

Zur Diskussion

Eine didaktisch-erkenntnistheoretische Analyse der naturwissenschaftlichen Zulässigkeit von Theorien über Evolutionsmechanismen (wie der Selektionstheorie von DARWIN)

Eberhard Schmidt¹

Kurzfassung

Zum Bildungswert des Biologieunterrichts gehört es, die jeweils angewendeten Paradigmen aufzudecken. Wichtig ist das Hinterfragen der Konsistenz der Aussagen mit den Paradigmen. Evolution (als Stammesgeschichte oder Phylogenese) ist Ausdruck der Geschichtlichkeit der Organismen. Dieses Paradigma fordert den Ausgang von Zeitzeugen, den Fossilien; maßgeblich ist die Rekonstruktion der Abläufe. Nicht verträglich mit diesem Paradigma sind Aussagen über Mechanismen (wie die Selektionstheorie von DARWIN). Das ist auch schon direkt daran zu erkennen, dass die für eine Kausalanalyse notwendige Spezifizierung der Ausgangsbedingungen an der Lückenhaftigkeit der Überlieferungen scheitert. Sprachlich sollte der Begriff Evolutionstheorie auf Aussagen über Evolutionsmechanismen beschränkt und der Metaphysik (hier als Naturphilosophie) zugewiesen werden. Der Begriff Evolutionstheorie in diesem Sinne ist scharf zu trennen von den (naturwissenschaftlichen) Aussagen über das Phänomen der Evolution (als Langzeit-Prozess). Diese beginnt mit der Artaufspaltung, ein Langzeit-Prozess (zumindest bei Säugetieren und Vögeln). Kausalanalysen zu aktuellen innerartlichen Veränderungen (wie die Fitness-Theorie der Öko-Ethologie) stehen im Kontext aktueller, experimentell zugänglicher funktionaler Zusammenhänge, gehören also zu einem grundlegend anderen Paradigma als die Evolution. Sie sind daher begrifflich von der Evolution zu trennen (z.B. der Ökologie zuzuweisen). Hierher gehört auch die Züchtung als Großexperiment der Menschheit zur Manipulation innerartlicher Variabilität.

Vor diesem Hintergrund werden ein aktuelles Handbuch zur Evolution im Biologieunterricht und die Richtlinien und Stoffpläne SII NRW (1999) diskutiert und Vorschläge zur konsistenten, anschaulichen Behandlung der Evolution und ihres Beginns, der Artaufspaltung, vorgelegt. Abschließend wird die Plausibilität der (naturwissenschaftlich unzulässigen) Theorien zu Evolutionsmechanismen als Ursache für ihre breite Akzeptanz angeführt. Sie beruht auf der Extrapolation von Mechanismen aktueller innerartlicher Variabilität (z.B. als Anpassung an Umweltbedingungen) auf das Langzeit-Phänomen Evolution ohne Sensibilität für die Grenzen der Zulässigkeit. Hier ist also ein Umdenken (gegen Lehrmeinungen im Fach) not-

¹ Vortrag auf der Jahrestagung 2002 der Fachschaft der Dozenten für Biologiedidaktik des Landes NRW (Biologische Station „Heiliges Meer“ bei Ibbenbüren) am 9. November 2002.

wendig. Die Verpflichtung der Biologiedidaktik zu erkenntnis-theoretischer Strenge ist angesichts des Bildungsanspruches der Schule deutlich schärfer als in der akademischen Lehre und Forschung. Die Diskussion dazu soll mit diesem Beitrag angeregt werden.

Stichworte (keywords)

Evolution der Organismen, Evolutionstheorien, Evolutionsmechanismen, Artbegriff, Zool/Museum, Kreationismus.

1 Einleitung

Didaktik dient maßgeblich der Optimierung der Umsetzung des Bildungsauftrages in den Allgemein bildenden Schulen (im Folgenden bezogen auf Biologieunterricht in NRW). Bildung kann dabei (als formales Bildungsziel, durchaus in Übereinstimmung mit PISA) definiert werden als die Fähigkeit, wesentliche, komplexe Zusammenhänge mit Transfer auf den Alltag fragend/entwickelnd anschauungsorientiert herzuleiten. Als Messlatte ist dabei ein Katalog unstrittiger Leitziele im Kontext des Prinzips des Exemplarischen in Verbindung mit den Prinzipien des genetischen Arbeits-Unterrichts hilfreich (SCHMIDT, 2003). Ein Stichpunkt ist das kritische Hinterfragen. Das gilt insbesondere für die jeweiligen Prinzipien des naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsansatzes, also für die Paradigmen (auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen). Sie bestimmen maßgeblich die Ergebnisse, sie liefern den Bezugsrahmen für deren Deutungen (Diskussion/ Schlussfolgerungen). Daher ist es didaktisch geboten, die Paradigmen jeweils aufzudecken und auf Konsistenz zu überprüfen. Auf oberster Abstraktionsebene ergeben sich:

- Naturwissenschaft ist im Grunde positivistisch, also auf Erfahrungen gegründet. Es können allerdings nur endlich viele, absolut zumeist nur relativ wenige Erfahrungen ausgewertet werden. Diese werden (als objektives Ergebnis) in eine Zusammenschau (=Theorie/Sichtweise) eingebunden (Deutung, ggf. mit Transfer). Die klare Trennung von Ergebnis und Deutung hat dem entsprechend schon JUNGE (1885) nachdrücklich gefordert, sie ist seit langem unstrittiger Standard der Biologiedidaktik (SIEDENTOP, 1972). Kennzeichnend für die Biologie sind aktuell/funktionale Zusammenhänge. Sie werden prinzipiell als deterministisch (kausaler Zusammenhang von Ursache und Wirkung) oder reduktionistisch (Zurückführen der komplexen biologischen Phänomene auf einfachere physikochemische Grundlagen) aufgefasst. Die Kausalanalyse von Mechanismen (im Sinne gesicherter Wenn-Dann-Beziehungen oder von Reduktionismus) erfolgt mit Hilfe von Experimenten, also der Normierung der Ausgangssituation und einer passenden Faktoren-Isolation bzw. -Manipulation.

Beispiel: Staunasser Boden ↔ O₂-Mangel ↔ Atemnot der Wurzel von Kormophyten ↔ inneres Luftkanal-System (Aerenchym) mit Anbindung an Fotosynthese-Bereiche oder Kontaktstellen nach außen (Stomata, Lentizellen), ggf. Unter-

stützung durch Thermo-Osmose (vgl. SCHMIDT, 1996); direkter Bezug zu Milieubedingungen z.B. beim Kriech-Hahnenfuß (Luftkanal-System nur auf zumindest zeitweilig staunassem Boden: SCHMIDT, 1974).

- Es ist jedoch im Einzelfall zu prüfen, ob das jeweilige Beziehungsgefüge wirklich deterministisch und nicht etwa synergetisch begründet ist (SCHMIDT, 1992). Synergetik ist die Lehre vom Zusammenwirken, genauer von „Chaos-Systemen“ (auch synergetische oder nichtlineare Systeme genannt; vgl. SEIFRITZ, 1989; populäre Einführung bei BRIGGS & PEAT, 1990). Im einfachsten Falle ist die „starke Kausalität“ (ähnliche Ursachen haben ähnliche Wirkungen) verletzt. Dann führen kleine Änderungen in den Ursachen zu gravierend anderen Wirkungen (Beispiel das Wetter in Turbulenzlagen), so dass Vorhersagen grob fehlerhaft werden. Die Chaos-Struktur in biologischen Systemen erhält oft dadurch eine besondere Dimension, dass die Ressourcen-Nutzung oder die Anpassung an wechselnde Bedingungen durch die Organismen suboptimal erfolgt. In menschlichen Sozialsystemen führen emotionale Abweichungen vom ökonomisch optimierten Verhalten/Entscheidungen (wie beim Verkehr auf Autobahnen bei höherer Dichte) zu einem derartigen Chaos (vgl. die Prognosegüte der Vorhersagen über das Wirtschaftswachstum). – So sind Ökosysteme typisch synergetische (Chaos-) Systeme, die erst bei experimenteller System-Vereinfachung deterministisch (kausalanalytisch fassbar) werden. Diese Ergebnisse eignen sich dann jedoch nur bedingt für Vorhersagen in der freien Natur.

Beispiel: Konkurrenz-/Durchsetzungs-Modelle („Wachstum“) bei Plankton-Algen unter normierten Bedingungen in Thermostaten mit begrenztem Wert für die Vorhersagbarkeit von Wasserblüten aus den Startbedingungen im Frühjahr.

- Evolution im Sinne der Abstammungslehre (Deszendenz-Theorie) ist ein komplexer, synergetischer, historischer Prozess, der nur nach dem Paradigma der Geschichtlichkeit, also der rückwärts gerichteten Deutung von Zeitzeugen, hier der Fossilien, zu verstehen ist. Aussagen über Mechanismen sind schon aus diesem Paradigma heraus unzulässig. Das ist auch einfach direkt nachzuvollziehen: Kausalanalyse setzt klar definierte Startbedingungen voraus. Für Anpassungs-Erscheinungen bei Individuen oder Populationen sind das (u.a.) die jeweils wirkenden Schlüsselfaktoren der ökologischen Nische in Bezug zur Bandbreite der Toleranzen bzw. zu den Überlebens-Strategien. Diese sind aber mit den Fossilien nicht überliefert. Wird dann auf Indizienschlüsse ausgewichen, so droht die Gefahr von Zirkelschlüssen (Fitness sichert das Überleben □ die Überlebenden hatten die maximale Fitness).

Dieser Paradigmen-Wechsel in der Evolutionsbiologie wird oft übersehen, die Grenze der Tragfähigkeit der Aussagen wird damit (unbewusst?) über-

schritten. Das ist wissenschaftlich verwerflich, mit dem Bildungsanspruch aber unvereinbar, also didaktisch zu tabuisieren!

- Begriffe sind Ausdruck des jeweiligen Denkansatzes, sie haben keinen Selbstwert und keinen Selbstzweck! Sie wandeln sich mit dem Denkansatz und sind didaktisch daher stets auf die Notwendigkeit und Konsistenz zu überprüfen (SCHMIDT, 1992). Das gilt besonders für den Begriff Evolution.

Hier wird der Begriff Evolution demgemäß konsequent auf das Phänomen der transspezifischen Evolution („Makro-Evolution“) beschränkt. Evolution ist so ein Langzeit-Prozess, sie beginnt mit der Artaufspaltung und ist konsequent auf das Paradigma der Geschichtlichkeit abzustellen. Aussagen über Evolution müssen sich damit primär auf die Analyse von Zeitzeugen, die Fossilien, stützen. Kausal-Zusammenhänge sind sachlogisch ausgeschlossen (s.o.).

Es können jedoch aktuell gesicherte funktions-morphologische Zusammenhänge als Indizien eingesetzt werden (z.B. Rekonstruktion von Muskulatur aus Ansatzstellen an den überlieferten Hartteilen, Erschließen der Leistungsfähigkeit und ihrer Grenzen aus den fossil überlieferten Teilen des Bewegungsapparates früher Menschenformen).

Zum Begriff Evolution passt damit *nicht* die experimentell zugängliche (damit kausalanalytische) aktuelle innerartliche Variabilität (z.B. im Kontext der Anpassungsfähigkeit an wechselnde Umweltbedingungen; entgegen z.B. STREIT, 1990). Die Fitness-Theorie der Öko-Ethologie ist ein Beispiel zur Wirkung von Selektions-Mechanismen dabei. Hier her gehört auch die Züchtung als gezieltes Groß-Experiment der Menschheit, die in überraschend kurzen Zeiträumen zu einer enormen Formen-Mannigfaltigkeit geführt hat und führt. Reine Rassen erhalten sich jedoch nur bei sexueller Isolation seitens der Züchter, sie gehören damit noch zur Ausgangsart. Auch bei den alten Haustieren (mit Domestikation z.T. über 10000 Jahre hinweg) hat die Züchtung bei Säugetieren und Vögeln nicht aus dem Artniveau heraus geführt (HERRE & RÖHRS, 1990). Die Ausweitung des Begriffs Evolution auf die innerartliche Variabilität vermengt daher konträre Paradigmen, verwässert damit die Problematik und ist aus didaktischer Sicht zu verwerfen.

Von dem Begriff Evolution für das Phänomen der Phylogenese (Stammbaum-Modelle) sind die Aussagen über Evolutions-Mechanismen zu trennen, denn sie sind sachlogisch mit dem Paradigma der Geschichtlichkeit im Sinne einer positivistischen Evolutionsbiologie nicht vereinbar und müssen daher aus der Naturwissenschaft überhaupt ausgegrenzt, der Naturphilosophie (Metaphysik) zugewiesen werden. Alternativ ist prinzipiell ein Schöpfungsglaube (im

Sinne der eigentlichen Evolutions-Ursache) als individuelles (nicht objektivierbares) Bekenntnis zu einer religiösen Offenbarung zulässig. Um der begrifflichen Kontinuität willen wird im Folgenden der Begriff Evolutionstheorie auf metaphysische Aussagen zu Evolutions-Mechanismen eingengt.

2 Das Handbuch BU SI, Bd. 7 Evolution (HEDEWIG et al., 1998)

Handbücher sollten den Lehrern Hilfe in kritischen Fragen geben. Zur Evolution haben wir derzeit nur ein passendes Handbuch, das zwar für die SI konzipiert, doch (in NRW) eher auf die SII anzuwenden ist. Dieses Thema wird im Handbuch maßgeblich von KATTMANN gestaltet. Er hat sich besonders mit der Didaktik der Evolutionsbiologie befasst, betont zu recht den Aspekt der Geschichtlichkeit, trennt jedoch unzureichend das Phänomen Evolution von den Mechanismen („Selektionstheorie“), ja er sieht in den Mechanismen als Ursache der Evolution überhaupt erst die Begründung der Wissenschaftlichkeit (S. 1 ff.). Dadurch werden viele Aussagen unscharf, z.T. sogar fehlerhaft. Hier kann nicht weiter darauf eingegangen werden.

3 Die Richtlinien/Stoffpläne SII NRW (1999)²

Die Evolutionsbiologie ist in der zweiten Phase der Jahrgangsstufen 12/13 mit fünf Themenfeldern obligatorisch. Davon ist die Populationsgenetik („Grundlagen evolutiver Veränderung“) besser dem Kurs Genetik zuzuordnen. Eingebracht werden sollten dazu auch vom Lehrkanon abweichende Beispiele aus den Ballungsräumen, z.B.

- Spermien-Kleptismus beim Goldfisch im Stadtparkteich. Diese Goldfische sind fast nur Weibchen. Sie beteiligen sich an den Laichgruppen anderer Karpfenfische. Deren Sperma regt die parthenogenetische Keimesentwicklung an. Das ist zugleich ein Beispiel für Klonung in der urbanen Natur.
- Artähnliche Stabilisierung eines Artbastardes (*Rana esculenta*, der Teichfrosch, oft einfach Wasserfrosch genannt) bei den Grünfröschen (Stammarten der Seefrosch *R. ridibunda* bzw. der Kleine Wasserfrosch *R. lessonae*; dieses ist ebenfalls ein Beispiel für Spermien-Kleptismus; Details bei GÜNTHER, 1990, GÜNTHER & KLEWEN, 1988).
- Die Problematik der Rückzüchtung der ausgestorbenen Stammform von Haustieren (z.B. Pferd: Wald-Tarpan Zoo Dortmund; vgl. HERRE & RÖHRS, 1990, WIESNER & MATTEI, 1998).

² Die Richtlinien und Stoffpläne SII NRW (1999) zur Evolutionsbiologie wurden im Vortrag in einer Folie vorgestellt und wie hier kommentiert.

- Die Beschränkung von Bastarden von Unterarten auf eine schmale Überlappungszone (Aaskrähe mit der östlichen Nebelkrähe, früher als Wintergast in NRW, und der westlichen Rabenkrähe, Brutvogel in NRW, Vermischungszone an der Elbe: Kap. 5c).

Die Selektionstheorie der Verhaltensbiologie („Fitness“-Theorie) sollte besser in einen breiteren Kontext Ethologie gestellt oder (noch besser) dem Ökologie-Kurs zugeordnet werden. Die Fitness-Theorie bleibt jedoch einseitig bis zur Verdummung der Schüler, wenn nicht auch die vielfältigen Mechanismen zur Stabilisierung der Allel-Vielfalt trotz temporärer oder lokaler Allel-Selektion angesprochen werden (z.B. durch Ausbreitungs-Wanderungen wie bei den planktischen Larven der Zebrauschel). Diese Mechanismen konterkarieren eine Trendbildung als Vorstufe von Artaufspaltungen.

Die Evolution i.e.S. entspricht in den Richtlinien/Stoffplänen mit den drei Schwerpunkten (Art/Artbildung; Evolutionshinweise/Evolutionstheorie [gemeint ist Prinzipien der Evolution]; transspezifische Evolution der Primaten [gemeint ist Evolution des Menschen]) dem Prinzip des Exemplarischen. Auf die zahlreichen begrifflichen und inhaltlichen Mängel gehe ich jedoch nicht weiter ein. Das folgende Konzept wird vorgeschlagen (vgl. Kap. 4):

Zu beginnen ist mit dem Phänomen der Evolution (i.S. von Phylogenese) als Frage nach dem „Dass“, die eng mit der Frage nach den Abläufen und ihrer Mannigfaltigkeit und ihrer chaotischen System-Struktur verbunden ist. Evolution als Grundlage für das natürliche System, die Notwendigkeit der Rekonstruktion von Phylogenese aus rezenten Formen ohne Fossilbasis nach den Prinzipien der Phylogenetischen Systematik und die (in den Richtlinien völlig verkannte) Homologie als Grundlage für eine phylogenetisch begründete Organ-Nomenklatur in einem Verwandtschaftskreis mit extremer Umwandlung sind anzuschließen. Die Artaufspaltung vermittelt dann die Vorstellung vom Beginn von Evolution.

Die Evolution des Menschen (vgl. HENKE & ROTHE, 1999) als konkretes, durchaus diffiziles Beispiel ist ein didaktisch guter Abschluss (wenn auch inhaltlich anders zu fassen als in den Richtlinien). Anschauungsbasis für die Projektarbeit bieten in NRW das Neandertal-Museum (zum Neandertaler vgl. SCHMITZ & THISSEN, 2000) mit breiter Medien-Präsentation zu den Fossilfunden einerseits und andererseits der Vergleich mit Menschenaffen im Zoo (z.B. Köln, Krefeld, Wuppertal, Münster) hinsichtlich des den Menschen definierenden synapomorphen Bewegungsapparates (Beispiel: Vergleich der Füße; beim Menschen einzigartiger Gewölbefuß, beim aufrechten, pendelfreien Gehen auf Ab-

rollen optimiert, vgl. MÖRICKE et al., 1997, 245ff.; bei den Menschenaffen kein festes Gewölbe, der Fuß passt sich optimal Unebenheiten im Geäst an, die Großzehe vermittelt zusätzlichen Halt, rascher Lauf stets auf allen Vieren, beim [erwachsenen] Menschen nie; beim Krabbel-Kleinkind werden die Hände als „Patschhand“ aufgesetzt, bei Gorilla und Schimpansen mit den Knöcheln, bei ersterem ist der Po hoch, bei den Affen der Kopf, da deren Arme viel länger sind als deren Beine). – Zu diskutieren sind auch die konträren Ergebnisse der fossilen Befunde und der Evolution nach immun-/molekularbiologischen Daten. Wenn letztere auch modisch aufgewertet sind, so ist doch zu bedenken, dass sie (entgegen den Prinzipien der Phylogenetischen Systematik) nicht nach Synapomorphien, also nach ihrer evolutiven Wertigkeit, gewichtet, sondern im Sinne einer numerischen Taxonomie einfach Unterschiede (in Stammbaumform) aufzeigen, das ist aber gemäß den Prinzipien der Phylogenetischen Systematik ohne phylogenetischen Erkenntniswert und daher zu verwerfen (SUDHAUS & REHFELD, 1992, 136-137).

4 Die exemplarische, naturwissenschaftliche Herleitung des Phänomens Evolution

Zum Nachweis einer Evolution gehören drei Dinge:

1. Das Kontinuum der Formen; also ein Anschluss von Formen einer Epoche an die der vorangehenden. Das ist (in \pm großen Schritten) vielfältig aufgezeigt und damit hinreichend gesichert.
2. Ein Wachstum der Formen-Mannigfaltigkeit durch Aufspaltungen („Stammbaum“), z.B. als Vermehrung von Lebensformtypen im Sinne einer adaptiven Radiation.
3. Notwendig wäre an sich noch der Nachweis der Kontinuität der Keimbahnen. Er ist natürlich nicht zu erbringen, jedoch so plausibel, dass Zweifel daran unangebracht sind (Prinzip der Ökonomie naturwissenschaftlicher Deutungen/Theorien).

Wissenschafts-Geschichte (vgl. WICHLER, 1963, STIPF, 1989): Richtungweisend für den Nachweis der Evolution der Organismen war um 1800 die Arbeitsgruppe am Naturkunde-Museum in Paris, das 1796 eingerichtet worden war. CUVIER, LAMARCK, LATREILLE gehörten dazu. LAMARCK hatte übrigens (1809, im Geburtsjahr von DARWIN) seine Vorstellungen zu Evolutionsmechanismen unter dem Titel „*Philosophie der Zoologie*“ publiziert. Das Verdienst von DARWIN liegt darin, dem Gedanken der Evolution zum Durchbruch verholfen zu haben, jedoch um den Preis der Verknüpfung mit den sachlogisch unzulässigen,

aber von der Züchtung her sehr plausiblen Selektions-Mechanismen. Dabei blieb unbemerkt, dass die Selektion als Motor der Evolution nur als eine Worthülse eingesetzt wird (vgl. Kap. 6).

Schulisch geeignete Beispiele

Es sollen einige schulrelevante Beispiele aufgelistet werden, Ausgang ist dabei die (Projekt-) Arbeit in einem Naturkunde-Museum.

- *Die Evolution der Cephalopoden*

Projektarbeit z.B. im Ruhrland-Museum Essen, im Löbbecke-Museum/Aqua Zoo Düsseldorf; besonders reich ausgestattet sind das Senckenberg-Museum in Frankfurt oder das Naturkunde-Museum in Stuttgart (am Löwentor).

- *Die Eiszeitfauna* (vgl. KOENIGSWALD, 2002), erweitert zur Evolution der Elefanten (WIESNER & MATTEI, 1998): Eine neue Ausstellung dazu wurde 2002 in Münster eröffnet, Mammut auch z.B. im Quadrat Bottrop; rezente Elefanten zum Vergleich in vielen Zoos. Hinweis: Die Großsäuger der letzten Vereisung (Dauer ~100000 Jahre) sind nicht neu entstanden, sondern der Klima-Veränderung (aus Sibirien) gefolgt. Das vermittelt eine Vorstellung von den großen Zeiträumen der Artaufspaltung. Die Vertiefung zur Evolution der Elefanten insgesamt belegt die Formen-Auffächerung in Bezug zur Zeit (Analyse im Sinne des Paradigmas der Geschichtlichkeit rückwärts gerichtet).

Vertiefungen

a) Ablauftypen

- Null-Lösung (keine erkennbare evolutive Veränderung von Arten, die einen eigenen Bauplan repräsentieren, über lange Zeiträume hinweg): „Lebende Fossilien“ (wie Perlboot Nautilus, Quastenflosser Latimeria)
- Langes Bestehen eines besonderen Bauplanes bei \pm geringer Artenzahl und nur wenigen Lebensformtypen: Schildkröten, Krokodile („unechte“ Lebende Fossilien)
- Evolution einer Mannigfaltigkeit von Lebensformtypen (adaptive Radiation): Paarhufer; Konvergenz bei Beuteltieren & Plazentaliern; Enten-, Singvögel; Knochenfische
- Additive Typogenese (artenarme „Progressions-Reihen“): Pferde, Menschen
- Gleichwertige Alternativen: Ammoniten/Nautilus-Linie; Knorpelfische/übrige Kiefermänder, Beuteltiere/Plazentalia
- Phänomen des (auf geologische Zeiträume bezogen) anscheinend plötzlichen,

übergangslosen Auftretens eines neuen Bauplanes: Wirbeltiere; Insekten, insbes. Pterygota; auch die Vögel und der Mensch

b) Transfer auf andere biologische Disziplinen

Stützen der Evolution durch neue Zusammenhänge in anderen Bereichen:

Ontogenie, „rudimentäre“ Organe, Biogeographie.

c) Anwendungen als Konsequenzen der Evolution

- Ordnung der Formen-Mannigfaltigkeit (natürliches System)

□ Theorie zum Erschließen des Evolutionsablaufes aus rezenten Formen bei Fossil-Lücken: Prinzipien der Phylogenetischen Systematik

- Organ-Nomenklatur nach phylogenetischem Zusammenhang: Homologie ermitteln (als Alternative zur Nomenklatur nach Funktionen)

Schulrelevantes Beispiel: Zähne der Säuger. Homologie: Vorder-, Eck- Backenzähne; Analogie (Konvergenz) z.B. Backenzähne als Mahlzähne bei Blattfressern oder als Scherenzähne („Reißzähne“) bei Fleischfressern.

d) Besondere „Leistungen“ der Evolution

- Konvergenzen: Hämoglobine, Linsenaugen, pflanzenähnliche Filtrierer-Gestalten
- Monstrositäten
- Koevolution: Bestäuber bzw. Samenverbreiter, Symbionten; Fraßabwehr bei Pflanzen; Räuber/Beute, Parasit/Wirt; Warnung/Schrecktrachten, Tarnung (Birkenspanner; Glasmückenlarve), Mimikry/Mimese

e) Eklatantes Versagen (Ausfall von Evolution)

mit Ausgleich durch diffizile, z.T. geradezu abstruse Adaptationen:

z.B. Amylasen, aber keine Zellulasen bei Blattfressern (bei Säugetieren und Insekten), dafür Mannigfaltigkeit komplexer Symbiosen mit Bakterien zur Zellulose-Verdauung und mit speziellen Verhaltensweisen zum Transfer der Symbionten auf die Nachkommen.

5 Die exemplarische, naturwissenschaftliche Herleitung des Phänomens Art-Aufspaltung

Dieses Thema wurde unlängst populär aufgearbeitet (SCHMIDT, 2002) und wird hier nur in den Grundzügen skizziert (Bildbeispiele und Literaturhinweise siehe dort).

a) Das Phänomen Kontrast-Verstärkung

Mit Kontrast-Verstärkung (auch Merkmals-Verschiebung/-Divergenz genannt) wird das Phänomen bezeichnet, dass zwei ansonsten sehr ähnliche Arten im Überlappungsgebiet (bei Sympatrie) auffallende Unterschiede aufweisen. Didaktisch genutzt wurde bislang das Beispiel der mediterran/orientalischen Klippen-/Felsenkleiber (syntop in Persien, MAYR, 1967, 73ff.). – Hierher passt auch der Reviergesang der Blaumeise, der in Europa eng artspezifisch festgelegt ist und sich klar von denen der anderen Meisen abhebt („Triller“), aber auf Teneriffa (Canaren), wo sie die einzige Meisenart ist, stärker variiert.

Didaktisch günstiger ist das Beispiel der Zebras (vgl. auch Kap. 4e): Wir haben drei rezente Arten: Ganz im Süden das markant breit schwarz-weiß gestreifte Bergzebra (in zwei ähnlichen Unterarten, beide mit Wamme und Gitter-Muster auf der Kruppe), ganz im Norden das schmal schwarz-weiß gestreifte Grevy-Zebra (monotypisch, eselähnlich) mit konzentrischen Mustern auf der Hinterhand, beide in extremen Trockengebieten des Berglandes. Mit beiden überlappt sich lokal das Areal des vielgestaltigen, pferdeähnlichen Steppenzebras. Dessen breit schwarz-weiß gestreifte Nordform hebt sich klar von dem lokal syntopen Grevy-Zebra ab, sie gleicht mehr dem Bergzebra. Dieses trifft jedoch nur auf die Südform des Steppenzebras, die mit braunen Zwischenstreifen und der Streifenreduktion an den Beinen und am Bauch auffallend verschieden gefärbt ist. Diese Kontrast-Verstärkung im Überlappungsgebiet ähnlicher Arten ist auch ein Beleg für die Artbarriere.

b) Das biologische Artkonzept

Die Art ist die Grundeinheit der biologischen Formen-Mannigfaltigkeit. Sie wurde ursprünglich (z.B. bei LINNÉ) typologisch (als Klasse ähnlicher, von anderen morphologisch verschiedenen Organismen) aufgefasst. Aktuell wird das biologische Art-Konzept (Art als potentielle natürliche Fortpflanzungsgemeinschaft) favorisiert. Die Organismen selbst, nicht die Spezialisten (wie beim typologischen Artkonzept) entscheiden hier über die Artzugehörigkeit. Dieses Art-Konzept ist didaktisch plausibel und am Beispiel von Säugetieren und Vögeln gut mit Schülern zu erarbeiten. Der Artstatus ist jedoch nur in freier Natur bei freier Begegnung zu entscheiden, es versagt also bei Allopatrie! Diese Grenzen sollten (z.B. im Zoo) aufgezeigt werden:

Der europäische Wisent (vormals noch eine zweite, kaukasische Unterart) und der nordamerikanische Bison (in zwei Unterarten), beide sind im Zoo kreuzbar. Sie werden üblicherweise als gute Arten geführt, ebenso Nerz bzw. Ren (Eurasien) und Mink bzw. Karibu (Nordamerika). Kreuzbar sind z.B. auch Löwe und Tiger (früher mit breiter Areal-Überlappung im Nahen Osten, aber völlig verschieden in

der Habitat-Präferenz, in den dazu passenden Farbmustern und im Sozialleben in der Natur). Nach dem biologischen Artkonzept ist in allen diesen Fällen eine objektive Entscheidung nicht zu treffen. Das gilt auch für den eurasiatischen Rothirsch und den nordamerikanischen Wapiti (beide in verschiedenen Unterarten); typologisch ist jedoch der ostsibirische Maral, der sich mit dem Rothirsch im Überlappungsbereich vermischt, ein Wapiti, Wapiti und Rothirsch werden daher (nicht ganz konzeptgerecht) als eine Art aufgefasst.

Unfruchtbare Bastarde sind dagegen ein sicheres Zeichen für Art-Verschiedenheit. Beispiel: Das schnelle, zugstarke Pferd und der hochbelastbare, im Gebirge trittsichere, langsamere Esel. Die Bastarde (Maulesel, Maultier) vereinen beide Eigenschaften und werden daher (regional) gezielt erzeugt. Aus ethologischen Gründen sind Paarungen von Eselhengsten mit Pferdestuten (Ergebnis: Maultiere) eher zu arrangieren als umgekehrt. Zur Minderung der hinderlichen Größen-Unterschiede wurden extra Riesenesel gezüchtet (Spanien; in Süd-Frankreich der Poitou-Esel, diese z.B. im Zoo Münster, Duisburg).

Das biologische Art-Konzept versagt z.B. bei uniparentalen Organismen (wie Bakterien; vgl. MAYR, 1967, SUDHAUS & REHFELD, 1992, WILLMANN, 1985). Es ist eine didaktische Herausforderung, wie weit darauf eingegangen wird.

c) Fortwährende Artaufspaltung am Beispiel der Aaskrähe und anderer Singvögel

Artaufspaltung ist ein Langzeitprozess. Die Zeitvorstellungen lassen sich gut am Beispiel der Aaskrähe herleiten (als Dauer der letzten Kaltzeit mit ca. 100000 Jahren). Sachlogisch zu fordern ist es daher, dass aktuell nicht nur Arten, die schon voll getrennt sind, vorkommen, sondern auch solche, die fast getrennt sind, und solche, die sich noch in den Anfängen (status nascendi) eines Art-aufspaltungs-Prozesses befinden. Nach gängiger Vorstellung zeigt sich dieses daran, dass die Art in ihrem Areal in genetisch verschiedene Unterarten (mit Überlappungszonen) gegliedert ist. Diese Unterarten (subspecies) werden demgemäß nomenklatorisch durch ein Trinomen markiert. – Ein gängiges Schulbeispiel ist die Aaskrähe: Das eurasiatische Areal der Aaskrähe wurde (nach den gängigen Vorstellungen) durch die ausgedehnte Vergletscherung nach Süden verschoben und in getrennte Refugien zerteilt. Dort entwickelte sich in der Mitte (Osteuropa bis Westasien) eine graue Form, die Nebelkrähe, im Westen (Westeuropa) blieb sie schwarz (Rabenkrähe; analog auch im Osten, in Sibirien; hier wird unterstellt, dass die ursprüngliche, aber unbekannte Form schwarz war). Nach der Eiszeit trafen Nebel- und Rabenkrähe wieder zusammen und bildeten eine schmale Vermischungszone (in der jedoch die „reinen“ Formen dominieren), bei uns etwa entlang der Elbe. Eine völlige Vermischung blieb dagegen aus, die Unterarten bleiben erhalten. – Eine nur geringe Vermischung haben die

Zwillingsarten Nachtigall und Sprosser (in Mecklenburg nachgewiesen), voll getrennt sind dagegen z.B. die Schwesterarten Fitis und Zilpzalp, die beiden Baumläufer, Sumpf- und Weidenmeise, Grau- und Grünspecht. Die Schwesterarten sind überdies ökologisch etwas verschieden, brüten also kaum in demselben Habitat.

d) Der leidige Anglizismus „Rasse“

Im Deutschen werden Zuchtformen als Rasse sachlogisch richtig von den Unterarten auch begrifflich getrennt. Inkonsistent ist allerdings die Bezeichnung Menschenrassen, da sie (vor den interkontinentalen Wander-Bewegungen) den Charakter von Unterarten hatten (vgl. MAYR, 1967). Im Englischen werden diese sachlich gebotenen Differenzierungen durch den Oberbegriff „race“ verwischt. Als Anglizismus „Rasse“ ist dieses „Wischiwaschi“ leider bei uns üblich geworden. Die akademische Biologie hat hier bedauerlicherweise Vorschub geleistet. Didaktisch sind also die Begriffe Unterart (im Kontext Artbildung) und Rasse (als Zuchtform von Haustieren) strikt zu trennen.

e) Das Schulbeispiel Zebras

Zebras faszinieren Zoobesucher. Sie sind ein didaktisch hervorragendes Beispiel zu unterschiedlichen innerartlichen Differenzierungen. Zu den o.g. Formen kommt noch das südafrikanische Quagga. Es wurde 1878 fast unbemerkt von der Wissenschaft ausgerottet und belegt die Problematik der Art-Zuordnung: In Deutschland gilt es mehrheitlich als Nominat-Unterart des Steppenzebras, dürfte aber (wie im angelsächsischen Bereich üblich) eine Schwesterart sein. Farblich ist es sowohl vom sympatrischen Bergzebra als auch von der sympatrischen Unterart des Steppenzebras (Burchell-St., wie das Quagga ausgerottet) deutlich abgehoben (passend zur Kontrast-Verstärkung). Die unterschiedliche Einstufung führt zu nomenklatorischen Verwirrungen bei Laien. Sie wird in den meisten Zoos dadurch bestärkt, dass an den Gehegen nur die jeweilige Unterart und ihr Verbreitungsgebiet angeführt werden, sie nicht in den Kontext der Art gestellt wird. Didaktisch ist aber der Bezug zu der Art unverzichtbar (gut im „Ruhr“-Zoo Gelsenkirchen; Bestimmungsschlüssel zu den Arten und didaktisch gewichtete Fassung der Unterarten bei SCHMIDT, 2002).

f) Fazit

Die Art-Aufspaltung ist ein geschichtlicher Langzeit-Prozess und damit mechanistisch nicht fassbar, also einer Kausalanalyse ihrer Ursachen naturwissenschaftlich nicht zugänglich. Das gilt auch für den üblichen Bezug zu DARWINS Selektionstheorie (wie bei MAYR, 1967): Natürlich hat Selektion schon immer

gewirkt, die Kernfrage ist jedoch, ob und ggf. wie sie im konkreten Fall die Art-aufspaltung bewirkt haben soll. Es reagieren nämlich ähnliche Arten unter vermutlich gleichen Bedingungen verschieden (vgl. das obige Zebra-Beispiel). Überdies sind schon die jeweiligen Schlüsselfaktoren und die artspezifische Reaktion darauf im geschichtlichen Kontext nicht zu rekonstruieren. Oft unterläuft dann ein Zirkelschluss: Die überlebende Form muss die besser angepasste, damit positiv selektionierte sein! Die postulierte Selektions-Wirkung bestätigt sich damit aus sich selbst. Das ist didaktisch absurd. Das Reden von Selektion und Anpassungswert erweist sich hinsichtlich der Artaufspaltung in der Tat als unwissenschaftliche hohle Phrase, als Worthülse. Überdies impliziert sie einen unzulässigen Finalismus (gerichtet auf höheren Selektionsvorteil). Das gilt dann erst recht für die Extrapolation auf die Makro-Evolution.

Das gleiche gilt für andere Modelle. LAMARCK hatte die Veränderungen von Organen durch Gebrauch (wie beim Training im Sport) bzw. Nichtgebrauch (Augen-Verkümmerung bei bestimmten Höhlenfischen schon innerhalb weniger Generationen) im Rahmen der Reaktionsnorm (als genetische Anlagenbreite) als Vorbild. Unter systemischen Ansätzen werden Mechanismen zu Adaptationen an die Dynamik im Ökosystem (deutlich z.B. bei Planktonalgen) extrapoliert. In allen Fällen wird nicht bedacht, dass sie mit dem Paradigma der Geschichtlichkeit kollidieren und dass in den großen Zeiträumen Faktoren wirksam sein könnten, die sich unserer Vorstellung prinzipiell entziehen. Ganz abgesehen davon, dass eine sicherlich synergetisch-chaotische System-Struktur der Evolutions-Prozesse (s.o.) nicht bedacht wird, dass sie sogar eventuell außerhalb unserer Erforschungs-Möglichkeiten liegt.

6 Zur Plausibilität der Theorien zu Evolutionsmechanismen

DARWIN hatte den (schon lange diskutierten, aber oft tabuisierten) Gedanken der Evolution (zur Geschichte SIMPSON, 1957) auf eine breitere Erfahrungsbasis gestellt, sachlogisch bedeutsam differenziert (beides von bleibendem wissenschaftlichen Wert) und (irrig) mit dem (aus der Züchtung übernommenen) Mechanismus der Selektion kombiniert. Das war sehr plausibel und hat dem Gedanken der Evolution zum wissenschaftlichen Durchbruch verholfen. Wie kam er darauf (vgl. WICHLER, 1963)?

DARWIN hatte sich (u.a.) intensiv mit der Domestikation (Beispiel Tauben) befasst und das Prinzip der menschlichen Zuchtwahl gemäß bestimmten Zuchtzielen (bei sexueller Isolation: reinerbige Rassen) auf die Artaufspaltung („Entstehung der Arten“) übertragen. Dabei wurde übrigens auch der Finalismus der Züchtung unbemerkt mit hinein gemogelt.

DARWIN hatte (wie vorher auch schon LAMARCK) damit Mechanismen innerartlicher Veränderung über die Artschranke hinweg auf die Evolution extrapoliert. Dieser Ausgang von innerartlich gesicherten, in der Züchtung überaus erfolgreichen Mechanismen war höchst plausibel (Aktualitätsprinzip), die Extrapolation auf die Evolution wurde daher unbedenklich akzeptiert. Auf der Strecke blieb die erkenntnis-theoretische Kontrolle der Zulässigkeit dieser Extrapolation, damit die Wahrnehmung ihrer Inkonsistenz. Verzichtet wurde dabei nicht nur auf das Prüfen der Wirkzusammenhänge selbst, offen blieb auch die (nach der Beleglage unmögliche) Bestimmung der jeweils konkret wirkenden Schlüsselfaktoren, man gab sich mit der Worthülse „Selektion“ (in Verbindung mit der Worthülse „Zufall“ für die Entstehung neuer Allele/Merkmale) zufrieden!

Es ist aber zu beachten, dass es zu allen Zeiten ernsthafte Kritiker an DARWIN's Thesen gab (z.B. NACHTWEY, 1959, auch mit historischen Hinweisen, 87 ff.; EICHELBECK, 1999, MÜLLER, 2000, WEINER, 1994; zu PORTMANN vgl. ILLIES, 1975). Dabei sind aus wissenschaftlicher Sicht die emotionalen Vorbehalte von Menschen gegen ihre durch Fossilien belegte Abstammung von großen Menschenaffen (wenn auch nicht von rezenten) zu verwerfen (ähnlich wie vorher beim egozentrischen, ptolomäischen Weltbild). Anders ist es mit der berechtigten, ja notwendigen Kritik an den allzu simplen Mechanismen, die durchweg als unzulässige Extrapolation von Mechanismen innerartlicher Variabilität anzusehen sind.

7 Fazit

Dieser Beitrag soll dazu anregen, die bei vielen in Fleisch und Blut übergegangene Kombination des naturwissenschaftlichen Phänomens Evolution der Organismen mit Theorien über Evolutionsmechanismen (wie der Selektionstheorie von DARWIN) kritisch zu hinterfragen und als unverträglich mit dem Paradigma der Geschichtlichkeit zu verwerfen. Das kollidiert zwar mit der „science community“ (im Sinne von „political correctness in science“, also mit der Konformität mit akademischen Lehrmeinungen, z.B. bei MAYR, 1967) und erfordert daher persönlichen Mut (auch ein Erziehungsziel der Schule). Die Verpflichtung der Fachdidaktiken, den Bildungsanspruch ihrer Fächer in der Schule einer optimalen Umsetzung zuzuführen, lässt aber keine Wahl.

Wie sind nun die gängigen Texte und Materialien zur Evolutionsbiologie in der Schule, in Sach- und Lehrbüchern auf erkenntnis-theoretische Konsistenz zu überprüfen, was wäre ein schulrelevanter Kontroll-Algorithmus zum Aufdecken der o.g. Verfehlungen? Hilfreich ist die Analyse der begrifflichen Klarheit in dem betreffenden Text zur Evolutionsbiologie. Besonders zu achten ist auf die

strenge Trennung des Phänomens Evolution von Theorien (eigentlich Spekulationen) zu Evolutions-Mechanismen. Dazu gehört die klare Unterscheidung von Aussagen über Evolutions-Abläufe und von Aussagen über Evolutions-Mechanismen. Zulässig sind dabei Korrelationen von Fossil-Merkmalen und ihrer Umweltrelevanz, nicht aber der Zirkel-Schluss auf Adaptations- oder Selektions-*Vorteile* in einer nicht hinreichend genau zu rekonstruierenden Habitat-Struktur und Konkurrenz-Situation. Auszusehen aus dem Kontext Evolution sind auch Aussagen über aktuelle Kausalanalysen innerartlicher Variabilität (s.o.). Sie ist zwar notwendige Voraussetzung für Evolution, aber nicht hinreichend als (einzige) Ursache dafür. Dementsprechend ist Evolution unterschiedlich von Taxon zu Taxon, von Ort zu Ort und von Zeit zu Zeit (Beispiele im Kap. 4: Ablauftypen).

Es bleibt dabei verwunderlich, wenn selbst ein „kritisches Lehrbuch“ zur Evolution (JUNKER & SCHERER, 1998), das dem Schöpfungsglauben Raum geben will (Kreationismus), die Trennung des naturwissenschaftlichen Phänomens Evolution (als Phylogenese) von ihren Ursachen (=Mechanismen: Evolutionstheorien i.e.S. wie die Selektionstheorie DARWINS) verwischt. Dabei sind, wie hier dargelegt, diese Ursachen/Mechanismen naturwissenschaftlich gar nicht zugänglich und daher der Metaphysik (Natur-Philosophie) zuzuweisen. Ein Schöpfungsglaube (Kreationismus) und die Metaphysik der Evolutionsmechanismen sind gleichermaßen berechtigte Alternativen. Beide setzen da an, wo die naturwissenschaftliche Evolutionsbiologie ihre erkenntnistheoretischen Grenzen findet, beide liegen jenseits einer positivistischen Biologie. So hat beispielsweise auch der Biologe PORTMANN (aus Basel) die Evolutionsbiologie gesehen und mit seinen umfassenden Forschungen vertieft (vgl. ILLIES, 1975 sowie NACHTWEY, 1959). Damit ergibt sich zugleich ein praktikabler didaktischer Umgang mit dem Stichwort Kreationismus, das in die Richtlinien und Stoffpläne SII NRW (1999) beziehungslos appliziert worden ist und damit Verwirrungen bei den Lehrkräften stiften kann.

Zitierte Literatur³

- BRIGGS, J. & D. PEAT (1990): Die Entdeckung des Chaos. Eine Reise durch die Chaos-Theorie. Hanser, München
- EICHELBECK, R. (1999): Das Darwin-Komplott. Aufstieg und Fall eines pseudowissenschaftlichen Weltbildes. Riemann (Bertelsmann, ohne Ort)
- GÜNTHER, R. (1990): Die Wasserfrösche Europas. Neue Brehmbücherei 600. Ziemsen, Wittenberg

³ Bei der Einstellung des Beitrages in das Internet (www.uni-muenster.de/Biologie/Didaktik) wird ein umfassendes, nach Stichpunkten geordnetes Literaturverzeichnis zur Evolutionsbiologie (und ihrer Didaktik) beigefügt.

- GÜNTHER, R. & R. KLEWEN (Hrsg., 1988): Beiträge zur Biologie und Bibliographie (1960-1987) der europäischen Wasserfrösche. Verlag f. Ökologie & Faunistik, Duisburg
- HEDEWIG, R., U. KATTMANN & D. RODI (Hrsg., 1998): Evolution. Band 7 Handbuch Biologieunterricht **SM** (Hrsg. ESCHENHAGEN, KATTMANN & RODI). Aulis/Deubner, Köln
- HENKE, W. & H. ROTHE (1999): Stammesgeschichte des Menschen. Eine Einführung. Springer, Berlin
- HERRE, W. & M. RÖHRS (1990): Haustiere – zoologisch gesehen. 2. Aufl., Fischer, Stuttgart
- ILLIES, J. (1975): A. Portmann, J. Gebser, J. Bachofen. Drei Kulturforscher, drei Bilder vom Menschen. Edition Interfrom, Zürich
- JUNGE, F. (1885): Der Dorfteich als Lebensgemeinschaft. Lipsius & Tischer, Kiel. – Nachdruck der 3. Aufl. von 1907 [m. Einf. d. Hrsg. W. RIEDEL & G. TROMMER u. Vorwort v. W. JANßEN] bei Lühr & Dircks, St. Peter-Ording 1985
- JUNKER, R. & S. SCHERER (1998): Evolution. Ein kritisches Lehrbuch. 4. Aufl., Weyel, Gießen
- KOENIGSWALD, W. v. (2002): Lebendige Eiszeit. Klima und Tierwelt im Wandel. Theiss, Stuttgart
- MAYR, E. (1967): Artbegriff und Evolution. Parey, Hamburg
- MÖRICKE, BETZ & MERGENTHALER (Begründer) / E. BETZ, K. REUTTER, D. MECKE & H. RITTER (Bearbeiter, 1997): Biologie des Menschen. 14. Aufl., Quelle & Meyer, Wiesbaden
- MÜLLER, B. (2000): Das Glück der Tiere. Einspruch gegen die Evolutionstheorie. Fest, Berlin
- NACHTWEY, R. (1956): Der Irrweg des Darwinismus. Morus, Berlin
- SCHMIDT, E. (1974): Bilddeutungen als informelle Tests zu morphologisch/anatomischen Übungen. NiU/B **22** (2), 80-87
- SCHMIDT, E. (1992): Systemimmanente Grenzen exakter Begriffsbestimmungen als Problem der Biologiedidaktik. 212-219 in ENTRICH & STAECK (Hrsg.): Sprache und Verstehen im Biologieunterricht (Ber. 8. Int. Arbeitstagung Sekt. Fachdidaktik Biologie im VDBiol in Bad Zwischenahn 1991). Leuchtturm, Alsbach/ Bergstr.
- SCHMIDT, E. (1996): Ökosystem See. Bd. **III** Der Uferbereich des Sees. Biologische Arbeitsbücher 12.I. 5. Aufl., Quelle & Meyer, Wiesbaden
- SCHMIDT, E. (2002): Studien zur Evolution vor Ort: „Das Thema Art und Artbildung“ anschaulich am Beispiel der Zebras in Zoo und Museum. Tier & Museum (Bonn) **8** (1/2), 22-36
- SCHMIDT, E. (2003): ZUR DISKUSSION GESTELLT: Ein Leitziel-Katalog zur formalen Bildung im Biologieunterricht. – Die Didaktische Rekonstruktion nach dem Prinzip des Exemplarischen und des Arbeitsunterrichtes. MNU **56** (6), 371-374
- SCHMITZ, R. & J. THISSEN (2000): Neandertal. Die Geschichte geht weiter. Spektrum, Heidelberg
- SEIFRITZ, W. (1989): Wachstum, Rückkopplung und Chaos. Eine Einführung in die Welt der Nichtlinearität und des Chaos (mit Vorworten von B. FRITSCH, W. HÄFELE, M. KOHN). Hanser, München
- SIEDENTOP, W. (1964): Methodik und Didaktik des Biologieunterrichts. 4. Aufl., Quelle & Meyer, Heidelberg
- SIMPSON, G. (1957): Auf den Spuren des Lebens. Die Bedeutung der Evolution. Colloquium, Berlin
- STIPF, R. (1989): Evolution – Geschichte einer Idee. Von der Antike bis Haeckel. Metzler, Stuttgart
- STREIT, B. (Hrsg., 1990): Evolutionsprozesse im Tierreich. Birkhäuser, Basel
- WEINER, J. (1994): Der Schnabel des Finken oder der kurze Atem der Evolution. Was Darwin noch nicht wußte. Droemer/Knaur, München
- WICHLER, G. (1963): Charles Darwin. Der Forscher und der Mensch. Reinhardt, München
- WIESNER, H. & G. MATTEI (1998): Im Garten der Tiere (Tierpark Hellabrunn in München). Heyne, München
- WILLMANN, R. (1985): Die Art in Raum und Zeit. Das Artkonzept in der Biologie und Paläontologie. Parey, Hamburg

Verfasser: Prof. em. Dr. Eberhard G. Schmidt, Biologiedidaktik, FB9/S05, Univ. Duisburg/Essen. 45117 Essen; Heimplabor Coesfelder Str. 230, 48249 Dülmen.