

Gestatten Sie mir eine kurze Vorbemerkung. Wir haben den Problembereich der Evolutionstheorie von verschiedenen Seiten beleuchtet, und dabei ist die Frage nach der Übertragbarkeit des Begriffs „Evolution“ immer mehr in den Vordergrund gerückt. Herr Kocka hatte in seinem Vortrag beim letzten Treffen mit Recht darauf hingewiesen, dass der Entwicklungsgedanke in den Geisteswissenschaften, aber auch in den Naturwissenschaften tief verwurzelt ist und lange vor Darwins Evolutionstheorie in vielfältigen Facetten das Nachdenken der Menschen über die Welt und sich selbst bestimmt hat. Natürlich können wir auch nach Darwin alle Formen der Entwicklung der nicht belebten Welt und der Geisteswelt einfach so mal mit dem Begriff „Evolution“ belegen, aber wir müssen uns dann fragen, ob uns das in der Erkenntnis der zugrunde liegenden Vorgänge in irgendeiner Weise weiterhilft. Ich will hier der Frage nachgehen, wie wir vorgehen müssten, wenn wir solche allgemeinen Verständnisse von „Evolution“ nicht verfolgen, sondern im strengen Sinne die logischen Prinzipien, die Darwin für die biologische Evolution abgeleitet hat, anwenden. Auch hierbei müssen wir die Berechtigung der Übertragung dieser logischen Prinzipien kritisch betrachten, und uns stets fragen, ob dies zu neuartigen Einsichten führt.

## *Evolution aus biologischer Sicht*

Wenn sich die Akademie im Darwin Jahr mit der Evolution beschäftigt, dann stellt sich schon die Frage, ob das, was seit Darwins großartiger Entdeckung mit dem Begriff „Evolution“ belegt wird, in einem strengeren Sinne auf andere Bereiche als die der Lebenswelt übertragen werden kann. Um dieser Frage nachzugehen, macht es Sinn zum wiederholten Maße ein paar Gedanken auf das zu richten, was wir als biologische Evolution bezeichnen. Ich will mich in meinem Beitrag auf das konzentrieren, was ich die „logische Struktur“ der Darwinschen Theorie bezeichnen will, und nicht auf das eine oder andere Beispiel der vielfältigen Belege dafür.

Wie die Abbildung 1 zeigt, setzt jeder Evolutionsprozess sich selbst reproduzierende (in unserem Falle) lebende Systeme voraus. Mit der Reproduktion ist Multiplikation der Systeme verbunden. Diese Überproduktion in der Reproduktion wird der Bewertung durch die Umwelt ausgesetzt (Selektion). Die Information, die diese Systeme in ihrer Existenz und in ihrer Ontogenie steuert, entstammt den vorangegangenen Generationen. Da der Übergang von einer Generation zu der nächsten bei nahezu allen komplexeren Systemen

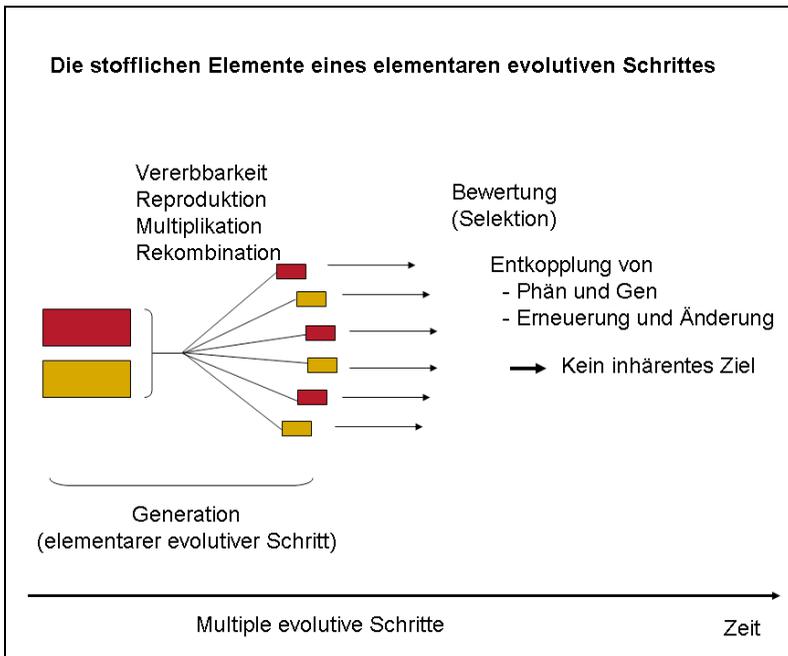


Abbildung 1

aus der Paarung zwischen Individuen verschiedener Geschlechter erfolgt (Sexualität), ist mit der Reproduktion und Multiplikation eine Rekombination (Mischung) der Information der beiden Eltern verbunden.

Die von einer Generation zur nächsten übertragene Information ist an Moleküle gebunden (Gene), denen materielle und Information tragende Funktion zukommt. Die Gesamtheit der Information nennen wir Genom, und es ist diese Information, die die körperliche Ausbildung – das Phän – bestimmt. Insofern hat Richard Dawkins vollkommen recht, wenn er davon spricht, dass sich das Genom eine Fähre schafft, nämlich das Phän, um von einer Generation in die nächste zu gelangen. Ob sich dabei das einzelne Gen oder das ganze Genom „egoistisch“ verhält, ist eine Frage des Blickwinkels, und soll uns jetzt nicht weiter beschäftigen.

Der kleinste evolutive Schritt ist also die Generationenfolge, in der die stofflichen Elemente (Phäne) als Transportmittel für die Information (Gene als stoffliche Träger) auftreten (Abb. 2). Dieser Transportvorgang ist mit zufälligen Ungenauigkeiten (ich vermeide den Begriff Fehler) behaftet. Diese verändern die transportierte Information in Form von ver-

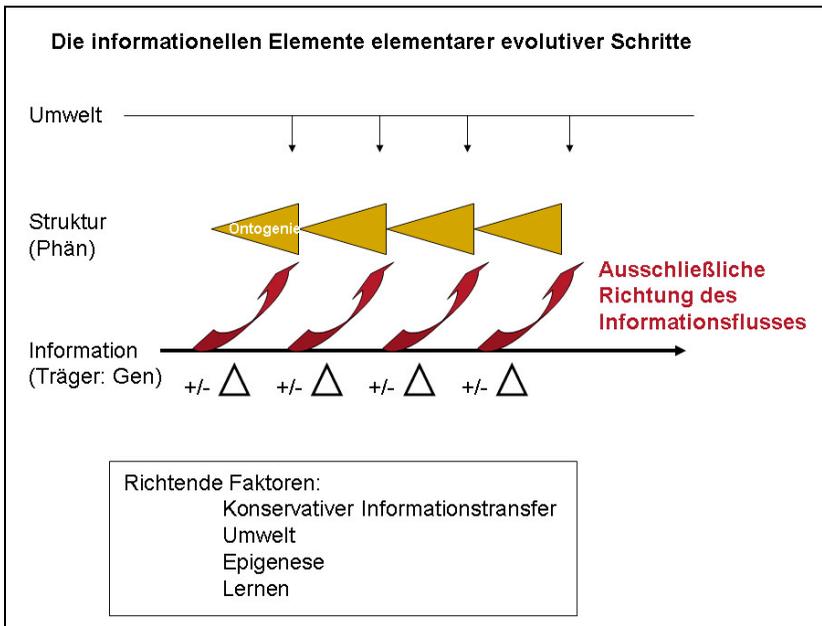


Abbildung 2

änderten Genen. Durch die Multiplikation und Rekombination in der Generationenfolge werden die Veränderungen gestreut und in verschiedene Umgebungen des Informationsträgers und damit in verschiedene Umwelten der jeweiligen Phäne gebracht. Da die Ungenauigkeiten des Informationstransfers zufällig auftreten wird dadurch keine Richtung der Veränderung vorgegeben. Das ist vielleicht der wichtigste Punkt, wenn es darum geht zu fragen, ob sich das logische Schema des biologischen Evolutionssystems auf andere Bereiche übertragen lässt.

### *Richtende Faktoren*

An dieser Stelle ist es wichtig festzuhalten, dass diese Richtungslosigkeit in mancherlei Weise eingeschränkt wird. Als erstes ist festzuhalten, dass sich der Informationstransfer (und damit auch die Änderungen) im strengen Sinne konservativ verhält: er arbeitet stets mit dem gerade zur Verfügung stehenden Gehalt. Ist einmal eine Änderung aufgetreten, kann sie in der Generationenfolge nicht wieder einfach zurück genommen werden. Im

biologischen Evolutionsprozess schlägt sich dies in dem Befund nieder, dass es keine Beispiele für eine korrigierende evolutive Entwicklung gibt.

Die Richtung im Evolutionsprozess wird durch die Umwelt bestimmt. Hierfür sind die verschiedensten Metaphern verwendet worden: Selektionsdruck, -drift, Bewährung, demokratische Abstimmung etc. Belegt wird dieses Phänomen durch das Auftreten von sogenannten konvergenten Entwicklungen, also unabhängig voneinander entstandenen Strukturen, die im physikalisch-chemisch-technischen Sinne äquivalente Lösungen für eine Anpassungsstrategie darstellen: Flugapparaturen bei Insekten, Vögeln, Säugern (Fledermäusen); Sehapparaturen als Linsenaugen und als Komplexaugen; Torpedoartige Körpergestalt bei im Wasser lebenden Fischen und Säugern, etc. In all diesen Fällen kann ausgeschlossen werden, dass es gemeinsame Vorfahren gab, die über die betreffenden Eigenschaften verfügten, so dass die vergleichbaren Lösungsstrategien unabhängig voneinander in der Evolution durch die gleichen Umwelteinflüsse entstanden sind.

Ein Wort zur Epigenese: Lamarck hatte vorgeschlagen, dass als richtender Faktor die individuelle Anpassung an Umweltanforderungen auftritt. Sie denken dabei an den langen Hals der Giraffe. Dies widerspricht in unserer heutigen Sicht einem Dogma der Genetik, nach dem der Informationsfluss, wie er sich in der Generationenfolge auswirkt, ausschließlich vom Gen zum Phän geht. Dieses Dogma gilt nach wie vor, allerdings mehren sich die Beispiele, nach denen die Regulation der Genaktivität, die in der Ontogenie des Individuums und seine Anpassung an die Zustände der Umwelt im weitesten Sinne eine kaum zu überschätzende Rolle spielt, auch in der Generationenabfolge transportiert werden kann. Dieses als Epigenese bezeichnete Phänomen beruht darauf, dass die durch Umwelteinflüsse gesteuerte Regulation der Gene über deren Methylierung oder Azetylierung unter bestimmten Umständen in die Keimbahn eingehen kann und dann in der nächsten Generation wirksam wird. Die Beispiele kommen hauptsächlich aus dem Bereich der einzelligen Organismen und Pflanzen, aber auch für Mäuse und den Menschen ließ sich kürzlich zeigen, dass etwa die Art der Mutter-Kind-Beziehung in der frühen Entwicklungsphase des Kindes auf das soziale Verhalten über Generationen hinweg mit geprägt wird. Für hormonell gesteuerte Verhaltensweisen, wie dies hier der Fall ist, lassen sich recht gut Mechanismen ableiten, nach denen solche Regulationsvorgänge das Genom der Eizellen betreffen. Anders ist dies für Körpermerkmale, die sich stets auf genregulatorische Vorgänge an somatischen Zellen beziehen. Lamarck ist also nicht über die Epigenese salonfähig geworden.

Eine besonders spannende Frage im Zusammenhang mit der gleich zu behandelnden Thematik des Verhältnisses von biologischer und kultureller Evolution ist die nach der Rolle des Lernens im Evolutionsablauf. Lernen und Gedächtnisbildung ist ein individueller Anpassungsprozess, der zu funktionellen und strukturellen Änderungen in der Verschaltung der Neurone im Gehirn führt. Genregulatorische Vorgänge inklusive der erwähnten Methylierung und Azetylierung der DNA spielen dabei ebenfalls eine wichtige Rolle, wie man seit kurzer Zeit weiß. Da diese Genregulationen in somatischen Zellen, den Neuronen, erfolgen, gehen sie nicht in die Keimbahn ein, und auch eine hormonelle Wirkung, die sich letztlich auf entsprechende Vorgänge an der DNA der Keimzellen auswirken würde, kann man ausschließen. Individuelles Gedächtnis ist also kein direkter informationeller Faktor im Evolutionsgeschehen, allerdings kann das Gedächtnis ein indirekter Faktor sein, der die Evolution in eine bestimmte Richtung lenkt.

Hier will ich nun doch ein Beispiel kurz beschreiben. Sie kennen den Kuckuck, ein brutparasitierender Vogel, der seine Eier in die Nester anderer Vogelarten legt. Anders als beim Kuckuck gibt es brutparasitierende Vogelarten, die ihren Gesang an den der parasitierten Art durch Prägungslernen anpassen und nicht streng immer eine bestimmte parasitierte Art auswählen. Es zeigt sich nun, dass die Weibchen der parasitierenden Art solche Männchen bevorzugt wählen, die von der gleichen Wirtsart aufgezogen wurden, also auf deren Gesang geprägt wurden. Damit ergibt sich eine kanalisierende evolutive Entwicklung, die über wenige Generationen zu einer Umstellung in der Wahl der Wirtsart führt, was sich dann auch in der Ausprägung der körperlichen Merkmale (Form und Farbe der Schnäbel und des Rachens bei den parasitierenden Jungvögeln) auswirkt (siehe Cate in TREE 15, 179, 2000). Lernen tritt also als bewertender, selektierender Faktor auf und gibt dem Evolutionsablauf eine Richtung, die durch die individuelle Partnerwahl bei der sexuellen Fortpflanzung bestimmt wird.

Ich habe den Weg vom Gen zum Phän sehr cursorisch beschrieben und dabei eine Fülle von Fakten außer Acht gelassen, die erwähnt werden müssten und zeigen, dass dieser Weg außerordentlich komplex ist und die Evolution von Merkmalen wesentlich mitbestimmt. Am besten lässt sich dies veranschaulichen, wenn man sich diesen Weg nicht geradlinig sondern eingebunden in ein Netzwerk von verkoppelten (homöostatischen) Wirkungsgefügen vorstellt. Dazu gehören sogenannte epistatische Faktoren (unter anderem die oben genannten epigenetischen Faktoren, aber auch die Faktoren, die dem Phänomen der phänotypischen Robustheit zugrunde liegen, der Tatsache, dass die phänotypischen Unterschiede zwischen Individuen der gleichen Art viel geringer sind als ihre genetische Variabilität erwarten lässt) und stochastische Prozesse, die in einem solchen

komplexen Netzwerk von Wirkungen schwer von regulierten Faktoren getrennt werden können. Aber auch unter Berücksichtigung dieses verkoppelten Netzwerkes ändert sich nichts an der generellen Aussage, dass die Richtung der Evolution ausschließlich über die Umwelt bestimmt wird. Diese Richtung kann aber mitunter sehr viel schneller eingeschlagen werden, weil sich dann genetische Faktoren auswirken können, die im Hintergrund bereits als zu selektionierende Optionen vorbereitet sind.

*(Wann) macht es Sinn biologische Evolution als Paradigma für kulturelle Evolution zu verwenden?*

Die kulturelle Entwicklung ist das Produkt der Gehirne, die in einer sozialen Gemeinschaft kognitive Entdeckungen transmittieren. Wenn die logische Struktur der biologischen Evolution ein Vorbild sein soll, um die Prozesse der kulturellen Evolution zu verstehen, dann müssen wir nach den Äquivalenzen zu Vererbbarkeit, Reproduktion, Multiplikation und Bewertung suchen. Von Richard Dawkins wurde am Ende seines *Egoistischen Gens* der Vorschlag gemacht, dass das informationelle Element, das Mnem, ähnlichen Prozessen der Weitergabe, der Vervielfältigung und der Selektion unterliegt, wie das Gen. Dieser Gedanke wurde vielfältig aufgegriffen, und wenn Sie heute im Internet nachsehen, finden Sie eine geradezu enthusiastische Fangemeinschaft der Mnemonisten. Ich will schnell auf den Punkt kommen und mich nicht in den Skurrilitäten verlieren.

Kognitive Leistungen unseres Gehirns können wir uns als zeitlich begrenzte Zustände neuronaler Ensembles vorstellen, die sowohl innerhalb des Gehirns, wie auch im sozialen Kontakt der Gehirne außerhalb Bewertungen unterliegen. Zwischen den Gehirnen können sie sich fortpflanzen etwa durch Imitation, werden sich dabei verändern (denken Sie z.B. an das Kinderspiel „stille Post“), und werden bewertet. Innerhalb des Gehirns mögen solche Ensemblezustände ebenfalls reproduziert, multipliziert und bewertet werden, wobei „demokratische Bewertungsprozesse“, wie sie etwa Gerald Edelman für seine rekurrenten Ensembles annimmt, ebenfalls eine Rolle spielen könnten. Auf einer noch nicht verstandenen Ebene könnten elementare neuronale Ensembles oder ganze Ensemble-Konfigurationen dem entsprechen, was mit „Mnem“ bezeichnet wird. Ob dies berechtigt ist, und ob es irgendeine Art von Erklärungsansatz im Vergleich zu der traditionellen anthropologischen Denkweise der Verknüpfung von genetischen und erworbenen Information bietet, bleibt abzuwarten. Ich halte das für durchaus möglich.

Immerhin tun sich mit solchen Spekulationen Brücken auf zwischen Evolutionsbiologie, Anthropologie und Neurowissenschaft. Was zu zeigen wäre, ist der „infektiöse“ Charakter der Mneme, ihre den Genen vergleichbare Tendenz, ihren informationellen Gehalt zu verstofflichen (in neuronalen Ensembles zu verwirklichen), sich dabei zu multiplizieren und zufälligen Veränderungen zu unterliegen. Der zufällige Charakter der Veränderung ist ein wesentliches Element des biologischen Evolutionsprozesses. So weit ich sehe, scheitern bisher alle Versuche der Gen-Mnem Analogie an dieser Stelle (siehe: R. Auger, *The Sciences*, 1999, aber auch: S. Blackmore, *The Meme Machine*, 1999, die ein eifriger Verfechter dieser Idee ist).

Nehmen wir ein Beispiel: Einem Mnem könnte der informationelle Gehalt des Rads als Element eines Transportmittels, die Brücke als Element der Verbindung, die Halbleitereigenschaft eines Metalloxids entsprechen. Aus welchen neuronalen Ensembles setzt sich die Vorstellung „Rad“, „Brücke“, „Halbleitereigenschaft“ zusammen? Haben diese neuronalen Ensembles „infektiösen“ Charakter, multiplizieren sie sich, verändern sie sich dabei, werden sie bewertet ohne dabei ein Ziel vorzugeben? All das wissen wir natürlich nicht, aber macht es Sinn danach zu suchen? Ich glaube für einen Neurowissenschaftler allemal. Die Vorgehensweise wäre so unüblich nicht. Übertragungen von Konzepten, wenn sie genügend formalisiert sind, haben sich in vielen Wissenschaften bewährt, wenn auch manchmal nur als Anreger und letztlich nicht als Erklärung. Immerhin ist die Darwinsche Evolutionstheorie die stärkste und beste Theorie, die die Biologie zu bieten hat, und sie hat einen hohen Grad an Formalisierung erreicht. Wenn man sie allerdings nutzen will als Anreger oder Erklärung, dann darf man sie nicht verwässern und so tun, als ob jede Form von Entwicklung „Evolution“ wäre. Die logische Struktur, wie ich sie in den Abbildungen 1 und 2 dargestellt habe, muss erhalten bleiben, und es müssen die Analoga definiert werden, die den Faktoren in der Evolution der Lebewesen entsprechen sollen. Über kulturelle Evolution zu sprechen, ohne sich mit dieser Problematik auseinander zu setzen, halte ich für wenig sinnvoll. Auf intuitive Analoga zu referieren hilft uns hier nicht weiter.