

Organismen sind hierarchisch geordnete Systeme

1. Begriffe

Bevor ich versuchen will, die im Titel meines Beitrags gemachte Aussage zu belegen, möchte ich eine kurze Erklärung der Begriffe Hierarchie und System vornehmen. Dies erscheint mir vor allem deswegen notwendig und für das Verständnis des Folgenden unerlässlich, weil die Begriffe in den einzelnen Disziplinen unterschiedlich weit gefasst und gelegentlich auch unreflektiert verwendet werden.

1.1 Hierarchie

Hierarchie bezeichnet ein Ordnungsprinzip, das durch eine abgestufte Rangordnung charakterisiert ist. Dabei sind wie in einem Schachtel-system die einzelnen Entitäten einander über- bzw. untergeordnet. Eine solche Rangfolge kann unter verschiedenen Aspekten vorgenommen werden und dementsprechend auch veränderlich sein. Als Ordnungskriterien kommen beispielsweise in Frage: a) Komplexität als Maß für die Anzahl von Untereinheiten und ihrer Wechselwirkungen, b) Funktionalität im Sinne von Steuerung untergeordneter durch übergeordnete Funktionen, c) Wertigkeit als Ausdruck höherer oder niedrigerer gesellschaftlicher Stellung, Anerkennung oder Verantwortung. Im engeren Sinne impliziert Hierarchie d) eine abgestufte Machtausstattung. Das Kriterium der Machtverhältnisse kann sich in verschiedenen Formen, in religiöser, militärischer, politischer oder finanzieller Über- bzw. Unterlegenheit, manifestieren. Dabei ist die Grenze zu funktionaler Hierarchie häufig verwischt, wie beispielsweise im militärischen Bereich.

Die hierarchische Struktur auf der Basis von Machtausübung muss wohl als die ursprüngliche Form angesehen werden. Hierarchie heißt in wörtlicher Übersetzung „Heilige Herrschaft“. Der Begriff ist das

erste Mal für das 6. Jahrhundert als Bezeichnung für die abgestufte Ordnung zwischen Gott und den Geschöpfen belegt (*Ritter, J. 1974, 1124-1126*). Später diente er zur Charakterisierung der Herrschafts- und Organisationsverhältnisse in der Kirche, und erst gegen Ende des 18. Jahrhunderts taucht er im Zusammenhang mit politischen, militärischen und Verwaltungs-Strukturen auf.

Auguste Comte hat 1822 den Begriff Hierarchie in die Wissenschaftstheorie und Philosophie eingeführt (*Ritter, J. a.a.O.*). In den Naturwissenschaften wird er selten verwendet, obgleich Carl von Linné das Prinzip der abgestuften Ordnung für die systematische Erfassung der Lebewesen schon 1735 eingeführt hat, und trotz der Erkenntnisse, die uns Kybernetik und Neurophysiologie über die Steuerung von Körperfunktionen vermittelt haben. *Rupert Riedl (1975, 2000)* hat sich sehr eingehend mit hierarchischen Ordnungen in der Biologie auseinandergesetzt und eine Basis für wichtige – auch kontroverse – Diskussionen geliefert. Allerdings haben wir es in der Biologie in den meisten Fällen nicht mit linearen Kausalitäten und folglich linearen hierarchischen Beziehungen zu tun, sondern mit vielfach rückgekoppelten und vernetzten Instanzen. Auf diese Besonderheiten werde ich im nächsten Abschnitt kurz eingehen.

1.2 System

Unter einem System verstehen wir ein als Einheit strukturiertes und funktionierendes Ganzes, das aus einigen oder vielen Einzelementen zusammengesetzt ist, die zumeist in wechselseitiger Abhängigkeit zueinander stehen. Neben der Abhängigkeit des Systems von seinen einzelnen Elementen (bottom up – Verursachung), kann eine Rückwirkung des Ganzen auf seine Teile (top down – Verursachung) stattfinden. Organismen sind Systeme, bei denen eine nahezu unüberschaubare Zahl und Vielfalt von Elementen miteinander verschaltet sind, so dass wir von einer vernetzten Kausalität sprechen müssen. Wichtige Ausformulierungen des System-Begriffs für die Biologie und insbesondere seine Konsequenzen für die Evolutionstheorie ver-

danken wir wiederum Rupert Riedl (2003). Gegenüber technischen Systemen, die vergleichsweise einfach sind, zeichnen sich lebende Systeme dadurch aus, dass sie sich selbst erhalten und selbst reproduzieren. Beiden ist gemeinsam, dass ihre Einzelteile in einer funktionellen Hierarchie geordnet sind.

Im Folgenden möchte ich drei Bereiche vorstellen, in denen sich eine hierarchische Ordnung an lebenden Systemen aufzeigen läßt. Anschließend wird die wichtige Frage zu stellen sein: Handelt es sich bei der Hierarchie, die wir erkennen, lediglich um eine gedachte oder um eine real existierende Ordnung? Anders formuliert: Ist das menschliche Bestreben, die Naturphänomene zu ordnen, nur eine für das Überleben nützliche Erwerbung, oder spiegelt sie eine real existierende Ordnung der Natur wider? Ich denke, dieser Aspekt trägt einige kulturethologische Implikationen in sich, die auch in anderen Beiträgen unserer Gespräche zum Thema „Hierarchie“ berührt werden.

2. Innere Ordnung der Organismen

Die innere Organisation lebender Systeme läßt sich durch eine schrittweise Sektion des Organismus recht anschaulich aufzeigen. Das allmähliche Vordringen vom Individuum bis hin zu subzellulären Partikeln wurde möglich durch die schrittweise Verfeinerung sowohl optischer wie auch biochemischer Analysemethoden.

Prinzipiell ist der innere Aufbau aller Organismen ähnlich, wenn auch zwischen einzelnen Organismenreichen, beispielsweise Tieren und Pflanzen, die Gleichsetzung von „Organ“ etwas willkürlich ist. Ein Individuum, sofern es sich um einen vielzelligen Organismus handelt, besteht aus verschiedenen Organen, die zu funktionellen Einheiten (Organkomplexen) zusammengeschlossen sein können. Organe bestehen wiederum aus verschiedenen Geweben, diese aus Zellen, die im Falle von einzelligen Organismen schon auf dieser Stufe alle essen-

tiellen Kennzeichen lebender Systeme aufweisen und allein lebensfähig sind. Eine Zelle setzt sich aus verschiedenen strukturell und funktionell definierten Bestandteilen, den Organellen, zusammen und diese aus Makromolekülen. Alle jeweils übergeordneten Elemente können wiederum als „Systeme“ aus Einheiten untergeordneter Elemente betrachtet werden. Eine weitere Sektion führt in die Strukturforschung der Physik und soll hier nicht weiter ausgeführt werden.

HIERARCHISCHER AUFBAU DER ORGANISMEN

Bestandteile (Ebene)	Beispiele
Individuum (Vielzeller)	Regenwurm, Schimpanse, Linde
Organkomplex	Herz-Kreislauf-System
Organ	Niere, Gehirn, Blatt
Gewebe (Zellverband)	Muskelfaser, Nervennetz, Epidermis
Zelle (Individuum Einzeller)	Leberzelle, Ei, Ciliat, Flagellat
Organell	Mitochondrium, Ribosom
Molekülverband	Phospholipidgerüst der Zellmembran
Makromolekül	DNA, Gen, Protein

Wir können den Aufbau von Organismen als ein System auffassen, bei dem die jeweils kleineren Einzelteile in einer mehr oder weniger großen Anzahl in größeren Einheiten „verpackt“ sind. Der vorgefundene Aufbau legt im Sinne einer abgestuften Ordnung daher die Bezeichnung „Schachtelhierarchie“ (*Riedl, R. 1975, 159; 2000, 90*) nahe. Das gleiche würde allerdings auch für den Aufbau eines Hauses aus Räumen, Mauern, Steinen, Mörtel etc. oder eines Buches aus Seiten, Zeilen, Wörtern, Buchstaben gelten (vgl. *Riedl, R. 2000, 50*), meines Erachtens den Hierarchiebegriff aber zu weit auslegen.

Wenn wir uns vergegenwärtigen, dass die Einzelemente in lebenden Systemen außer durch eine abgestufte Ordnung durch eine zumeist

funktionelle Abhängigkeit und Wechselwirkung ausgezeichnet sind, so erscheint die Bezeichnung hierarchische Ordnung in diesem Falle jedoch durchaus gerechtfertigt. Da Defekte an einem Element zur Folge haben, dass alle übergeordneten Elemente defekt sind, die darunter liegenden jedoch nicht (*Riedl, R. 1975, 164*), können wir mit Recht von einer Funktionshierarchie sprechen. Entsprechend der wechselseitigen Abhängigkeit der Elemente läßt sich von Fall zu Fall auch eine inverse Hierarchie postulieren, wie ja auch ein Unternehmer von der willigen Kooperation der „Unternommenen“ (Bert Brecht) abhängig ist.

Eine besondere Stellung in der hierarchischen Ordnung eines Organismus kommt den Genen zu. Als informationstragende und steuernde Elemente könnte man ihnen den höchsten hierarchischen Rang zuweisen, wie es Dawkins (*Dawkins, R. 1978*) und die Soziobiologie versuchen (*Voland, E. 2000*). Mir scheint hier eine Klarstellung notwendig zu sein: Adulte Organismen sind keine aufwändig eingewickelten Gene, die mehr oder weniger unabhängig von der „Verpackung“ ihre egoistischen Eigenschaften (selfish genes) entfalten, sondern komplexe Systeme, die ganz neue Eigenschaften (Emergenzen, Fulgurationen) hervorbringen und als Ganzes agieren und reagieren. Freilich ist die hierarchische Stellung der Gene während der Individualentwicklung, besonders in ihren frühen Phasen, bedeutend höher als in adulten Lebewesen. An diesem Beispiel läßt sich eine gewisse Dynamik der Hierarchie beobachten, die auch in anderen hierarchisch organisierten Systemen anzutreffen ist.

Gene sind aber noch aus einem anderen Grund für unsere Betrachtung interessant: Neben den sogenannten Strukturgenen, die für die Synthese bestimmter Proteine zuständig sind, gibt es spezielle regulatorisch wirksame Gene, welche die Aktivität der Strukturgene an- und abschalten. Hier finden wir tatsächlich eine hierarchische Ordnung im engeren Sinne von „Machtausübung“.

HIERARCHIE DER GENE

Regulator-Gen > Operator-Gen > Struktur-Gen

Eine ausgezeichnete Stellung als höchste Instanz hat das Zentralnervensystem der Tiere. In den meisten Entwicklungslinien hat sich das Nervensystem während der Evolution im vorderen Körperabschnitt konzentriert. Diesen Vorgang nennt man Cephalisation. Das so entstandene Hirn als Sitz des Gedächtnisses, bei höheren Primaten auch der Imagination, stellt das wohl bedeutendste Steuerungsorgan dar, das viele – vor allem motorische und sensible, aber auch andere wichtige Organfunktionen – direkt oder mittelbar kontrolliert.

3. Hierarchie in Populationen

Rangordnungen in Tierpopulationen besonders unter den männlichen Individuen einer Gruppe sind für zahlreiche Arten nachgewiesen. Die jeweilige Stellung in der Hierarchie wird von Zeit zu Zeit neu erstritten bzw. verteidigt. Beispiele unter Wirbeltieren sind in der ethologischen Literatur in großer Zahl dargestellt; ich möchte deswegen an dieser Stelle nicht weiter darauf eingehen. Zu den ausgeprägten Rangordnungen bei Tieren, die sich vor allem auf Vitalität und Imponierverhalten gründen, und im Fortpflanzungserfolg manifestieren (*Uhl, M. u. Voland, E. 2002*), kommen beim Menschen bekanntlich gesellschaftlich bewertete Eigenschaften wie Reichtum, Organisationstalent, beruflicher Erfolg, Intelligenz oder aber – freilich oft zeitlich begrenzte – Machtfülle politischer oder wirtschaftlicher Art, neuerdings auch Medienwirksamkeit. Dass sich dabei mehr oder weniger langfristige Täuschungsmöglichkeiten (vgl. *Uhl, M. u. Voland, E. a.a.O.*) ergeben, beweisen viele Beispiele eines plötzlichen „freien Falls“ von Menschen aus der hierarchischen Ordnung in die Anonymität. Populationen können aus systemtheoretischer Sicht als „Überorganismen“ aufgefasst werden.

4. Systematische Ordnung der Organismen

Die Versuche, eine brauchbare Ordnung für die Vielfalt von Organismen zu finden, sind alt: Bereits Aristoteles hat sich mit dem Problem beschäftigt und eine grobe Einteilung der Tierwelt in Bluttiere und blutlose Tiere und bestimmte Gruppen, z.B. Affen, Schaltiere und Insekten, vorgenommen. Auch die später verfeinerte Zusammenfassung äußerlich ähnlicher Arten zu bestimmten Kategorien, wie Fische, Vögel, Insekten und Würmer war noch weit von einer generellen Systematik entfernt. Erst Carl von Linné hat in seinem Werk „Systema Naturae“ ein umfassendes Prinzip vorgelegt, das die seinerzeit bekannten Arten in ein Schachtelsystem über- bzw. untergeordneter Taxa, d.h. in eine hierarchische Ordnung gebracht hat. Linné hat sich dabei von der abgestuften Ähnlichkeit der Organismen leiten lassen und in vielen Fällen bereits phylogenetische Verwandtschaften erfaßt. Spätere Verbesserungen seines Systems sind mehr und mehr auf eine Ordnung nach verwandtschaftlichen Beziehungen gerichtet, und das Ziel eines „Natürlichen Systems“ ist es, die Aufspaltung der Organismen in Arten und übergreifende Taxa möglichst phylogenetisch genau wiederzugeben.

In den sechziger Jahren des 20. Jahrhunderts ist in einer gewissen Euphorie für eine computergestützte quantitative Biologie der Versuch unternommen worden, mittels der sogenannten numerischen Taxonomie (*Sokal, R.R. 1970*) eine vorurteilsfreie Bewertung morphologischer Merkmale für die Systematik dienstbar zu machen. Dieser Versuch war weitgehend vergeblich; denn nur auf der Basis einer unterschiedlichen Bewertung (Gewichtung) von Merkmalen durch den erfahrenen Systematiker ist einem phylogenetischen System näher zu kommen. Die Analyse von Nukleotidsequenzen in der DNA haben in vielen Fällen die intuitiv richtige Bewertung von Merkmalen durch die vergleichende Anatomie und Entwicklungsgeschichte früherer Jahre bestätigt.

Prinzipiell kommen für eine Ordnung der Organismen verschiedene Systeme in Frage. Wer sich an biologische Bestimmungsliteratur erinnert, kennt das dichotome (oder alternative) Verfahren (z.B. Blütenblätter gelb/Blütenblätter andersfarbig), das uns schließlich (wenn wir richtig beobachten!) zum Ergebnis führt. Nun haben sich Arten während der Evolution nicht immer dichotom aufgespalten; oft sind aus einer Mutterart gleichzeitig mehrere Tochterarten entstanden, und das bevorzugte Schachtelsystem gibt den tatsächlichen Ablauf der Phylogenie daher eher wieder. Zu bemerken wäre noch, dass die heute existierende Lebewelt nicht derjenigen entspricht, die wir für einen früheren Zeithorizont auf Grund paläontologischer Funde erschließen können. So finden wir im Jura und in der Kreide keine klare Aufspaltung der Urkategorie Sauropsia in die Klassen Reptilien und Vögel vor. Auch hierin zeigt sich die Dynamik hierarchischer Ordnungen.

Abgesehen von dem Bestreben, letztlich ein phylogenetisch begründetes System der Organismen aufzustellen, ähneln die unvollkommenen Ergebnisse aus der Vergangenheit überraschend den Versuchen, die der Mensch seit eh und je gemacht hat, die Dinge seiner Umgebung zu systematisieren und jeweils zu abstrakten Konstrukten zusammenzufassen. Die Begriffe, die auf wesentlichen gemeinsamen Merkmalen beruhen, lassen sich ebenfalls zu einer Hierarchie von Ober- und Unterbegriffen ordnen.

KONSTRUKTE UND SYSTEMATISCHE KATEGORIEN

Beschreibung

Phänomenologisches System:

Kirsche < Laubbaum < Baum < Pflanze

Erklärung

Phylogenetisches System:

Kirsche < Rosengewächs < Zweikeimblättrige Pflanze < Pflanze

Anders als das phylogenetische System der Organismen, dem wir auch einen Erklärungswert zumessen, beschreibt das System der Konstrukte jedoch lediglich eine abgestufte Ordnung vom Allgemeinen zum Speziellen und keine Hierarchie im Sinne einer gewachsenen, durch die Mechanismen der Evolution entstandenen natürlichen Ordnung.

5. Hierarchien: gedachte oder reale Ordnungsmuster?

Bei den mannigfaltigen Wechselwirkungen zwischen den Teilen lebender Systeme und angesichts ihrer Veränderlichkeit während der Individual- und Stammesentwicklung ist eine hierarchische Ordnung nicht immer deutlich zu fixieren. Dennoch meine ich, dass sie in den meisten der dargestellten Fälle deutlich wird. Es besteht kein Zweifel, dass die aufgeführten hierarchischen Ordnungen real vorhanden und nicht lediglich von unseren Denkmustern erfunden sind. Doch woher stammt dann die überraschende Übereinstimmung von gedachten und realen Ordnungsmustern? Weshalb passen unsere Denkkategorien so gut auf die Realkategorien? Die beste Erklärung scheint mir, dass unsere Denk- und Anschauungsformen auch im Fall der Hierarchien die reale Ordnung der Dinge widerspiegeln, weil wir sie als ein phylogenetisches Aposteriori in unseren kognitiven Apparat inkorporiert haben, wie es die Evolutionäre Erkenntnistheorie (*Vollmer, G. 1990*) postuliert. Die innere hierarchische Organisation der Organismen kann bei diesem Prozess keine Rolle gespielt haben, da diese erst als Ergebnis wissenschaftlicher Tätigkeit sichtbar geworden ist. Doch haben vermutlich die in Populationen von Tieren und Menschen beobachtbaren Rangordnungen sowie die abgestufte Ordnung der uns umgebenden Organismen und die daraus abgeleiteten Konstrukte ausgereicht, um ein Denken in Hierarchien in unseren Anschauungsformen zu verankern.

6. Literatur

- DAWKINS, Richard (1978): Das egoistische Gen. – Springer. Berlin, Heidelberg.
- RIEDL, Rupert (1975): Die Ordnung des Lebendigen. - Paul Parey. Hamburg, Berlin.
- RIEDL, Rupert (2000): Strukturen der Komplexität. – Springer. Berlin, Heidelberg.
- RIEDL, Rupert (2003): Riedls Kulturgeschichte der Evolutionstheorie. – Springer. Berlin, Heidelberg.
- RITTER, Joachim (Hg. 1974): Historisches Wörterbuch der Philosophie, Bd. 3. - Wiss. Buchgemeinschaft. Darmstadt.
- SOKAL, Robert R. (1966): Numerical Taxonomy. - In: Scientific American 215, 106-116.
- UHL, Matthias u. VOLAND, Eckart (2002): Angeber haben mehr vom Leben. – Spektrum. Heidelberg, Berlin.
- VOLAND, Eckart (2000): Grundriss der Soziobiologie. – Spektrum. Heidelberg, Berlin.
- VOLLMER, Gerhard (1990): Evolutionäre Erkenntnistheorie. – Hirzel. Stuttgart.
- Frau Anita Eckert danke ich für die Herstellung des Schriftsatzes.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 2003

Band/Volume: [2003](#)

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

Artikel/Article: [Organismen sind hierarchisch geordnete Systeme 13-22](#)