwindigkeit verbesserte und für die Wirtschaftlichkeit günstigere aerodynamische Eigenschaften; die Karosserie wurde abgerundeter und flacher. Zweitens ermöglichte die gleichzeitige Verbesserung der Verkehrswege in einem Prozess, den man als Koevolution bezeichnen könnte, eine Verringerung der Bodenfreiheit, die ebenfalls eine höhere Geschwindigkeit bei größerer Sicherheit erlaubt. Drittens sind modische Aspekte und die Manipulierung der Benutzer durch die Designer nicht zu unterschätzen. Flache stromlinienförmige, sportlich wirkende Autos müssen nicht in jedem Fall hohe Geschwindigkeiten ermöglichen; es genügt sie zu suggerieren. Schließlich hat die Entwicklung eine Stufe erreicht, die eine weitere Abplattung der Karosserie nicht mehr zulässt, ohne den Fahrer langfristig zu erdrücken. Otl Aicher hat diese Situation mit Hilfe von Piktogrammen eindrucksvoll dargestellt (zit. nach *Grundmann, R. 1994, 33*). In den letzten Jahren hat sich daher ein Paradigmenwechsel ereignet, und es beherrschen neben den sportlichen Formen höhere, komfortablere Autos den Markt und die Straße.

Eine geradlinige Entwicklung lässt sich auch an anderen technischen Erzeugnissen nachweisen, an Telefonen, Bügeleisen und Eisenbahnwaggons. Auf das letzte Beispiel werde ich im Zusammenhang mit anderen Verlaufsformen später zurückkommen. Außerdem finden sich in der schon erwähnten kontinuierlichen Miniaturisierung von Kameras und Rechnern Züge einer technischen Orthoevolution. Auch in den Naturwissenschaften lassen sich einige geradlinig verlaufende Entwicklungen aufzeigen, wie beispielsweise das stetige Vordringen sowohl in submikroskopische wie auch in kosmische Dimensionen oder die zunehmende Mathematisierung der Biologie. Für die genannten Beispiele einer Orthogenese in der Kulturgeschichte können wir prinzipiell die gleiche Ursache wie in der biologischen Evolution annehmen: Eine über längere Zeit hinweg wirksame gleichartige Auslese. Diese kann, wie wir gesehen haben, in der Anpassung an ökologische oder ökonomische Umweltbedingungen bestehen. Mode, Ästhetik und Marketing-Strategien kommen als wirksame Ursachen hinzu.

2.3 Adaptive Radiation

Eine Verlaufsform der Evolution, die gewissermaßen das Gegenteil von Orthogenese ist, wird in der Biologie als adaptive Radiation bezeichnet. Sie besagt, dass sich eine Art in relativ kurzer Zeit in verschiedene Richtungen aufspaltet und über die Bildung von Rassen und Unterarten schließlich in verschiedene, auch morphologisch unterscheidbare Arten zerfällt. „Klassische“ Beispiele sind die von Charles Darwin beschriebenen Finken der

Galapagos-Inseln und die Kleidervögel auf Hawaii. Adaptive Radiation kann stattfinden, wenn bei der Neubesiedlung eines Territoriums bei verringertem Selektionsdruck die Variabilität größer wird und verschiedenartige freie Nischen existieren, in denen sich die Nachkommen der Erstbesiedler rasch spezialisieren. Einige Evolutionsbiologen sprechen deshalb auch von Idioadaptation (*Sewertzoff, A.N. 1931, 148ff.*). Die Aufspaltung der Beuteltiere in Australien und der plazentalen Säugetiere in anderen Teilen der Welt sind weitere Beispiele für adaptive Radiation.

Analoge Verläufe gibt es in der Kulturgeschichte. Die Aufspaltung keramischer Erzeugnisse in verschiedene Formen und für verschiedene Zwecke bald nach der Erfindung des Tonbrennens und die Diversifikation basaler Werkzeuge, Hämmer, Sägen und Zangen für spezielle Anwendungen lassen sich als Beispiele anführen. Allerdings ist zu bedenken, dass diese Spezialisierung wahrscheinlich in Wechselwirkung mit einer Arbeitsteilung entstanden ist. Auch die Variation von Holzblasinstrumenten (*Hilgers, U. 1994, 199*) und die Typenvielfalt von Schreibgeräten (*Liedtke, M. 1996, 209ff.*) können auf der Basis einer adaptiven Radiation verstanden werden. Ein anderes Beispiel für Radiation erleben wir gegenwärtig, nämlich die vielfältige Abwandlung des beliebten SUDOKU-Zahlenrätsels. Da gibt es neben der „Urform“ mit 9 x 9 Zahlenfeldern Variationen von 16 x 16 Feldern, solche die mit Buchstaben oder Symbolen gefüllt werden, Versionen für Kinder im Vorschulalter mit 4 x 4 Feldern und sogar Gesellschaftsspiele für mehrere Personen. Auch die Zersplitterung einer Religionsgemeinschaft in verschiedene Sekten ähnelt in ihrem Verlauf der Radiation.

Natürlich erfolgt die Aufspaltung in verschiedene Richtungen nicht synchron, wie die Darstellungen der Radiation der Darwin-Finken suggerieren, aber doch innerhalb relativ kurzer Zeiten verglichen mit der Entstehung der Urform und der Weiterentwicklung der Varianten. Dies sollte als Kriterium für adaptive Radiation sowohl in der Evolution wie in der Kulturentwicklung gelten.

Der Verschiedenheit ökologischer Nischen bei der Neubesiedelung durch eine Art entspricht in der Kultur das Spektrum verschiedener Bedürfnisse und Anwendungsmöglichkeiten, die entweder vor der Aufspaltung schon bestanden oder aber erst während des Differenzierungsprozesses geweckt werden. Insofern ist der Vergleich mit einer vermuteten Prädisposition von Organismen (*Dzwillio, M. 1978, 88*), die für Radiationen empfindlich sind, durchaus angebracht. Das bedeutet, es sind gewisse Eigenschaften oder

Merkmale vorhanden, die eine rasche Anpassung an veränderte Umstände begünstigen.

2.4 Stasis

Der alte Begriff Stasigenese wird hier durch Stasis ersetzt. Der Terminus soll einen Stillstand und nicht eine Entstehung oder Fortentwicklung bezeichnen, Stasigenese ist daher ein Widerspruch in sich. Es handelt sich auch nicht um eine Verlaufsform der Evolution im strengen Sinne. Als permanente oder vorübergehende Stagnation in der Entwicklung möchte ich sie hier dennoch diskutieren, da sie in erstaunlicher Analogie auch in der Kulturentwicklung anzutreffen ist.

Von einem Stillstand der Evolution können ganze Organismen oder auch nur bestimmte Strukturen betroffen sein. Dies gilt es zu unterscheiden. Im ersten Fall spricht man von so genannten Durchläufern oder „lebenden Fossilien“, die sich über Millionen Jahre hinweg nicht verändert haben. Im zweiten Fall handelt es sich um zelluläre Bausteine, die in unveränderter Form nahezu während der gesamten Evolution der Organismen erhalten geblieben sind. Zu den Durchläufern zählen zum Beispiel thermophile und halophile Archaeobakterien, die zu den ältesten Organismen zu rechnen sind und extrem heiße bzw. salzreiche Biotope besiedeln. Unter den weiterentwickelten Lebewesen sind es der mit Spinnentieren verwandte Pfeilschwanz *Limulus*, der zu den Tintenfischen zählende *Nautilus*, der altertümliche Tiefseefisch *Latimeria* und der Ginkgo-Baum. Sie leben zumeist in extremen Lebensräumen ohne Konkurrenten und Feinde und sind offenbar aus diesem Grund nicht oder kaum vom Wandel betroffen.

„Lebende Fossilien“, die einen Vergleich mit komplexen Formen aus dem Reich der Organismen aushalten, sind unter den Erzeugnissen der menschlichen Kultur schwer aufzuspüren. Die fossil anmutenden Vorläufer unserer heutigen Apparate überdauern ausschließlich in Museen, privaten Sammlungen oder als nostalgische Dekorationsstücke, sind also nur als tote Zeugnisse einer Entwicklung anzusehen. Anders verhält es sich mit einigen Gebrauchsgegenständen, die sich von der Entwicklung unberührt nahezu unverändert erhalten haben, wie zum Beispiel Löffel, Kämme, Flaschen und Geigen, das lateinische Alphabet, unser Zahlensystem und mathematische Sätze (*Rensch, B. 1977, 167*). Die frühe Optimierung dieser Gegenstände und Hilfsmittel und ihre basale Verwendung waren offenbar ausschlaggebend für ihr Überleben; wir empfinden sie keineswegs als Fossilien. Erwähnenswert sind auch solche einfachen Geräte, die unverändert neben

modernen weiter bestehen, wie die mechanische Sense. Schwer zugängliche Berghänge und kleine Areale sind die Nischen, in denen sie überlebt hat. Aus der Literatur und Religion können das alte Versmaß, Rituale und andere traditionelle Strukturen als Beispiele für Stagnation angesehen werden. In diesen Fällen kommen wahrscheinlich vor allem ästhetische Empfindungen und bewährte kollektive Verhaltensweisen als Erklärungen in Frage.

Zu den Bestandteilen einer Zelle, die sich im Laufe der Evolution nicht oder nur geringfügig verändert haben, zählen die Nukleinsäuren als Träger der genetischen Information, Zellmembranen, Mitochondrien und Ionenkanäle. Es handelt sich also um Elemente mit basalen und für den Aufbau und die Physiologie der Organismen essentiellen Funktionen. Diese können ohne Beeinträchtigung der Überlebenschancen nicht ausgetauscht oder wesentlich modifiziert werden. Die frühe Evolution hat mit der Entwicklung dieser Strukturen offenbar permanente Festlegungen bewirkt, die als organisatorische Zwänge (Constraints) in der weiteren Entwicklung mitgeschleppt werden.

Ähnliche, einmal getroffene Entscheidungen, die nur schwer zu revidieren sind, lassen sich in der Kulturentwicklung finden. Die Spurweite von Eisenbahnen und die Anordnung von Buchstaben auf der Tastatur von Schreibmaschinen und Computern haben – wenigstens regional – einen andauernden Bestand. Selbst wenn sie gegenwärtigen Anforderungen nicht mehr standhalten sollten, könnten sie ohne den Umbau ganzer technischer Systeme bzw. ohne umfassende Neuorientierung der Nutzer nicht verändert werden. Solche Constraints könnten nur für einen immensen Preis korrigiert werden; sie erhalten sich aus ökonomischen Gründen oder wegen der Beharrlichkeit, mit der Menschen an Gewohnheiten festhalten.

2.5 Segmentierung, Verschmelzung, Zentralisierung und Immobilisation

In diesem Abschnitt sollen vier Phänomene beschrieben werden, von denen zwei oder mehrere in Folge auftreten und so miteinander verbunden sein können. Derartige Verläufe sind sowohl in der Evolution der Organismen als auch in der Kulturentwicklung zu beobachten.

2.5.1 Segmentierung

Zwei große systematische Kategorien der Zoologie sind durch eine Wiederholung gleichartiger Körperabschnitte gekennzeichnet. Sie werden bei den Gliedertieren (Articulata) als Segmente, bei den Wirbeltieren (Vertebrata) in der Regel als Metamere bezeichnet. Während die Segmen-

tierung bei Gliedertieren, zum Beispiel bei Regenwürmern und Insekten, auch äußerlich deutlich erkennbar ist, weisen bei den meisten erwachsenen Individuen der Wirbeltiere nur noch die gegliederte Wirbelsäule und die sie begleitenden Nervenfortsätze und Muskeln auf die ursprüngliche Segmentierung in gleichartige Abschnitte hin. Beim Lanzettfischchen, das als früher Vorläufer der Wirbeltiere angesehen wird, ist die Metamerie dagegen noch über die ganze Körperlänge erkennbar. Reptilien, insbesondere Schlangen, haben die Zahl der Metamere sekundär erhöht (*Sewertzoff, A.N. 1931, 219ff.*).

Die Segmentierung steigert die Flexibilität bei schlängelnden Bewegungen und ermöglicht, enge Spalten als Refugien aufzusuchen. Hierin vor allem ist der Anpassungswert der Gliederung zu suchen. Aber auch ein ökonomisches Prinzip der Ontogenese sollte berücksichtigt werden. Wahrscheinlich bedarf es nur weniger zusätzlicher genetischer Anweisungen, um identische Einheiten mehrfach nach dem gleichen Plan zu kopieren. So sind zwei Mutationen (*bithorax*) in einem Regulator-Gen der Fruchtfliege *Drosophila* ausreichend, um eine vierflügelige Fliege entstehen zu lassen (*Lawrence, P.A. 1992, 107ff.*).

Ein Vergleich mit Gliederketten, die eine hohe Beweglichkeit besitzen und zur Transmission verwendet werden, drängt sich auf. Eimerbagger, die inzwischen weitgehend ausgestorbenen Paternoster und die aus gleichartigen Waggons zusammengestellten Eisenbahnzüge können ebenfalls als analoge Entwicklungen angesehen werden. Neben der Zweckbestimmung als bewegliches Antriebs- oder Transportmittel haben wahrscheinlich auch die ökonomische Serienherstellung und die Austauschbarkeit der Einzelglieder den weltweiten Erfolg dieser Erfindungen begründet.

Auch wo es nicht auf mechanische Beweglichkeit ankommt, hat sich das Prinzip der Segmentierung durchgesetzt. Wiederholungen von Strukturelementen an Kleidungsstücken für repräsentative Zwecke oder als Statussymbole finden sich als Knopflöcher oder Attrappen zahlreich an historischen Uniformröcken (*Koenig, O. 1968*). Die häufigen Repetitionen in der Struktur von Musik (in extremer Form als „Ohrwurm“ bekannt; man beachte die Analogie zu „Regenwurm“), in der Poesie, in lithurgischen Handlungen und Gebeten (Rosenkranz) erfüllen neben ästhetischen Wünschen vor allem die Funktion wieder erkennbar und einprägsam zu sein. Wie Tanz und andere rhythmische Bewegungen, haben die zuletzt genannten Beispiele auch eine gruppenspezifische Funktion und versprechen Sicherheit und Ordnung (*Eibl, K. 2004, 327*).

2.5.2 Verschmelzung

Bei den ursprünglich weitgehend gleichmäßig segmentierten Organismen können während der weiteren Evolution mehrere Glieder zu funktionellen Einheiten verschmelzen. So sind beispielsweise die drei charakteristischen Körperabschnitte Kopf, Thorax und Abdomen von Insekten entstanden. Der morphologischen Dreiteilung entspricht eine funktionelle Spezialisierung, der weitere Differenzierungen folgen und damit die Möglichkeiten für Anpassungen erhöhen. In der Evolution der Wirbeltiere ist der Kopf aus dem segmentierten vorderen Körperabschnitt entstanden; die einzelnen Hirnnerven lassen die ursprüngliche Gliederung noch erkennen.

Analoge Entwicklungen sind in der Technikgeschichte zu beobachten. Die aus der Pferdekutsche entstandenen Eisenbahnabteile werden zunächst zu mehreren hintereinander auf ein gemeinsames Fahrgestell montiert. Später verschmelzen die separaten Abteile zu längeren Durchgangswagen, bei denen an den Fenstern und der inneren Struktur die ursprüngliche Segmentierung noch eine Zeitlang erhalten bleibt (*Lorenz, K. 1977, 292*), bis die Entwicklung mit den modernen Großraumwagen und Triebwagenzügen ihr vorläufiges Ende findet. Keil- und Zahnriemen haben in vielen Fällen die zur Transmission oder zur Steuerung verwendete Gliederkette abgelöst, nachdem geeignete widerstandsfähige und zugleich flexible Materialien zur Verfügung standen. Das gleiche gilt für die Einführung von Förderbändern. Eine preiswertere Herstellung und vereinfachte Wartung, also ökonomische Ursachen, sind wahrscheinlich für diese Verschmelzung in einem Schritt verantwortlich. Die ursprünglich miteinander verschraubten Eisenbahnschienen werden verschweißt, seit die dafür notwendige Technik verfügbar ist. In diesem Fall hat sich die Entwicklung an wenigstens drei Vorgaben orientiert: Erhöhung der Zuggeschwindigkeit, Sicherheit und Verbesserung des Komforts.

2.5.3 Zentralisierung

Eine Folge der Verschmelzung von Segmenten ist die Konzentration zentraler Funktionen. So übernimmt der Thorax von hoch entwickelten Insekten alle Bewegungsfunktionen, Laufen und gegebenenfalls Fliegen. Von größerer Bedeutung für die Anpassungsfähigkeit und weitere Evolution ist aber die Konzentration von Elementen der Informationsaufnahme und -verarbeitung im Zentralnervensystem am Vorderende des Körpers. Dieser Prozess, der allgemein Cephalisation genannt wird, hat in nahezu allen Tiergruppen zur Ausbildung mehr oder weniger leistungsfähiger Gehirne geführt und stellt wahrscheinlich den wichtigsten evolutionären Schritt in

Richtung auf Komplexität dar, deren höchster Grad in den Zentralnervensystemen von Säugern und sozialen Insekten erreicht ist. Die wichtigsten Vorteile des zentralen Nervensystems sind eine koordinierte Steuerung vieler Körperfunktionen in hierarchischer Abstufung, die enge Koppelung von sensorischen und motorischen Instanzen und die Lernfähigkeit und damit Plastizität des Verhaltens. Die Konzentration anderer Funktionen, zum Beispiel im Blut-Kreislaufsystem mit dem Herz als zentraler Pumpe, gehört ebenfalls in diese Klasse von Verläufen.

Eine Zentralisierung von Strukturen und Funktionen begegnet uns an vielen Stellen der Kultur. Die zunehmende Konzentration der Bevölkerung in Städten und Ballungsräumen, die Fusion von Versorgungs- und Verwaltungseinrichtungen, der Zusammenschluss von Firmen zu Konzernen oder von Staaten zu politischen oder Wirtschaftseinheiten sind augenfällige Beispiele. Diese Entwicklung ist nur bedingt zwangsläufig, in den meisten Fällen dagegen geplant – gelegentlich auch missglückt – und von wirtschaftlichen oder politischen Zielen bestimmt. Weniger gesteuert verläuft sie, wo sie primär auf einer arbeitsteiligen und auf Kommunikation beruhenden Gesellschaftsstruktur beruht. Diese war vermutlich ursprünglich die treibende Kraft für eine Konzentration in größeren Verbänden, in denen sich dann unabhängig voneinander an verschiedenen Orten ähnliche zentrale Herrschaftsstrukturen herausgebildet haben. Bei der gegenwärtigen Tendenz zu wachsender Konzentration ergeben sich aus dem Zusammentreffen zielorientierter Verläufe zwangsläufig auch solche, die nicht der Planung entsprechen.

2.5.4 Immobilisation

Eine konsequente Folge der Verschmelzung von Segmenten ist die Einschränkung der Beweglichkeit. Für die betroffenen Glieder resultiert daraus oft eine vollständige Immobilisation. Aus der ursprünglichen Bewegungsfunktion wird eine passive Stütz- oder Schutzfunktion. Das Verschmelzen der Rumpfwirbel im Zusammenhang mit der Ausbildung eines stabilen Panzers bei Schildkröten ist ein Beispiel für einen solchen Verlauf, ein weiteres ist die Entstehung des knöchernen Hirnschädels als Schutzkapsel für das Gehirn. Hier wird die Beziehung zu einem anderen Verlauf deutlich, dem Funktionswechsel, der im folgenden Abschnitt dargestellt werden soll.

Eindrucksvoll ist die Immobilisation an einem Beispiel aus der Entwicklungsgeschichte der Uniform zu erkennen. Der ursprünglich gegliederte und daher bewegliche Sturmriemen am Helm wird zum starren Schuppenband,

das im weiteren Prozess des Funktionswechsels seine Schutzfunktion verliert und zu einem Erkennungszeichen wird (Koenig, O. 1968). Aufgeblähte Verwaltungszentren und allzu zentralistische Vorschriften neigen, wie wir wissen, zur Immobilisation oder begünstigen diese. Mangelnde Flexibilität und Anpassungsfähigkeit sind die Hauptursachen dafür, dass sie in vielen Fällen wirkungslos bleiben.

2.6 Funktionswechsel

Eine der interessantesten Verlaufsformen der Evolution ist die Veränderung der Funktion von Organen oder anderen Merkmalen. Darunter versteht man den Wandel, die Erweiterung oder Verstärkung einer Funktion von homologen Strukturen. Homolog sind solche Strukturen, die mit Stetigkeit an gleicher Stelle des Bauplans von Organismen auftreten und daher gleichen phylogenetischen Ursprungs sind. Aus den Brust- und Bauchflossen urzeitlicher Fische entwickelten sich zunächst die pentadactylen Extremitäten landlebender Wirbeltiere. Später wurden aus den Vorderextremitäten die Vogelflügel. Weniger leicht zu erkennen ist die Entstehung von zweien der drei Gehörknöchelchen der Säugetiere aus den Knochen des Kiefergelenkes primitiver Reptilien. Eine Erweiterung der Funktion finden wir bei der Ausbildung der Schriilleiste an den Flügeln von Heuschrecken, die dadurch zusätzlich die Funktion einer innerartlichen akustischen Kommunikation haben. Evolutionsbiologen nehmen an, dass für den Funktionswechsel – ebenso wie für die adaptive Radiation – eine gewisse Prädisposition notwendig ist. Dies gilt insbesondere auch für den Funktionswechsel von Verhaltensweisen. Eines von vielen Beispielen ist das ritualisierte Nestbauen einiger Vogelarten als sexuelles Werbesignal.

Otto Koenig hat an der Entwicklung der Uniform gezeigt, dass auch in der Kulturentwicklung ganze Erzeugnisse oder Teile von ihnen einen Funktionswechsel durchmachen. Auch scheinbar funktionslos gewordene Strukturen können eine neue Funktion als Erkennungsmerkmal oder Rangabzeichen übernehmen und werden so zu Symbolen für Verständigung (Koenig, O. 1968). Die vorgestellten Beispiele sind deshalb so überzeugend, weil sie die Homologiekriterien erfüllen, während dies für ein Beispiel aus der Technikgeschichte eher zweifelhaft erscheint. Ich meine den Funktionswechsel von Windrädern. Ursprünglich als Kornmühlen oder zur Entwässerung konzipiert dienen sie heute zur Erzeugung von Elektrizität. Vergleicht man die innere und äußere Konstruktion, so kommt man allerdings zu dem Schluss, dass die Verwandtschaft auf den Zweck reduziert ist, Windenergie zu nutzen.

Ein anderes Beispiel aus der Technik hält einem Vergleich mit dem biologischen Leitbild eher stand. Der klassische Volkswagen vom Typ „Käfer“ ist noch wie früher die Pferdekutsche mit Trittbrettern ausgestattet, die an ihrem Gummibelag auch als solche erkennbar sind. Doch auch außergewöhnlich gelenkigen Menschen sollte es schwer fallen, diese Einsteighilfe erfolgreich zu benutzen. Das Trittbrett könnte daher als funktionslos gewordenes Relikt (s. Abschnitt 2.10), allenfalls als Stilelement, angesehen werden, das nur aus der „Ahnenreihe“ der Automobile zu erklären ist. Nun ist es aber ohne Gefahr für die Stabilität des Fahrzeugs nicht möglich, dieses Relikte einfach abzuschrauben. Die Kotflügel (ein Wortrelikt!) würden sich früher oder später selbständig machen. Die neue Funktion des „Trittbretts“ ist also, die Karosserie zu stabilisieren. Die Lage im „Bauplan“ hat dieses Element in gewisser Weise begünstigt, eine andere Funktion zu übernehmen.

Bernhard Rensch weist im Zusammenhang mit dem Funktionswechsel auf den Wandel von Wortbedeutungen hin, beispielsweise Feder, Sirene und Scala, um nur einige zu nennen (*Rensch, B. 1977, 167f.*). In diesen Fällen sind die Begriffe in ihrem ursprünglichen Sinn für die Übernahme neuer Bedeutungen prädisponiert; denn sie bezeichnen zumindest eine Eigenschaft, die für die alte wie für die neue zutrifft, wenn auch der Lärm einer Alarmsirene keineswegs verführerisch klingt.

Wir finden also in der Kulturentwicklung eine Verlaufsform, die dem Funktionswechsel in der Phylogenese sehr ähnlich ist. Auch die Ursachen für die Verläufe scheinen recht gut übereinzustimmen. Bei entsprechender Disposition ist es offenbar sowohl in der Natur einfacher und ökonomischer, vorhandene Strukturen für eine andere Funktion zu verwenden oder für sie zu modifizieren, als neue zu kreieren.

Eine Zwischenstufe im Verlauf des Funktionswechsels ist die Fixation der Phasen (*Sewertzoff, A.N. 1931, 191ff.*). Darunter versteht man den Wandel einer Verhaltensweise, die zunächst nur zeitweilig auftritt und später zum permanenten Verhalten wird. Die allmähliche Ablösung des plantigraden Ganges (Sohlgang) durch den digitigraden Gang (Zehengang) lässt sich an der Entwicklungsreihe der Raubtiere aufzeigen. Die Entwicklung des Unterseeboots über die Zwischenstufe des Tauchboots wäre ein analoges Beispiel aus der Technik. Die Funktion, die erst nur vorübergehend ausgeübt wird, entwickelt sich zur Hauptfunktion.

2.7 Exzessivbildungen

Wenn Merkmale oder Verhaltensweisen über das funktionell notwendige oder verständliche Maß hinausgehen, sprechen Evolutionsbiologen von Exzessivbildungen oder Luxurierung. Diese in der Biologie und Kultur vielfach belegte Verlaufsform ist ausführlich und an zahlreichen Beispielen in den Beiträgen zu den Matreier Gesprächen besprochen und diskutiert worden (u.a. *Hildebrand, E. 2004; Rogg, M. 2004; Voland, E. / Uhl, M. 2004; Treml, A. 2004; Ruso, B. 2004*), so dass ich hier auf eine detaillierte Darstellung verzichten kann. Bereits vorher war Luxurierung als Gesetzlichkeit sowohl in der Evolution als auch in der Technikentwicklung erkannt worden (*Rensch, B. 1965, 126; Koenig, O. 1968; 1970; Liedtke, M. 1996, 199ff.; Kollar, H.P. 1996, 285ff.*).

Auf den ersten Blick kann den extrem ausgeprägten Merkmalen kein positiver Selektionswert zugeschrieben werden, da sie nur unter erhöhtem Aufwand entstanden sind und zudem oft ihre eigentliche Funktion zu behindern scheinen. Auf diese Ansicht gründet sich die Bezeichnung Luxurierung. Viele Exzessivbildungen von Organismen, die als bedeutungslose (atelische) Luxusbildungen angesehen wurden, sind mittlerweile als wichtige Auslöser für sexuelle Selektion erkannt worden (*Voland, E. / Uhl, M. 2004*), haben also einen Funktionswandel oder eine Verstärkung der Funktion erfahren. Exzessivbildungen, die nicht auf diese Weise erklärt werden können, sind vermutlich selektionsneutrale Begleiterscheinungen, die mit anderen positiven, bisher nicht bekannten Eigenschaften gekoppelt sind. Oder es handelt sich um das Ergebnis von Systembedingungen, die als organisatorische Bürden mitgetragen werden (*Riedl, R. 2000, 304*).

Die Soziobiologie versucht, Exzessivbildungen in der Evolution wie auch in der Kulturgeschichte durchweg mit dem Kosten-Nutzen-Prinzip zu erklären (*Uhl, M. / Voland, E. 2002; Voland, E. / Uhl, M. 2004*). Das ist für die meisten exzessiven Strukturen und Verhaltensweisen von Tieren durchaus überzeugend. Vorschnell ist meines Erachtens jedoch die Übertragung dieser Interpretation auf viele extreme Verhaltensweisen des Menschen, wie etwa absichtliche Verletzungen, Verstümmelungen oder Verformungen des eigenen Körpers. Zumindest sollten für Luxurierungen im kulturellen Bereich alternative Ursachen diskutiert werden, die sich möglicherweise aus kulturspezifischen Faktoren und Verläufen ergeben. Ich denke vor allem an mystische und religiöse Vorstellungen und Traditionen. Unbestritten ist, dass Luxus Wohlstand und Überfluss signalisiert und damit zu einem Statussymbol geworden ist. Die Industrie weiß diesen Umstand zu nutzen. Doch

bezweifle ich, dass solche Signale in der Mehrzahl fälschungssicher sind und zuverlässige Auskunft über ihren Träger erlauben. Wir sollten berücksichtigen, dass der Mensch durch seine biologische Evolution und ergänzt durch die Kulturentwicklung eine große Unabhängigkeit von der Natur und den natürlichen Selektionsmechanismen gewonnen hat, die es ihm erlaubt, eine strenge Kosten-Nutzen-Strategie zu ignorieren.

2.8 Substitution der Funktion

Bestimmte Funktionen können während der Phylogenese von anderen, nicht homologen Organen übernommen werden. Dieser Vorgang wird als Substitution bezeichnet (*Sewertzoff, A.N. 1931, 217ff.*). Ein Beispiel aus der Biologie ist der Ersatz von Kiemen durch die Lunge als Organ für den Gasaustausch. Dieser findet bei Amphibien bekanntlich sogar in der Individualentwicklung während der Metamorphose statt. Weitere Beispiele sind die Substitution der Beißfunktion der Reptilienzähne durch den Hornrand des Vogelschnabls und der Bewegungsfunktion der Extremitäten durch die gegliederte Rumpfmuskulatur von Schlangen. In allen erwähnten Fällen kann die Substitution als Anpassung an neueroberte ökologische Nischen gedeutet werden.

Funktionen von Bauteilen technischer Systeme werden im Zuge einer Modernisierung häufig von neuen, im Prinzip andersartigen Komponenten übernommen. So ersetzt die Einspritzpumpe die Funktion des Vergasers im Automobilbau, wobei Schonung der Umwelt und erhöhte Effizienz als Zielvorgaben leitend waren. Als schneller Truppenteil wurde im 1. Weltkrieg die Kavallerie durch Panzerverbände ersetzt. Münzen und Scheine haben das Gold als Zahlungsmittel abgelöst, Aluminium ersetzt wo immer vertretbar seltenere und teurere Metalle, und Fremdwörter übernehmen die Funktion alter Begriffe. Es sind vor allem ökonomische Ursachen, die hinter den menschlichen Entscheidungen für solche Substitutionen stehen oder, wie im Beispiel der Sprache, der Trend zur Globalisierung.

2.9 Konvergenzen

Die Anpassung an gleiche oder ähnliche Lebensbedingungen führt in vielen Fällen zu einer Parallelentwicklung in verschiedenen, nicht näher verwandten Tier- oder Pflanzengruppen. Die charakteristische Stromlinienform von Fischen und Delfinen, die verbreiterten Vorderextremitäten der Maulwurfgrille und des Maulwurfs und die schmale Flügelform schnellfliegender und wendiger Vogelarten wie Mauersegler und Fregattvogel sind

Beispiele für Konvergenz. Es handelt sich dabei also um die Angleichung ursprünglich unähnlicher zumeist nicht homologer Strukturen.

Als analoge Beispiele lassen sich unabhängig voneinander entstandene Verhaltensweisen und Techniken verschiedener Kulturkreise anführen: die Erzverhüttung in China, im Orient und in Mittelamerika, hierarchische Herrschaftsformen, die Entstehung von Schrift sowie animistische Vorstellungen und Opferriten (*Rensch, B. 1977, 166*). Die technischen Erfindungen sind wahrscheinlich spielerisch und eher zufällig entstanden. Erst sekundär hätten sie dann die immensen adaptiven Vorteile für das Überleben und die Ausbreitung des Menschen bekommen. Die anderen Konvergenzen sind sicher auf allgemeine biologische Dispositionen des Menschen zurückzuführen.

Konvergente Entwicklungen in jüngerer Zeit der Kulturgeschichte wie die Angleichung von Kleidung, Ernährung und anderen Lebensgewohnheiten sind das Ergebnis von Informationsaustausch, Migration und zunehmender Globalisierung. Die weltweite Angleichung der Militärkleidung zu feldgrauen Uniformen und Tarnanzügen ist dagegen durch die militärtechnischen Veränderungen des vergangenen Jahrhunderts bedingt (*Rogg, M. 2004, 54ff.*). Die beobachtbare Angleichung von Industrieprodukten ist vermutlich das Ergebnis von Konkurrenz zwischen den verschiedenen Fabrikaten und dem Trend, immer häufiger gleiche Module für die Herstellung der Geräte zu verwenden.

2.10 Relikte

Eine für die Rekonstruktion der biologischen Evolution oft aufschlussreiche Erscheinung ist die Existenz von Relikten. Relikte sind Reste ehemals in der Stammesgeschichte funktionstüchtiger Strukturen, die bei ihrer Rückbildung (Rudimentation) übrig geblieben sind. Nicht gemeint ist hier die Verwendung des Begriffs für Organismen, die auf enge isolierte Territorien zurückgedrängt sind. Der Entstehung von Relikten war ein ganzes Matreier Treffen gewidmet. Ich kann deshalb auf die Veröffentlichung einiger Beiträge verweisen, die aus verschiedenen Fachgebieten zu diesem Thema geliefert worden sind (*Riedl, R. 2000; Schober, O. 2000; Nagel, K. 2000; Hildebrand, E. 2000; Reingrabner, G. 2000; Girtler, R. 2000; Heller, H. 2000; Sütterlin, C. 2000; Mehl, A. 2000; Liedtke, M. 2000*).

Relikte in der biologischen Evolution sind oft nur scheinbar gänzlich funktionslos. Wenn sie nicht eine neue Funktion übernommen haben, sind sie doch häufig für die Ontogenese von Bedeutung. In jedem Fall erklären

sich Relikte aus den Systembedingungen, denen der Organismus unterworfen ist und zu denen die organisatorischen Constraints gehören, die er von seinen Vorfahren geerbt hat. Die inneren Zustände des Systems gewinnen so eine Eigenständigkeit, die über Generationen von Nachkommen hinaus wirksam bleibt. Organisatorische Constraints führen gelegentlich zu funktionellen Bürden (*Riedl, R. 2000, 294f.*). Ein Beispiel ist der inverse Aufbau der Retina im Auge der Wirbeltiere, der technisch gesehen eine Fehlkonstruktion darstellt. Immer bauen neue Strukturen und Eigenschaften auf alten auf, ohne dass diese restlos verschwinden.

Zum Verständnis der Reliktbildung gehört auch die Erscheinung des Atavismus. Atavismen sind „Erinnerungen“ an die Stammesgeschichte, die aufgrund von Fehlentwicklungen in der Ontogenese spontan wieder auftauchen, obgleich sie längst verloren gegangen waren.

Relikte sind überraschenderweise häufig in der Technik zu finden. Da technische Konstruktionen nur selten vollständig neue Erfindungen sind, sondern meistens Verbesserung von Vorläufern oder eine Kombination aus bewährten Komponenten, wirken sich auch in diesen Fällen die ursprünglichen Systembedingungen oft auf die nachfolgenden Produkte aus. In manchen Fällen übernehmen Relikte eine neue Funktion, wie das „Trittbrett“ am VW-Käfer (s. Abschnitt 2.6). Häufiger ist bei den Produkten traditionsreicher Firmen ein Funktionswandel von Relikten zu Erkennungsmerkmalen, wie z.B. der charakteristische Kühlergrill bei BMW oder Mercedes-Benz (*Kollar, H.P. 1996, 286ff.*).

Atavismen im strengen Sinne der Definition gibt es in der Technik meines Wissens nicht, wenn man einmal von absichtlichen nostalgischen Rückgriffen auf alte Strukturelemente, z.B. Speicherräder an Sportwagen, absieht. Altmodische Gesten oder sprachliche Ausdrucksformen mögen uns atavistisch erscheinen, doch sind diese entweder in anderen Kulturkreisen noch fest etabliert, wie z.B. der Handkuss, oder ganz bewusst als literarische Stilmittel eingesetzt. Zwei weniger geläufige Phänomene lassen sich an die Reliktbildung anschließen.

2.10.1 *Aphanisie*

Dieser Begriff bezeichnet den vollständigen Abbau von Organen, die während der Embryonalentwicklung angelegt werden (*Sewertzoff, A.N. 1931, 325ff.*). Die larvalen Bewegungsorgane der im adulten Stadium sessilen (festsitzenden) Seepocke verschwinden ebenso wie die Rückenmuskulatur von Schildkröten (vgl. Abschnitt 2.5.4) oder die Kiemen der

Kaulquappen. Der Verlauf ist wiederum aus dem Konflikt zwischen stammesgeschichtlichen Constraints und der Notwendigkeit zur Anpassung zu erklären.

Einige technische Erzeugnisse durchlaufen während ihrer Herstellung Stadien, die durch Eigenarten des Produktionsprozesses bedingt sind. Dabei werden Merkmale angelegt, die im Endzustand nicht mehr zu finden sind. Bei der Herstellung von Flachglas für die Glasmalerei wird zunächst ein Glasballon geblasen, in einem anschließenden Schritt so umgeformt, dass nach dem Absprengen der Endstücke ein Hohlzylinder übrig bleibt, der dann längs aufgeschnitten und auf einer festen Unterlage geglättet wird. Der Vergleich mit der Ontogenese von Wirbeltieren ist zwar fragwürdig, doch zeigt das Beispiel zumindest, dass auch bei zielgerichteten Prozessen adaptive Provisorien unumgänglich sind.

2.10.2 *Rekapitulation*

Aus der Beobachtung, dass frühe Embryonalstadien verschiedener Wirbeltiere untereinander ähnlicher sind als die Adulten, hat Ernst Haeckel bekanntlich das „Biogenetische Grundgesetz“ abgeleitet. Dieses besagt etwa „Die Individualentwicklung ist die geraffte Rekapitulation der Stammesgeschichte“. Wenn diese Erkenntnis heute auch differenzierter als „Regel“ formuliert wird, da sie nur für bestimmte Phasen der Entwicklung gilt, so bleibt doch die Aussage gültig, dass die Ontogenie oft frühe Stadien der Phylogenie durchläuft. Die Anlage von Kiemenspalten in frühen Entwicklungsstadien von Säugetieren und die Bilateralsymmetrie von Larven der asymmetrisch gebauten Plattfische belegen diese Regel. Die Erklärung für die Biogenetische Regel ist die mittlerweile durch die Molekularbiologie gestützte Annahme, dass in der Evolution das Neue gewöhnlich auf bereits Vorhandenem aufbaut, das nur erweitert oder modifiziert wird, ohne dass die alten Bauanweisungen ganz verschwinden.

Die Suche nach einer analogen Regel für die Kulturentwicklung bleibt verständlicherweise erfolglos. Ein vergleichbarer – wenngleich singulärer – Fall von Rekapitulation in der Technik hat sich bei der Modernisierung des Buchbindeverfahrens ereignet. Früher wurden die Seiten eines Buches zu je 16 auf Bögen gedruckt, anschließend gefaltet und durch Fadenheftung miteinander verbunden. Das neuere Lumbeck-Verfahren, bei dem die Blätter am Rücken flexibel zum Band verklebt werden, macht den Bogendruck überflüssig. Dennoch hat er sich wenigstens eine Zeit lang gehalten, und gelegentlich findet man in älteren Ausgaben mit Klebebindung (z.B. *Wieser*,

W. 1959) noch auf den Seiten 17, 33, 49 etc. einen kleinen Hinweis (2, 3, 4 etc.) für das Zusammenlegen der Hefte, die dann freilich am Rücken beschnitten wurden. Ein altes, eigentlich überflüssiges Verfahren wird hier wenigstens für eine Übergangszeit beibehalten, bis alle Teilprozesse der Herstellung wieder aufeinander abgestimmt sind.

3. Kulturspezifische Verläufe und Faktoren

Es gibt, wie wir gesehen haben, eine stattliche Reihe von Verlaufsformen der Evolution, zu denen sich analoge oder ähnliche Vorgänge in der Kulturentwicklung finden lassen. Einige von ihnen wie Funktionswechsel, Reliktbildung und Luxurierung zeigen eine generelle Übereinstimmung mit ihren biologischen „Vorbildern“; bei anderen lassen sich nur beschränkt Ähnlichkeiten feststellen, oder die Analogie stützt sich nur auf wenige Beispiele. Den besprochenen Verläufen ließen sich noch weitere anschließen, doch sind bereits bei einigen der hier vorgestellten, wie der kritische Leser bemerken wird, nur mit einer gewissen Spitzfindigkeit Analogien zu finden.

Daneben gibt es aber auch Verläufe oder Tendenzen, die ausschließlich in der Kulturentwicklung zu beobachten sind. Sie resultieren aus den speziellen kognitiven und geistigen Fähigkeiten des Menschen und der Gesellschaftsstruktur. Freilich müssen in allen Fällen auch die ökologischen Randbedingungen der verschiedenen Kulturkreise berücksichtigt werden.

Am auffälligsten ist, dass die Kulturentwicklung mit einem vielfach höheren Tempo fortschreitet als die biologische Evolution und dazu noch eine rasante Beschleunigung erfährt. Dieses Faktum ist vor allem durch die besonderen Eigenschaften des menschlichen Hirns und die Feinmotorik unserer Hände erklärbar: Mit der Hilfe von Sprache, Schrift und Bildern lassen sich Erfahrungen und Ideen rasch an andere Mitglieder einer Population und an spätere Generationen übermitteln, ohne auf den langsamen Weg über genetische Weitergabe von Information angewiesen zu sein. Neben der mündlichen Überlieferung haben schriftliche Dokumente, Bücher, Bibliotheken und schließlich moderne Medien unser „Gedächtnis“ über die Kapazitäten des Hirns hinaus immens erweitert und eine überregionale bis weltweite Verbreitung von Information ermöglicht. Mehr und mehr überträgt der moderne Mensch Aufgaben und Entscheidungen auf Roboter oder Computer, nicht immer erfolgreich, wie folgendes Beispiel zeigt: Das Namensverzeichnis bei *Riedl* (2000, 358) nennt vier Seitenverweise auf Koenig. Bei den ersten beiden wird Otto König bzw. Koenig als Begründer

der Kulturethologie genannt, bei den anderen geht es um eine Parabel, in der ein König vorkommt, bzw. um den „König Kunde“ in der Ökonomie.

Durch seine körperlichen und geistigen Fähigkeiten und die darauf gründende Zivilisation ist der Mensch zunehmend unabhängiger von der natürlichen Umwelt geworden. Wahrscheinlich hat auch die Arbeitsteilung dazu beigetragen, die Freiräume zu erweitern, so dass der Mensch auch solche Verhaltensweisen entwickeln konnte, die keine direkten Vorteile für das Überleben bringen und von anderen Eigenschaften mit positivem Selektionswert oder von der Gesellschaft getragen werden. Altruistisches Verhalten ist sicher auf die Brutpflege im Verband genetisch nah verwandter Individuen zurückzuführen, doch bezweifle ich, dass beispielsweise Hilfsbereitschaft und solidarisches Verhalten in komplexen Gesellschaften im Sinne einer „Fitnessmaximierung“ zu erklären sind. Im Gegensatz zur Soziobiologie, die eine utilitaristische Kunstkonzeption vertritt, indem sie künstlerischer Betätigung einen Selektionswert für Stressbewältigung zumisst (zit. nach *Eibl, K. 2004, 301ff.*), behaupte ich, dass Kunst, Religion und Wissenschaft eher Konsequenzen unserer kognitiven Ausstattung sind, also „unbeabsichtigte“ zweckneutrale Nebenprodukte der Evolution. Damit will ich selbstverständlich nicht bestreiten, dass sie die Kulturentwicklung teilweise entscheidend mitbestimmen haben.

Spezifisch für die Kulturentwicklung ist ferner die Selektion durch den Markt, verstärkt durch Werbung und öffentliche Bewertungen. Dies gilt zumindest für die Technik, zunehmend auch für Medizin und Wissenschaft. Triebfeder ist das Streben nach Gewinn und sozialem Prestige. Diesem können auch die Vorteilssicherung und der manipulierte Wertzuwachs (*Liedtke, M. 1996, 231ff.*) zugeordnet werden. Patente, Urheberrechte und ähnliche Reglementierungen haben einerseits ihre Berechtigung, andererseits schränken sie den freien Wettbewerb ein. Manipulationen des Marktes durch künstliche Verknappung oder limitierte Auflagen von Sammlerstücke treiben die Preise künstlich in die Höhe. Scheingebote auf Auktionen gehören inzwischen zu den Manipulationen des Kunstmarktes, um einen Wertzuwachs zu erzielen.

Verläufe der Kulturentwicklung sind maßgeblich auch von Wertentscheidungen und ethischen Prinzipien bestimmt, die wiederum selbst einer Wandlung unterworfen sein können. In diesen Kontext gehört auch die Steuerung durch Ideologie, Herrschaft oder einzelne Persönlichkeiten. Charakteristisch für kulturelle Verläufe ist ein beharrliches Festhalten an etablierten Strukturen und Lösungen und eine damit verbundene Aversion

gegenüber revolutionären Veränderungen. Die Ursache dafür ist vermutlich ein verständliches Sicherheitsbedürfnis der Menschen und die Vernetzung mit anderen Gewohnheiten.

Als zusätzliche Determinanten für die kulturelle Entwicklung seien noch erwähnt: das ästhetische Empfinden (*Koenig, O. 1970, 217; Richter, K. 1999*), für die der Mensch wahrscheinlich eine kognitive Prädisposition mitbringt, und die Fähigkeit zur Imagination, der Erzeugung mentaler Bilder und Illusionen (*Leroi-Gourhan, A. 1988, 489ff.*).

Neben dem Funktionswechsel einzelner Komponenten oder Merkmale, den wir auch aus der biologischen Evolution kennen, finden wir in der Kulturgeschichte einige seltene Fälle von Funktionswandel des gesamten Objekts z.B. zu einem Dekorations- oder Schmuckstück (*Liedtke, M. 1996, 234*).

Eine Besonderheit der Kulturentwicklung ist auch die Koevolution zwischen ganzen Bereichen, wie beispielsweise zwischen Technik und Wissenschaft (*Hildebrand, E. 2001*). Entsprechend wäre nach Regeln auf einem höheren Niveau zu suchen. Ein solcher Ansatz würde jedoch weit über mein Thema hinaus weisen.

4. Ergebnisse und Schlussbetrachtung

Offenbar sind, wie ich zu zeigen versucht habe, die Grundvoraussetzungen für die kulturelle Evolution prinzipiell die gleichen wie für die biologische: Variabilität durch Mutationen bzw. Ideenvielfalt, Selektion im Hinblick auf Anpassung bzw. Bewährung und Akzeptanz sowie Weitergabe von Information durch Vererbung bzw. Tradierung. Zusätzlich können in beiden Bereichen organisatorische bzw. konstruktive Constraints, Isolation und Koevolution als Evolutionsfaktoren beteiligt sein. Die Kausalanalyse der Verlaufsformen in der kulturellen Entwicklung erfordert eine größere Differenzierung, da auch kulturspezifische Ursachen und Mechanismen beteiligt oder gar ausschließlich verantwortlich sein könnten.

Beispiele für analoge Verläufe finden sich besonders zahlreich im Bereich der Technik. Das ist nicht überraschend, verbinden doch Biologie und Technik die Begriffe Funktion und Zweckmäßigkeit. Letzterer freilich hier als Ergebnis einer schrittweisen Anpassung, dort als Zielvorgabe. Wie die Entwicklung selbst, so sind auch die einzelnen Verläufe in der Kultur enorm beschleunigt. Die Ursache dafür sind der schnelle Bewährungstest und damit eine rasche Selektion, die schnelle Weitergabe und Ausbreitung durch

traditionelle und moderne Mittel der Kommunikation und die Möglichkeit, Problemlösungen vor ihrer Realisation als abstrakte Modelle durchzuspielen. Entsprechend sind auch die Verläufe in der Kulturentwicklung stärker zeitlich begrenzt. In neuerer Zeit versucht die so genannte Bionik, Lösungen, die im evolutionären Prozess optimiert sind, und auch Strategien der Evolution für die Technik nutzbar zu machen, – eine neue Variante der Kulturentwicklung, die zu ihrer weiteren Beschleunigung beitragen könnte.

Merkmale der biologischen Evolution sind 1. die Veränderung in kleinen Schritten, der so genannte Gradualismus, der allerdings in neuerer Zeit durch die Annahme auch größerer Schritte bei der Veränderung und Umorganisation, den Punktualismus ergänzt wird, 2. die Irreversibilität und 3. ihre Ziellosigkeit und damit Unvorhersagbarkeit. Alle drei Merkmale treffen weitgehend auch auf die Kulturentwicklung zu. Wie die Stammesgeschichte, so greift auch die kulturelle Entwicklung – wenigstens in den meisten Fällen – auf Vorhandenes zurück, modifiziert oder kombiniert dieses, und nur selten treten ganz neue Konzepte ohne Vorläufer auf. Auch Otto Koenigs Studium der Uniform kann als wissenschaftliche Fortsetzung seiner früheren Begeisterung für Zinnsoldaten gesehen werden. Die „Freiheit“ des menschlichen Geistes ist eingeschränkt und seine Kreativität zeigt sich häufiger in phantasiereicher Kombination des Vorgefundenen als in gänzlich neuen Erfindungen. *George Basalla (1988, 45)* hat diese Beobachtung pointiert ausgedrückt: „Any new thing that appears in the made world is based on some object already in existence“.

Viele Mechanismen, die wir für die Phylogenie der Organismen postulieren, finden sich auch in der Kulturevolution wieder. Dennoch ist diese nicht einfach eine Fortschreibung der biologischen Evolution. Zwar mögen biologische Dispositionen des Menschen die Kulturentwicklung mitbestimmen haben, doch scheinen mir eher voneinander unabhängige aber weitgehend ähnliche Ursachen für die analogen Verläufe verantwortlich zu sein. Die Kultur ist selbst ein höchst komplexes System mit unüberschaubaren Wechselwirkungen zwischen ihren Komponenten, noch dazu mit der Natur zu einem Übersystem vernetzt oder – je nach Auffassung – Teil von ihr. Offen bleiben muss die Frage, ab wann, auf welcher Stufe die Kultur eine Abkoppelung des Menschen von der biologischen Evolution bewirkt hat oder ob diese trotz aller kultureller Selbstbestimmung andauert.

Dank: Ich danke allen Mitgliedern der Matreier Gesprächsrunde, die sich an der Diskussion meines Beitrags beteiligt haben. Ihre hilfreiche Kritik und Anregungen sind in die schriftliche Fassung eingegangen. Frau Anita Eckert danke ich für die Herstellung des Schriftsatzes.

5. Literatur

- BASALLA, George (1988): *The Evolution of Technology*. – Cambridge Univ. Press. Cambridge.
- CHOMSKY, Noam (1970): *Sprache und Geist*. – Suhrkamp. Frankfurt/M.
- DZWILLO, Michael (1978): *Prinzipien der Evolution*. – Teubner. Stuttgart.
- EIBL, Karl (2004): *Animal Poeta. Bausteine der biologischen Kultur- und Literaturtheorie*. – mentis. Paderborn.
- GIRTTLER, Roland (2000): *Das Duell als altes Relikt der Ehre*. – In: Max Liedtke (Hg.), *Relikte – der Mensch und seine Kultur*. austria medien service. Graz, 200-208.
- GRUNDMANN, Reiner (1994): *Gibt es eine Evolution von Technik?* – In: *Technik und Gesellschaft. Jahrbuch 7*, 13-39. Campus Verlag. Frankfurt/New York.
- HELLER, Hartmut (2000): *Zur Evolution der Pelikane und Adler – Relikte in der Bildersprache von Heraldik und Hausrat, Brauch und Werbung*. – In: Max Liedtke (Hg.), *Relikte – der Mensch und seine Kultur*. austria medien service. Graz, 209-232.
- HILDEBRAND, Eilo (2000): *Relikte in der Technik – Konsequenzen komplexer Systeme*. – In: Max Liedtke (Hg.), *Relikte – der Mensch und seine Kultur*. austria medien service. Graz, 159-177.
- HILDEBRAND, Eilo (2001): *Die zunehmende wechselseitige Abhängigkeit von Naturwissenschaften und Technik – Ein Beispiel für kulturelle Koevolution*. – In: Max Liedtke (Hg.), *Kulturwandel*. austria medien service. Graz, 30-53.
- HILDEBRAND, Eilo (2004): *Exzessive Merkmale von Organismen: Luxus oder Notwendigkeit?* – In: Max Liedtke (Hg.), *Luxurierungen*. Vehling Verlag. Graz, 11-25.
- HILGERS, Uwe (1994): *Die Evolution der Holzblasinstrumente – ein Vergleich zwischen biologischer und kultureller Evolution*. – In: *Math.-Naturwiss. Unterricht Bd. 37*, 195-201.
- KOENIG, Otto (1968): *Biologie der Uniform*. – In: *Naturwissenschaft und Medizin 5. Jg.*, 3-19, 40-50.
- KOENIG, Otto (1970): *Kultur und Verhaltensforschung*. – DTV. München.

- KOLLAR, Hans Peter (1996): Zu Verlaufsformen in der Entwicklung des Autos. – In: Max Liedtke (Hg.), *Kulturethologische Aspekte der Technikentwicklung*. austria medien service. Graz, 282-298.
- LAWRENCE, Peter A. (1992): *The Making of a Fly*. – Blackwell. Oxford.
- LEM, Stanislaw (1981): *Summa technologiae*. – Suhrkamp. Frankfurt/M.
- LENNEBERG, Eric H. (1967): *Biologische Grundlagen der Sprache*. – Suhrkamp. Frankfurt/M.
- LEROI-GOURHAN, André (1988): *Hand und Wort. Die Evolution von Technik, Sprache und Kunst*. – Suhrkamp. Frankfurt/M.
- LIEDTKE, Max (1994): *Verlaufsformen der Kulturentwicklung*. – Dargestellt am Beispiel der Form- und Funktionsveränderung bei liturgischen Gewändern. – In: Max Liedtke (Hg.), *Kulturethologie – Über die Grundlagen kultureller Entwicklungen*. Realis. München, 26-79.
- LIEDTKE, Max (1996): *Verlaufsstrukturen in der Geschichte der Schreibgeräte*. – In: Max Liedtke (Hg.), *Kulturethologische Aspekte der Technikentwicklung*. austria medien service. Graz, 184-240.
- LIEDTKE, Max (2000): *Institutionelle Relikte an Universitäten. Beispiel: Konkordatslehrstühle*. – In: Max Liedtke (Hg.), *Relikte – der Mensch und seine Kultur*. austria medien service. Graz, 307-333.
- LORENZ, Konrad (1941): *Kants Lehre vom Apriorischen im Lichte gegenwärtiger Biologie*. – In: *Blätter f. Deutsche Philosophie*. Bd.15, 94-125.
- LORENZ, Konrad (⁴1980): *Die Rückseite des Spiegels. Versuch einer Naturgeschichte des Erkennens*. – DTV. München.
- MEHL, Andreas (2000): *Reliktbildungen und Reliktzustände in politischen und verfassungsrechtlichen Entwicklungen der Vergangenheit (Athen und Rom in der Antike)*. – In: Max Liedtke (Hg.), *Relikte – der Mensch und seine Kultur*. austria medien service. Graz, 287-306.
- NAGEL, Klaus (2000): *Wie können sich Relikte halten? Das Sexagesimalsystem in Mathematik und Physik*. – In: Max Liedtke (Hg.), *Relikte – der Mensch und seine Kultur*. austria medien service. Graz, 100-108.
- RAMMERT, Werner (1994): *Konstruktion und Evolution von Technik*. – In: *Technik und Gesellschaft. Jahrbuch 7*, 7-11. Campus Verlag. Frankfurt/New York.
- REINGRABNER, Gustav (2000): *Fremdes im Christentum - Eine Spurensuche*. – In: Max Liedtke (Hg.), *Relikte – der Mensch und seine Kultur*. austria medien service. Graz, 178-199.
- RENSCH, Bernhard (³1972): *Neuere Probleme der Abstammungslehre*. – Enke. Stuttgart.

- RENSCH, Bernhard (1977): Das universale Weltbild. Evolution und Naturphilosophie. – Fischer TB. Frankfurt/M.
- RENSCH, Bernhard (²1965): Homo sapiens. Vom Tier zum Halbgott. – Vandenhoeck & Ruprecht. Göttingen.
- RICHTER, Klaus (1999): Die Herkunft des Schönen. Grundzüge der evolutionären Ästhetik. – Philipp von Zabern. Mainz.
- RIEDL, Rupert (1979): Biologie der Erkenntnis. – Parey. Hamburg, Berlin.
- RIEDL, Rupert (2000): Relikte: Begriff und biologische Funktion. – In: Max Liedtke (Hg.), Relikte – der Mensch und seine Kultur. austria medien service. Graz, 10-20.
- RIEDL, Rupert (2000): Strukturen der Komplexität. Eine Morphologie des Erkennens und Erklärens. – Springer. Berlin, Heidelberg, New York.
- ROGG, Matthias (2004): Militärkleidung und Luxurierung. Neue Überlegungen zum Ethogramm der Uniform in der Nachfolge Otto Koenigs. – In: Max Liedtke (Hg.), Luxurierungen. Vehling Verlag. Graz, 49-63.
- RUSO, Bernhart (2004): Luxurierungsprozesse des Verpackungs- und Produktdesigns. – In: Max Liedtke (Hg.), Luxurierungen. Vehling Verlag. Graz, 211-229.
- SCHOBBER, Otto (2000): Relikte in Körpersprache, Verbalsprache und Schrift. – In: Max Liedtke (Hg.), Relikte – der Mensch und seine Kultur. austria medien service. Graz, 54-88.
- SEWERTZOFF, Alexej Nikolajewitsch (1931): Morphologische Gesetzmäßigkeiten der Evolution. – Fischer. Jena.
- SÜTTERLIN, Christa (2000): Die Sirene als Bildrelikt zwischen Funktion und Dekoration – Mythenforschung als Bild- und Ideengeschichte. – In: Max Liedtke (Hg.), Relikte – der Mensch und seine Kultur. austria medien service. Graz, 233-259.
- TREML, Alfred K. (2004): Aufplustern durch Sprache oder über die Kunst, sich unverständlich auszudrücken. – In: Max Liedtke (Hg.), Luxurierungen. Vehling Verlag. Graz, 195-207.
- UHL, Matthias / VOLAND, Eckart (2002): Angeber haben mehr vom Leben. – Spektrum Akad. Verl. Heidelberg, Berlin.
- VOLAND; Eckart / UHL, Matthias (2004): Luxus zwischen Verschwendung und Investition. Die biologische Funktion von Übertreibung in einer Welt der Knappheit. – In: Max Liedtke (Hg.), Luxurierungen. Vehling Verlag. Graz, 125-140.

- VOLLMER, Gerhard (1975): Evolutionäre Erkenntnistheorie. Angeborene Erkenntnisstrukturen im Kontext von Biologie, Psychologie, Linguistik, Philosophie und Wissenschaftstheorie. – Hirzel. Stuttgart.
- WIESER, Wolfgang (1959): Organismen, Strukturen, Maschinen. – Fischer. Frankfurt/M.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Matreier Gespräche - Schriftenreihe der Forschungsgemeinschaft Wilheminenberg](#)

Jahr/Year: 2006

Band/Volume: [2006](#)

Autor(en)/Author(s): Hildebrand Eilo

Artikel/Article: [Evolution und Kulturentwicklung. Wie können wir die Analogie der Verläufe erklären? 220-249](#)