

3. Früchte vom Baum der Erkenntnis

Einige Semester nach seiner Begegnung mit Bertalanffy lernt Rupert Riedl Konrad Lorenz kennen. Frisch aus russischer Gefangenschaft, Lederjacke, sitzt am Tisch mit überschlagenen Beinen, zeichnet Gänse, erzählt Tiergeschichten und entwirft ein Triebmodell, das einer Klospülung ähnelt. Ist der Kasten voll, bedarf es nur eines Auslösers und der Inhalt stürzt heraus. Durch die Auen nahe dem Schloss des Vaters in Altenberg in dem Lorenz aufgewachsen ist ziehen die Studenten im Adamskostüm mit dem Lehrer. Es bleibt bei einer Begegnung, denn Lorenz geht nach Deutschland.

Noch war Rupert Riedl nicht klar, dass die Lorenz'sche Ethologie helfen würde sein Problem zu lösen und von angeborenen Denkmustern wusste er damals auch noch nichts. Erst nach seiner Rückkehr aus den USA in den frühen 1970er Jahren sollte sich die Parallele der wissenschaftlichen Methode offenbaren.

Konrad Lorenz, 1903 in Wien geboren, war der späte Sohn eines berühmten Orthopäden, Adolf Lorenz, der auch in den USA praktiziert hatte, unter anderem im Weißen Haus, wo Theodore Roosevelt selbst zu seinen Patienten gehört hatte. Die Familie lebte in Altenberg bei Wien. 1922 begann Lorenz auf Wunsch des Vaters Medizin zu studieren, an der Columbia University in New York, kehrte jedoch schon ein Jahr später nach Wien zurück und setzte an der Uni Wien sein Medizinstudium fort. Er wurde nach seiner Promotion 1928 Assistent bei Ferdinand Hochstetter, am II Anatomischen Institut in Wien. Hochstetter ermöglichte Lorenz nebenbei seinen Ethologischen Studien nachzugehen. Sein Nachfolger dagegen lehnte das dezidiert ab, weshalb Lorenz die Stelle am Institut aufgab und sich als Privatgelehrter nach Altenberg zurückzog.

1933 promovierte er abermals in Wien, diesmal Zoologie. 1936 wurde er habilitiert und erhielt 1937 die Lehrbefugnis für Zoologie mit besonderer

Berücksichtigung der vergleichenden Anatomie und Tierpsychologie – die erste derartige akademische Lehrbefugnis in Österreich. 1940 wurde er nach Königsberg berufen wo er eine Professur am Lehrstuhl für Psychologie der Philosophischen Fakultät erhielt. Hier beschäftigten ihn auch die Kant'schen Apriori. 1941 schrieb er den Beitrag „Kants Lehre vom Apriorischen im Lichte gegenwärtiger Biologie“. Dieser Artikel war die Grundlage dafür, dass man Lorenz später (gemeinsam mit Rupert Riedl und Gerhard Vollmer) als Begründer der Evolutionären Erkenntnistheorie ansehen sollte.

1949 gründete Lorenz in Altenberg sein „Institut für vergleichende Verhaltensforschung“. Die Max-Planck-Gesellschaft in Buldern/Westfalen richtete eigens für ihn eine „Forschungsstelle für Vergleichende Verhaltensforschung“ ein, später das Max-Planck-Institut für Verhaltensphysiologie am Eßsee in Oberbayern (Seewiesen). Unter Erich von Holst wurde Lorenz zunächst stellvertretender Direktor, 1961-1973 leitete er selbst die Forschungsstelle. In dieser Zeit schrieb er mehrere Bestseller, darunter „Das sogenannte Böse. Zur Naturgeschichte der Aggression“ (1963), und die „Rückseite des Spiegels. Versuch einer Naturgeschichte der Menschlichen Erkennens.“ Mit diesem Buch setzte Lorenz jenen Meilenstein für die Erkenntnistheorie, mit der er später Rupert Riedls „Ordnung des Lebendigen“ bestätigen sollte.

Lorenz war Vertreter der klassischen vergleichenden Verhaltensforschung, die er selbst „Tierpsychologie“ nannte. Im Gegensatz zur damals vorherrschenden Lehrmeinung setzte Lorenz auf Beobachtung natürlichen Verhaltens, dem er Muster abschaute statt Experimente zu machen, bei welchen der Mensch die Rahmenbedingungen vorgibt. Lorenz wurde in den 1980er Jahren („als es schon erlaubt war das „Denkmal“ anzupinkeln“ – Riedl, Neugierde) „narrative science“ vorgeworfen, er erzähle bloß Geschichten, es gäbe keine

wissenschaftliche Grundlage für seine Erkenntnisse. Und Lorenz war kein Theoretiker, er hatte sogar Sorge, das Kapitel über die Theorie könnte in seinem Werk zu lang geraten sein.

Kategorisch lehnte er die Vorstellung ab, tierisches Verhalten sei rein reaktiv (was man in den 1930er Jahren noch dachte), Lorenz entdeckte die Spontanität tierischen Verhaltens. Ganz wie in der Vergleichenden Anatomie, erkannte Lorenz ähnliche Verhaltensmuster bei verwandten Arten und schloss dabei auf deren Entstehen in der Stammesgeschichte. Eine Evolution, ein Stammbaum des Verhaltens begann sich abzuzeichnen. Er entdeckte zwei angeborene Verhaltensweisen: die Schlüsselreize und die angeborenen Auslösemechanismen sowie die Prägungsphase, in welcher die „angeborenen Lehrmeister“ Verhaltensweisen festlegen, die nicht mehr genetisch fixiert sind.

„Zum Sehen geboren“ nennt der Wildbiologe Antal Festetics das Buch über seinen Lehrer Konrad Lorenz. Ein Titel der nicht nur die visionären Fähigkeiten des Nobelpreisträgers und großen Forschers würdigt, sondern auch die Einsicht, die er uns über unseren eigenen Erkenntnisapparat hinterlassen hat. Wir Menschen haben eine natürliche Begabung zur Gestaltwahrnehmung. Lorenz erkannte Homologien, die er in den Vorlesungen seines Lehrers Hochstetter kennen gelernt hatte, auch in Gestalten des Verhaltens. Doch auch in dieser Beziehung wollte Lorenz sich nicht mit der Theorie hinter der morphologischen Methode aufhalten. Deutlich habe ich noch Gespräche zwischen Rupert Riedl und Konrad Lorenz im Rahmen der Altenberg Seminare (wir werden ihnen später noch begegnen) in Erinnerung bei denen die Insistenz Riedls beim Thema (der Theorie) zu bleiben bei Lorenz zunehmend Ungeduld auszulösen drohte. „Du bist für einen Verhaltensforscher nicht faul genug“, soll Lorenz einmal zu Riedl gesagt haben, womit wohl höflich zum Ausdruck gebracht werden sollte, dass er selbst bei seiner „narrative science“ zu bleiben gedachte.

Was einem „zum Sehen Geborenen“ in die Wiege gelegt scheint ist natürlich in Wahrheit die Erfahrung eines fachkundigen Wissenschaftlers. Wir alle kommen zwar mit den Anlagen zu sehen auf die Welt und unser Erkenntnismechanismus ist dazu konzipiert Merkmale zu gewichten – sprich Wichtiges von Unwichtigem zu unterscheiden. Aber nur der Fachmann kann wissen, welches Kriterium einem anderen vorzuziehen wäre, z.B. dass „Fell“ ein wesentliches (differentialdiagnostisches) Merkmal der Säugetiere ist (jedes Säugetier, selbst der Wal hat Haare, kein Nichtsäugetier besitzt Haare), während die Farbe „weiß“ kein wesentliches – lediglich ein zusätzliches (akzessorisches) – Merkmal von Vertretern dieser Gruppe darstellt, weil es beinahe beliebig auch über das restliche Tierreich verteilt ist und daher nicht geeignet scheint Säugetiere von anderen Tiergruppen zu unterscheiden.

Die Farbe „Weiß“ als Merkmal wurde später von Popper und Riedl benutzt um zu demonstrieren, dass der Gewichtung der Merkmale entscheidende Bedeutung zukommt. So hat die Entdeckung schwarzer Schwäne auf der Südhalbkugel weder den Typus „Schwan“ aufgelöst, noch die Systematik der Vögel durcheinander gebracht, das „Konzept Schwan“ wurde lediglich und gänzlich unspektakulär um das akzessorische Merkmal „Schwarz“ erweitert.

Woran schult nun der geübte Morphologe sein Auge? Wie werden Merkmale gewichtet?

Der deutsche Zoologe Adolf Remane schlug 1952 eine Reihe von Kriterien vor mit welchen sich Homologien (Ähnlichkeiten, die auf Verwandtschaft zurückzuführen sind) festlegen lassen und mit deren Hilfe man auf die Stammesgeschichte von Organismen schließen kann. Seine drei Hauptkriterien betreffen Lage, Struktur und Kontinuität eines bestimmten Merkmals. So sind Strukturen als homolog anzusprechen, wenn sie sich trotz unterschiedlicher

Anzahl und Ausprägungsform in einem vergleichbaren Gefüge stets an derselben Stelle befinden (z.B. befinden sich die Beine der Insekten immer am Thorax, niemals am Abdomen). Ebenso können ohne Rücksicht auf die Lage Merkmale als homolog gelten, wenn sie in zahlreichen Sondermerkmalen übereinstimmen (z.B. bestehen der Zahn des Menschen und die Hautschuppe des Hais beide aus Dentin und sind mit Schmelz überzogen). Und schließlich sind auch Merkmale homolog, wenn sie zwar unterschiedliche Lage aufweisen, sie aber durch Zwischenstufen im Verlaufe der Stammesgeschichte miteinander in Verbindung gebracht werden können (z.B. ist die Schwimmblase der Knochenfische im Laufe der Stammesgeschichte zur Lunge der Landwirbeltiere umgewandelt worden).

Die drei Hauptkriterien wurden durch Nebenkriterien ergänzt, überzeugende Fallbeispiele gebracht, aber die Methode der Morphologie erfährt noch kein theoretisches Fundament. Wieder einmal basiert alles auf dem Fachwissen des geschulten Morphologen, denn die Kenntnis der Stammesgeschichte wird vorausgesetzt. Später wird Remanes Methode gerade deshalb abgelehnt, es wird nicht erkannt, dass, aufgrund von Homologiesystemen, bereits Einzelfälle in hohem Maße abgesichert sind und umgekehrt, Wiederholungen im Lern- und Erkenntnisbereich bereits einen veränderten Organismus vorfinden (wir werden diesem Phänomen in der Auseinandersetzung Riedl Popper noch begegnen). Remane findet keinen Nachfolger, der seine Methode weiter entwickelt hätte, reduktionistische Schüler (Henning) verbreiten sich in der Systematik.

Adolf Remanes Homologiekriterien beschäftigten Rupert Riedl. Er schrieb dazu in Neugierde und Staunen: „Zwei Dinge aber verstand ich schon damals. Zum einen, dass man Ordnung als „Gesetz mal Anwendung“ beschreiben kann und Gesetz als eine Regelmäßigkeit der Natur, die mit Erfahrung Voraussicht zulässt; und zwar in dem Sinne, dass wiederholte Anwendung einmal in der

Natur mehr Ordnung schafft, ein andermal uns kognitiv zur Erwartung größerer Gewissheit unserer Voraussichten führt. Zum anderen begriff ich, dass man Remanes Kriterien der Homologie, also der Bestimmung der schon erwähnten Wesensähnlichkeiten, im Rahmen eines Wahrscheinlichkeitstheorems quantifizieren und begründen kann. Die Anteile bestätigter Prognosen, wie sie im Vergleich von Arten, Merkmal für Merkmal auftreten, müssen Einfluss haben auf den Gewissheitsgrad erwarteter Homologien.“ p. 260

Wenn der Morphologe Ober und Untersysteme beobachtet, verhält es sich so, dass Lage und Struktur zueinander in ursächlichem Zusammenhang stehen. Perfekte Strukturen am falschen Ort würden große Verwirrung auslösen: z.B. Knochenmark hinter der Baumrinde. Das Obersystem, der Rahmen (das Milieu) bietet Erklärung für die zu beobachtende Struktur. So lassen sich Sinnesorgane am Vorderende eines Organismus vermuten, das Vorderende desselben lässt sich anhand der offensichtlichen Strukturen von Sinnesorganen prognostizieren. Immer geht der Morphologe von zwei einander bedingenden Schichten aus. Lichtsinnesorgane dienen der Orientierung, sind daher nur sinnvoll am Kopfende des Lebewesens. Sie sind erkennbar an ihrer Struktur, den lichtempfindlichen Sinneszellen und an ihrer Lage. Kenne ich die Fortbewegungsrichtung eines unbekanntes Organismus, kann ich Pigmentflecken am Vorderende als vermutliche Sinnesorgane in Erwägung ziehen, ebenso wie ich anhand von bekannten Sinneszellstrukturen, das damit versehene Ende des Organismus als Vorderende prognostizieren kann. Je häufiger sich solche Theorien wechselseitig bestätigen umso sicherer wird der Morphologe in seiner Fähigkeit Lage und Strukturzusammenhänge zu erkennen und sie als erklärt zu betrachten.

Die Ordnung des Lebendigen

1951 promoviert Riedl zum Thema „Turbellaria-Acoela aus dem Phytal des Mediterrans“ und erhält 1958 seine *venia legendi* für Zoologie mit den Schwerpunkten Morphologie und Meeresbiologie. 1960 erscheint die „Fauna und Flora der Adria“, gedacht als Führer durch die Tier und Pflanzenwelt der Adria, sollte aber so erfolgreich werden und für das gesamte Mittelmeer Verwendung finden, sodass dieses Werk später erweitert wird zur „Fauna und Flora des Mittelmeeres“ (1983), die Studenten nannten das Werk „den Riedl“.

1968 erhält Riedl einen Ruf als Kenan Professor an die University of North Carolina, Chapel Hill. Während der Jahre in den USA beginnt Riedl ernsthaft an Themen rund um die Evolutionstheorie zu arbeiten.

Mit einem unfertigen Manuskript kehrt er 1971 nach Wien zurück. Er hatte von seiner Alma Mata den Ruf erhalten als Ordinarius („Ordentlicher Professor“) das erste Institut für Zoologie zu übernehmen. „Wenn die damals gewusst hätten, wen sie sich da hereinholen...“, erklärte er mir einmal bei einer Wanderung und spielte damit an auf das Manuskript, dessen Inhalt Wissenschaftsgeschichte schreiben sollte. Jedenfalls dauerte es noch vier Jahre, bis 1975 die „Ordnung des Lebendigen“ zunächst auf Deutsch erschien.

Hauptthema des Buches ist die Unfähigkeit des Neo-Darwinismus, Merkmalskomplexe auf der Ebene der Makroevolution (alle evolutiven Vorgänge über die Grenzen der Art hinaus) zu erklären. Der Neo-Darwinismus hatte in den USA zu dieser Zeit seine Blütezeit. Es gab wenig Verwendung für anderes als Populationsgenetik und Selektion („nothing else butism“). Makroevolutionäre Prozesse wurden als simple Verlängerungen von

Mirkoevolutionären Prozessen gesehen (Mayr, 1963). Morphologie und Entwicklungsbiologie wurden gezielt ausgeschlossen.

Zwei Komponenten des Problems stellte Riedl in seiner „Ordnung“ dar. Erstens ein mechanistisches: die Einflüsse von „constraints“ (entwicklungsbedingte Einschränkungen) auf den Verlauf der Evolution wird ignoriert und zweitens, eine kognitiv-philosophische: die Einbahnvorstellung der Entwicklung von den Genen zu den Phänen. Makroevolutionäre Phänomene könnten deshalb nicht erfasst werden, weil die Definition von „wissenschaftlichem Beweis“ zu schmal gewählt ist. Der kognitive Stil der modernen Wissenschaft muss geändert werden damit die Erscheinungsformen der Komplexität, heute „emergent phenomena“ genannt (Entwicklungen, die nicht nur aus ihren Bestandteilen erklärbar sind, Lorenz spricht auch von fulguration) richtig bewertet werden können.

Zwar gab es wohl eine Reihe von Vordenkern was die Kritik am neo-Darwinismus betrifft und auch die Idee Makroevolution und Entwicklungsbiologie stärker zu berücksichtigen war bereits publiziert worden, jedoch erschien die „Ordnung“ genau zu Beginn der Revolution in der Evolutionsbiologie, welche die bisher dominante Theorie der Populationsgenetik der Evolution herausfordern sollte (Wagner 2004). Gefördert wurde diese Revolution durch die Entdeckung der Operatorgene (Hox genes), hierarchisch übergeordnete Genloci, welche untergeordnete Gene kontrollieren.

Die wichtigsten Erkenntnisse der „Ordnung“ bestanden darin, dass makroevolutionäre Merkmalskomplexe (e.g. Beine bei Landtieren, Flügel bei Vögeln) viel strukturierter sind als es durch adaptivistische Modelle evolutionärer Veränderung erklärt werden kann. Daher ist die natürliche Selektion als Erklärung nicht ausreichend und es müssen andere Faktoren, neben

der Theorie der Populationsgenetik wirksam sein. Riedl ortet diese zusätzlichen Faktoren in den Systembedingungen organismischer Funktion. Heute würde man sagen die Systembedingungen der Evolution sind die funktionalen und entwicklungsbedingten Bestandteile des Organismus, die der evolutionären Veränderung funktionale und entwicklungsbedingte „constraints“ applizieren. Adaptive evolutionäre Veränderungen können nur in dem Rahmen der Entwicklungs- und Formbedingungen, die eine Art von den Vorfahren geerbt hat stattfinden. Diese constraints können zwar früher adaptionistisch entstanden sein (aufgrund von Mutation und Selektion am Milieu), das heißt aber nicht, dass sie an zukünftige Umweltbedingungen angepasst bleiben müssen. Sind sie einmal fixer Bestandteil der Bauleitung für ein Lebewesen, unterliegen sie der natürlichen Selektion nicht mehr, weil sie für die Individualentwicklung unentbehrlich geworden sind.

Die Charakteristika des Körperbauplans der Lebewesen scheint, so Riedl, eine viel langsamere Veränderungsrate zu haben als andere Merkmale. Was ist es nun, das diese unterschiedliche Veränderungsrate hervorbringt? Riedl bietet zwei Erklärungsmodelle an: die funktionelle Bürde (burden) und Entwicklungsfähigkeit (evolvability). Ein Merkmal wird umso weniger leicht verändert werden können, je mehr Entwicklungsschritte und andere Merkmale von ihm abhängig sind, es trägt daher eine größere Bürde. Die Bürde die ein Merkmal trägt hängt also von seiner Bedeutung für die Individualentwicklung (Ontogenese) des Lebewesens ab, was nicht bedeutet, dass die Bürde im Laufe der Evolution gleich bleiben muss. Merkmale können so sehr an Gewicht (Bedeutung) verlieren, dass sie ganz verschwinden. Für die Entwicklung von Körperbauplänen hingegen ist die Zunahme von Bürden ein Schlüsselprozess. Vormalig neu aquirierte Merkmale werden in den Bauplan integriert und, mit Bürden versehen, schließlich fixiert. Im Laufe der Evolution entstehen Neuerungen im Rahmen bereits bestehender Zusammenhänge etablierter

Merkmale. Daher hängen sie funktionell oder entwicklungsgeschichtlich von diesen älteren Merkmalen ab. Werden neue Merkmale eingebaut, erhöhen diese daher die Bürde entwicklungsgeschichtlich älterer Merkmale, welche dann ihrerseits weniger leicht verändert werden oder verloren gehen können. Etwas, das heute immer noch nicht ganz akzeptiert wird ist die Tatsache, dass Merkmale per se keine Körperplanmerkmale darstellen, sondern erst im Laufe der Evolution dazu gemacht werden und daher diese Eigenschaft auch wieder verlieren können, wenn die jeweils abhängigen Merkmale wegfallen. Es handelt sich daher um Netzwerkeigenschaften, die nur im Verband und aus der Entwicklungsgeschichte zu verstehen sind (z.B. Chorda dorsalis, Wagner 2004).

Das zweite Erklärungsmodell, die Entwicklungsfähigkeit (evolvability) interessiert heute gleichermaßen die evolutionären Computerwissenschaften und die Evolutionsbiologie (in dieser Reihenfolge). (Wagner und Altenberg, 1996). Zufallsveränderungen, Mutationen und Rekombinationen sind eine sehr effektive Art komplexe Systeme zu optimieren, nur ist die Entwicklungsfähigkeit dadurch noch nicht gegeben. Diese hängt davon ab, wie das System organisiert ist und wie Mutationen sich auf das System auswirken. Riedls Idee war, dass die Entwicklungsfähigkeit von Lebewesen sinkt, wenn zu viele Freiheitsgrade möglich sind. Ein Prozess der Freiheitsgrade insofern einschränkt, als weniger sinnlose Mutationen im Vergleich zu sinnvollen Veränderungen möglich macht, hätte enormen Selektionsvorteil für seinen Träger; ja sinnvolle Einschränkungen ermöglichen überhaupt erst die darwinistische Evolution. So ist z.B. die Kopplung von Merkmalen sinnvoll, die nur dann einen adaptiven Vorteil bringen können, wenn sie sich gemeinsam verändern (Gelenkkopf und -pfanne). Ebenso ist die „Entkopplung“ von Merkmalen sinnvoll, die funktional nicht zusammenhängen (Kiefergelenk und Gehörknöchelchen). Epigenetische Interdependenzen ähneln damit den funktionellen, weil die Selektion Entwicklungsfähigkeit fördert.

Die redundanten Freiheitsgrade der Entwicklung, die vielen, die zu sinnlosen Veränderungen führen würden, werden durch die constraints der Körperbaupläne reduziert, vielleicht sind letztere sogar ein Produkt der Entwicklungsfähigkeit. Riedls Systemtheorie der Evolution aus heutiger Sicht, wie noch zu zeigen sein wird, beruht darauf, dass der Entwicklung eine wichtige Rolle in der Evolution der Lebewesen eingeräumt wurde, lange bevor die Entwicklungsbiologie als experimentelles Forschungsgebiet erschlossen war.

Angeregt durch den deutschen Verhaltensbiologen Bernhard Hassenstein, der warnte, dass die Ordnung, die Rupert Riedl in der Welt zu sehen meinte, in Wahrheit die eigenen Denkmuster sein könnten, durch deren Filter alleine er wahrnehmen könne, begann dieser zu erkennen, dass es wohl umgekehrt sein muss. Unsere Denkmuster sind Abbilder der von uns wahrgenommenen Umgebung, aus dem einfachen Grund, weil das Ältere zumeist dem Jüngeren zugrunde liegt. Für den Naturforscher war der nächste Schritt nur mehr ein kleiner: Denkmuster müssen ein Anpassungsprodukt an die Naturmuster sein, weil von allen Möglichkeiten die Natur zu interpretieren, jene am vorteilhaftesten sein müssen, die dieser Natur am meisten entsprechen. Die Denkordnung ist also eine Nachbildung der Naturordnung. Dass er einen großen Mitstreiter hatte, Konrad Lorenz, erfuhr er erst, als die Ordnung bereits im Druck war und daher findet sich Lorenz nur in Fußnoten „hineingeflickt“. „Das Normative unseres Verrechnungsapparates muss vor dem Bewusstwerden von Logik und Begriffen entstanden sein; in einem ratiomorphen Zustand; als Vorläufer der Ratio, durchgesetzt von einer Selektion, die dem Organismus „hypothetischen Realismus“ aufzwingt.“ Neugierde p. 273