

bioskop

Zeitschrift der Austrian Biologist Association

Ausgabe 2/2007 Einzelpreis € 6,50 ISSN 1560-2516

Evolution und die Zukunft des Menschen

- 4 Ursprung und Verbreitung des Genus Homo
- 8 Evolution oder Schöpfung?
- 11 Intelligentes Design? Eher nein ...
- 15 Ist wirtschaftliche Evolution theoriefähig?



EDITORIAL

Lieber Leserinnen und Leser,

in der Rubrik „Was uns bewegt“ bemerkt in diesem Heft unser Chefredakteur, lieb zu sein zur armen Umwelt sei nicht umweltfreundlich, sondern naiv. Wie so oft, hat er auch damit recht. Ist auf der einen Seite das katastrophale Verhalten des Homo sapiens (!?) in der ihn umgebenden Welt längst nicht mehr zu übersehen, so ist auf der anderen Seite eine - oft unglaubliche - Naivität zu beobachten, wenn es darum geht, die Natur (auch unsere eigene) zu begreifen und zu verstehen.

„Umweltfreundliches“ Handeln setzt eine Kenntnis der Natur voraus - so wie sie wirklich ist und nicht, wie sie romantische Schwärmer haben wollen. Und selbstverständlich müssen wir über unsere eigene Herkunft und Stellung in der Natur Klarheit gewinnen. Nur wenn wir unsere Geschichte verstehen, kön-

nen wir auch der Gegenwart und der Zukunft die Stirn bieten. Wobei die Zukunft bekanntlich die unangenehme Eigenschaft hat, dass sie unberechenbar ist. Denn erstens kommt es anders und zweitens als man glaubt.

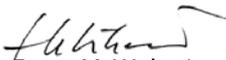
Wir wollen mit diesem Heft einige Aspekte im Spannungsfeld zwischen Vergangenheit und Zukunft aufzeigen, die helfen mögen, die gegenwärtige Situation (und mögliche Zukunft) unserer Spezies zu bedenken. Ich verweise dabei auf den Leitartikel ebenso wie auf die kritischen Beiträge zum Konzept des „intelligent design“ bzw. der Schöpfung, die eine (gefährliche) Renaissance zu erleben scheinen (wovon ich mich in jüngster Zeit anlässlich zahlreicher Vortrags- und Diskussionsveranstaltungen überzeugen musste).

Zukunftsbewältigung erfordert ein „realistisches“ Natur- und Menschenbild.

Es gilt, Obskuranten und Verfechter naiver Naturvorstellungen (siehe oben!) zurückzuweisen.

Mit dieser Ausgabe des bioskop wollen wir also nicht nur das sprichwörtliche Sommerloch stopfen, sondern zu weiterem kritischen Nachdenken anregen, das uns zu jeder Jahreszeit gut ansteht. Ich hoffe, dass die Vielfalt der Beiträge wieder jedem und jeder etwas bringt, diesmal vor allem im Sinne des alten Imperativs „*Nosce te ipsum*“ ([Mensch] erkenne dich selbst).

Ich wünsche Ihnen allen einen schönen Sommer - frei von jedem „Urlaubsstress“, der ja (schon als Begriff) eine Perversität darstellt, die einer weisen Spezies nicht würdig ist.


Franz M. Wuketits



BUCHBESPRECHUNG

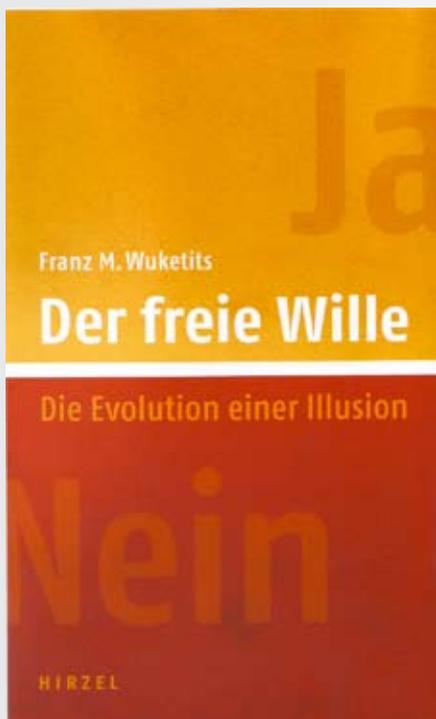
Franz M. Wuketits : Der freie Wille.

Die Evolution einer Illusion.

Stuttgart: S. Hirzel Verlag, 2007, 181 Seiten

ISBN: 978-3-7776-1509-7

EUR 22,-



Nicht die Existenz des Willens, sondern das Attribut seiner Freiheit hinterfragt dieses Buch.

Unsere subjektiv erlebten, als bewusst empfundenen Gehirnprozesse, machen nur einen Bruchteil jener Vorgänge aus, welchen die Evolutionsgeschichte unserer neurobiologischen Grundausrüstung vorausgingen. Beim Menschen ist es die exzessive Gehirnevolution in Rückkopplungsschleifen, die sich in einem ausgeprägten Selbstbewusstsein und absichtsvollem Handeln in denkbaren Alternativen manifestiert.

Fundamental ist die Einsicht, dass unsere Wahrnehmungen unvollständig sind. Unser subjektives und interpersonales Erleben greift zu kurz. Die Gleichsetzung des Erlebens mit dem Erleben ist ein populäres Missverständnis. Gerade der Umstand, dass die reale Welt eine andere ist als die wie wir sie uns konstruieren und sie erleben, rechtfertigt das biowissenschaftliche Bemühen, die Vorgänge möglichst zu durchleuchten. Man bedenke: das menschliche Gehirn enträtselt seinen eigenen Geist!

Von den Defiziten her, die verborgene Ordnung der Dinge nicht zu durchschauen, haben wir einen Hang zu Hilfsmitteln, die unser Dasein erleichtern sollen: Mythen, Rituale, Symbole ... der Glaube an irgendeine Vorsehung. Auch die Illusion der Willensfreiheit gehört, weil lebenspraktisch, zu diesen Hilfsmitteln.

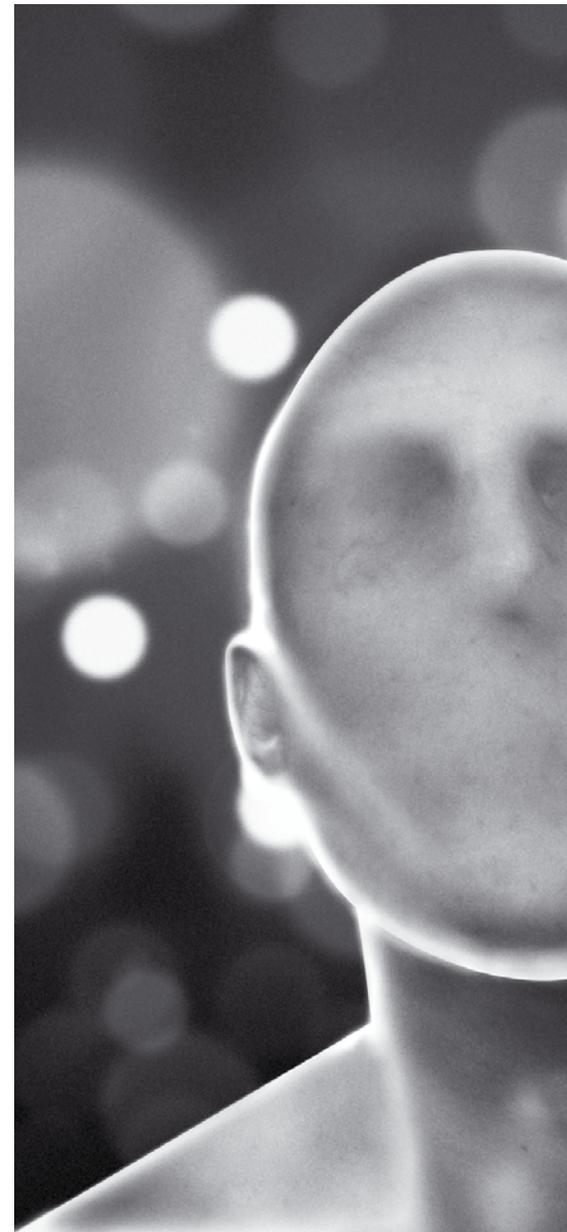
Auch wenn die Illusionsbedürftigkeit des Homo

sapiens einsichtig wird, fällt es in der konkreten Situation schwer, dies zuzugeben. Eine der Konsequenzen ist, dass sich der Mensch mit seinen „Willensentscheidungen“ eine Kunstwelt aufgebaut hat, die seine biologische Grundausrüstung überfordert. Wie sicher ist denn die Wissensbasis also, auf der wir uns bewegen, wenn Stress, Schlaflosigkeit, psychische Krankheiten dramatisch zunehmen? Die Brisanz dieses Themas wächst, die bioskop-Redaktion wird dem demnächst ein Heft widmen.

Der Autor hat sich mit dem Problem der Freiheit in dem Buch „Biologie und Kausalität“ bereits 1981 auseinandergesetzt, das Thema hat ihn nicht mehr losgelassen. Ein Vierteljahrhundert danach unterscheidet der Autor zwischen Gedankenfreiheit (man versuche mit Absicht an etwas nicht zu denken), Entscheidungsfreiheit (warum denn wählen wir unter den Möglichkeiten jene, die uns am günstigsten erscheint?) und Handlungsfreiheit (wir bevorzugen Handlungen, die aufgrund unserer biosozialen Natur angenehm sind).

Dem Menschen ist damit geholfen, kraft des glücklichen Lebensgefühles. Wenn auch der subjektive Wille nur eine Illusion ist, vermag er uns in eine bessere Lebensqualität zu versetzen als jede Kontrollmacht. Ein wichtiges, weil hochpolitisches Buch!

Thema	4	URSPRUNG UND VERBREITUNG DES GENUS HOMO Winfried Henke
	8	EVOLUTION ODER SCHÖPFUNG? Bernt Ruttner
	11	INTELLIGENTES DESIGN? EHER NEIN ... Wilhelm Richard Baier
Focus	30	ENERGIEWENDE: WANN, WENN NICHT JETZT? Franz Niessler
Buchempfehlungen	2	DER FREIE WILLE. DIE EVOLUTION EINER ILLUSION Franz M. Wuketits
	7	DER DRITTE SCHIMPANSE Jared Diamond
	7	ROOTS. WURZELN DER MENSCHHEIT Gabriele Uelsberg (Hrsg.)
Didaktik	13 (41)	MIT SYSTEM ZUR GRUNDBILDUNG Doris Elster
	34	NHRUNGS-AUFNAHME VON ACHETA DOMESTICUS Marion Schneider, Harald W. Krenn
bioware-special	15	IST WIRTSCHAFTLICHE EVOLUTION THEORIEFÄHIG? Ulrich Witt
Glosse	27	WER DARF DENN NOCH LEBEN, WIE ER WILL? Franz Bacher
Was uns bewegt	28	CONSTRAINTS: DIE ZWÄNGE DER ZUKUNFT SIND DIE BIOLOGISCHEN. Richard Kiridus-Göller
ABA Intern	43	IMST – TAGUNG 07



Cover: „Look ahead“ © Clemens-G. Göller, 2007

Grundlegende Richtung

(Offenlegung nach §25 Mediengesetz) bioskop ist das parteifreie und konfessions-unabhängige Magazin der ABA (Austrian Biologist Association).

Die Herausgabe der Zeitschrift bioskop ist Bestandteil des ABA-Leitbildes, die Zeitschrift vermittelt in öffentlicher Didaktik biologisches Orientierungswissen zum gesellschaftlichen Vorteil. Die Zeitschrift bioskop erscheint viermal jährlich.

Medieninhaber

Austrian Biologist Association (ABA), Member of European Countries Biologists Association (ECBA)

Präsident der ABA

Mag. Helmut Ulf Jost
Fuchgrabengasse 25, 8160 Weiz
helmut.jost@stmk.gv.at

Herausgeber

im Auftrag der ABA
Prof. Dr. Franz M. Wuketits
Universität Wien
franz.wuketits@univie.ac.at

Chefredakteur

Dr. Richard Kiridus-Göller

Redaktionssitz

Chimanistraße 5
A-1190 Wien
bioskop@vienna.at

Internet

www.aba-austrianbiologist.com
www.bioskop.at

Redaktionelle Mitarbeit

Mag. Franz Bacher
Dr. Hans Hofer

Redaktioneller Beirat

Prof. Dr. Georg Gärtner,
Universität Innsbruck
Dr. Susanne Gruber,
Wirtschaftsuniversität Wien
Prof. Dr. Walter Hödl,
Universität Wien
Prof. Dr. Bernd Lötsch,
Naturhistorisches Museum Wien
Prof. Dr. Erhard Oeser,
Universität Wien
Prof. Dr. Gottfried Tichy,
Universität Salzburg
Doz. Dr. Peter Weish,
Universität Wien
emer. Prof. Dr. Gustav Wendelberger,
Universität Wien
emer. Prof. Dr. Horst Werner,
Universität Salzburg
Dr. Manfred Wimmer,
Gymnasium Waidhofen a. d. Thaya

Werbung

Mag. Rudolf Lehner
r.lehner@asn-linz.ac.at

Layout und Satz

Clemens-G. Göller
clemens.goeller@vienna.at

Druck

Facultas Verlags- und Buchhandels AG
Berggasse 5, A-1090 Wien
www.facultas.at

Gedruckt auf chlorfrei
gebleichtem Papier.

Auflagenhöhe

1000 Exemplare

ISBN 978-3-9502381-5-0



URSPRUNG UND VERBREITUNG DES GENUS HOMO

PALÄOBIOLOGISCHE ANMERKUNGEN ZUM EVOLUTIVEN ERFOLG UNSERER GATTUNG

Winfried Henke

Seit Darwins bahnbrechenden Entdeckungen wird die Menschwerdung als ein Selbstorganisationsprozess innerhalb der Ordnung Primaten verstanden. Trotz des gewaltigen Fortschritts in der Erforschung der menschlichen Evolutionsgeschichte in den letzten Jahrzehnten gibt es immer noch unterschiedliche Deutungen des Gattungskonzepts (Henke und Rothe 1994, 1999, 2003, Henke 2003, 2005, Henke und Tattersall 2006). Während ein weitgehender Konsens über Afrika als „Wiege der Menschheit“ besteht, gibt es beträchtliche Meinungsverschiedenheiten hinsichtlich der Verbreitungsmuster und die Zahl der Arten in der Evolution unserer Gattung. Daher sind zuerst paläoökologische und -geographische Aspekte sowie Probleme der Anerkennung von Arten und die verschiedenen Ansätze der stammesgeschichtlichen Rekonstruktion zu diskutieren (Wiesemüller et al. 2003, Henke und Tattersall 2006).

Das Problem des Zentrums des Ursprungs der Gattung Homo

Der Ursprung der Gattung *Homo* und die Zahl der Artbildungsprozesse war stets ein kontroverser Gegenstand in der Paläoanthropologie. Beginnend mit der Entdeckung des Neandertalers und Darwins Pionierarbeit über Evolution wurden viele Modelle entwickelt, die den Ursprung und das Ausbreitungsmuster unserer frühesten Vorfahren beschreiben sollten. Die eurozentrische Perspektive musste der Vorstellung eines südostasiatischen Ursprungs weichen, als Fossilien des *Pithecanthropus* ausgegraben wurden. Doch die Entdeckung des Kindes von Taung (*Australopithecus africanus*) führte zu dem Schluss, dass die Menschheit aus Afrika stammt.

Wie viele Arten?

In der Tat besteht kein Zweifel daran, dass sich die ersten Menschen in Afrika entwickelten und unsere frühe Geschichte über lange Etappen auf diesen Kontinent beschränkt blieb. Die in der

Olduvai-Schlucht (Tansania) im Jahr 1959 entdeckten Fossilien wurden von L. Leakey und anderen (1964) als eine neue Spezies, *Homo habilis*, bezeichnet. Aber es dauerte zwanzig Jahre, bis *Homo habilis* anerkannt wurde, so dass Phillip Tobias von einer verfrühten Entdeckung sprach und schließlich Wolpoff (1980) meinte, die Zeit des Taxons *Homo habilis* sei gekommen. Damals wurde *habilis* als der älteste – etwa 2,3 bis 1,6 Millionen Jahre alte – plio-pleistozäne Angehörige unserer Gattung angesehen, der aus einer Spezies der Gattung *Australopithecus* hervorging; er galt als Vorläufer des *Homo erectus*. Mit der wachsenden Zahl von Fossilien des *Homo habilis* kam das „Trittleiter-Modell“ ins Wanken; Alekseev (1986) machte den Vorschlag einer Trennung der Art in *Homo habilis* im strengen Sinn und *Homo rudolfensis*, weil ihre Variabilität der normalen Variationsbreite einer Spezies zu widersprechen schien. Daher stellte sich die Frage, welche Art als unser frühester Ahne innerhalb der Gattung *Homo* anzuerkennen sei. Es kam sogar der Vorschlag, *Homo habilis* (s. str.) und *Homo rudolfensis* in die Gattung *Australopithecus* einzuordnen (Wood und Collard 1998). Sofern also die „Habilinen“ nicht die Wurzel der *Homo*-Stammlinie bilden, ist *Homo ergaster* (Groves und Mazák 1975) aus der fossilen Überlieferung in Ostafrika (mit einem Alter von ca. 1,8 Millionen Jahren) die erste Spezies unserer Gattung.

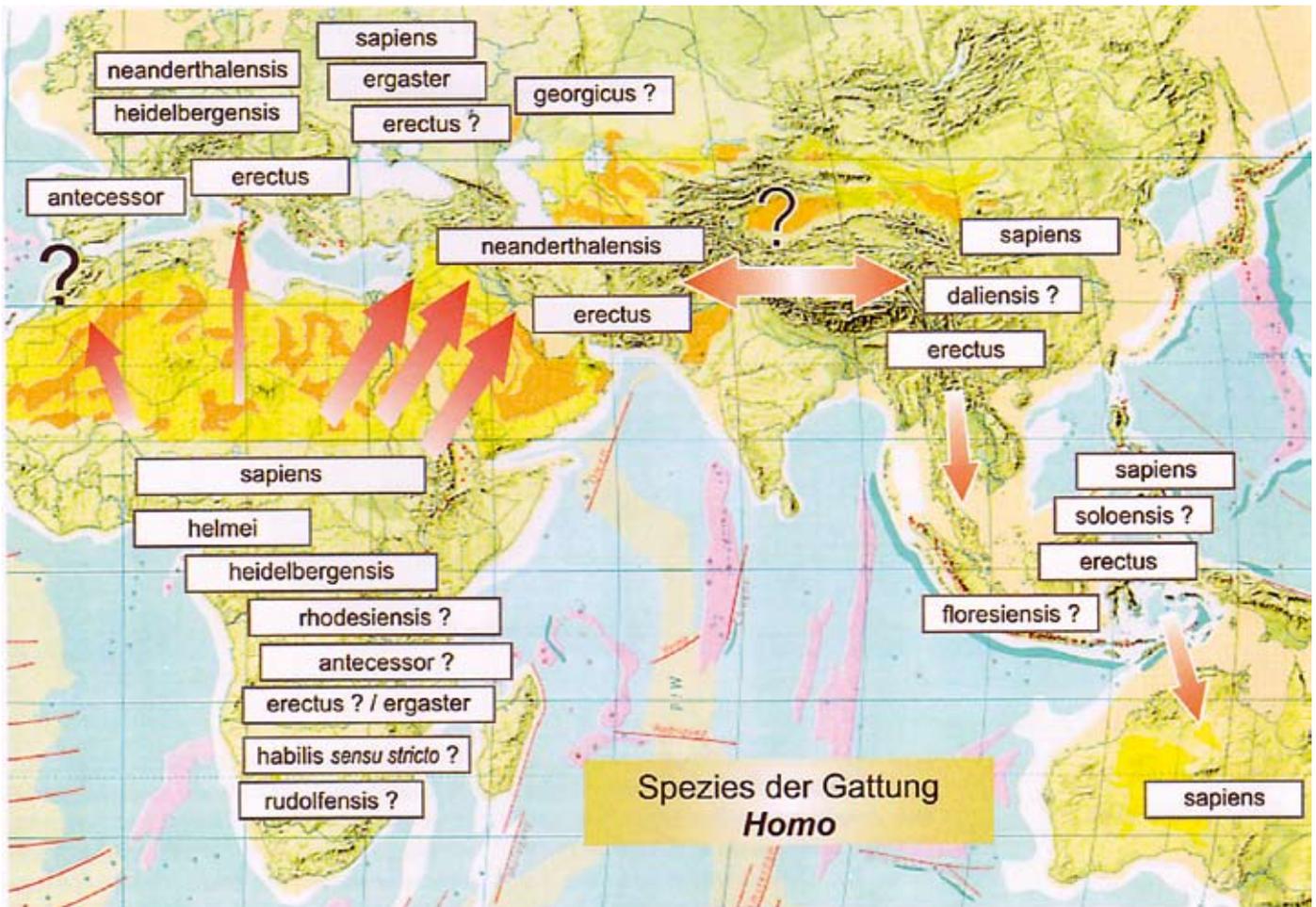
Homo ergaster lebte zeitgleich mit den robusten Australopithecinen (*Paranthropus boisei*) und den „Habilinen“. In den 1960er Jahren wurde dieses ausschließlich afrikanische Taxon zunehmend anerkannt und an die Stelle jener Formen gesetzt, die früher dem *Homo erectus* in Afrika zugeordnet worden waren. Während einige Forscher die morphologischen Unterschiede zwischen dem afrikanischen *Homo ergaster* und dem asiatischen *Homo erectus* als geringfügig erachten, sind andere der Meinung, dass *ergaster* der Vorfahre der späteren menschlichen Stammeslinie gewesen sei, *Homo erectus* aber ein

Seitenzweig, ausgestorben spät nach der Spaltung in verschiedene regionale Arten wie *Homo georgicus*, *Homo daliensis*, *Homo soloensis* oder die kürzlich beschriebene – sehr spekulative – Spezies *Homo floresiensis*.

Verbreitungsmuster der Gattung Homo

Die Entdeckung menschlicher Fossilien in Dmanisi (Georgien), die ein Alter von ca. 1,8 Jahrmillionen aufweisen, erhärtet die Vorstellung einer bemerkenswert frühen Ausbreitung unserer Gattung. Bald nach ihrem ersten Auftreten muss diese Gattung sich von Afrika aus verbreitet haben. Es wird angenommen, dass ein früher Hominine (*Homo ergaster*) aus Afrika über den Nahen Osten auswanderte. Archäologische Fundstellen wie Ubeidiya belegen die frühe Präsenz von Werkzeugherstellern im Ostflügel des mediterranen Beckens. Es gibt gute Hinweise auf einen Durchzug in den Norden sowie Spuren einer nahezu zeitgleichen Migration in den Osten. Gruppen des afrikanischen *Homo erectus* könnten bald auch nach Südasien und in den Fernen Osten gewandert sein, wo sie auch (in Java und in China) seit etwa 1,6 Millionen Jahren nachgewiesen sind.

Dass *Homo ergaster* während der ersten Auswanderungswelle auch Europa erreicht hat (Dmanisi liegt noch in Asien, „vor den Toren Europas“), ist nicht nachgewiesen. Die ältesten fossilen Dokumente – von Bermúdez de Castro und anderen (1997) als *Homo antecessor* bezeichnet – wurden in Spanien gefunden und sind nur etwa halb so alt wie die georgischen Funde. Tatsächlich meinen viele Forscher, dass *Homo ergaster* nie in Europa einwanderte. Demnach wäre *Homo antecessor* der erste Immigrant in Europa. Man weist darauf hin, dass diese Spezies – deren Status im übrigen kontrovers diskutiert wird (vgl. Rightmire et al. 2005) – in Afrika aus *Homo ergaster* hervorgegangen sein könnte. In Ermangelung entsprechender Fossilien ist ein Szenario, wonach *Homo antecessor* der Vorfahre aller späteren Menschenformen



ist, allerdings nicht sehr glaubwürdig (vgl. Bermúdez de Castro et al. 1997).

Ein aus Ceprano (Italien) stammender Fund, der auf etwa 700 000 Jahre zurückdatiert wird, wird von vielen Paläoanthropologen als Indiz für eine weitere Einwanderungswelle nach Europa angesehen. *Homo heidelbergensis* („Heidelberg-Mensch“) wurde bereits 1908 von Schoetensack beschrieben (zur Übersicht siehe Rightmire 1998, 1999) und schließt nach heutiger Auffassung auch Funde aus Afrika ein. Das mag auf den ersten Blick etwas verwirren, da jene Funde von anderen Anthropologen zum frühen, archaischen *Homo sapiens* gezählt werden (vgl. Bräuer 2001). Aber eine Interpretation des anatomischen Materials scheint die Auffassung zu unterstützen, dass alle früheren Fossilien aus dem mittleren Pleistozän Afrikas und Europas einer einzigen Stammlinie angehören, die als *Homo heidelbergensis* bezeichnet werden kann. Das angenommene Migrations-Szenario läuft darauf hinaus, dass sich später im mittleren Pleistozän einige Populationen in den Norden Europas ausbreiteten, wo sie – in langen Perioden großer

Kälte – einen morphologischen Wandel erfuhren. Während der Eiszeiten passeten sie sich zunehmend kalten und trockenen Klimaten an und entwickelten die spezialisierten Schädel- und Gesichtsmarkale sowie den Habitus der Neandertaler. Zugleich zeigten andere Repräsentanten des *Homo heidelbergensis*, die in Afrika verblieben waren, mehr und mehr Züge des modernen Menschen. Fossilien, die diesen allmählichen Wandel zum *Homo sapiens* nahelegen, wurden an verschiedenen Orten in Afrika gefunden. Viele Fachleute teilen die Überzeugung, dass der afrikanische *Homo erectus* (*Homo ergaster*) der Vorfahre des *Homo sapiens* war. Aber es gibt sehr verschiedene Auffassungen bezüglich des Ursprungs des „anatomisch“ modernen Menschen, die sich vor allem aus völlig unterschiedlichen Spezies-Konzepten ergeben.

Alternative phylogenetische Modelle

Die verschiedenen Standpunkte hinsichtlich der Zahl menschlicher Arten resultieren aus dem seit langem be-

stehenden „Neandertaler-Problem“. Anfang der 1980er Jahre begann ein neuer Abschnitt der Debatte um den Ursprung des modernen Menschen. Zwei Modelle kristallisierten sich heraus: Das Multiregionale Evolutionsmodell (MRE) und das „Out-of-Africa-Modell“.

Die Vertreter des MRE nehmen an, dass die Entwicklungslinien aller heutigen Populationen bis zu dem Zeitpunkt zurückreichen, als der Mensch erstmals Afrika verließ und den Rest der Welt besiedelte. Demzufolge ist *Homo sapiens* auf ein dichtes Netzwerk von Abstammungslinien zurückzuführen, die zeitlich und regional variierten. Die regionalen Bevölkerungsunterschiede wurden trotz Wanderung und Vermischung (seit der frühesten Besiedlung Asiens und Europas) beibehalten, ohne dass weitere Artbildungsprozesse erfolgten. Dem MRE zufolge sind verschiedene Repräsentanten des *Homo erectus*, *Homo heidelbergensis*, *Homo antecessor* und andere nur als „Grade“ einer einzigen, netzartig verbundenen Art afrikanischen Ursprungs zu interpretieren.

Das „Out-of-Africa-Modell“ beruht auf der Annahme, dass Afrika die „Wiege des modernen Menschen“ sei, dessen Ursprung auf die Zeit vor etwa 150 000 Jahren zurückzudatieren wäre. Seit dieser Zeit sollen sich die in Afrika aus *Homo heidelbergensis* oder aus „archaischen“ Populationen des *Homo sapiens* entstandenen „frühen“ Bevölkerungen des *Homo sapiens* nach Asien und Europa ausgebreitet und dort die ursprünglichen Populationen verdrängt haben.

Neuere und neueste molekularbiologische Untersuchungen führten zu der Botschaft „Wir sind alle Afrikaner“. Aber was sind die Voraussetzungen von Artbildungsprozessen? Diese Prozesse erfordern die Trennung der zuvor existierenden Spezies und eine Unterbrechung des Genflusses zwischen ihnen. Im Pleistozän mit seinem dramatischen Klimawandel erfolgten höchst bedeutende Innovationen in der Menschheitsgeschichte. Das pleistozäne Szenario war für Artbildungsprozesse optimal – ist es aber auch ein Beweis dafür, dass seit dem Auftreten des *Homo ergaster* innerhalb der Gattung *Homo* so viele Artbildungen erfolgt sind? Die Ver-

treter des MRE antworten darauf mit einem klaren „Nein“.

Was war der Auslöser für den Erfolg von *Homo*?

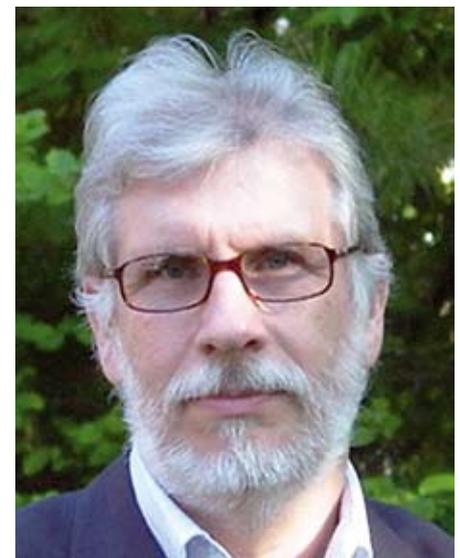
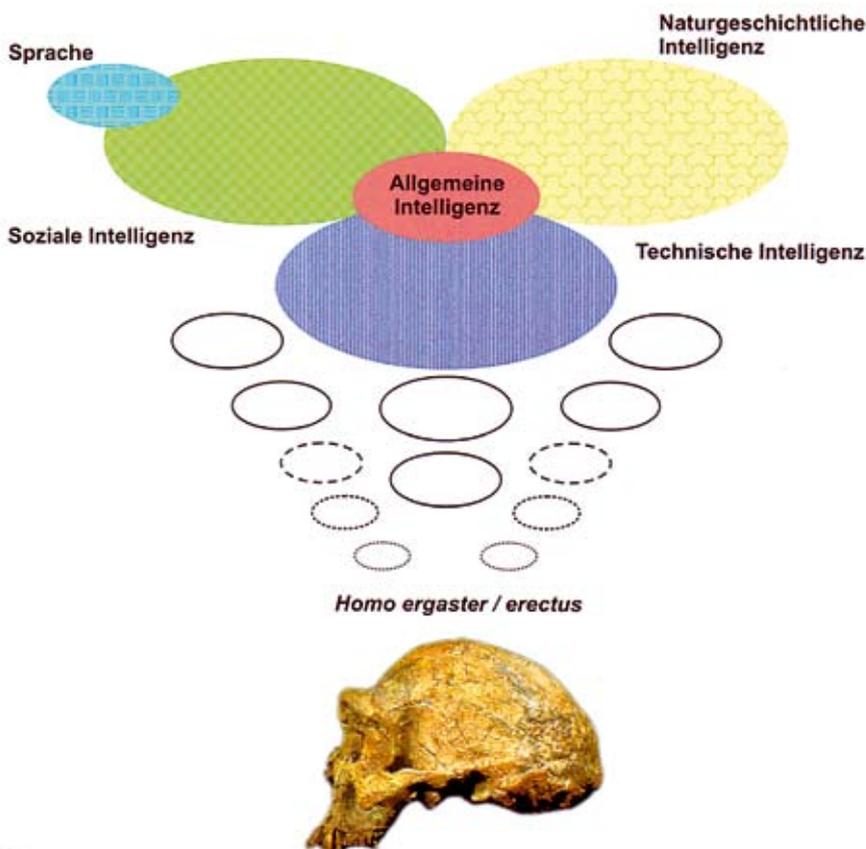
Abgesehen von taxonomischen Problemen und Problemen der Migration stellt sich die Frage, was die Gattung *Homo* evolutionär so erfolgreich gemacht hat. Verglichen mit früheren „Menschenartigen“, das heißt fossilen afrikanischen Affen sowie mio-, plio- und pleistozänen Menschen, zeigt ein jüngerer und zweifellos bipeder (zwei-beiniger) menschlicher Vorfahre, *Homo ergaster*, eine Reihe von Merkmalen, die ihn als sehr wahrscheinlichen Vorläufer von uns ausweisen: Enger Geburtskanal, vergrößertes Gehirn, zunehmende Körperhöhe, kleine Kiefer und Zähne. Was sind die Auswirkungen dieser morphologischen Anpassungen?

Mögliche Erklärungen für die Körpergrößenzunahme sind physiologische Veränderungen in Richtung längerer Reifungsprozesse, ein erhöhter Bedarf an Nahrung, eine Fortbewegung über lange Distanzen und bessere Resistenz gegenüber Hitze. Alle diese Veränderungen hatten auch Konsequenzen für

das Verhalten: Höheres Elterninvestment bei der Betreuung der Kinder, erhöhter Aufwand bei der Nahrungsbeschaffung und – damit verbunden – eine größere tägliche Wanderstrecke in einem größeren Streifgebiet. Die Zunahme der Körpergröße kann also als grundlegende Anpassung an die Ausbreitung der Gattung *Homo* angesehen werden.

Der hauptsächliche Auslöser der Menschwerdung aber war die dramatische Zunahme der Gehirnfunktionen. Die Gehirnentwicklung und die damit verbundenen kulturellen Kapazitäten waren der entscheidende evolutive Schritt, der eine völlig neue ökologische Nische öffnete. *Homo* wurde mehr und mehr ein „kulturelles Wesen“ und infolge seiner mentalen Fähigkeiten ein *global player*.

Anmerkung des Herausgebers: Diesem Beitrag liegt ein englischer Text zugrunde, der in dem Band „Roots – Wurzeln der Menschheit“ (Katalog zur gleichnamigen Ausstellung im Rheinischen LandesMuseum Bonn 2006) erschien. Der ursprüngliche Text wurde hier nicht nur übersetzt, sondern auch leicht modifiziert und für das bioskop adaptiert. Herrn Prof. Henke sei für die Erlaubnis zum Abdruck recht herzlich gedankt. Literatur bei der bioskop-Redaktion.



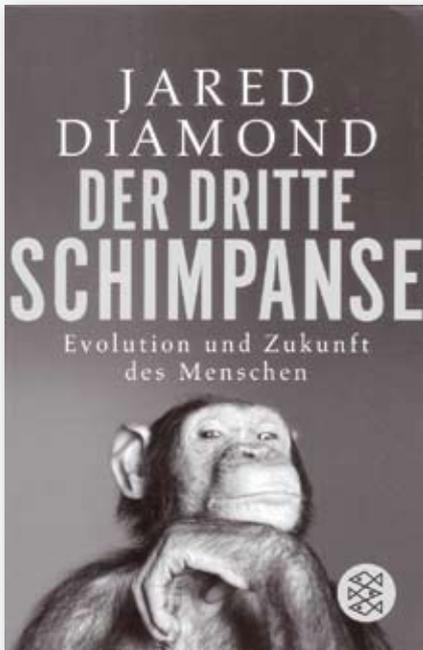
Autor und Kontakt:

Apl. Prof. Dr. Dr. h. c. Winfried Henke
 Institut für Anthropologie
 Fachbereich 10 (1050)
 Colonel Kleinmann Weg 2 / SBII 2.OG 02-233
 Johannes Gutenberg-Universität Mainz
 D - 55099 Mainz
 henkew@uni-mainz.de

BUCHBESPRECHUNG

**Jared Diamond:
Der dritte Schimpanse. Evolution
und Zukunft des Menschen.**

Aus dem Amerikanischen von Volker English.
Frankfurt am Main: Fischer Taschenbuch Verlag
(Bd. 17215), 2. Auflage 2006
512 Seiten (EUR 10)



Dieses Buch des Evolutionsbiologen J. Diamond, Professor an der Universität von Kalifornien, ist mehrfach ausgezeichnet worden. Es verfolgt die Fährte unseres Aufstiegs aus dem Tierreich und die Entwicklung der Mittel, die uns nun zum Verhängnis werden.

Taxonomen ordnen die Arten in Kategorien ein, die eher subjektiven Bewertungen von Unterschieden zugrunde liegen. Demnach gehört der Mensch wegen solch charakteristischer Merkmale wie dem aufrechten Gang und dem Gehirnvolumen in eine eigene Familie und als Menschenartige (Hominiden) den Menschenaffen (Pongiden) gegenübergestellt. Als Überfamilie (Hominoiden) gehören sie zusammen der gleichen Ordnung (Primaten) an.

Folgen wir jedoch der prozentualen Differenz der DNA, so unterscheidet sich der Mensch zu etwa 2,3 Prozent vom Gorilla, aber nur um 1,6 Prozent vom gewöhnlichen Schimpansen und Zwergschimpansen, die sich ihrerseits in der DNA um nur 0,7 Prozent differieren.

So gesehen bilden Menschen keine eigene Familie, sondern gehören der gleichen Gattung an wie die beiden Schimpansenarten.

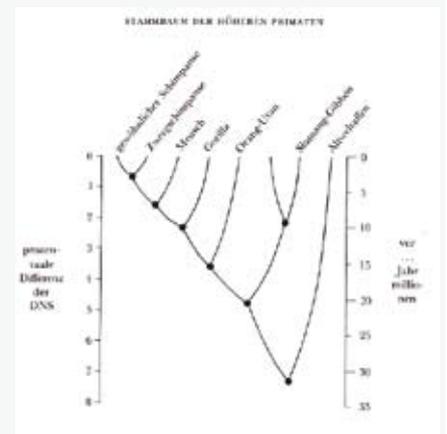
Somit gibt es nicht eine, sondern drei Arten der

Gattung Homo: den gewöhnlichen Schimpansen (*Homo troglodytes*), den Zwergschimpansen (*Homo paniscus*) und den menschlichen Schimpansen (*Homo sapiens*).

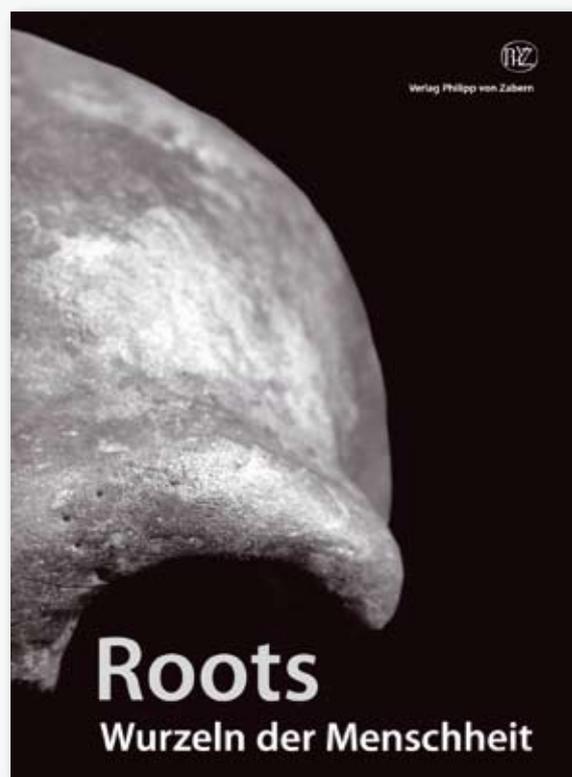
Nach den biologischen Grundlagen unserer kulturellen Entfaltung geht der Autor auf die kulturellen Merkmale ein, von denen wir meinen, dass sie uns vom Tierreich unterscheiden.

„Dieses Buch wird Bestand haben“
(Edward O. Wilson).

Richard Kiridus-Göller



Dem Buch von Seite 32 entnommene Abbildung.



**BUCHBESPRECHUNG
Roots. Wurzeln der
Menschheit**

Hrsg: Gabriele Uelsberg, Rheinisches Landesmuseum; Verlag Philipp von Zabern, Mainz am Rhein 2006

Dieser umfangreiche Katalog, der anlässlich der Ausstellung im Rheinischen Landesmuseum Bonn (8. Juli - 19. November 2006) zum 150 jährigen Jubiläum herausgegeben wurde, bietet einen kompletten Überblick über die Funde und Forschungen rund um den Neandertaler.

In zahlreichen Beiträgen, erfährt man, welche Erkenntnisse seit 1856, als Fuhlrott die ersten Skeletteile eines Neandertalers barg, in der Neandertalerforschung und darüber hinaus gewonnen wurden.

In 24 Beiträgen zeichnen renommierte Wissenschaftler, ein umfassendes Bild der Menschheitsgeschichte.

Von religionswissenschaftlichen Betrachtungen von Entstehungsmythen über die Wiege der Menschheit in Afrika, Forschungsgeschichte und -ergebnisse rund um die Neandertalerfunde sowie seiner Umwelt (Klima, Tiere, Pflanzen, Klima) bis hin zu archäologischen und naturwissenschaftlichen Analysen wird, begleitet von guten Bildmaterial und Grafiken, eine minutiöse Auswertung von wissenschaftlichen Vorlagen und populären Aufsätzen vorgelegt. Dazu gibt es wertvolle Literaturhinweise.

Der Katalog präsentiert in exzellenten Beiträgen die Ausstellungsobjekte im rheinischen Landesmuseum Bonn (8.7.-19.11. 2006) Ein Glossar schließt den Band.

Eine umfassendere oder kompetentere Zusammenfassung des status quo rund um die menschlichen „Roots“ – vor allem zu den Neandertalern – gab es bislang nicht.

EVOLUTION ODER SCHÖPFUNG?

Bernt Ruttner

Durch die Hintertüre ins Reich der Naturwissenschaft

Spätestens seit dem berühmten Brief von Kardinal Schönborn in der New York Times (7. Juli 2005) ist es klar, dass die Anhänger antievolutionistischer Ansichten wieder im Vormarsch sind. Was früher bei uns eine eher verschrobene Minderheit war, scheint sich jetzt unter dem Deckmantel der „Creation Science“ oder des „Intelligent Designs“ (ID) immer weiter auszubreiten.

Kardinal Schönborn hat die Marschrichtung angedeutet. Wer nicht zwingend aus den „Wundern“ der Natur die Existenz Gottes ableitet, ist ein Ideologe. Dass er selbst damit ideologisch argumentiert, verschweigt er schamhaft. Naturwissenschaftler arbeiten mit anderen Werkzeugen als die Theologie, sind daher mit dieser nicht direkt vergleichbar. Keinem Naturwissenschaftler wird es ernsthaft einfallen, einen Gottesbeweis mit naturwissenschaftlichen Methoden anzustreben. Der umgekehrte Weg scheint aber für kreationistisch – (wobei ich diesen Ausdruck auch für Vertreter des Intelligent Designs verwende) – denkende Menschen gangbar zu sein. („Ich war damals weise genug, mir einzugestehen, dass bei mir noch viel zu viele Fragen offen waren, als dass ich von einer wörtlichen Auslegung der Bibel in dieser Frage hätte abgehen können. Wie sollte ich ein Stück feste Gewißheit, das zudem durch viele persönliche Erfahrungen untermauert war, zugunsten einer fragwürdigen Theorie aufgeben? LOGAN 2004, S 14“). Dem ernsthaften Ringen eines Naturwissenschaftlers um Erkenntnis wird ein persönlicher Glaube entgegengesetzt und gleich bewertet. Dieses bewusste Vermischen von naturwissenschaftlicher Erkenntnismethoden mit persönlichen Glaubenshaltungen als Voraussetzung für die Erkenntnis ist kennzeichnend für die Vertreter des Intelligent Designs. Der Glaube wird durch die Hintertüre ins „Stübchen“ der Naturwissenschaft eingeschmuggelt und als Voraussetzung für die Naturwissenschaft ausgegeben. Warum gelingt dies relativ leicht, warum glauben, laut einer Gallup-Umfrage

2005 immerhin 21% der Österreicher, dass Gott die Welt so geschaffen hat, wie es in der Bibel steht und weitere 22% an einen von Gott gesteuerten Entwicklungsprozess? Aus den Lehrplänen der Pflicht- und Höheren Schulen müsste ihnen der Begriff und das Wesen der Evolution doch bekannt sein.

Die verflixte Alltagssprache

Ein Grund für dieses Dilemma besteht sicherlich darin, dass den Schülerinnen und Schülern der Unterschied zwischen Glauben und Wissen, zwischen den Begriffen der Wissenschaftstheorie und der Alltagssprache zu wenig deutlich gemacht wird. „Theoretisch“ ist umgangssprachlich die Möglichkeit eines Prozesses, der meist nicht in der Praxis umsetzbar ist („Theoretisch geht es, praktisch aber nicht“). Naturwissenschaftliche Überlegungen aber machen eine Stufenleiter an Beweisen und Belegen durch, bis sie als eine Theorie gelten können. Also eigentlich genau das Gegenteil der Alltagssprache.

Es ist daher Aufgabe von uns Lehrern, die naturwissenschaftliche Fächer unterrichten, auf diesen Widerspruch immer wieder aufmerksam zu machen. *An naturwissenschaftliche Theorien kann man nicht glauben, man kann sie nur akzeptieren.* (vergl. SCHRADER 2007, S 91).

Es ist als Präventivmaßnahme unumgänglich wichtig den Schülerinnen und Schülern klar zu machen, welche Wesenszüge ein naturwissenschaftliches Programm beinhaltet. Aus der Wissenschaftsgeschichte kennen wir viele Beispiele, wie Paradigmen (vergl. KUHN 1978, S 40) im Laufe der Zeit wechselten, wie Lehrbücher um- und neugeschrieben werden mussten. Im Gegensatz zu Religion und Glauben ist die *Naturwissenschaft ein offenes Programm* mit ungewissem Ausgang. Die Spielregeln dazu wurden vom ausgehenden Mittelalter an durch die großen Philosophen und Naturwissenschaftler der Aufklärung – etwa Ockham, Newton, Hume, Descartes – festgelegt. Religion und Glauben dagegen kennen keine Paradigmenwechsel, sie sind dogmatisch angelegt (vergl. JESZBERGER 1990, S 45f). Dogmen in der Naturwissenschaft sind mit der Zunahme der wissenschaftlichen

Erkenntnis zum Scheitern verurteilt, wie wir am Beispiel des „Zentralen Dogmas der Molekularbiologie“ derzeit erleben können. Genotyp und Phänotyp stehen nicht mehr in einer hierarchischen Beziehung, sondern in einem komplexen Wechselspiel, wie die Ergebnisse der Epigenetik zeigen.

Bewusste Missverständnisse

Unter den Argumenten der ID-Anhänger gegen die Evolutionstheorie stechen einige hervor. Einige, wie die berüchtigten Menschenspuren neben Dinosaurierfährten, sind bereits als Fälschungen entlarvt, bei einigen, wie z. B. Entwicklung der Bakteriengeißel, konnte die Forschung bereits klare evolutionstheoretische Modelle erstellen (vergl. SCHRADER 2007, S 92 ff). Einige wiederum halten sich als Grundargumentation gegen die Evolutionstheorie hartnäckig:

Argument 1: Evolutionsbiologie sei keine „harte“ Naturwissenschaft, da ihr die Überprüfbarkeit durch Experimente oder direkte Beobachtung fehle.

Es gibt aber durchaus bereits experimentelle Untersuchungen zur Veränderung der Arten und gültige Modelle zum Verständnis der Entwicklung. „Wir sind in der Lage, den Prozess der Informationsentstehung in Systemen, die beide Komponenten, Proteine (als Enzyme) und Nucleinsäuren (als Informationsspeicher) enthalten, im Laboratorium nachzuvollziehen (EIGEN, 1997, S 25)“. Wichtig erscheint mir hier, den Schülerinnen und Schülern begreiflich zu machen, dass *Biologie auch eine historische Wissenschaft ist*. Leider ging im Laufe der Zeit der ursprüngliche Begriff „Naturgeschichte“ für unser Fach verloren und wurde durch ein zeitloses „Biologie und Umweltkunde“ ersetzt. Aber ohne historischen Rückblick können wir weder Evolutionsbiologie noch Ökologie (= Umweltkunde) betreiben, wie REICHOLF 2007 in seinem neuesten Buch aufzeigt. Allerdings wird der Begriff „Naturgeschichte“ mit neuen Inhalten und Vorstellungen versehen. Zunehmend kommt es – aus dem Blickwinkel der Evolution – zu einer engeren Verschränkung der biologischen mit den geologisch-paleontologischen Wissenschaften.

Argument 2: Die Beweise für die Evolution seien lückenhaft: z. B., „Wenn es keine Zwischenglieder gibt, ist die Evolutionstheorie offensichtlich falsch – so das Fazit der Kreationisten – und damit Ende der Diskussion (LOGAN 2004, S 98).

Dazu ist zu bemerken, dass Evolutionsbiologie ein Indizienprozess ist und alle Indizien – nach wissenschaftlichen Maßstäben – eine überwältigende Übereinstimmung für die Evolutionstheorie ergeben. Dies gipfelte letztlich in Dobzhanskys legendärer Aussage, das nichts Sinn mache in der Biologie, außer man betrachte es im Lichte der Evolution. „Tatsache ist, dass es keine einwandfreien bekannten und relevanten Fakten gibt, die mit der Evolutionstheorie grundsätzlich unvereinbar sind. (JESZBERGER 1990 S 52)“. Alle bekannten Beweise, wie sie in jedem Lehrbuch nachzulesen sind, entsprechen den Kriterien, die eine naturwissenschaftliche Theorie erfüllen muss.

Argument 3: Evolution habe keine Aussagekraft für unsere Zukunft, bzw. sei keine angewandte Forschung.

Abgesehen davon, dass sich schon Darwins Voraussage über die Abstammung des Menschen bewahrheitete, gibt es auch genügend Beispiele aus der Jetztzeit, die zeigen, dass Evolutionsforschung eine angewandte Wissenschaft ist. So hat sich das evolutionäre Prinzip als wichtig bei der Erstellung der Abstammungslinien der HI-Viren erwiesen. Einen kurzen Überblick über diese Leistungen findet man bei KUTSCHERA 2004, S 84 ff.

Gerade für uns Lehrer sind diese angewandten Beispiele wichtig, um die Evolutionsforschung nicht auf das Niveau eines „Jurassic-Park“ herabsinken zu lassen. Schließlich ist Evolutionsforschung für jene zeitgenössische Klassifikationen, die die meisten Debatten und das meiste Leid ausgelöst haben, nämlich Rasse und Geschlecht bedeutsam: (vergl. DUPRÉ 2005).

Argument 4: Mit Selektion alleine könne man die Entwicklung des Lebens auf der Erde nicht erklären, die Wissenschaftler seien sich selbst uneinig.

Vor allem in vielen populärwissenschaftlichen Sachbüchern (?) werden Teilergebnisse, widersprüchliche Interpretationen als Kritikpunkte an Darwins

Lehre dargestellt, die sie zum Einsturz bringen. Titel wie „Das Darwin-Komplott“, „Die neue Sicht der Evolution. Was Darwin uns verheimlichte“, „Darwins Irrtum“ oder „Darwin's Black Box“ sagen eigentlich schon alles. Auch im populären Bestseller von SCHWANITZ (1999): „*Bildung. Alles was man wissen muss*“ stehen falsche Behauptungen über die Evolutionstheorie, ganz abgesehen davon, dass der Autor sie bezeichnender Weise nicht zur „Bildung“ zählt (vergl. KUTSCHERA 2004, S 77).

Tatsache ist, dass es natürlich innerhalb des Forschungsprogramms verschiedene Meinungen und Kontroversen gibt. Alle diese Aussagen lassen sich aber problemlos mit den zentralen Behauptungen der Evolutionstheorie in Übereinstimmung bringen.

Für eine Gruppe reicht die Macht der Auslese nicht aus, um genügend große Evolutionsschritte zu erzielen. So vermuten manche auch in der Symbiose einen Motor der Evolution. Und auch innerhalb der natürlichen Auslese finden wichtige Debatten statt. Was wird eigentlich selektiert? Nur das Gen oder findet die Selektion auf mehreren Ebenen statt. Neue Erkenntnisse bewirkt auch der Zusammenschluss von Evolutionsforschung mit Entwicklungsforschung (Evo-Devo). Auch Nobelpreisträger Manfred EIGEN spricht – auf der Ebene der molekularen Evolution – von einer „Modifizierung des Darwinschen Weltbildes. Selektion erweist sich deshalb als so effizient, weil sie eine Eigenschaft der gesamten Population, eine massiv parallel ablaufende Ereignisfolge darstellt (EIGEN 1997, S 23f gek.)“.

Es zeigt sich, dass die moderne Evolutionsforschung ein spannendes und lebendiges Feld ist. Dies den Schülerinnen und Schülern zu vermitteln, ist sicher eine der schwierigsten Aufgaben für uns Biologielehrer. Einerseits ist natürlich die vorhandene Zeit unter dem Lehrplanthema „Evolution“ viel zu kurz, andererseits fehlen sowohl uns, wie auch den Schülern viele Voraussetzungen, um die mathematischen Modelle zu durchschauen. Dennoch sollten wir bei jedem passenden Fachthema (Embryologie, Systematik, Molekularbiologie) immer Querverweise zur Evolutionstheorie setzen, damit die Vernetzung all dieser Wissensgebiete klar wird.

„Gott, wenn ER existiert, hat eine übermäßige Vorliebe für Käfer.“

J.B.S. Haldane (1892 – 1964)

Während sich also auf dem Feld der Evolutionsbiologie eine rege Forschungstätigkeit entwickelt, neue Ideen geprüft und diskutiert werden, haben die Vertreter des ID kaum neue Blickwinkel eingebracht. Auch wenn es hart klingen mag, die Argumentation von Kardinal Schönborn erinnert an die Naturtheologie von *William Paley* (1802), der in seiner „Natural Theology“, als Antwort auf David Humes Skeptizismus, die Organismen als Maschinen, die von jemanden geschaffen wurden (Plan – Planer, Uhr – Uhrmacher) interpretiert. Häufig wird dabei der komplexe Bau des Wirbeltierauges zitiert, der unmöglich durch Mutation und Selektion entstanden sein könne. Allerdings dürften dann über die Qualität des Planers leichte Zweifel angemeldet werden, wenn er die Sensoren (Sinneszellen) hinter die ableitenden Nerven versteckt. Den evolutionären Trick, dass das Ding mit besonderen lichtleitenden Zellen funktioniert, entdeckte, laut Zeitungsbericht (Die WELT v. 3.5.07) eine Leipziger Forschungsgruppe. Außerdem wäre es rational unverständlich, warum sich unabhängig von einander in nah verwandten Gruppen unterschiedliche Augentypen entwickelten. (vergl. DAWKINS 2001).

Sich Gott als leitenden Planer und technokratischen Ingenieur vorzustellen, engt die Glaubensvorstellung ein und wirkt unglaublich (siehe Kapitelüberschrift), da es in der Natur zu viele Widersprüche zu einer menschlichen Planung gibt. Und wenn Vertreter des IDs versuchen, die planmäßige Ordnung der Evolution als wissenschaftlich bewiesen darzustellen, dann leisten sie dem Schöpfungsglauben einen eher zweifelhaften Dienst (vergl. SCHRADER 2007, S 109). Denn im Prinzip gibt es keinen Widerspruch zwischen einem Gottesglauben und den Ergebnissen der modernen Evolutionsforschung.

Denn dass sich Biologie und Theologie auch auf einer anderen Ebene begegnen können, zeigt der Bericht eines 2002 stattgefundenen Symposium zum

Thema „Religion und Evolution“ (LÜKE et. al. 2004). Hier wird in einem anderen Ton gesprochen: „Die jüdisch-christliche Religion nimmt keinen Anstoß am Gedanken eines evolutionären Artwandels, sonst hätte sie die Jahrtausende alte Züchtungspraxis verbieten müssen, wenn die Art, wie von Gott geschaffen, sakrosankt wäre (S 99)“. Oder: „Die lange Serie von Schwierigkeiten zwischen Evolutionstheorie und Theologie kommt von dem naiven theistischen Gottesbild, mit dem beide, arbeiten und sich gegenseitig festlegen. (S 113)“.

Weiter hilft in dieser Auseinandersetzung ein Satz des protestantischen Theologen D. Bonhoeffer: „Den Gott, den es gibt, gibt es nicht“. Damit meint er, dass sich die göttliche Wirklichkeit mit unseren gegenständlichen Vorstellungen nicht erfassen lässt. Genau dies versuchen aber die ID-Interpreten aber immer wieder.

Auf leisen Sohlen

Aus obiger Sicht wäre diese Diskussion ein eher akademisches Thema. Das Perfide ist, dass sich der Kreationismus intensiv politischer Strategien bedient, um seine Zielsetzung, die Rückkehr in eine voraufklärerische Zeit, zu erreichen. In Amerika sind seit dem berühmten Affenprozess, diese Strategien dokumentiert. Der Wandel vom wortwörtlichen Schöpfungsglauben zum ID zeigt, wie hartnäckig versucht wird, in die staatliche Öffentlichkeit einzudringen und davon Besitz zu ergreifen. Immer wieder werden neu Gesetzesanträge in Amerika gestellt, klar nach dem Motto: „Steter Tropfen höhlt den Stein“. (Genauerer bei JESZBERGER 1990, KUTSCHERA 2004).

In den letzten Jahren beginnt auch bei uns die Infiltration mit kreationistischem Gedankengut. Sicherlich ist die Motivation von Kardinal Schönborn – auch nachzulesen in seinem Buch – eine andere als die der fundamentalistischen Kreationisten. Der Effekt ist aber leider der selbe. Wissenschaft und Glaubensinhalte werden vermengt. Neben den oben zitierten Sachbüchern gibt es hervorragend gemachte Internetauftritte der Kreationisten. Hier ist es Aufgabe des Lehrers bei der Informationssuche über Internet auf diese Tatsache hinzuweisen. Die Widerlegung der Behauptungen der Evolutionsgegner findet man fein säuberlich unter www.talkorigins.org aufgelistet.

Auch auf Internetseiten der Max-Planck-Gesellschaft, sowie in Artikeln renommierter Fachzeitschriften (z.B. Praxis der Naturwissenschaften) konnten kreationistische Thesen eingeschmuggelt werden, die zu einer heftigen Auseinandersetzung mit Evolutionsbiologen führten (KUTSCHERA, 2004). Höhepunkt dieses Einschleichprozesses aus schulischer Sicht war sicherlich die Verleihung eines Preises für das kreationistische Schulbuch von Junker / Scherer. In diesem Buch wird die Grundtypenlehre vertreten, die zwar Mikroevolution, aber keine Makroevolution erlaubt. Dabei enthält sie folgende Aussagen: a) Lebewesen existieren als diskrete Schöpfungseinheiten. b) Die Grundtypen existieren seit ca. 10.000 Jahren, sie sind nur begrenzt veränderlich (KUTSCHERA, 2004, S 156). Erstaunlich war aber die Reaktion auf die Verleihung des Preises. Der Vorsitzende des Kuratoriums „Deutscher Schulbuchpreis“ meinte, dass die Evolutionslehre für viele junge Menschen der Anlass sei, Gott aus ihrem Lebenskonzept zu streichen und daher das Buch eine mündige (!) Beurteilung der unterschiedlichen Vorstellungen ermögliche. Ein CDU-Vorsitzender meinte, das Buch ermögliche es, auch im naturwissenschaftlichen Unterricht über Gott zu sprechen. Der Verband Deutscher Biologen setzte eine Gegenreaktion und warnte die Unterrichtsminister – in Deutschland ist Bildung Ländersache – davor, das Werk in die offiziellen Schulbuchlisten aufzunehmen.

Diese Beispiele zeigen, dass wir auch in Österreich auf der Hut sein müssen. Immer wieder gibt es auch bei uns Schüler, die mit dem Hinweis auf ihren Glauben, es ablehnen evolutionstheoretische Inhalte zu lernen. Hier müsste der Hinweis genügen, das Glauben die eine Sache sei, der Lehrinhalt des Lehrplanes eine andere. Dieser Lehrinhalt ist auch wieder zu geben. Wie man mit den Lehrhalten in seinem persönlichen Leben umgeht, ist Privatsache.

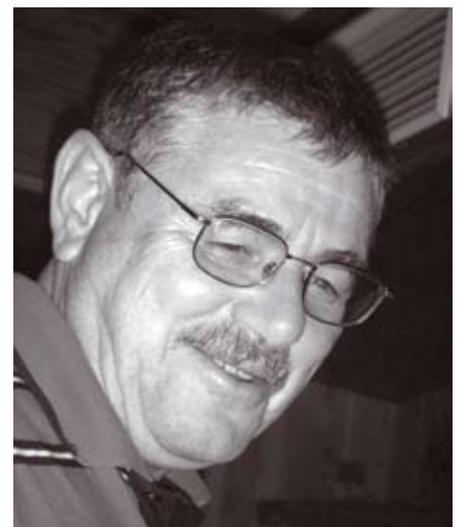
Zu guter Letzt

Ausgeklammert blieb bisher der methodische Ansatz, dass Religion, Moral und Geist auch nur Elemente der biologischen Evolution sind. Dabei wird Religion als Überlebensvorteil der frühen Menschheit dargestellt. Darüber zu diskutieren, würde in diesem Rahmen zu weit führen. Allerdings sei eine ab-

schließende Randbemerkung des amerikanischen Autors Phillip Longman gestattet. In einem Essay über den Wandel der Gesellschaft hat er auf die Tatsache verwiesen, dass Familien mit konservativen, religiösen Werten mehr Kinder haben als liberale. „So gesehen ist Kritik an der Evolution womöglich ein Evolutionsvorteil“ (SCHRADER 2007, S 133)

Literatur:

- DAWKINS, Richard (2001): Gipfel des Unwahrscheinlichen. Wunder der Evolution. Rowohlt Taschenbuch Verlag, Reinbek b. Hamburg
 DUPRÉ, John (2005): Darwins Vermächtnis. Suhrkamp Verl. Frankfurt/ Main.
 EIGEN; Manfred : Was bleibt von der Biologie des 20. Jahrhunderts? In: MURPHY, M.; O'NEILL, L. (Hrsg.) (1997): Was ist Leben? Die Zukunft der Biologie. Spektrum Akadem. Verl. Heidelberg
 JESZBERGER, Rolf (1990): Kreationismus. Paul Parey, Berlin, Hamburg
 KUHN, Thomas S. (1978): Die Entstehung des Neuen. Suhrkamp Verl. Frankfurt a. Main
 KUTSCHERA, Ulrich (2004): Streitpunkt Evolution. LIT Verlag, Münster
 LOGAN, Kevin (2004): Crashkurs: Schöpfung und Evolution. R. Brockhaus Verl. Wuppertal
 LÜKE, U.; SCHNAKENBERG, J.; SOUVIGNIER, G. (Hrsg.) (2004): Darwin und Gott. WBG, Darmstadt.
 REICHHOLF, Josef (2007): Eine kurze Naturgeschichte des letzten Jahrtausends. S. Fischer, Frankfurt a. Main
 SCHRADER, Christopher (2007): Darwins Werk und Gottes Beitrag. Verlag Kreuz, Stuttgart
 SCHÖNBORN, Christoph Kardinal (2007): Ziel oder Zufall? Herder. Freiburg i. Breisgau



Autor und Kontakt:

Dr. Bernt Ruttner
 BRG SCHLOSS WAGRAIN
 Schlossstraße 31
 A - 4840 Vöcklabruck
 b.ruttner@aon.at

INTELLIGENTES DESIGN? EHER NEIN ...

Wilhelm Richard Baier



Tja, die Kreationisten machen wieder von sich reden: das Design-Argument wird erneut gegen die Evolutionswissenschaft hervorgekramt. Es ist auch als Uhrmacher-Argument bekannt: die Uhr als komplexes und planvolles Gebilde kann nicht von selbst entstanden sein – daher muss es auch einen Urmacher geben.

Nun, das Argument lässt sich natürlich auch auf Gott selbst anwenden: etwas so Vollkommenes und Komplexes wie Gott kann nicht von selbst entstanden sein – also braucht es einen Gotteschöpfer... (et ad infinitum). Allein das zeigt schon, dass der Schluss nicht gültig ist. Er wurde schon sehr früh als irrational entlarvt. Aber ich will mich hier gar nicht bei der Analyse des Arguments aufhalten – dazu ist eigentlich alles schon von kompetenterer Seite gesagt und nachgewiesen worden. Ich will mich auf die Kernaussage des Design-Argument konzentrieren: auf die implizite Behauptung nämlich, dass die Natur bzw. der Kosmos wohldurchdacht

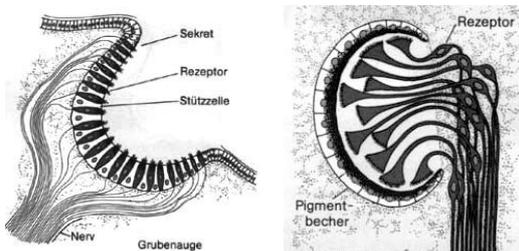
ist und somit von einer höheren Intelligenz zeugt.

Diese Behauptung ist grundfalsch und spiegelt nur Vorurteile und Wunschenken wider. Die Natur selbst beweist das Gegenteil: ihr Design ist durchwegs unintelligent! Ich will hier nur zwei Beispiele für viele herausgreifen:

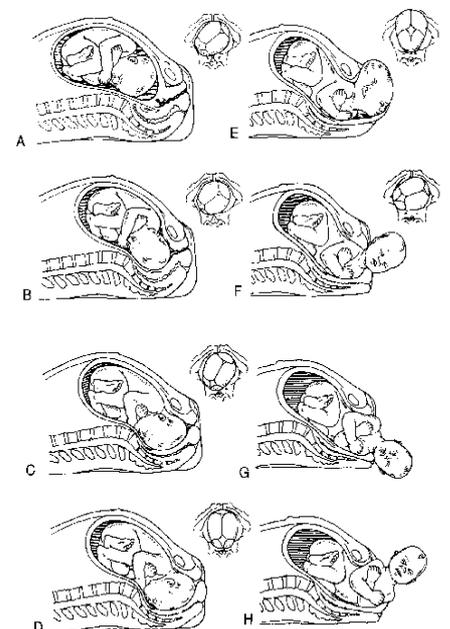
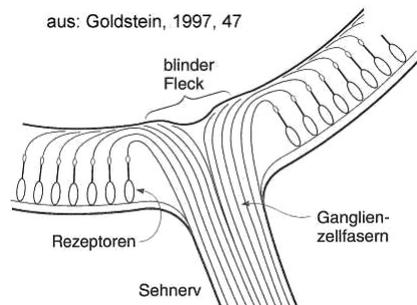
1) Der blinde Fleck im Auge zeigt, dass das Design nicht wohldurchdacht und eher mehr als nur suboptimal ist. Wie kann diese Aussage bewiesen werden? Indem uns die Natur selbst auch bessere Lösungen anbietet, die der Mensch allerdings durch ein evolutionäres Handicap nicht verwirklichen kann. Armfüßler besitzen beispielsweise everse Augen ohne blinden Fleck. Das heißt, das Auge des Oktopus hat eine dem Licht zugewandte Netzhaut – was eine optimale Lichtausbeute erlaubt. Das kommt daher, dass das Auge der Armfüßler einen anderen evolutiven Ausgangspunkt nahm: es entstand aus so genannten Augengruben, die mit einer lichtempfindlichen Zellschicht ausgekleidet waren. Das inverse Auge der Vertebraten entwickelte sich hingegen aus so genannten Becheraugen, wo die lichtempfindlichen Zellen durch die vordere Öffnung in einen Pigmentbecher hineinwachsen. Beide Systeme erfüllten den ursprünglichen Zweck gleich gut: sie erlaubten es, die Herkunftsrichtung einer Lichtquelle auszumachen. Doch die weder geplante noch intendierte Folge war, dass das Auge der Wirbeltiere eine dem Licht abgewandte Netzhaut hat, die von den afferenten und eferenten Nervenbahnen überlagert wird, die durch den blinden Fleck das Auge verlassen. Somit muss das Licht erst mehrere Zellschichten durchdrin-

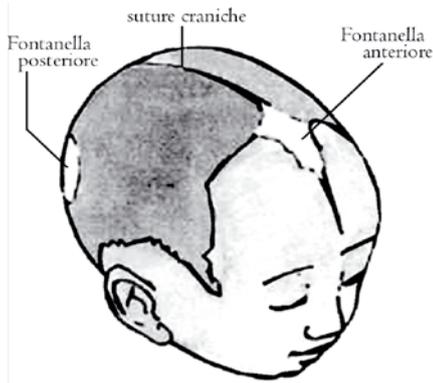
gen, bevor es zu den eigentlichen Lichtrezeptoren vordringen kann. Das ist weder intelligent, noch optimal. Doch der Natur bleibt kein Ausweg – sie kann sich nur dessen bedienen, was bereits vorhanden ist, und nicht alles neu am Reißbrett entwerfen.

2) Auch die Geburt des Menschen durch das Becken zeugt nicht von intelligentem Design. Da die menschliche Geburt große Probleme macht, die andere Arten kaum kennen, war schon den Alten bekannt, weshalb der Mythos von den Geburtsschmerzen als eine Bestrafung für die sündhafte Frau Eingang ins Alte Testament fand. Der ganze Geburtsakt ist ein Kompromiss zwischen verschiedenen Ansprüchen, die die Natur an den Menschen stellt, die aber schwer in Einklang zu bringen sind. So geht der aufrechte Gang aus statischen Gründen mit einer Verengung des Beckens einher. Zugleich ist der Kopfumfang beim Menschen erheblich angewachsen. Von daher wäre es sinnvoll, die Geburt nicht durch das Becken vorzunehmen, sondern durch die Bauchdecke. Aber der Weg durchs Becken ist von der Evolution vorgegeben – die Natur kann eingeschlagene Wege nicht verlassen, nur weil sie sich unerwartet als nachteilig erweisen. In der Natur ist schließlich nichts geplant! Daher kann der Geburtskanal auch nicht verlegt oder neu angelegt werden – da er nun einmal schon



aus: Goldstein, 1997, 47





da ist. Aus diesem Grund ist der Mensch eine physiologische Frühgeburt – er kommt in einem Stadium zur Welt, wo er noch getragen werden muss, und das Schädelwachstum noch nicht abgeschlossen ist (der Schädel besitzt eine so genannte Fontanelle und ist noch weich). Das alles ist kompliziert und riskant – einfach und intelligent hätten Ingenieure das ganze Konzept über den Haufen geschmissen und völlig neu designed. Doch dazu ist die Natur nicht in

der Lage. Es war auch nicht vorgesehen, dass eine Primatenart einmal aufrecht geht und noch dazu sein Gehirnvolumen dermaßen vergrößert. Beides lässt sich mit der vorgegebenen Ausstattung der Primaten nur schwer unter einem Hut bringen. Der Kompromiss ist die menschliche Frühgeburt durch ein durchschnittlich etwas breiteres Becken der Frau, alles miteinander suboptimal!

Wer nach diesen evidenten Unstimmigkeiten noch immer an ein intelligentes Design glaubt, ist blind für die Realität. Natürlich ist es verständlich, dass viele Menschen so denken, da es dem Erleben in ihrem Lebenskontext entspricht: wir handeln in der Regel planvoll und mit Intentionen. Also nehmen wir an, dass alles planvoll oder mit Intention versehen ist. Doch das ist eine ungültige Verallgemeinerung, die noch dazu einen unzulässigen Kategorienmix enthält: der Mensch überträgt die psychischen Empfindungen, die durch die sozialen

Interaktionen ausgelöst werden, auf die physikalischen Gegebenheiten. Doch die physische Natur kennt keine Intention und ist planlos. Die kleinen Handlungen, die in unserem kurzen Leben von großer Wichtigkeit sind, verlieren in Relation zum gesamten Universum jedwede Bedeutung.

Autor und Kontakt:

Dr. Wilhelm Richard Baier studierte Biologie, Medizin, Philosophie und Linguistik. Seit 1993 ist er pädagogischer Mitarbeiter der Grazer URANIA und hier vor allem mit der naturwissenschaftlich ausgerichteten Bildungsarbeit betraut.

Dr. Wilhelm Richard Baier

Österr. Urania für Stmk.
Burggasse 4/1
8010 Graz

www.urania.at
baier@urania.at



Reto U. Schneider

Das Buch der verrückten Experimente

C. Bertelsmann Verlag, München 2004



Das Buch der verrückten Experimente vom Wissenschaftsjournalisten Reto U. Schneider enthält nach eigenen Angaben die Abfallprodukte seiner journalistischen Arbeit. Doch für Abfall sind die teilweise sehr skurrilen Beiträge viel zu interessant und nicht immer ohne Belang. Zumindest spiegeln sie wider, womit sich Wissenschaft (nicht

nur abseits vom Mainstream) im Laufe der Geschichte beschäftigt hat.

Vieles erscheint uns heute unnötig, abwegig oder gar grausam. Doch die Experimentatoren nahmen ihre Versuche stets ernst. Ob es sich nun um Experimente mit Geköpften, Kopftransplantationen, Ausreißen von Schamhaaren, Spinnen unter Drogen, Verhalten am Pissoir, Sex im Kernspintomographen oder um das Wägen der Seele ging.

Auch wenn viele der beschriebenen Versuche prima facie als verrückt erscheinen, sind ihre Ergebnisse doch manchmal recht erstaunlich und rechtfertigen a posteriori so manches Experiment, wenn von bewussten Betrugereien einmal abgesehen wird. Außerdem gilt ganz allgemein für die Wissenschaft: Auch ein gescheitertes Experiment ist ein wissenschaftliches Ergebnis!

Eine Sackgasse fordert uns dazu auf, einen anderen Weg zu beschreiten. Ich möchte willkürlich einige Beispiele aus dem Buch herauszugreifen, die durchaus Sinn machten:

Drei Experimente zeigten, dass es gewöhnlich eine gewaltige Diskrepanz zwischen geäußelter Meinung und konkretem Verhalten von Men-

schen gibt – Umfragen haben daher nur geringen Wert für die Verhaltenseinschätzung der Befragten. Besonders interessant war dabei das Beispiel mit den Moralthologen auf dem Weg zu einem Ethikseminar, die an einem „Opfer“ achtlos vorbeigingen. Dazu passen natürlich auch die Experimente zur Gewaltbereitschaft des Menschen. Bekannt sind das Milgram-Experiment oder das Gefängnis-Experiment. Weniger bekannt ist vielleicht das Vandalen-Experiment, das zeigt, dass auch brave Bürger leicht zum Vandalismus verführbar sind. Für mich besonders interessant war das Experiment mit der Dollar-Versteigerung: Es zeigt, dass Menschen, die sich – durch einen minimalen Gewinn gelockt – auf eine ausweglose Situation einlassen, nicht mehr aufhören können. Der einzige Weg aus dem Schlamassel herauszukommen scheint ihnen das weitermachen zu sein. Dass sie dabei nur immer tiefer in die Ausweglosigkeit hineintreiben, spielt keine Rolle mehr. Sie halten stur an der anfänglich gewählten Strategie fest. Viele Kriege laufen genau nach diesem Muster ab!

Trotz oder gerade wegen der Vielzahl an Skurrilitäten ist das Buch mehr als lesenswert. Und gerade deshalb ist es sehr anregend und fordert unseren Intellekt heraus. Es ist jedenfalls eine Gewinn bringende Lektüre!

MIT SYSTEM ZUR GRUNDBILDUNG

Ein Beitrag zur Diskussion um Bildungsstandards im Fach Biologie

Doris Elster

Dem naturwissenschaftlichen Unterricht in Österreich und Deutschland wird durch Vergleichsstudien wie PISA und TIMSS bescheinigt, dass er nicht dem Stand heutiger Erkenntnisse über die Gestaltung von Lehr-Lern-Prozessen entspricht. Die Unzufriedenheit mit den Ergebnissen hat in beiden Ländern zur Diskussion darüber geführt, wie die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler besser gefördert werden können. In Deutschland wurden daraufhin im Jahr 2005 nationale Bildungsstandards für die naturwissenschaftliche Fächer Biologie, Chemie und Physik eingeführt (KMK, 2005), in Österreich ist die Einführung in Diskussion. Die Hauptfrage bei der Entwicklung von Bildungsstandards lautet dabei: „Was sollen die Schülerinnen und Schüler am Ende der Sekundarstufe I wissen und können?“

Die Arbeit an den Bildungsstandards ist also am Outcome, d.h. an den Lernergebnissen am Ende der Sekundarstufe I orientiert. Dabei gehören zu den Standards sowohl die zu vermittelnden Kompetenzen als auch zu erarbeitendes grundlegendes fachliches Wissen. Dieses fachliche Wissen setzt sich im Bereich der Biologie aus den Basiskonzepten System, Struktur und Funktion sowie Entwicklung zusammen.

Ziel dieses Artikels ist es, die Ansprüche und Ziele eines Biologieunterrichts, der sowohl Kompetenzen fördern als auch fachliches Wissen aufbauen möchte, aufzuzeigen und am Beispiel einer Unterrichtsaufgabe zum Basiskonzept System exemplarisch zu erörtern.

Bildung durch Biologieunterricht: Ansprüche und Ziele

International wird heute der Anspruch diskutiert, naturwissenschaftlicher Unterricht solle zum Erwerb einer Scientific Literacy beitragen. Diese didaktische Konzeption wird vom PISA-OECD-Konsortium wie folgt beschrieben:

Naturwissenschaftliche Grundbildung (Scientific Literacy) ist die Fähigkeit, naturwissenschaftliches Wissen anzuwenden, naturwissenschaftliche Fragen zu erkennen und aus Belegen Schlussfolgerungen zu ziehen, um Entscheidung zu verstehen und zu treffen. (OECD, 2000, S. 7).

Ziel naturwissenschaftlicher Grundbildung ist es, Phänomene erfahrbar zu machen, die Sprache und Historie der Naturwissenschaften zu verstehen, ihre Ergebnisse zu kommunizieren und sich mit den spezifischen Methoden der Erkenntnisgewinnung sowie deren Grenzen auseinander zu setzen (KMK, 2005). Dieses Bildungskonzept erfordert einen naturwissenschaftlichen Unterricht, der dazu beiträgt, dass Schülerinnen und Schüler relevantes, anwendbares Wissen erwerben um persönliche und gesellschaftlich bedeutsam Entscheidungen und Handlungen zu verstehen und selbst zu treffen. Darüber hinaus soll Unterricht zur Persönlichkeitsbildung beitragen, also auch Werte, Ziele und Fähigkeiten ausbilden (Löwisch, 2000). Kognitive wie emotionale und motivationale Aspekte werden zu einem Kompetenzbegriff zusammen geführt, der wie folgt definiert wird:

Kompetenzen sind bei Individuen verfügbare oder von ihnen erlernbare kognitive Fähigkeiten und Fertigkeiten, bestimmte Problemezulösen, sowie dedit damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können. (Weinert, 2001, S.27f)

Kompetenzbereiche, Kompetenzen und Basiskonzepte

Ausgehend von dieser Kompetenzdefinition werden in den Nationalen Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss der Sekundarstufe I dar (KMK, 2005) vier Kompetenzbereiche definiert. Gemäß dem Konzept der naturwissenschaftlichen Grundbildung (Scientific Literacy) sollen die Fächer ei-

nen Beitrag zur kulturellen Identität der jungen Generation leisten. Damit wird die Wertorientierung des naturwissenschaftlichen Unterrichts deutlich. Dieser Dimension der naturwissenschaftlichen Grundbildung ist der Kompetenzbereich Bewertung zugeordnet. Weiterhin soll den Jugendlichen eine aktive Teilhabe an der gesellschaftlichen Kommunikation und Meinungsbildung über technische Entwicklung und naturwissenschaftliche Forschung ermöglicht werden. Dem gemäß ist Kommunikation ein weiterer Kompetenzbereich. Der dritte Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung umfasst die Entwicklung des naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens sowie die kritische Auseinandersetzung mit den Grenzen naturwissenschaftlicher Methoden.

Fachwissen und seine Anwendung in unterschiedlichen Kontexten stellt einen weiteren Kompetenzbereich dar (Bayrhuber, 2006). Am Beispiel des Faches Biologie werden die vier Kompetenzbereiche konkret erläutert (Abbildung 1):

KOMPETENZBEREICHE DES FACHES BIOLOGIE	
Fachwissen	Lebewesen, biologische Phänomene, Begriffe, Prinzipien, Fakten kennen und den Basiskonzepten (System, Struktur / Funktion und Entwicklung) zuordnen.
Erkenntnisgewinnung	Beobachten, Vergleichen, Experimentieren, Modelle nutzen und Arbeitstechniken anwenden.
Kommunikation	Informationen sach- und fachbezogen erschließen und austauschen.
Bewertung	Biologische Sachverhalte in verschiedenen Kontexten erkennen und bewerten.

Abb 1: Kompetenzbereich des Faches Biologie (KMK, 2005, S. 7)

Die Bildungsstandards sehen also sowohl eine Inhalts- als auch eine Handlungsdimension vor. Die Inhaltsdimension wird auf der Grundlage von drei in sich vernetzten Basiskonzepten erarbeitet, die ein systemisches und multi-

SYSTEM	STRUKTUR UND FUNKTION	ENTWICKLUNG
<p>Systemische Betrachtung der lebenden Natur (Biosysteme)</p> <p><i>Systemebenen:</i> Zelle, Organismen, Ökosysteme, Biosphäre</p> <p><i>Systemelemente:</i> Zellorganellen, Organe, abiotische und biotische Elemente</p> <p><i>Spezifische Eigenschaften und Wechselwirkungen:</i> Stoff- und Energieumwandlung, Steuerung und Regelung, ...Stoffkreisläufe</p> <p><i>Systementwicklung</i> <i>Wechselwirkung mit Systemen der Gesellschaft</i></p>	<p>Erfassen, Ordnen und Wiedererkennen von Strukturen als Grundlage für das Verständnis der Funktion und Entwicklung von Biosystemen.</p> <p>Die funktionelle und evolutive Betrachtung von Strukturen weist die Biologie als erklärende Naturwissenschaft aus.</p>	<p>Lebende Systeme verändern sich in der Zeit, sie sind durch Entwicklung gekennzeichnet.</p> <p>Es wird die Individuentwicklung und die evolutionäre Entwicklung unterschieden.</p>

Abb. 2: Basiskonzepte des Kompetenzbereichs Fachwissen

perspektivisches Denken fördern. Die Handlungsdimensionen beziehen sich auf experimentelle und theoretische Erkenntnisgewinnung, fachbezogene Kommunikation und auf die Anwendung und Bewertung biologischer Sachverhalte in fachlichen und gesellschaftlichen Kontexten.

Die drei Basiskonzepte System, Struktur und Funktion sowie Entwicklung strukturieren die fachlichen Inhalte (siehe Abbildung 2). Mit ihnen wird die Komplexität der biologischen Inhalte gegliedert und das exemplarische und kumulativ erworbene Wissen vernetzt. Ziel ist es, dass die Schülerinnen und Schüler ein ganzheitliches und zusammenhängendes Verständnis für naturwissenschaftliche Fragestellungen und Aufgaben erwerben.

Ein Aufgabenbeispiel zur Förderung des Basiskonzepts System

Die Bildungsstandards sehen vor, dass Fachwissen und Kompetenzen nur gemeinsam und in Kontexten erworben werden können. Sie beschreiben erwünschte Ergebnisse des Lernens, sie geben aber keine Unterrichtsmethoden oder -strategien vor. Damit beschäftigt sich u.a. das Projekt Biologie im Kontext (bik). Das ist ein bundesweites von BMBF für die Dauer von drei Jahren gefördertes Projekt zur Kompetenzförderung der Schülerinnen und Schüler. Bik orientiert sich bei der Kompetenzförderung an den von der KMK veröffentlichten Bildungsstandards und möchte die beteiligten Lehrkräfte bei deren Umsetzung im eigenen Unterricht unterstützen und wissenschaftlich begleiten (Bayrhuber et al., 2007). Dazu werden Lerngemeinschaften (Brown, 1997) gebildet, in denen Lehrkräfte

unterstützt von Fachdidaktikern Aufgaben und Unterrichtspläne entwickeln und ihre Unterrichtserfahrungen reflektieren (Elster, 2006). Zur Entwicklung der Aufgaben wird ein Aufgabenformat entwickelt, das von folgenden Leitfragen ausgeht (nach: OECD/PISA 2006):

- In welchem Kontext steht die Aufgabe? Ist die Aufgabe von lebensweltlicher oder gesellschaftlicher Relevanz?
- Welches Wissen müssen die Lernenden für die Aufgabenlösung verwenden? Welche Basiskonzepte (Inhaltsdimension) werden gefördert?
- Welche Kompetenzen (Handlungsdimension) sind für die erfolgreiche Lösung und Bearbeitung der Aufgaben erforderlich?
- Ist die Aufgabe für Schülerinnen und Schüler interessant und motivierend (affektive Dimension)?

Das folgende Aufgabenbeispiel „Mit dem Forschungsschiff Polarstern ins Packeis der Arktis“ soll die Umsetzung dieser Leitfragen veranschaulichen:

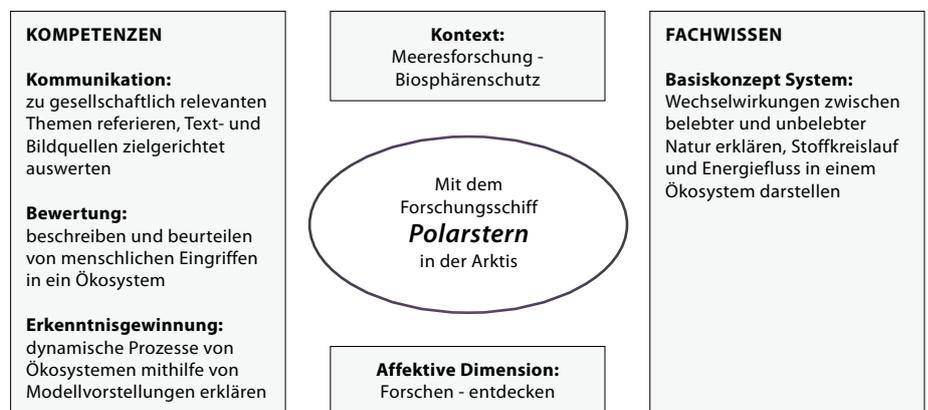


Abb. 3: Konstruktion der Aufgabe „Mit dem Forschungsschiff Polarstern in die Arktis“ entsprechend der bik Leitfragen.

Literatur:

Bayrhuber, H. (2006). Entwicklung von Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss in der Sekundarstufe I – Biologie, Chemie, Physik. In Bayrhuber, H., Elster, D., Krüger, D., Vollmer, H.(Hrsg.) Kompetenzentwicklung und Assessment. Innsbruck: Studienverlag. 69-80.

Bayrhuber, H., Bögeholz, S., Eggert, S., Elster, D., Grube, Ch., Höble, C., Lücken, M., Linsner, M., Mayer, J., Möller, A., Nerdel, C., Neuhaus, B., Prechtel, H., Sandmann, A., Mittelsten-Scheid, N., Schmie-mann, P. & Schoormans, G.(2007). Biologie im Kontext – Erste Forschungsergebnisse zu den Kompetenzbereichen Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation & Bewertung sowie zur Evaluation des Projekts. Der Mathematisch-Naturwissenschaftliche Unterricht. Manuskript eingereicht zur Veröffentlichung.

Brown, A.L.(1997). Transforming schools into communities of thinking and learning serious matters. American Psychologist 52, 399-413

Elster, D. (2006). Teacher’s Voices in Learning Communities – First Results of the Qualitative Evaluation within the Project „Biology in Context“. Proceedings of the ERIDOB Conference. London: University of London.

KMK (2005). Bildungsstandards im Fach Biologie für den mittleren Bildungsabschluss. München, Neuwied: Luchterhand.

Löwisch, D.-J. (2000). Kompetentes Handeln. Bausteine für eine Lebenswelt bezogene Bildung. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.

OECD-PISA, Deutsches PISA-Konsortium (2000). Schülerleistungen im internationalen Vergleich. Eine neue Rahmenkonzeption für die Erfassung von Wissen und Fähigkeiten. Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.

OECD/PISA (2006). Scientific Literacy Framework, <http://www.pisa.oecd.org>

IST WIRTSCHAFTLICHE EVOLUTION THEORIEFÄHIG?

Fortsetzung des Artikels von Ausgabe 4 / 2006. Der komplette Artikel ist für jene, die mit der Warenlehre befasst sind, von besonderem Interesse. Als Service für bioskop-Leser sind der Aufsatz mit allen 9 Abschnitten, sowie Angaben zur Literatur bei der bioskop-Redaktion erhältlich. Anfragen an bioskop@vienna.at

ULRICH WITT

IV. Wirtschaftliche Evolution und die Kontinuitätshypothese

Im Herbst 1835 besuchte Darwin auf seiner fünfjährigen Weltumrundung mit dem königlich-britischen Segelschiff *Beagle* die Galapagosinseln tausend Kilometer westlich der ekuadorianischen Küste im Stillen Ozean. Während der ganzen Reise hatte er, wie viele andere Naturforscher, die damals auf Entdeckungsreise um die Erde waren, umfangreiche Naturbeobachtungen und -aufzeichnungen vorgenommen. Auf dem fast unberührten Archipel fand er eine reiche Fauna mit einer Vielzahl ganz eigener Arten. Darunter waren auch die verschiedenen, später so genannten Galapagosfinken von den sehr unterschiedlich gestalteten Inseln des Archipels. Darwin schloss, dass es sich bei den Vögeln um jeweils eigenständige Arten handelte, die alle einen wahrscheinlich sehr viel früher eingewanderten gemeinsamen Stammvater hatten. Diese später bestätigte Vermutung war ein erster Schritt in der Formulierung seiner Abstammungslehre (Mayr 1994, S.19-20), einem wesentlichen Bestandteil von Darwins Theorie der Evolution.

Heute – nicht einmal zweihundert Jahre nach Darwin – würden Forschungsreisende, die auf der Suche nach den Spuren der Evolution die Galapagos Inseln betreten, andere Entdeckungen machen. Was neu hinzugekommen ist, sind nicht weitere Arten, sondern Hütten, Straßen, Landpisten, Radarstationen und viele andere menschliche Artefakte. Auch sie datieren aus unterschiedlichen Zeiten, freilich Zeiten der

menschlichen Besiedlung der Inseln. Sie sind nicht Ausdruck genetischer Programme. Aber irgendwelche 'Programme' scheinen auch ihrer Entstehung zugrunde zu liegen. Forschungsreisende von heute müssten sich im Lichte dieser Beobachtungen eigentlich die Frage stellen, welche Art von "Evolution" hier vorliegt, und in welcher Beziehung diese Art von Evolution zur Evolution in der Natur steht. Genau an dieser Stelle setzt die Kontinuitätshypothese an. Wie im vorigen Abschnitt skizziert, korrespondiert das generische Konzept von Evolution als Prozess der Entstehung und Ausbreitung von Neugier mit der Vorstellung, dass es verschiedene, domänen-spezifische Realisierungen dieser Prozesse gibt. Es ist naheliegend zu vermuten, dass es zwischen diesen eine (ontologische) Beziehung gibt. Auf der Basis dieser Vermutung lässt sich wirtschaftliche Evolution auch in einer darwinistischen Weltsicht verorten (vgl. dazu auch Vromen 2001).

Für den ökonomischen Kontext lässt sich die Vermutung folgendermaßen konkretisieren. Unter den mutmaßlichen Bedingungen der frühen menschlichen Stammesgeschichte beeinflussen Unterschiede im wirtschaftlichen Verhalten (Konsum, Produktion, Kapitalbildung in Form von primitiven Werkzeugen) den differentiellen Reproduktionserfolg. Soweit das Verhalten genetischen Dispositionen entsprach, ist es daher vermutlich auch einer Formung durch die natürliche Auslese unterworfen gewesen. Die Domänen der Theorie der natürlichen Auslese und der Theorie wirtschaftlichen Wandels

überlappen sich folglich für diesen Zeitraum. In moderneren Volkswirtschaften existiert eine positive Korrelation zwischen wirtschaftlichem Erfolg und Reproduktionserfolg (gemessen in selbst zur Reproduktion gelangenden Nachfahren) nicht mehr. Wenn Wirtschaft und Gesellschaft also weiter evolvieren, dann muss dafür eine andere Form von Evolution verantwortlich sein als jene der "Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl", die Darwin (1859) studierte. Allerdings geht die Evolution in der Natur allen anderen Formen von Evolution in lebenden Systemen in historischer Zeit voraus. Sie hat damit sowohl die (weiter unter Selektionsdruck evolvierte) natürliche Umgebung des Menschen als auch die Grundlagen seines Verhaltensrepertoires geschaffen. Entscheidend ist nun, dass diese Vorgaben die Basis sind, auf der alle späteren, von menschlichem Handeln verursachten oder beeinflussten, kulturellen Formen von Evolution operieren. In einem solchen Sinne kann man daher nicht nur von einer historischen, sondern auch einer ontologischen Kontinuität der verschiedenen Formen von Evolution sprechen, selbst wenn deren Mechanismen und Gesetzmäßigkeiten unterschiedlich sind.¹⁷

Biologische und kulturelle Formen von Evolution haben vermutlich eine Phase der Ko-evolution durchlaufen, bevor sich die Domänen der beiden Theorien auseinander entwickelten (vgl. etwa Boyd und Richerson 1985). Die Synergismen zwischen den Ergebnissen gleichzeitiger natürlicher und kultureller Auslese brachten dem Menschen einen

17. Bei allen Unterschieden teilen die verschiedenen Formen von Evolution freilich die im vorigen Abschnitt erläuterten abstrakten, generischen Eigenschaften. Für einen Versuch, eine allgemeine evolutionäre Ontologie zu begründen, vgl. auch Hermann-Pillath (2001).

18. Angesichts verbreiteter, unrealistischer Rationalitäts- und Komputationsannahmen in der Öko-

nomik wird die Frage der mentalen oder kognitiven Fähigkeiten meist im Rahmen des Konzepts einer "beschränkten Rationalität" (Simon 1959) thematisiert. Der heuristische Rahmen der Entscheidungstheorie – einer Kunstlehre – wird dabei beibehalten: hier die rationale Entscheidung, dort die tatsächlich getroffene Entscheidung, die den normativen Rationalitätsstandard nicht erreicht. Aus evolutorischer Sicht viel wichtiger ist jedoch,

ob und unter welchen Bedingungen das mentale Potential – ob nun voll oder beschränkt rational – reicht, um Knappheitsprobleme durch Kreativität und Lernfähigkeit zu lösen oder zu lindern.

19. So ist es nicht das Gesetz der Schwerkraft an sich, das den Menschen die meiste Zeit seiner Geschichte daran gehindert hat zu fliegen, sondern die Tatsache, dass ihm in der natürlichen Evolution

starken Reproduktionsvorteil gegenüber anderen Spezies (vgl. Corning 1983). Dieser resultierte in einem immer weiter abnehmenden Selektionsdruck. Je mehr dieser Druck zurückging, umso mehr Raum entstand für eine Verhaltensvarietät, die keinen (direkten) Wert im Sinne der genetischen Fitness hat. Den sich ausdehnenden Freiraum füllt die kulturelle Evolution nach ihren eigenen Gesetzmäßigkeiten, die dank der menschlichen Intelligenz von der Dynamik individueller und kollektiver

(vgl. Brenner 1999). Wegen des seither geschwundenen Selektionsdrucks sind diese Anlagen vermutlich nicht viel anders als zu den Zeiten der frühen Stammesgeschichte.²⁰ Um sie zu verstehen und zu rekonstruieren, ist die neo-darwinistische Theorie direkt relevant. Analogiekonstruktionen bzw. Metaphern wie etwa das abstrakte Variations-Selektions-Replikations-Schema verdecken diese direkte Relevanz mehr als sie sie deutlich machen.

schnitt kurz am Beispiel der Produktion skizziert – vom Stand der kulturellen Evolution und des erreichten anthropogenen technologischen Wissens ab. Umgekehrt wirkt natürlich die Art der Nutzung und die (zumindest temporäre) Erweiterung der ökologischen Nische des Menschen auch auf die zukünftige Konkretisierung der ökologischen Systembedingungen zurück und damit auf den weiteren Verlauf der wirtschaftlichen Evolution.²¹

„Der Kontinuitätshypothese zufolge ist wirtschaftliche Evolution also eine Fortsetzung der Evolution in der Natur nach andersartigen Regeln ...“

Lernprozesse beherrscht, und zunehmend von Einsicht und Intentionalität beeinflusst sind. Die grundlegend verschiedenen Anpassungsmechanismen, durch die die beiden Formen von Evolution erzeugt werden, bewirken nicht zuletzt auch eine drastisch unterschiedliche Geschwindigkeit des evolutionären Wandels.

Der Kontinuitätshypothese zufolge ist wirtschaftliche Evolution also eine Fortsetzung der Evolution in der Natur nach andersartigen Regeln aber auf der Grundlage dessen, was die natürliche Evolution geschaffen hat. Dies ist in den nachfolgenden Abschnitten noch näher zu belegen. Dabei ist zu beachten, dass die andersartigen Regeln kultureller Evolution sich zum Teil direkt aus genetischen Verhaltensanlagen ergeben. Genauer sind dies zum einen physische und mentale¹⁸ Fähigkeitenpotentiale, in denen sich indirekt die naturgesetzlichen Beschränkungen¹⁹ ausdrücken. Zum anderen gehören zu diesen genetischen Anlagen die Verhaltensdispositionen (Triebe, Neigungen, Bedürfnisse) sowie schließlich die elementaren Lernmechanismen

Die durch die natürliche Evolution geschaffenen genetischen Grundlagen und ihre ontogenetische Expression kann man als endo-somatische Beschränkungen menschlichen Verhaltens auffassen. Sie sorgen für Invarianzen, die wirtschaftliche Evolution theoriefähig machen. Die Rekonstruktion dieses Zusammenhangs im Detail erfordert eine komplexe Argumentation, viel komplexer als man sie von der preistheoretisch orientierten Mikroökonomik her gewohnt ist. Am Beispiel der Theorie der Präferenzen und des Konsums soll dies weiter unten kurz erläutert werden. Die durch die Evolution in der Natur geschaffenen Grundlagen beinhalten jedoch auch Beschränkungen, die dem Menschen von außen vorgegeben sind, und die Invarianzen im Wandel erzeugen. Dies sind die naturgesetzlichen Restriktionen und die unter ihrem Einfluss in der Evolution entstandenen ökologischen Systembedingungen (Ressourcenbestände und -flüsse, Regenerationskapazitäten, usw.), auf die der Mensch im jeweiligen historischen Zeitpunkt trifft. Wie diese Beschränkungen konkret wirken, hängt – wie im nächsten Ab-

V. Der Ausgangspunkt: “Produktion” in der Natur

Zu allen Zeiten hat der “Geiz der Natur”, wie Ricardo es ausdrückte, der menschlichen Existenz Beschränkungen auferlegt. Und zu allen Zeiten war es ein Ziel menschlicher Kreativität und Problemlösungsversuche, eben diese Schranken zu überwinden oder wenigstens hinaus zu schieben. Die Evolution der menschlichen Produktionsformen ist Spiegelbild dieser Bemühungen. Um die Invarianzen zu identifizieren, die den Wandel in der Produktionssphäre theoriefähig machen, ist es sinnvoll, die produktiven Aktivitäten zunächst konkret physisch zu charakterisieren.²² Ihre Entwicklung lässt sich dann im Sinne der Kontinuitätshypothese leichter bis zum Ausgangspunkt der wirtschaftlichen Evolution zurückzuverfolgen. Dieser ist gekennzeichnet durch das, was “Produktion” in einer nicht anthropogen manipulierten Natur bedeutet.²³ Produktion ist auf der physischen Ebene ja schlicht die Erzeugung oder Beeinflussung von Abläufen oder Objekten (output) durch gesteuerte Anwendung von Substanzen und/oder Kräften (input). In diesem Sinne ist Produktion auch in der belebten Natur ubiquitär, selbst wenn man in dem Zusammenhang den Term “Produktion” kaum gebraucht.²⁴

Nehmen wir den Metabolismus eines Organismus. In diesem “Produktionsprozess” werden permanent als output

keine “Technologie” der Schwerkraftüberwindung zugewachsen ist.

20. In einem etwas anderen Zusammenhang – dem der kognitiven Fähigkeiten und Mechanismen (siehe Fn. 18) – hat diese Vermutung zu einer Debatte über die Möglichkeiten evolutionärer Psychologie geführt, vgl. Cosmides (1989). Trifft die Vermutung zu, dann ergeben sich auch unmit-

telbare Bezüge zur Soziobiologie, denn einige der elementaren genetischen Dispositionen sollten nicht nur beim Menschen, sondern auch im höheren Tierreich beobachtbar sein. Eine spezielle Disposition – Altruismus – hat dabei besondere Beachtung gefunden (vgl. Wilson 1975, Kap. 5). Altruismus wird auch in der Ökonomik diskutiert (vgl. Bergstrom 2002, Samuelson 2002), zumeist allerdings unter dem Aspekt, ob er sich mit der

Optimierungshypothese vereinbaren lässt, vgl. dazu schon Tietzel (1983), Witt (1985, 1987b).

21. Vgl. Faber und Proops (1998). Die Sorge um Schäden und Beeinträchtigungen, die aus diesem Rückkopplungszusammenhang für das ökologische System folgen können, motivieren einen Großteil der Literatur zu “ecological economics”, vgl. Constanza (1989).

die Lebensfunktionen des Organismus erzeugt. Inputs sind die vorhandenen organischen Strukturen und freie Energie, die mittels Photosynthese aus der Sonneneinstrahlung oder gebunden in der Form von Kohlehydraten und Fetten resorbiert wird. Die organischen Strukturen werden ihrerseits durch die "Produktionsprozesse" von Anabolismus und Katabolismus erzeugt und unterhalten. Alle diese natürlichen Produktionsprozesse werden von überaus komplexen Kaskaden von interagierenden Nukleinsäuren ausgelöst und gesteuert, die im Wesentlichen Ausdruck genetischer Programme sind. Dabei werden die genetischen Codes selbst im generativen Reproduktionsprozess variiert und, über längere Zeiträume betrachtet, durch die natürliche Auslese geformt. In diesem Sinne kann man unter der "Technologie", die in den natürlichen Produktionsprozessen zur Anwendung kommt, das in der genetischen Information enthaltene Wissen verstehen, das sich über Jahrmillionen im Genpool aller lebenden Organismen angesammelt hat. Vor allem im Tierreich, das sich erst relativ spät in der Evolution entwickelt hat, sind die "Produktionstechnologien" oft von beeindruckender Leistungsfähigkeit.²⁵ Schon die anatomischen und physiologischen Erfordernisse dafür, eine aktive Standortsveränderung "produzieren" zu können, sind alles andere als trivial: chemische Energie muss in kinetische umgewandelt werden können und diese wiederum auf mechanischem Wege in physische Arbeitsleistung (Masse \times Weg). Auch die produktiven Aktivitäten im Tierreich sind überwiegend Ausdruck genetisch angelegter Programme ("Instinkt") und Anpassungen in ihnen deshalb nur über viele Generationen hinweg möglich.²⁶

Ein markantes Merkmal der natürlichen "Produktionstechnologie", das zunächst immer ein Ausdruck genetischer Anla-

gen ist, sind die symbiotischen Produktionsformen. In der Natur hängen die genetisch gesteuerten Produktionsvorgänge bei einer Spezies oft systematisch von dem ab, was oder wie andere Spezies zuvor oder zeitgleich produzieren. Ein output der einen Spezies stellt gewissermaßen einen input bei einer anderen Spezies dar. Dabei ist zu beachten, dass der Vorteil, den die Symbiose für die eigene Produktion – und damit letztlich für die genetische Fitness – bei den beteiligten Spezies hat, nicht notwendig wechselseitiger Natur ist (Mutualismus). Sehr häufig ist der Vorteil einseitiger Natur. Dabei unterscheidet man symbiotische Beziehungen, die für die eigene Produktion des "Lieferanten" schadlos sind (Komensuralismus) von solchen, in denen diese Schaden nimmt (Parasitismus).

Wenn man Produktion in der belebten Natur (vom Wirken des Menschen einmal abstrahiert) etwas allgemeiner charakterisieren möchte, dann kann man zwei Arten von generischen inputs unterscheiden, die in Lebensfunktionen im weitesten Sinne als output transformiert werden. Zum einen handelt es sich um die in der unbelebten Natur vorgefundenen inputs, die ihrerseits in zwei Klassen zusammengefasst werden können: Materie und (freie) Energie. Zum anderen handelt es sich um einen selbst erst erzeugten (und daher auch veränderlichen) input, nämlich "Wissen", genauer, genetisch kodierte Information über die spezifische Synthese von Energie und Materie. Die Information ist in Form von DNS- und RNS-Strängen als genetischer Bauplan in den Zellen der Trägerorganismen gespeichert. Dieser Bauplan führt sich selbst aus und bewirkt Aufbau und Ersatz von Zellen in der Ontogenese des Organismus. Das genetische Wissen drückt sich also quasi durch einen Automatismus selbst aus. Wegen der endlichen Lebensdauer der Trägerorganis-

men wird das genetische Programm in Keimzellen gespeichert auf die nächste Generation übertragen. Dabei kann es zu Rekombinationen in den DNS- und RNS-Strängen kommen, also der Erzeugung von genetischer Neuigkeit. Auch die Replikation ist wegen des genetisch programmierten Fortpflanzungsverhaltens der Trägerorganismen quasi ein Automatismus. Natürliche Auslese setzt an den Unterschieden der (z.T. variierten) genetischen Programme an und 'konsolidiert' auf diese Weise die Erbinformation in den generischen input "genetisches Wissen" in der Natur.

Vor diesem abstrakten Hintergrund stellt der erstmalige Gebrauch von (definitionsgemäß exo-somatischen) Werkzeugen durch Lebewesen einen Quantensprung in der Produktionstechnologie der Natur dar. Von wenigen Ausnahmen abgesehen, ist er nur bei Primaten – und auch dort nur selten und in primitiven Formen – beobachtbar (Boesch und Boesch 1990). Erst bei diesen kommen Intelligenz und feinmotorische Kapazität zusammen, die es erlauben, in einfachen, vorgefundenen Objekten Mittel zu entdecken, die instrumentalisiert werden können, um produktive Zwecke (besser) zu erreichen. Werkzeuge unterscheiden sich wegen der Einsicht, die sie voraussetzen, von den gerade erwähnten instinktiven, exo-somatischen "Investitionen" im Tierreich. Einsicht in den Werkzeugcharakter von Objekten bringt erstmals in der Natur auch ein zumindest vages Ziel-Mittel-Verständnis und Intentionalität ins Spiel. Beides ist sowohl dem genetisch angelegten Verhalten wie dem Anpassungsprozess, aus dem dieses im Zuge der natürlichen Auslese hervorgebracht wird, fremd. Der Gebrauch von Werkzeugen ist die erste, nicht-anthropogene Form von Produktion in der Natur, die nicht auf genetisch kodiertem, sondern kulturellem Wissen beruht. Mehr noch, Schaffung und Manipulati-

22. Dies bedeutet, entgegen dem Trend der letzten Jahrzehnte, eine Reduktion des Abstraktionsgrades in der Theorie der Produktion. Substantielle Hypothesen über die Veränderung der Produktionstechnik sind anders kaum zu gewinnen. Für einen wichtigen Schritt in diese Richtung vgl. Bünstorf (2002), auf den sich die nachfolgende Darstellung an mehreren Stellen stützt.

23. Die Idee eines physischen Vergleichs von Natur und menschlicher Wirtschaft ist nicht neu. Zumeist werden dabei jedoch die Implikationen der Gesetze der Thermodynamik für die Produktionstheorie in den Vordergrund gestellt, vgl. Georgescu-Roegen (1971), Ayres (1978), Gowdy (1994), Faber und Proops (1998), Kümmel (1998). Dagegen geht es hier um eine vergleichende, "technische" Charakterisierung von Produktionsprozessen in

der Natur und dem Wandel dieser Prozesse im Laufe der wirtschaftlichen Entwicklung.

24. Sogar "Umwegproduktion" und Akkumulation sind anzutreffen. Der Wettbewerb um reproduktiven Erfolg innerhalb der Arten und die Konkurrenz um die Nischengröße zwischen den Arten führt zu endo-somatischen "Investitionen" in strukturierte Biomasse. Diese tragen selbst

on von Werkzeugen – soweit es dazu kommt – sind erste nicht einem genetischen Programm folgende Formen von Akkumulation und Umwegproduktion. Genau an diesem Punkt kann man den Beginn der Evolution der anthropogenen Produktionsformen festmachen, einer kulturellen Evolution.

VI. Regelmäßigkeiten im Wandel der Produktion

Hätten außerirdische Besucher zur Zeit der frühen Hominiden deren Produktion und Technologie studiert, hätten sie wenig Grund gefunden, von einer eigenständigen "wirtschaftlichen Produktion" des Menschen zu sprechen. Sowohl die verwendeten inputs wie der output hielten sich, von ersten Formen eines Werkzeuggebrauchs abgesehen, an das vom genetischen Programm vorgegebene. Was hat sich seither geändert, so dass heute im Zusammenhang mit wirtschaftlicher Produktion kaum noch jemand überhaupt nur an natürliche Prozesse denkt? Es ist nützlich, dazu einen Vergleich zur abstrakten Charakterisierung der Produktion in der Natur im vorangegangenen Abschnitt anzustellen. Wie Produktion in der belebten, nicht anthropogen beeinflussten Natur basieren auch die produktiven Aktivitäten des Menschen auf den zwei Arten von generischen inputs. Zum einen sind dies die vorgefundenen inputs, die nunmehr sowohl aus der unbelebten Natur (Materie und freie Energie) wie aus der belebten Natur kommen (genetisch gespeichertes Wissen). Zum anderen sind es ein selbst erzeugter und daher variierbarer, generischer input "technologisches Wissen". Letzteres ist kultureller Natur und drückt sich zuerst im Gebrauch primitiver Werkzeuge aus. Je weniger kulturelles Wissen zur Verfügung steht, umso naturnäher sind die anthropogenen Produktionsformen. Das Anwachsen dieses Wissens kennzeichnet den Wandel der Produktion.

Die frühe menschliche Jäger- und Sammler-"Ökonomie" war im Wesentlichen eine naturnahe, parasitäre, symbiotische Produktionsform. Nach anthropologischen Befunden, die sich auf erhaltene Artefakte als Zeugnis der damaligen Produktionstechnologie stützen, entwickeln sich primitive Werkzeuge nur langsam über zehntausende von Jahren. Sie dienen zur Verbesserung des Nahrungserwerbs: Keile, Keulen, Speere, Pfeil und Bogen aus Stein, Holz, Knochen, Geweihen – allesamt einfache Ergänzungen des anatomischen Apparats des Menschen zur mechanischen Kraftausübung. Hinzu kommen dann Kleidung, Artefakte für rituelle Handlungen und die Instrumentalisierung des Feuers. Selbst wenn all dies spielerisch oder zufällig entdeckt worden sein sollte, ist es sehr wahrscheinlich, dass es nach der Entdeckung zielgerichtet eingesetzt und selbst planvoll hergestellt wurde – kurz: dass langsam ein kulturell geformtes und überliefertes Wissen einer menschlichen Produktionstechnologie entsteht. Diese ist zunächst ausschließlich eine Ergänzung bzw. sehr begrenzte Umfunktionierung der natürlichen Produktionstechnologie.

Nicht anders verhält es sich mit dem ersten großen Quantensprung in der menschlichen Produktionstechnologie, der Einführung der Agrikultur im Neolithikum. Diese ist nichts anderes als die Intensivierung der symbiotischen Produktionsformen, von denen der Mensch auch schon vorher abhing. Neu ist, dass mit der gezielten Bearbeitung von Land mittels primitiver Werkzeuge wie Stöckern und Steinpflügen und der Aussaat von Getreide eine systematische Manipulation der Wachstumsbedingungen anderer Spezies beginnt. (Aus zuvor weitgehend parasitären, symbiotischen Formen werden dadurch kommensurale.) Die Manipulation setzt sich fort in der Domestizierung

und Zucht erster Haustiere. Die Folge ist eine vergrößerte und verstetigte Verfügbarkeit von Nahrung in höherwertiger Zusammensetzung verglichen mit der Jäger- und Sammlertechnologie – dies allein schon ermöglicht eine aktive Vergrößerung der Nische für die menschliche Spezies.

Die Verfügbarkeit von Nahrung (Lagerung und Zubereitung) wird auch durch die etwa zeitgleiche Erfindung der Töpferei verbessert. Dabei kommt mit der Töpferei, die zum einen nur eine mechanische Transformation natürlicher Materialien zum anderen aber eine gezielte Erhitzung einschließt, erstmals eine nicht in der Natur vorgefundene Technologie zum Zuge: die systematische Anwendung von Wärmeenergie. Sie geht mit der Verbrennung von Holz und später Holzkohle sehr bald über die Nutzung der Sonneneinstrahlungsenergie hinaus. Damit wird die Grundlage gelegt für die revolutionäre Entdeckung der metallurgischen Technologie vor etwa neuntausend Jahren. Mit dieser entfaltet sich erstmals ein spezifisch anthropogenes Produktionswissen, das nicht bloß in der Ausbeute, Manipulation oder simplen Ergänzung der in der Natur genetisch angelegten Produktionsformen besteht. Kupfer und Zinn finden sich zwar als Rohstoffe in der Natur, ebenso Holz als Quelle der Wärmeenergie. Erst das Wissen um Schmelzung, Reinigung, Mischung (etwa zu Bronze) und Formung unter starker Hitzeeinwirkung, das aus einem mühsamen und langwierigen Prozess des Präbelns und der oralen Überlieferung erlangt wird, ermöglicht jedoch die metallenen Endprodukte. Sie werden zunehmend zu Werkzeugen verarbeitet, die heute ein fast unübersehbares Anwendungsgebiet in der menschlichen Produktion haben.

Auf der Ebene und im Rahmen der symbiotischen Produktionsformen

nicht zum Metabolismus der jeweiligen Organismen bei, verbessern oder erhalten jedoch den Zugang zu Ressourcen, auf die der Metabolismus angewiesen ist, und/oder die Reproduktionschancen (z.B. die massiven Stämme hoher Bäume oder die Gehäuse von Schnecken und Schildkröten). Im Tierreich treten wegen der Mobilität auch exosomatische Investitionen auf. Sie stehen in Bezug zu einigen elementaren Produktionsaktivitäten etwa

dem Nahrungserwerb (wie das Netz der Spinne oder Dämme, die Biber bauen), der Nahrungsspeicherung (Bienenwaben) und dem Bau von Behausung für die Nachwuchsauzucht (Termitenhügel, Vogelnester).

25. Dies ist in der Bionik, vgl. Gleich (2001), sehr deutlich geworden.

26. Im Rahmen der genetisch bestimmten physischen Möglichkeiten können jedoch auch schnellere Formen der Verhaltensanpassung (innerhalb einer Generation) auftreten, die auf operanter Konditionierung (Skinner 1966) beruhen. Innerhalb sehr enger Grenzen ist es hochentwickelten Tierarten auch möglich, durch Beobachtungslernen Verhaltensweisen zu erwerben.

ermöglicht die Domestizierung von Haustieren eine signifikante Innovation, nämlich die Substitution der mechanischen Arbeitsleistung menschlicher Muskelkraft durch die von Haustieren. Für das Pflügen, Dreschen, Mahlen und für Lasttransporte werden damit erstmals nicht-anthropogene Quellen kinetischer Energie erschlossen. Die Mechanik der Kraftübertragung bleibt freilich bis zur Erfindung von Hebel, Rad und Riemen die des natürlichen, anatomischen Apparates. Das Potential der anthropogenen, mechanischen Technologie (Hebel, Rad, Riemen) wird dann jedoch systematisch auf der Basis von Stein, Holz und schließlich der Erfindung eisenschaffender Techniken vor etwa dreitausend Jahren weiterentwickelt (vgl. Umher 1954). Der entscheidende Beitrag der anthropogenen Verfahren der mechanischen Kraftübertragung ist jedoch der, den sie später zur weiteren Erschließung nicht-anthropogener Energiequellen leisten. Zunächst ermöglicht diese Mechanik es, kinetische Energie in Wind und Wasser (Schwerkraft) zu nutzen. Mit der Erfindung von Zylinder und Kolben und dem Prinzip der Dampfmaschine wird dann ein ingenieurer Weg zur Verwandlung von Wärmeenergie (die in der Verbrennung von Holz und später fossilen Energieträgern freigesetzt wird) in mechanische Arbeitsleistung entwickelt.

Die Rolle der fossilen Energieträger für das ungeheure Wachstum des vom Menschen geplanten und realisierten Produktionsumfangs in der industriellen Revolution ist lange bekannt (vgl. Landes 1969 und Tunzelmann 1978). Weniger beachtet wird, dass sowohl die Dampfmaschine wie die später hinzukommenden Turbinen und Verbrennungsmotoren auf mechanischen Vorrichtungen und Funktionsprinzipien basieren, die in dieser Form in der Natur kein Vorbild oder Äquivalent haben. Wie von Moky (1990) eindrucks-

voll dokumentiert, ist die Entwicklung dieser Technologie ein langwieriges, kumulatives Lernen durch Versuch und Irrtum. Der kumulative Charakter dieser Entwicklung, die sich durch zunehmende Systematisierung von Wissenserzeugung und -verwertung in den Wissenschaften beschleunigt, wird auch an den späteren, markanten Erweiterungen dieses Produktionswissens deutlich, konkret an

- der Entstehung der synthetischen Prozesstechnologie Mitte des 19. Jahrhunderts in der Großchemie, die die Verfügbarkeit von fossiler Wärmeenergie in großem Maßstab voraussetzt (vgl. Murmann und Homburg 2001);
- der Erfindung von mechanischen Vorrichtungen für Erzeugung, Transport und Rückumwandlung von elektrischer Energie Anfang des 20. Jahrhunderts, die neben feinmechanischen auch hochentwickelte metallurgische Kenntnisse verlangt (vgl. Bünstorf 2002, Kap. 7).
- der Ablösung der Elektrizität vom mechanischen Anwendungsparadigma Mitte des 20. Jahrhunderts. Mit den Techniken zur Signalerzeugung, -übertragung und -speicherung durch mikrofeine Dosierung und Ladungsverteilung von elektrischer Energie entsteht eine völlig neue Technologie der Informationsverarbeitung (vgl. Fransman 1995);
- der Revolution in den symbiotischen Produktionsformen durch eine systematische Manipulation der Natur auf der mikrobiologischen Ebene der Gentechnologie, die alle übrigen Entwicklungen zusammen genommen Ende des 20. Jahrhunderts ermöglichen (vgl. McKelvey 1996).

Welche Invarianzen sind in dieser hier nur grob skizzierbaren, langfristigen Entwicklung menschlicher Produktion zu erkennen, welche Regelmäßigkeiten im Sinne einer kulturellen Evolution? Zunächst ist festzustellen, dass diese

Entwicklung ganz auf der Linie der Kontinuitätshypothese liegt: Anfänglich besteht eine vollständige Abhängigkeit vom genetisch gespeicherten Produktionswissen der Natur. Dann entwickelt sich zunächst sehr langsam durch sporadisches Probieren und am Ende stark beschleunigt durch systematische Wissenschaft ein eigenständiges Wissen des Menschen um die technologische Manipulation von Naturgesetzen und Systemzusammenhängen. Regelmäßigkeiten und vor allem vielfältige Kontingenzen ergeben sich – ebenfalls im Sinne der Kontinuitätshypothese – aus der Art und Weise, wie diese unterschiedlichen Wissensmengen gespeichert sind, weiter gegeben werden und zur Anwendung kommen.

Wie oben erwähnt, handelt es sich in beiden Fällen um erzeugte inputs. Aber es gibt große Unterschiede, denn genetisches Wissen ist programmiert, sich selbst auszudrücken und zu replizieren (mit Variationen). Da aus den Variationen Neugier hervorgeht, ist auch deren Entstehung Teil des Automatismus. Kulturelles Wissen muss dagegen durch menschliche Aktivität erzeugt, ausgedrückt und repliziert werden. Folglich ist die Erzeugung neuen kulturellen Wissens kein Automatismus, sondern abhängig davon, ob eine Motivation und subjektive Möglichkeit dazu besteht. Wie oben bereits im Zusammenhang mit der Entstehung und Ausbreitung von Neugier erwähnt, kann man die Motivation einerseits auf Neugier zurückführen, andererseits auf Besorgnisse oder Frustrationen, die durch Krisen ausgelöst werden (z.B. Hungerkrisen oder Krisen durch Bedrohung, nicht zuletzt durch feindliche menschliche Populationen). Existiert kulturelles Wissen einmal, wird es auch nicht generell automatisch ausgedrückt und repliziert. Wenn es nicht durch Beobachtungslernen, Erfahrungsbildung und/oder Unterweisung inter-indivi-

27. Anders liegen die Dinge jedoch bei kulturellem Wissen, das in sozialen Verhaltensregeln, Bräuchen und Gewohnheiten zum Ausdruck kommt und durch Konditionierungs- und Imitationslernen in der menschlichen Sozialisation weit selbstverständlicher übertragen wird.

28. Spiegelbildlich ändert sich systematisch die Art und Weise, wie der Mensch in die Produktion

involviert ist – weg von der Erbringung physischer Arbeitsleistungen hin zu mentalen Leistungen in Erzeugung, Anwendung und Übertragung bzw. dem Erwerb des kulturellen Wissens. Für eine ausführlichere Diskussion dieses Substitutionsprozesses und seiner Folgen vgl. Witt (1997).

29. Anders als zu Beginn des utilitaristischen Forschungsprogramms lässt die moderne mikro-

ökonomische Theorie offen, worauf sich die Argumente einer Nutzenfunktion bzw. die Präferenzrelationen eines Individuums beziehen. Zu einer Zeit, als es weder Psychologie noch Evolutionsbiologie gab, zielte Bentham (1789) mit seinem sensorischen Utilitarismus auf eine Theorie konkret spezifizierter menschlicher Bedürfnisse. Das Anliegen wird mit der subjektivistischen Revolution sukzessive aufgegeben. Samuelson (1947, S. 90-91) preist

duell übertragen und aktiv individuell angeeignet wird, geht es verloren. In einem weiteren Schritt muss es dann angewendet und damit zum Ausdruck gebracht werden. Auch zu allen diesen Schritten muss eine Motivation und subjektive Möglichkeit bestehen.²⁷ Die Geschichte des Wandels im technologischen Wissen und in der Produktion ist deshalb nicht zuletzt eine Frage der situationslogischen Rekonstruktion von Anreizen und Opportunitäten, wie so oft in der Ökonomik (vgl. Fulda, Lehmann-Waffenschmidt und Schwerin 1998).

Es liegt auf der Hand, dass die institutionellen Rahmenbedingungen entscheidend Einfluss auf die Möglichkeiten und die Anreize zum aktiven Erwerb und zum Gebrauch haben – ein Zusammenhang, der hier nicht näher diskutiert werden kann (vgl. jedoch z.B. Jones 1995). Es ist aber auch klar, dass einerseits der Stand des technologischen Wissens selbst und andererseits das von ihm abhängige Produktionsniveau von Einfluss sind. Tatsächlich findet man hier eine Regelmäßigkeit besonderer Art, nämlich eine potentielle Selbstverstärkung. In Anbetracht der beschränkten menschlichen Informationsverarbeitungskapazität ist der aktive Erwerb und die Anwendung von technologischem Wissen ein zeitaufwendiges und mühevolleres Verfahren, für das in einer Subsistenzökonomie wenig Raum ist. Mündliche Sprachkommunikation erleichtert jedoch sowohl das Beobachtungslernen wie die Weitergabe von Erfahrung und hat vermutlich zum umfangreicheren und sich beschleunigenden Werkzeuggebrauch in den frühen Phasen der Menschheit beigetragen. Beigetragen haben auch die frühen Formen von Arbeitsteilung und begrenztem Tausch, die ein häufig von den Herrschaftsstrukturen abhängiges, handwerkliches Spezialistentum ermöglichten.

Einen wirklichen Durchbruch stellt die Entwicklung einer alphabetischen Schriftsprache vor gut viertausend Jahren dar – selbst eine technologische Revolution. Sie erlaubt es, Wissensbestandteile in kodifizierter Form aufzuzeichnen und damit vom menschlichen Gedächtnis als einzigem Speichermedium abzukoppeln. Zwar macht dies den aktiven Wissenserwerb nicht obsolet, ja es vereinfacht ihn noch nicht einmal notwendig. Das Medium Schriftform macht aber die Übertragung von Wissen von der persönlichen Kommunikation unabhängig und erlaubt sowohl eine Effizienzerhöhung durch Mehrfachnutzung wie durch Parallelnutzung. Die Vorteile dieser Technologie konnten allerdings erst realisiert werden, als die schriftliche Kommunikation über den elitären, handschriftbasierten Rahmen, an den sie über Jahrtausende gebunden war, hinausging. Dies geschah durch die Erfindung der Druckerpresse im 15. Jahrhundert. Der Neuigkeitswert des outputs der Druckerpresse bot Anreize zum Erwerb der Lesefähigkeit in den besser gestellten Kreisen in Europa und half, den Weg zu ebnen für das Wissenschaftsverständnis und die Weltoffenheit der Aufklärung. Der zunehmende Wettbewerb der sich so ausbreitenden Ideen, Meinungen, Theorien und Rezepturen half, die Qualität des kulturellen Wissens zu heben und verschaffte den besten Köpfen einen über ihren persönlichen Wirkungskreis hinausgehenden Einfluss. Eine Folge der Tatsache, dass kulturelles Wissen nun viel intensiver erzeugt, ausgedrückt und repliziert wurde, ist, dass sich zum Beginn der industriellen Revolution eine große Offenheit sowohl für ein systematisches Prübeln mit den oben erwähnten neuen Technologien wie für dessen Finanzierung ergab (vgl. Mokyr 2001).

Die zunehmende Erschließung fossiler Energiequellen, Mechanisierung und

Standardisierung in der Fabrikation, die die Folge waren, erhöhten das Produktionsvolumen, Produktivität und das Pro-Kopf-Einkommen in nie da gewesener Weise und ermöglichten es, den steigenden Anforderungen an den Wissenserwerb durch Einführung von allgemeiner Schulbildung Rechnung zu tragen. Sie erlaubten es ferner, naturwissenschaftlich-technische Forschung in entsprechenden Anstalten zu institutionalisieren, um technologisches Wissen noch systematischer zu generieren und zu verfeinern. Erwerb und Anwendung verbesserten technologischen Wissens führen zu erneuten Steigerungen von Produktionsvolumen und Produktivität. Diese wiederum erlauben eine weitere Spezialisierung in der Erzeugung, dem Erwerb und der Anwendung von Wissen. Kurz: hier ist ein autokatalytischer Wachstumsprozess in Gang gesetzt, in dem kulturelles Wissen zum Medium seiner Selbstvermehrung wird. Als Konsequenz tritt die menschliche Produktion seit der industriellen Revolution in einen exponentiellen Wachstumspfad ein.²⁸

Wie lange dieser autokatalytische Prozess sich fortsetzen wird, ist ungewiss. Wie oben erwähnt, hängt dies von der nicht-antizipierbaren Qualität zukünftigen neuen Wissens ab. (Auch mentale Grenzen des individuellen Wissenserwerbs könnten hier eine Rolle spielen.) Erst recht ungewiss ist jedoch, ob aus dem Prozess auch weiterhin ein Wachstum der menschlichen Produktion resultieren wird. Der Grund ist folgender. Das starke Anwachsen technologischen Wissens hat zu einer zunehmenden Desintegration von anthropogenem Wissen und genetischem Wissen der Natur geführt. Dies korrespondiert mit einer Desintegration der durch anthropogene Produktionstechnologien verursachten Stoff- und Energieströme. Diese sind nicht mehr durch genetische Programme gesteuert, die im Zuge

die sukzessive "Befreiung von biologischen, physiologischen, psychologisch-hedonistischen Inhalten" als Fortschritt – ein 'Fortschritt', der allerdings der Theorie außer einigen Relationalaussagen alle Substanz genommen hat. Die Kontinuitätshypothese legt eine Wiederbelebung des ursprünglichen sensorischen Ansatzes nahe, freilich im Lichte des Diskussionsstandes der damals nicht vorhandenen Disziplinen, vgl. dazu Witt (2000).

30. Darüber hinaus wurden allenfalls noch Mittel um ihrer berausenden oder schmerzlindernden Wirkung willen verzehrt.

31. "Konsum" kann bei den Instrumenten und Werkzeugen naturgemäß nicht die Bedeutung direkten Verzehrs haben, sondern bezeichnet hier – wie inzwischen allgemein – einen Akt des Erwerbens durch eine Geld-

ausgabe (für nicht-kommerzielle Zwecke).

32. Hinzu kombiniert werden oft das Bedürfnis nach mentaler Stimulation und das nach sozialer Anerkennung. Die Beobachtung, dass der Konsum eines Gutes zur Befriedigung von mehr als nur einem Bedürfnis beitragen kann, ist keineswegs neu. Sie wird klar angesprochen in der Konsumtheorie von Ironmonger (1972). Ja, sie hat wohl

der natürlichen Auslese im Kontext von Ökosystemen aufeinander abgestimmt sind. Die Problemlösungen, die der Mensch zum Ausbau seiner Produktion hervorgebracht hat, haben auf die natürlichen Systembedingungen wenig Rücksicht genommen. Genauer betrachtet stellen sich die Problemlösungen deshalb zumeist als Problemverschiebungen heraus. Verschiebungen, die einen Problemstau zu einem zukünftigen Zeitpunkt hervorrufen könnten. Der "industrielle Metabolismus" (Ayres 1978) droht früher oder später die ökologischen Systembedingungen nachhaltig zu stören. Allein die Option, die Störeffekte zu verstehen, zu registrieren und eventuell beeinflussen zu können, wird deshalb wahrscheinlich einen großen, wenn nicht sogar einen immens zunehmenden Teil zukünftiger Wissenserzeugung beanspruchen.

Eine berechtigte Frage ist daher, ob das gegenwärtige Volumen anthropogener Produktion solche Risiken wert ist (vgl. die Diskussion in Binswanger, Faber und Mansuetten 1990). Dies ist eine Frage, die selbst ein noch weiter reichendes Problem aufwirft: wer wünscht eigentlich die kulturelle Evolution, die sich eingestellt hat und die den beschriebenen Wandel der Produktion erzeugt hat? In der modernen Ökonomik, die eine Theorie der arbeitsteiligen, kapitalistischen Produktion ist, wird diese Frage mit dem Verhalten der Nachfrager in Verbindungen gebracht, das selbst auch einem Wandel in ganz trivialem Sinne unterworfen ist. Es wird immer mehr konsumiert, und der Mehrkonsum ist offensichtlich erwünscht – es gilt ja Vertragsfreiheit. Der Wandel der Produktion ist jedoch über seine ganze Geschichte und über viele Kulturen hinweg mit einem langfristig wachsenden Produktionsvolumen verbunden. Ist der Wunsch nach Mehrkonsum, ist Unersättlichkeit des Konsumenten eine anthropologische Konstante? Um mit diesem für eine The-

orie wirtschaftlicher Evolution heiklen Fragenkreis weiter zu kommen, muss auch die Konsumseite und der Wandel, der sich dort abspielt, in die Untersuchung einbezogen werden.

VII. Die Vorgaben: Bedürfnisse und Lernmechanismen

Schon einige wenige Abstecher in die jüngere – und erst recht die ältere – Geschichte des Konsums zeigen, welch immenser Wandel sich hier auf phänomenologischer Ebene vollzogen hat und weiter vollzieht (vgl. z.B. Wheatherill 1996, Lebergott 1993). Dieser Wandel ist ein signifikanter Teil wirtschaftlicher Evolution. Folgt man der Kontinuitätshypothese, dann sollte man erwarten, dass die Invarianzen in einer Theorie über diesen Wandel mit den ererbten Verhaltensdispositionen und Lernmechanismen des Menschen zu tun haben, die aus der natürlichen Evolution hervorgegangen sind. Für den Nachweis dieser These müssen die Einflüsse der ererbten Anlagen auf den sich entfaltenden Konsum rekonstruiert werden. Dazu ist eine "black box" der Ökonomik zu öffnen und mit Substanz zu füllen, nämlich die Theorie menschlicher Bedürfnisse bzw. Präferenzen.²⁹ An dieser Stelle kann das allerdings nur in groben Zügen geschehen (vgl. ausführlicher Witt 2001).

Hinter dem Term "Konsum" verbergen sich in historischer Perspektive ganz unterschiedliche Erscheinungsformen. Sie stammen aus verschiedenen Stadien der wirtschaftlichen Entwicklung – ein Zeugnis des Wandels – sind heute aber alle gleichzeitig anzutreffen. Um den Wandel auf der Ebene der Bedürfnisse bzw. Präferenzen verständlich zu machen, müssen sie auseinander gehalten werden. Schon in der Subsistenzwirtschaft unserer Vorfahren gab es "Konsum" im Sinne eines Aktes des Verzehens. Was da konsumiert wurde (zumeist aus eigener Produktion ohne

vorherigen Tausch), war eine relativ kleine Zahl von Dingen. Der Verzehr diente der Befriedigung einiger weniger Elementarbedürfnisse: Luft zum Atmen, Nahrungsmittel zum Essen, Wasser und wässrige Lösungen zum Trinken.³⁰ Die Befriedigung dieser Bedürfnisse war und ist für die Aufrechterhaltung der Lebensfunktionen des Organismus notwendig und findet sich ebenso auch im Tierreich – ein deutlicher Hinweis, dass es sich hier um genetisch bestimmte Verhaltensdispositionen handelt.

Weitere derartige Elementarbedürfnisse sind jene nach Aufrechterhaltung der Körpertemperatur, nach Schlaf, physischer Aktivität, mentaler Stimulation, sexueller Befriedigung, Linderung eines eingetretenen Schmerzes, Zuneigung und Fürsorge und schließlich nach sozialer Anerkennung oder Status. Sie finden sich wiederum in allen menschlichen Kulturen ebenso wie bei den höher entwickelten Arten im Tierreich. Im Unterschied zur erstgenannten Gruppe von Elementarbedürfnissen sind diese jedoch nicht durch direkten Verzehr zu befriedigen. Die 'Technik' der Bedürfnisbefriedigung basiert hier auf dem Einsatz von Instrumenten oder Werkzeugen – genauer, deren Dienstleistungen. Dank der Kreativität und des menschlichen Problemlösungsvermögens sind diese in der kulturellen Evolution in großer (und weiter wachsender) Zahl geschaffen worden.³¹

Die genannten Elementarbedürfnisse stehen in Verbindung mit dem, was in der behavioristischen Psychologie "Primärverstärker" genannt wird (Millenson 1967, S. 368). In einer Vielzahl von Experimenten mit Ratten, Tauben, Affen, Menschen, um nur einige Spezies zu nennen, wurde beobachtet, dass Handlungen, die zu einer Befriedigung dieser Bedürfnisse führen oder beitragen, in der Folge mit verstärkter Häufigkeit auftreten. Voraussetzung ist, dass eine

schon Bentham (1789) dazu inspiriert, in seinem auf eine pleasure-and-pain Messung angelegten sensorischen Utilitarismus einen Konsumakt als Auslöser einer "complex pleasure" aufzufassen, die sich aus verschiedenen "simple pleasures" zusammensetzt. Für Bentham können die mit dem Konsum verbundenen Intensitäten der "simple pleasures" unabhängig voneinander variieren und können zudem unterschiedlich gewichtet sein.

33. Diese konditionierten oder sekundären Verstärker wirken allerdings nur temporär und verlieren ihre eigenständig verstärkende Wirkung wieder, wenn sie nicht gelegentlich wieder mit der ursprünglichen, primären Verstärkung assoziiert auftreten. Für eine ausführliche Darstellung vgl. Skinner (1966).

34. Solche Moden, Gepflogenheiten und Bräuche brauchen keineswegs funktional i.S. irgendwelcher Problemlösungen zu sein. Im Gegenteil können sie sogar dys-funktional sein, z.B. infolge eines Aberglaubens oder einer überholten Tradition. Die Dysfunktionalität kann so weit gehen, dass sie sogar Reproduktionsnachteile impliziert, sich aber trotzdem in der Ko-evolution von genetischer und kultureller Basis der Ethnien stabilisiert, vgl. May

Befriedigung durch eine solche Handlung überhaupt möglich ist. Dies ist nicht der Fall, wenn der Organismus hinsichtlich dieses Bedürfnisses bereits gesättigt ist. Sättigung ist ein sinnfälliges physiologisches Phänomen bei Konsumgütern, die zur Befriedigung des Bedürfnisses direkt verzehrt werden, z.B. Nahrung.

Bei der zweiten Gruppe von Elementarbedürfnissen liegen die Dinge komplizierter. Die Sättigungswirkung ist hier – wenn sie überhaupt auftritt – an den Gebrauch bzw. die Wirkung der Dienstleistungen der Instrumente gebunden, nicht an deren "Konsum" (im Sinne von Erwerb). Letzterer kann daher durchaus das übersteigen, was zur Sättigung bei den Dienstleistungen nötig ist. Maßgeblich ist für den Umfang der Nachfrage nach Instrumenten/Werkzeugen die individuelle Wahrnehmung ihrer 'technischen' Zielerreichung. Dies gilt vor allem, wenn bestimmten Instrumenten/Werkzeugen die Eigenschaft zuerkannt wird, mit ihren Dienstleistungen mehreren Elementarbedürfnissen gleichzeitig zu dienen.³² In einem solchen Fall werden für die verschiedenen Bedürfnisse jeweils eigene Sättigungsgrenzen relevant. Mit einem bestimmten Konsumumfang können Dienstleistungen erbracht werden, die einzelne der involvierten Bedürfnisse schon sättigen. Trotzdem kann der Konsum der Instrumente weiter ausgedehnt werden, weil die Sättigungsgrenze für ihre Dienstleistungen bei anderen involvierten Bedürfnissen noch nicht erreicht, oder möglicherweise überhaupt nicht zu erreichen ist.

Von der üblichen genetischen Varianz abgesehen, sind die Elementarbedürfnisse

bei allen Menschen (und vielen anderen Arten) die gleichen. Allerdings bestehen, wie wir gerade sahen, vielfältige Kombinationsmöglichkeiten in der simultanen Befriedigung von Elementarbedürfnissen. Theoretisch könnten diese Ausdruck des genetischen Programms sein und entsprechend vielfältige Unterschiede im Konsumverhalten zur Folge haben. Die enormen inter-individuellen Unterschiede im beobacht-

„Die potentielle Formbarkeit menschlichen Konsumverhaltens kann sich nur auswirken, wenn im Laufe der Entwicklung auch genügend neue Konsummöglichkeiten entstehen und realisiert werden.“

baren Konsumverhalten sind damit allein jedoch nicht zu erklären. Hierfür scheint vielmehr ein weiterer Teil des gemeinsamen Erbes verantwortlich, nämlich die genetisch angelegten Lernmechanismen. Sie bilden die Grundlage für den Erwerb kulturell geprägter individueller Bedürfnisse. Eine zentrale Rolle spielt dabei eine Verhaltensanpassungsform, die in den Verhaltenswissenschaften "Konditionierungslernen" bzw. "operante Konditionierung" genannt wird.

Angenommen die oben bereits erwähnte Erfahrung einer primären Verstärkung (z.B. die Befriedigung von Hunger durch eine Nahrungsaufnahme) wird immer wieder mit denselben, an sich neutralen Reizen kombiniert. Dann wird eine Assoziation zwischen der primären Verstärkung und den an sich neutralen Reizen gelernt. Letztere werden dadurch selbst zu so genannten "konditionierten" oder "sekundären" Verstärkern. D.h. die relative Häufigkeit eines Verhaltens, auf das die konditionierte Verstärkung folgt, nimmt dann auch ohne Anwesenheit der ursprünglichen, primären Verstärkung zu.³³ So

wie man die Grundlage der verstärkenden Wirkung von primären Verstärkern mit der Befriedigung eines oder mehrerer Elementarbedürfnisse in Verbindung bringen kann, so ist das Erlernen sekundärer Verstärker auch als eine Befriedigung individuell erlernter Bedürfnisse interpretierbar. Ein Großteil der erlernten Bedürfnisse stammt aus der menschlichen Sozialisationsphase. Welche Assoziationen dort gelernt und welche Bedürfnisse entwickeln werden, hängt stark von den (teils bewusst erziehenden) Einflüssen unserer sozialen und kulturellen Umgebung ab. Bei der enormen Assoziationsfähigkeit des menschlichen Gehirns treten über sehr lange Ketten noch Konditionierungswirkungen auf.

Ein wichtiger Unterschied zwischen primären und sekundären Verstärkern – und analog dazu zwischen Elementarbedürfnissen und kulturell erlernten Bedürfnissen – besteht darin, dass letztere keinem Wechselspiel von Deprivation und Sättigung unterliegen. D.h. kulturell erlernte Bedürfnisse sind nicht im eigentlichen Sinn sättigbar. Lediglich abhängig von der Intensität der zugrundeliegenden Assoziation bestehen sie unabhängig vom Grad ihrer eigenen Befriedigung. Hinsichtlich des Konsumverhaltens taucht damit ein ganz ähnliches Problem auf wie im Zusammenhang mit den Instrumenten/Werkzeugen, deren Dienstleistungen zur Befriedigung bestimmter Elementarbedürfnisse taugen. Hier wie dort tritt durch den Konsum nicht oder nicht notwendig eine Sättigung ein. Hier wie dort muss die Frage, wie viel von den entsprechenden Gütern konsumiert wird, daher von anderen, kognitiven und situativen Faktoren abhängig gemacht werden. Dies bedeu-

(1977). Das Prinzip, das der Erklärung der Entstehung von sozial geteilten Konsumgewohnheiten zugrunde liegt, überlappt sich mit der Erklärung der Entstehung von Konventionen (als Institutionen), vgl. Witt (1989).

35. Bekanntlich wird Konsum in der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung mit den Verbrauchsausgaben der Haushalte gleichgesetzt

und statistisch über die Tauschwerte von für den Endverbrauch vorgesehenen Gütern und Dienstleistungen erfasst.

36. In einem wettbewerblichen Regime, das weniger durch freien Marktzutritt als durch die Freiheit zu unternehmerischen Innovationen geprägt ist, sind die Anbieter gezwungen, die Produktion aus eigenem Interesse in vikarischer Funktion für

die Konsumenten zu organisieren – die alte, "unsichtbare Hand"-Vermutung der Klassiker.

37. Handelt es sich um kostensenkende Verbesserungen der Produktionstechnik, dann führen diese zu einem Verdrängungswettbewerb, spätestens wenn die Expansion des Marktvolumens durch Sättigungstendenzen zu Ende geht (vgl. Klepper 2002). Handelt es sich um Innovationen

tet, dass zu der skizzierten Theorie der Bedürfnisse noch weitere Hypothesen über die subjektive, kognitive Verarbeitung der Befriedigungsmöglichkeiten und -konflikte erforderlich werden. Dazu gehören natürlich Hypothesen darüber, wie die Individuen ihre Budgetbeschränkungen wahrnehmen und intertemporal planen. Diese sind in der Ökonomik wohlbekannt. Des weiteren – und weit weniger bekannt – gehören dazu aber auch Hypothesen über selektive Aufmerksamkeitsprozesse. Nur was Aufmerksamkeit auf sich zieht, kann Gegenstand kognitiver Lernprozesse und einer entstehenden subjektiven Konsumtechnologie werden. Die ungleiche Verteilung von Aufmerksamkeit führt darüber hinaus aber auch zu einer selektiven Vertiefung der kulturell gelernten Bedürfnisse (vgl. dazu Witt 1987a, Kap. IV).

Fassen wir zusammen: gemeinsam mit den Hypothesen über das, was auf kognitiver Ebene geschieht, impliziert die skizzierte Theorie große Spielräume für die Formen, die individuelles Verhalten annehmen kann. Konkret formt sich das Verhalten durch zwei Wirkungsmechanismen aus, die aus dem vorher Gesagten folgen. Der eine ist der der Gewöhnung oder Gewohnheitsbildung durch Lernen von Mustern der Bedürfnisbefriedigung und Assoziation von Reizen. Dieser Mechanismus bewirkt über die Zeit eine zunehmend idiosynkratische, intra-individuelle Ausdifferenzierung von Bedürfnissen und bedürfnisrelevantem Wissen. Das Korrelat ist eine (nicht notwendig irreversible, aber nur langsam umkehrbare) "Spezialisierung" im Konsumwissen und Konsumverhalten. Als Folge prägen sich inter-individuelle Unterschiede im Konsumverhalten aus, die über das Maß hinaus gehen, das der genetischen Varianz in den Elementarbedürfnissen und in deren Mischung entspricht. Der zweite Wirkungsmechanismus beruht auf der Tatsache, dass sowohl das Erlernen

der kulturell erwerbbarer Bedürfnisse wie auch die selektiven kognitiven Aufmerksamkeitsprozesse in vielfacher Weise sozial kontingent sind. Je intensiver und exklusiver die Kommunikation innerhalb von Gruppen ist, umso wahrscheinlicher richten sich die individuellen Aufmerksamkeitsprozesse auf eine ähnliche Agenda und umso einheitlicher sind die Bedingungen für das assoziative Erlernen von Sekundärverstärkern. Die Folge ist hier, dass in solchen Gruppen kulturelle oder subkulturelle Besonderheiten und Moden im Konsumverhalten auftreten können, die die inter-individuelle Varianz innerhalb der Gruppe reduzieren, die Unterschiede zu anderen Gruppen jedoch vergrößern. Die beiden Wirkungsmechanismen stellen anthropologische Konstanten dar, die auf sehr unterschiedliche Weise in der kulturellen Evolution aktiviert werden können.

VIII. Regelmäßigkeiten im Wandel des Konsums

Auf der Basis der Theorie der Bedürfnisse (bzw. Präferenzen), in der die genetischen Anlagen des Menschen als Invarianzen auftreten, lassen sich einige Aussagen über den Wandel im Konsum treffen. Dazu ist es sinnvoll, eine Verbindung zu den generischen Merkmalen von Evolution – Entstehung und Ausbreitung von Neuigkeit – herzustellen und gleichzeitig die historischen Randbedingungen des Konsums näher spezifizieren. Letztere können sich ja je nach Entwicklungsstand einer Gesellschaft grundlegend unterscheiden. Die potentielle Formbarkeit menschlichen Konsumverhaltens kann sich nur auswirken, wenn im Laufe der Entwicklung auch genügend neue Konsummöglichkeiten entstehen und realisiert werden. Dies ist jedoch nicht nur eine Frage des Konsumverhaltens selbst. Eine entscheidende Rolle spielen hier auch die Organisation der Konsumgüterproduktion, die Anreize zu innovativem Verhalten und nicht zuletzt die Fähigkeit zu

konsumieren, d.h. der Umfang der für diesen Zweck verfügbaren Ressourcen.

In einer agrarischen Subsistenzwirtschaft ist Konsum – dem geringen Grad der Arbeitsteilung entsprechend – weit überwiegend gleichbedeutend mit dem Verzehr und Gebrauch von selbst produzierten Objekten. Der Konsum von Gütern, die im Tausch über die Grenzen der Großfamilie oder Dorfgemeinschaft hinweg erworben werden, spielt kaum eine Rolle. Charakteristisch für die Subsistenzwirtschaft sind ferner ein geringer und stagnierender Ressourcenbestand pro Kopf der Bevölkerung. Die Stagnation hat etwas zu tun mit der geringen Rate von produktions- und damit konsumwirksamen Innovationen, deren Gründe hier nicht diskutiert werden können (vgl. Witt 1987c und 1996). Produktions- und Konsumformen wandeln sich infolgedessen äußerst langsam. Kulturelle Evolution in der Form eines Wandels des Konsums äußert sich am ehesten noch in der Ausprägung von Unterschieden zwischen verschiedenen Ethnien und Subpopulationen. Den Löwenanteil solcher Unterschiede erklären allerdings die verschiedenartigen, natürlichen Lebensbedingungen, die lokal vorliegen (Klima, Flora, Fauna, Bodenbeschaffenheit usw.). Gleichwohl können sich darüber hinaus auch kulturell bedingte Divergenzen entwickeln. Dafür dürfte vor allem der zweite, im vorigen Abschnitt erwähnte Wirkungsmechanismus relevant sein, der auf den sozialen Kontingenzen im Erlernen kulturell erwerbbarer individueller Bedürfnisse und auf den selektiven, kognitiven Aufmerksamkeitsprozessen beruht. Auf dieser Grundlage können sich aus singulären oder zufälligen Anstößen erst Moden, dann kollektive Gepflogenheiten und schließlich kulturspezifisches Konsumbrauchtum entwickeln.³⁴

In hochentwickelten Volkswirtschaften sind die Randbedingungen völlig an-

im Güter- und Dienstleistungsangebot (die möglicherweise unternommen werden, um dem Verdrängungswettbewerb zu entgehen), die erfolgreich neue Märkte oder Marktnischen kreieren, dann verschärft dies durch Substitutionskonkurrenz die Wettbewerbssituation auf anderen Märkten. Da neu kreierte Märkte oder Marktnischen Imitatoren anziehen, die ihrerseits durch Tech-

nikverbesserung und Kostensenkungen zu reüssieren suchen, wird eine Neuauflage des Verdrängungswettbewerbs in Gang gesetzt. Diese an Schumpeter angelehnte These ist schon ausführlich von Heuß (1965) diskutiert worden. Das Zusammenspiel von Innovation und Imitation ist in historischen Industrie-Fallstudien hervorragend belegt, vgl. etwa Walter (2000), Murmann (2002).

38. Substantielle Aussagen dieser Art sind auch nicht aus der Standard-Nachfragetheorie abzuleiten, die Güter und Dienstleistungen nach dem Kriterium der Einkommens-Inferiorität bzw. -Superiorität klassifiziert (vgl. etwa Angus and Müllbauer 1980), aber nicht erklärt, warum sie diese Eigenschaft besitzen.

ders. Die Produktion ist hochgradig arbeitsteilig organisiert, der Konsum deshalb in der Regel mit einem (vorgängigen) Erwerbs- oder Tauschakt verknüpft.³⁵ Den Gegenpart zu den lernenden, zu Geschmacksdifferenzierung und Spezialisierung fähigen Konsumenten übernehmen spezialisierte Produzenten von Konsumgütern und Dienstleistungen.³⁶ Produktionsvolumen und durchschnittliche individuelle Kaufkraft unterliegen einem Wachstum, das einen Resonanzboden für die skizzierten Wirkungsmechanismen abgibt. Hinsichtlich der Anreize für die Generierung und Ausbreitung von Innovationen herrschen damit andere Voraussetzungen als in der Subsistenzwirtschaft. Die gesellschaftliche Aversion gegenüber Innovationen ist verschwunden. Es bildet sich eine positive Rückkopplung zwischen Ausbreitungs- und Entstehungszusammenhang dadurch, dass in der Ausbreitung von Innovationen pekuniäre und andere Anreize für eine unternehmerische Suche nach weiteren Neuerungen erzeugt werden. Sie resultieren daher, dass erfolgreiche Neuerungen den Wettbewerbsdruck zwischen den spezialisierten Anbietern perpetuieren oder verschärfen.³⁷

Solange durch unternehmerische Initiative das Wechselspiel zwischen der Ausbreitung von Innovationen und der dadurch induzierten Suche nach weiteren Innovationsmöglichkeiten in Gang gehalten wird, nimmt die Produktivität der eingesetzten Ressourcen zu. Es entsteht wirtschaftliches Wachstum, d.h. steigende Einkommen und Kaufkraft – vorausgesetzt, das Wachstum des Konsums hält mit den Einkommenszuwachsen Schritt. Genau hierin liegt die anonyme Triebkraft für den systematischen Wandel im Konsum. Der Konsum muss bei wachsender Kaufkraft Wege einschlagen, die nicht in eine Sättigung der Bedürfnisse und eine Stagnation der Nachfrage münden, soll der selbstverstärkende Pro-

zess des wirtschaftlichen Wachstums nicht erlahmen. Die Agenten, die diese Wege ausfindig machen, sind die vikarischen Unternehmer. In ihrem Bemühen, sich dem Verdrängungswettbewerb zu entziehen, 'testen' sie immer wieder aufs Neue in einer endlosen Folge von Innovationen in Gütern und Dienstleistungen die weitere Formbarkeit des individuellen Konsumverhaltens.

All dies wird erst klar auf der Basis einer elaborierten Theorie menschlicher Bedürfnisse und ihrer Wirkungsmechanismen. Die oben skizzierten Hypothesen erlauben Aussagen darüber, wann und wo weitere Verhaltensanpassungen bei den Konsumenten möglich sind und wo sie durch Innovationen in eine weiter expandierende Nachfrage umgemünzt werden können.³⁸ Möglichkeiten liegen dort, wo

- (i) Bedürfnisse der Konsumenten nicht vollständig gesättigt oder gar nicht sättigbar sind;
- (ii) Sättigungsgrenzen durch Veränderung der Produkteigenschaften hinauschiebbar sind;
- (iii) Sättigungsgrenzen durch Absenkung des durchschnittlichen Nutzungsgrades der Produkte hinausgeschoben werden;
- (iv) Bedürfnisse sich mit neuen Instrumenten (besser) befriedigen lassen.

Neue Angebote, die eine dieser Voraussetzungen erfüllen, diffundieren mehr oder weniger breit und verändern damit systematisch nicht nur das Erscheinungsbild des Gesamtkonsums, sondern schaffen jeweils auch den neuen Ausgangspunkt für die nächste Runde kompetitiver 'Tests' durch vikarische Unternehmer.

Der Fall (i) ist zumindest bezüglich der Elementarbedürfnisse relativ klar, da hier einiges über Sättigungsgrenzen ausgesagt werden kann.³⁹ Solange die Höhe des Pro-Kopf-Einkommens ein Erreichen der Sättigungsgrenze aus-

schließt, steht einer rein quantitativen Expansion des Konsums trivialerweise nichts im Wege. Hierzu bedarf es an sich auch keiner Innovationen. In Niedrigeinkommensländern ist deshalb bei wirtschaftlichem Wachstum der Wandel im Konsum von weniger großer Bedeutung.⁴⁰ Wo Sättigungsgrenzen relevant werden, können diese oft durch Entwicklungen wie im Fall (ii) bzw. (iii) hinausgeschoben werden. Gerade bei den Elementarbedürfnissen gibt es aber auch solche, die schwer oder gar nicht sättigbar sind. Diese spielen in Termen der Wertschöpfungsanteile deshalb bei einem hohen und weiter wachsenden Pro-Kopf-Einkommen eine immer wichtigere Rolle. Sie machen sich dadurch auch immer stärker in dem durch Innovationen und deren Diffusion getragenen, qualitativen Wandel des Konsums bemerkbar. Ein signifikantes Beispiel ist das Bedürfnis nach sozialer Anerkennung und Status.⁴¹ Ein weiteres Beispiel ist das Bedürfnis nach mentaler Stimulation, das schwer sättigbar ist und deutliche Spuren in der modernen Konsumwelt hinterlässt.⁴² Auch der etwa komplexere Fall des Elementarbedürfnisses nach Schmerzlinderung (bzw. in kognitiv generalisierter Form nach beschwerdefreier Lebensführung), der in Volkswirtschaften mit hohem Pro-Kopf-Einkommen immer größere Einkommensbestandteile absorbiert (vgl. Mokyr 2000), zählt hierzu, kann an dieser Stelle jedoch nicht diskutiert werden.

Irgendwann wird im wirtschaftlichen Wachstumsprozess ein Einkommensniveau und ein Konsumumfang erreicht, bei dem Sättigungsgrenzen für leicht sättigbare Elementarbedürfnisse auftauchen. Dennoch kann der Konsum hier noch weiter wachsen. Dies gilt etwa für den Nahrungsmittelkonsum, der selbst in den hochentwickeltesten Ländern noch Zuwächse verzeichnet. Wie ist das möglich?⁴³ Einen der Gründe beschreibt der Fall (ii). Die Industrie sucht durch innovative Veränderung

39. Etwas komplizierter ist die Rolle der kulturell erworbenen Bedürfnisse, die – wie erwähnt – ihrer Natur nach nicht sättigbar sind. Diese Bedürfnisse lassen sich verfeinern oder sogar ganz neu durch Assoziationslernen kreieren. Sie machen sich etwa in Form von Sammelleidenschaften bemerkbar, die Ergebnis einer positiven Konditionierung sind (aber auch wieder verschwinden,

wenn die zugrundeliegende primäre Verstärkung gänzlich entfällt). Können die Voraussetzungen für positive Reizassoziationen von Seiten der Anbieter z.B. durch Werbung beeinflusst werden, dann bieten auch diese Bedürfnisse sich als Ziel von Innovationsbemühungen an. Gelingt es, die innovativen Angebote auf der Agenda gruppen- und subkulturspezifischer Kommunikations- und

Lernprozesse zu platzieren, dann kann sich das Konsumvolumen vervielfachen und bis zu Moden oder gar Manien steigern.

40. Wandel kann sich freilich auch hier durch den Einfluss von Moden ergeben, die sich über Agenteneffekte herausbilden. Bei Verfügbarkeit billiger Imitate orientieren sich diese Moden nicht zuletzt

der Produkteigenschaften die Sättigungsgrenze hinauszuschieben oder ihr sogar gänzlich zu entgehen. Ein Paradebeispiel hierfür ist die Geschichte des Zuckerkonsums und des Übergangs zur Verwendung kalorienarmer Süßstoffe in der Nahrungsmittelindustrie, die Ruprecht (2001) diskutiert hat. Ein weiterer, fast trivialer Grund liegt vor im Fall (iii), einer sinkenden Nutzung oder Ausbeute ein und derselben Konsumgüter seitens der Konsumenten. Man kann mehr Nahrungsmittel „konsumieren“ im Sinne des käuflichen Erwerbs, ohne diese zusätzlichen Nahrungsmittel jedoch in vollem Umfang zu verzehren. Mit zunehmendem Pro-Kopf-Einkommen dürfte dieser Fall für das weitere Wachstum des Konsums nicht nur bei den Nahrungsmitteln eine wichtige Rolle spielen. Dies gilt vor allem für Produktinnovationen, die auf eine gleichzeitige Befriedigung einer Kombination von Bedürfnissen auf neue oder auch nur verbesserte Weise zielen. Bei Kombinationsgütern können die angesprochenen Bedürfnisse durch den Konsum unterschiedlich schnell gesättigt werden. Die Folge ist, dass Konsum um der noch nicht gesättigten Komponente(n) willen weiter ausgedehnt wird, obwohl andere Komponenten schon gesättigt sind.

Als Ziel kompetitiver Innovationstätigkeit kommen schließlich die Konsumgüter mit Instrumentcharakter in Frage – der Fall (iv). Diese können sich auf eine bessere Befriedigung von einzelnen, ungesättigten Elementarbedürfnissen richten oder auf noch ungesättigte Elementarbedürfnisse (und eventuelle erlernte Bedürfnisse) in neuen Kombinationen, selbst wenn andere involvierte Bedürfnisse schon anderweitig befriedigt sind. Wie oben erwähnt, unterliegt der Konsum der Instrumente selbst keiner direkten Sättigung. Es kommt nur darauf an, dass sie von den Konsumenten als tauglich eingestuft werden, ein oder mehrere

noch ungesättigte Bedürfnisse durch ihre Dienstleistungen zu befriedigen. Können die Konsumenten auf der kognitiven Ebene davon überzeugt werden, steht einem Konsum zwecks Auf- und Ausbau von Beständen solcher Güter nichts im Wege (entsprechende Kaufkraft immer vorausgesetzt). Wegen bestehender Zeitrestriktionen werden die Dienstleistungen der Instrumente jedoch nur noch zu einem Bruchteil in Anspruch genommen werden – ein weiterer Fall einer sinkenden Nutzung bzw. Ausbeute. Tatsächlich haben Güter mit Instrumentcharakter (Automobile, Haushaltseinrichtungen, „consumer electronics“ usw.) in den letzten Jahrzehnten einen Löwenanteil am Innovationsgeschehen und haben dem Wandel des Konsums deutliche Spuren aufgedrückt.

„Der einzelne Konsument setzt sich nur mit Teilen der Information über den gesamten Konsumgüterkosmos auseinander.“

Eine charakteristische Begleiterscheinung dieses Wandels ist folgende. Die Anbieter müssen die Konsumenten immer wieder von der Nützlichkeit der neuen Güter als Instrumente für die Befriedigung existierender oder vielleicht erst noch zu weckender Bedürfnisse überzeugen. Da bei der ungeheuren Vielzahl von Gütern mit instrumentellem Charakter inzwischen das zu ihrer Beurteilung erforderliche Konsumwissen schon längst über das Maß hinausgeht, das jeder einzelne Konsument noch verarbeiten kann, ist eine Spezialisierung im Konsumentenwissen zwingend. Der einzelne Konsument setzt sich nur mit Teilen der Information über den gesamten Konsumgüterkosmos auseinander. Da jedoch durch Konditionierungslernen wie auch durch kognitives Lernen Geschmack, Wissen und letztlich die Detailliertheit der erlernten

Bedürfnisse nur für solche Dinge verfeinert wird, die Aufmerksamkeit auf sich ziehen und Erfahrungsgegenstand werden, bedeutet Spezialisierung im Konsum mehr als nur eine Teilung des Wissens und der Fähigkeiten (wie bei der Spezialisierung in der Produktion). Sie bedeutet auch eine zunehmende Ausdifferenzierung der Bedürfnisse intra- wie interindividuell.

Trotz der einfachen Logik, die sie antreibt, ist die kulturelle Evolution, die sich im Wandel des Konsums ausdrückt, also ein vielschichtiger und komplexer Prozess. Offensichtlich machen sich in diesem zwei Tendenzen bemerkbar, die man als Ausdruck von „Affluenz“ werten könnte. Zum einen ist dies die Tendenz, durch Innovationen die Sättigung von Elementarbedürfnissen „künstlich“ hin-

aus zu zögern. Zum anderen ist es die abnehmende Konsumeffizienz der einkommenssuperioren Güter. Der Konsum von Kombinationsgütern wird um einiger noch ungesättigter Komponenten willen weiter ausgedehnt, wo bei anderen Komponenten schon längst Sättigung erreicht ist. Der Konsum (Besitzerwerb) von Gütern mit Instrumentcharakter wird weiter fortgesetzt, obwohl deren Dienstleistungen immer extensiver genutzt werden.

Die evolutionsökonomische Betrachtung des Wandels im Konsum kommt hier bei demselben Problem an, das bereits am Ende der Überlegungen zum Wandel in der Produktion stand: das normative Problem der Legitimation wirtschaftlicher Evolution. Wenn kulturelle Evolution ein von menschlicher Intelligenz hervorgebrachtes Phänomen

häufig an Konsummustern, die sich aus anderen Gründen in den reicheren Ländern gebildet haben und dort erfolgreich diffundiert sind.

41. Soweit ein möglichst hoher Status durch demonstrativen Konsum zu signalisieren versucht wird, ist dieses Bedürfnis schwer zu sättigen, wenn Einkommenssteigerungen eine Aufholkonkurrenz

im Demonstrativkonsum induzieren, vgl. Hirsch (1976). Die Folge ist eine Spirale wie bei einem Rüstungswettlauf mit immer umfangreicherem oder aufwendigerem Konsum.

42. Unterhaltung, Erlebnis-Konsum, Freizeitindustrie, Medien und Mobilität, soweit sie konsumtiven Zwecken dient, charakterisieren einen

Bereich der wirtschaftlichen Wertschöpfung, der in Volkswirtschaften mit hohem Pro-Kopf-Einkommen immer größere Bedeutung erlangt, vgl. Scitovsky (1976). Auch hier liegt eine latente Instabilität vor. Dem relativen Charakter der mentalen Stimulation entsprechend müssen immer neue und immer stärkere Stimuli die Abnutzung durch Gewöhnung kompensieren.

ist, sollte derselben Intelligenz dann nicht auch die Frage gestellt werden, ob und unter welchen Bedingungen die hervorgebrachte Entwicklung auch wünschenswert ist? Vor dem Hintergrund einer globalen Einkommensverteilung, die es einem beträchtlichen Teil der Weltbevölkerung kaum erlaubt, wenigstens genügend Nahrungsmittel für das nackte Überleben konsumieren zu können, sind die beiden erwähnten Tendenzen ja nicht unproblematisch – zumindest wenn man die moral-philosophische Sicht zugrunde legt, die an der Wiege des utilitaristischen Programms in der Ökonomik eine große Rolle spielte, (vgl. Sen (1987)). Eine nicht minder drängende Frage werfen die schon erwähnten "Externalitäten" auf, mit denen die moderne, 'naturferne' Produktion eines global wachsenden Konsums zunehmend die Ökosysteme stört, die aus der natürlichen Evolution hervorgegangen sind (vgl. dazu etwa Weimann 1999).

Nach den Einsichten über den Wandel im Konsum liegt hier ein moralisches Problem. Die reichsten Völker leben vor, wie wenig sie die hinausgeschobene Sättigung der Elementarbedürfnisse, der Erwerb kulturell bedingter, erlernter Bedürfnisse und die Spezialisierung im Konsum glücklicher zu machen scheinen (siehe Lane 2000). Tatsächlich relativiert sich ja auch manches Begehren vor dem Hintergrund, dass es ein erlerntes ist. Eine Menge von dem, was heute konsumiert wird, ist nicht von Anfang an geschätzt gewesen – Konditionierungslernen und kognitives Lernen haben hier ihre Wirkung gezeigt. Würde man den Konsumenten die Möglichkeit nehmen, diese Bedürfnisse durch ihren Konsum zu befriedigen, würden sie dies sicherlich als (Nutzen-) Einbuße erleben. Aber hätten sie nicht gelernt, was sie als Konsumenten gelernt haben, würde ihnen manche Einbuße gar nichts bedeuten. Haben wir es bei der wirtschaftlichen Evolution am Ende mit einem kulturellen Drift-Prozess zu tun?⁴⁴

IX. Zusammenfassung

Die vorangegangenen Überlegungen haben zwei Anliegen verfolgt. Das eine war eine Klärung des Evolutionskonzepts. Damit sollte eine Grundlage geschaffen werden, um Gemeinsamkeiten und Unterschiede von Evolutionsprozessen in verschiedenen disziplinären Domänen besser zu verstehen. Dieses Anliegen reicht über die disziplinären Grenzen der Ökonomik hinaus. Es wird der weiteren Diskussion auch aus wissenschaftstheoretischer Perspektive bedürfen. Das naheliegende zweite Anliegen nach einer solchen allgemeinen Orientierung ist, die evolutorische Ökonomik genauer zu verorten. Wo ist ihr Platz im Rahmen des modernen evolutionären Weltbildes wie auch anderer Evolutionswissenschaften? Die Antwort ist ein relativ komplexes Argument, das in der These einer ontologischen, evolutionären Kontinuität zusammengefasst wurde. Wie dargelegt, lassen sich Invarianzen im wirtschaftlichen Wandel, die diesen im Sinne einer Evolutionskonzeption theoriefähig machen, gerade aus dieser Kontinuitätshypothese ableiten.

Mit dem zweiten Anliegen, das disziplinärer Natur ist – auch wenn es erheblicher interdisziplinärer Vorleistungen als input bedarf – verbindet sich noch ein weiteres Interesse. Wie im theoriegeschichtlichen Teil erwähnt, stellt die evolutorische Ökonomik kein kohärentes, Forschungsprogramm dar. Im Gegenteil scheint die Vielfalt der Ansätze und eine gewisse Konfusion darüber, was die "essentials" dieser Art von Ökonomik sein sollen, noch zuzunehmen. 45 Die Verortung innerhalb des modernen evolutionären Weltbildes kann deshalb auch als ein Fundierungsversuch für das Forschungsprogramm der evolutorischen Ökonomik gesehen werden. Der mögliche Ertrag eines solchen Versuchs konnte hier aus Platzgründen nur angedeutet werden. Kursorisch diskutiert wurde die Erklärung des Wan-

dels in Produktion und Konsum. Diese Themenbereiche sind seit jeher der Gegenstand theoretischer – und auch moral-philosophischer – Reflexionen in der Ökonomik gewesen, so dass sich das Potential einer evolutionären Perspektive gerade hier gut erkennen lässt. Im Zentrum der Diskussion innerhalb der evolutorischen Ökonomik stehen allerdings gegenwärtig eher die Themenbereiche von Innovation, technischem Fortschritt, Industriedynamik, Wachstum und institutionellem Wandel. Welche neuen Interpretationen und Einsichten die Fundierung durch die Kontinuitätshypothese für diese Bereiche bringen kann, wird noch zu klären sein.

Zitierte Literatur auf <www.bioskop.at>



AUTOR UND KONTAKT

Prof. Dr. Ulrich Witt
Max-Planck-Institut für Ökonomik
Kahlaische Str. 10, D-07745 Jena
witt@econ.mpg.de

ten, aktuellen Symposium "Evolutionary Economics". Die Situation hat sich über die letzte Dekade wenig verändert, vgl. Witt (1992).

43. Natürlich kann man das Sättigungsgefühl ignorieren und weiter essen – mit der Folge einer zunehmenden Übergewichtigkeit. Auch wenn dies in den reichen Ländern kein ungewöhnliches Verhalten ist, gibt es Obergrenzen in der Nahrungsaufnahme, so dass ein solches Verhalten zur Erklärung allein nicht ausreicht.

44. Vgl. dazu v. Weizsäcker (2001), der versucht, Bedingungen zu formulieren, unter denen eine Drift auszuschließen ist.

45. Vgl. etwa die Beiträge in Dopfer (2001) oder die Heterogenität der Beiträge von Nelson und Winter (2002), Samuelson (2002), Bergstrom (2002) und Robson (2002) zu einem viel beachte-

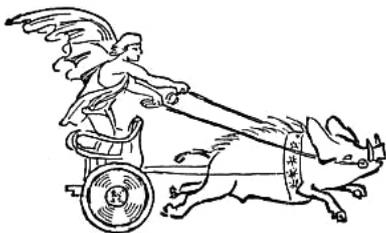
WER DARF DENN NOCH LEBEN, WIE ER WILL?

BIOLOGISCHE CONSTRAINTS UND DIE OFFENE ZUKUNFT

Franz Bacher

Gott hat gesagt: Macht euch die Erde untertan. Ob er wohl ahnte, welche Auswirkungen dieser Auftrag mit sich gebracht hat?

Einige Beispiele mögen die Constraints illustrieren.



Der Hund darf nicht dorthin laufen, wo er will.



Strikt wird seine aktiv erlebbare Umwelt durch sein HALSBAND auf wenige Quadratmeter eingengt. Darüber hinaus darf er nur riechen und schauen.

Ein BEISSKORB beschränkt seine Verteidigungsmöglichkeiten, aber auch die Erschließung biologischer Nahrungsquellen.

Zur Freude von Massen, aber auch nur für die eigenen vier Wände hat man den seltsamen Aufenthaltsort KÄFIG entwickelt. Der Löwe, der in freier Wildbahn im Quadratkilometerbereich denkt, wird gegen Entgelt, von dem er nichts hat, auf Quadratmeter beschränkt.



Der Papagei aus dem Regenwald des Amazonas darf hinter Gittern zu seiner Erbauung auf einer Schaukel hutschen. Jeder Ast im Freien bietet ihm zumindest das gleiche Vergnügen.



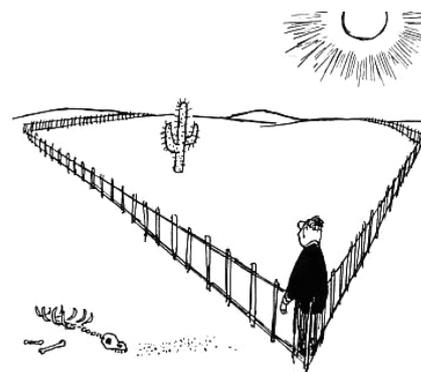
Und die Maus und der Hamster frequentieren das Laufrad wenigstens in dem Bewusstsein, das die Menschen auf dem Zimmerfahrrad auch nicht weiter kommen.

Aber der Mensch hat auch für sich selber Constraints geschaffen. Jedes GEFÄNGNIS hat zwei Welten: Drinnen und herausen. Jemand der drinnen ist, hat irgendjemand Leid zugefügt. Aber der Papagei?

Grosse GEHEGE bieten dem Wild zwar ausreichend Lebensraum, wenn sie aber nur eingezäunt sind, weil eine Autobahn angrenzt, dann fragt sich wahrscheinlich manche Hirschkuh: "Warum darf mein Achtzehnder nicht mehr zu mir? Nur wegen der Sechszylinder?"



Das Phänomen ZAUN dürfte in der Biologie ein uraltes Prinzip sein. Jede Pflanzenzelle umgibt sich mit einer Zellwand.



Auch ein FLIEGENGITTER hindert Lebewesen, ihre biologischen Wünsche in Erfüllung gehen zu lassen. Magisch angezogen von Licht und Wärme wollen Gelsen ein wenig Blut aus den in den Häusern befindlichen Menschen holen. Ätsch! Das geht nicht. Und dann gibt es eben keinen Gelsennachwuchs.

Die Lebenszeit von oft hunderten Mitbewohnern wird mit wenigen Fingerbewegungen beim Druck auf den INSEKTENSpray drastisch verkürzt und einfach beendet.

Wasserlebende Tiere kommen ins AQUARIUM.



Man umgibt sie mit einigen Glasplatten, stattet ihren Lebensraum mit Steinen, Sand und Pflänzchen aus. Besonders erfreut sind sie sicher, wenn die Beleuchtung im 20 Sekunden Rhythmus ihre Wellenlänge ändert.

Eigentlich müssen ja viele Pflanzen dankbar sein, wenn sie im Blumentopf landen. Ein gesichertes Dasein. Sogar Pflegepersonal wird bei Abwesenheit der Hauptbetreuer organisiert.



Eine große Ansammlung von verschiedensten Pflanzen wird nicht ihren Wünschen überlassen, ihr Platz wird ihnen zugewiesen: Man nennt das dann GARTENGESTALTUNG. Keiner fragt, welche Sprache sie sprechen: sie landen eben in einem englischen oder französischen Garten.



Mit BAUMSTANGEN weisen wir den richtigen Weg nach oben. Im WEINGARTEN dürfen die Weinreben nur angepasst an die Traktorbreite und die neuen Erntemaschinen existieren.

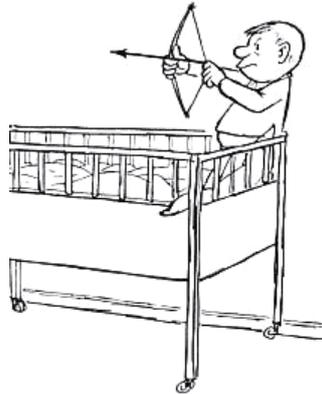
Im GLASHAUS heißt es: „Früh raus, denn dann kann man euch vor den anderen zur Verwertung bringen.“



Der KÜHLSCHRANK und die TIEFKÜHLTRUHE bewirken gerade das Gegenteil: Besonders Pilze und Bakterien sollen es ja nicht gut haben. Am besten sollen sie erfrieren.

Aber der Mensch macht auch vor sich selbst nicht Halt mit Constraints. Fortpflanzungswillige Spermien hindert man mittels eines KONDOM'S zur erwartungsvollen Eizelle zu gelangen.

Schon am Anbeginn ihres Daseins sperren wir unseren Nachwuchs im GITTERBETT ein. Jahrzehnte später kann ihnen das dann wieder passieren.



Zwei wunderschöne Attribute der Weiblichkeit lässt man eingengt hinter einem BH verkommen. Statt ihnen Freiheit und Bewunderung zu gönnen.



Literaturverzeichnis

- DAS GROSSE LORIOT BUCH
Diogenes Verlag, Zürich 1998
DEUTSCHMANN, HEMPEL: Florales Gestalten
Neumann Verlag, Leipzig 1984
MEYERS KLEINES KONVERSATIONS LEXIKON
Bibliographisches Institut Leipzig, 1893
NOORDHUIS, KLAAS T.: Ein schöner Garten
Karl Müller Verlag, Erlangen
SCHUBERT FRANZ: Das kranke Haustier
Pallas Verlag, Salzburg 1953



Autor und Kontakt

Oberstudienrat
Prof. Mag. Franz Bacher
Winzerschulgasse 17
2130 Mistelbach
fbacher@
hakmistelbach.ac.at

CONSTRAINTS:

Richard Kiridus-Göller



Auf jedes Problem gibt es eine einfache Antwort und die ist immer falsch (Umberto Eco), als „Wahrheit“ ist sie die Erfindung eines Lügners (Heinz von Foerster). Es geht um Systembedingungen, um das auf Dauer in Wahrheit Mögliche.

Wer kennt nicht die Patentantworten als „Recycling-Lüge“ zu Re-, Down und Upcycling, die Kritik am „regressus ad infinitum“ der Ökobilanzierungen, die Mär von der Biomasse und auch die vom Wasserstoff – und deren Fragen nach dem woher?

Nicht selten enden die Debatten in reinen Glaubenfragen schlussendlich bei Gott und der Welt. Tatsächlich aber ist das nicht eine Thema der Theologie, sondern vielmehr die Frage nach der richtigen Theorie und lebhaften Ethik. Lieb zu sein zur armen Umwelt ist nicht umweltfreundlich, sondern naiv.

Hilfreicher ist die Systemtheorie der Evolution (STE), mit der die Kohärenzen erklärt und Korrespondenzen einem Verständnis zugeführt werden. Die Existenz von Systembedingungen wird im englischen Schrifttum mit „constraints“ benannt. Zu Unterschei-

DIE ZWÄNGE DER ZUKUNFT SIND DIE BIOLOGISCHEN.

den sind die Binnenbedingungen und die Außenbedingungen. Auf die Umweltfrage umgelegt sind das die gesellschaftspolitischen Binnen- und naturgesetzlichen Außenzwänge.

Politik ist Stellungnahme zur Realität. Intelligenz ist die Fähigkeit, Sachverhalte zu durchschauen und absichtsvoll zu handeln. Gefragt ist also intelligente Politik bei den Mächtigen und politische Intelligenz bei den Bildungsbedürftigen.

Politische Bildung ist ein Kernstück der Zukunftsfähigkeit.

Wegen der Einbettung in den Gesamtzusammenhang ist nicht die Menge des Wissens relevant, sondern dessen Kontext. Nicht verstandenes Wissen ist totes Wissen. Wenn wir mehr können als wir verstehen, haben wir nicht einen Mangel an Wissen, sondern an Ethik – das Wissen nimmt zu, das Gewissen ab. Was wir nicht verstehen können wir auch nicht verantworten.

Was das mit Biologie zu tun hat? Jede Entscheidung braucht eine Entscheidungsgrundlage. Jede Therapie braucht eine Diagnose. Ist die Diagno-

se falsch, wird die Therapie zur Krankheit. Wir kennen ja den bösen Witz vom Arzt, der seinen eigenen Friedhof hat... Bildungspolitisch schlimm ist es, wenn Technikern in der Schullaufbahn die Biologie als Pflichtfach vorenthalten wird, das ist leider dort und da der Fall.

Zukunft hat, was überlebt. Dahinter verbergen sich einerseits Irreversibilitäten als „Zeitpfeil“, andererseits als die Wirkung der Selektion. Die biophysikalische Substanz dazu ist das Verhältnis von Entropie und Information. Wie mit dieser Komplexität in der Konsequenz erfolgreich folglich umzugehen ist, lehren als biologische Teildisziplinen Systemtheorie, Kybernetik und Bionik. Die Redaktion hat diesem Anliegen die Ausgabe „Biologie und Weltweisheit“ (bioskop 04/2006) gewidmet, fortgesetzt wird der Beitrag von Ulrich Witt in diesem Heft.

Der Motor des Lebens ist die Sonne. Biologische Systeme arbeiten nicht nach der materialistisch-mechanistischen Logik, der auch die Technologie der Wärmekraftmaschinen folgt – in naturgesetzlicher Konsequenz. mit- samt inklusive der Entropie-Zunahme

als „Klimawandel“. Lebende Systeme sind keine trivialen „Enthalpie-Maschinen“, sondern nicht-triviale „Entropie-Maschinen“. Sie nutzen den gigantischen Entropie-Strom des Kosmos.

Die Versorgung der Menschheit mit Nahrung und Energie ist die Herausforderung der Zukunft. Die Constraints sind physikalische, technische, ökonomische und politisch-psychologische Restriktionen. Aus Gründen der Globaleffizienz gehört jenseits von „Peak-oil“ der Biomasse als Nahrungs- und Rohstoff- und Wärmequelle, der Solar-Elektrizität als Primärenergie die Zukunft. Da Wasserstoff keine Primärenergiequelle ist, liegen dessen Optionen im speicherbaren Sekundärenergie-Bereich.

Nicht die Energiemenge, sondern das Wissen um die Nutzungsmöglichkeit der Sonne als Kernreaktor in sicherer Entfernung ist knapp.

Die bioskop-Redaktion lässt daher in dieser Ausgabe Franz Niessler – von Insidern als „Mister Eurosolar“ geachtet – mit seiner persönlichen Überzeugung zu Wort kommen:

JÄHRLICHER MAXIMALER STROMBEDARF DER MENSCHHEIT UND DAS SOLARENERGIE-ANGEBOT Eine Kalkulation vor bereits 30 Jahrzehnten

STROMVERBRAUCH PRO KOPF UND JAHR IN DER BRD 1974
WELTBEVÖLKERUNG 1974
MAXIMALER WELTSTROMBEDARF

4418 kWh / a = $4,418 \times 10^3$ kWh / a
4 MILLIARDEN = 4×10^9
 $4,418 \times 10^3 \times 4 \times 10^9 = 1,77 \times 10^{13}$ kWh/a

SOLARKONSTANTE
ERDUMFANG (GEMÄSS DEFINITION)
ERDRADIUS
SCHEINBARE ERDFLÄCHE
JÄHRLICHES SOLARENERGIE-ANGEBOT

$S = 1,34 \text{ kWh/h.m}^2 = 1,34 \text{ kW/m}^2 = 1150 \text{ kcal / h.m}^2$
 $U = 2r \cdot \pi = 40\,000 \text{ km} = 40\,000\,000 \text{ m} = 4 \times 10^7 \text{ m}$
 $r = 4 \times 10^7 / 2 \cdot \pi = 6,36 \times 10^6 \text{ m}$
 $F = r^2 \cdot \pi = 6,36^2 \times 10^{12} \cdot \pi = 1,27 \times 10^{14} \text{ m}^2$
 $S \times F = 1,34 \times 1,27 \times 10^{14} \times 2,4 \times 3,65 \times 10^3 = 1,49 \times 10^{18} \text{ kWh/a}$

SOLARENERGIE-ANGEBOT / MAXIMALER STROMBEDARF $1,49 \times 10^{18} / 1,77 \times 10^{13} = 0,842 \times 10^5 = 84\,400$

WIRKUNGSGRAD FÜR VERSTROMUNG DER SONNENWÄRME BEI $T_h = 160^\circ\text{C} = 20\%$
MAXIMALER STROMBEDARF / WIRKUNGSGRAD $1,77 \times 10^{13} / 0,20 = 8,85 \times 10^{13}$ kWh/a
WÄRMEBEDARF = 2 x STROMBEDARF = $3,55 \times 10^{13}$ kWh/a; ZUSCHLAG FÜR VERKEHR 200 %
JÄHRLICHER TOTALBEDARF DER WELTBEVÖLKERUNG AN SONNENENERGIE: $30,1 \times 10^{13}$ kWh_{th} / a

VERHÄLTNIS SONNEN-ENERGIE-ANGEBOT : TOTAL-ENERGIE-BEDARF = 5000 : 1

(Bossel, U.: Heizen mit Sonne. Tagungsbericht. Band 2: Praxisnahe Haustechnik. München: DGS, 1977)

ENERGIEWENDE: WANN, WENN NICHT JETZT?

DIE ZEIT LÄUFT UNS DAVON.

Weil die Sonne der Motor des Lebens ist, kommt ihr auch in der Zukunft unserer Gesellschaft eine zentrale Rolle zu. Die Sonne schickt keine Rechnungen. Sie ist ein Kernreaktor in sicherer Entfernung, der allen gehört und sich nicht privatisieren lässt. Und wir können mit Hilfe der Sonne den gesamten Energiebedarf der Menschheit sicher und für immer decken. Dies wissen jedoch noch nicht Alle.

Franz Niessler

100 Prozent Strom aus Erneuerbaren Energien (besonders schnell mit Windenergie, Biomasse-Wärme-Kraft-Kopplung, sowie Wasserkraft, Photovoltaik, u.a.) und Geothermie wäre binnen 4 – 5 Jahren technisch und wirtschaftlich in Österreich möglich. 100 Prozent Energie aus einem Mix aus Erneuerbaren Energien (Sonne, Wind, Wasser, Biomasse u.a.) und Geothermie, sowie rationelle Energieanwendung wäre innerhalb von zehn Jahren technisch und wirtschaftlich in Österreich möglich (kriegswirtschaftlich und im Sinne einer zivilen Landesverteidigung).

Gemeinden könnten rasch energieautark werden! Putin und andere könnten uns das Gas abdrehen. Das wurde am 1. Jänner 2006 demonstriert. Scheichs müssen uns nicht immer Erdöl liefern. Der Erdölpreis hat einen historischen Höchststand von 71 Dollar pro Faß erreicht. Wirtschafts-Bosse halten einen Anstieg auf über 100 Dollar in nächster Zeit für möglich, ja sogar über 250 Dollar pro Barrel sei keine Utopie mehr.

„Warum haben wir einundzwanzig Jahre nach Tschernobyl noch nicht die Energiewende geschafft – und noch nicht 100 Prozent Strom aus Erneuerbaren Energien?“

Viele sind heute noch arg uninformiert über die enormen Möglichkeiten der Erneuerbaren Energien, besonders Photovoltaik und Windkraft – und so manche Atom-Fanatiker glauben gehässig, daß man mit Solarstrom lediglich Modell-Eisenbahnen betreiben könne. Wann wird nun Österreich energieautark? *„Die Lehre ist eindeutig:*

Energiepolitik ist Weltpolitik. Ich fürchte aber sie wird nicht Friedenspolitik sein.“

(Ex-Siemens-Chef Heinrich von Pierrer bei der „energy 2020“ im September 2005 in Fuschl)

Österreich als Musterland für Energiewende

Österreich könnte schon seit Jahren weltweit das Musterland für die Energiewende sein – mit über 100 Prozent Strom aus erneuerbaren Energien. Allerdings wurde die Chance bisher verтан. Vor fast 34 Jahren, am 13. Oktober 1973, begann die erste Ölkrise. Spätestens seit diesem Zeitpunkt wurde klar, dass es erforderlich ist, nach Alternativen zu den fossilen Energiequellen zu suchen. Und schon vorher war Experten bekannt, dass Öl zur Gänze örtlich ersetzbar ist – durch Schaffung energieautarker Gemeinden.

Als ein historischer Energie-Tag gilt der 5. November 1978: 5 Jahre nach dem Ölschock gab es die Volksabstimmung gegen das in Österreich errichtete Atomkraftwerk Zwentendorf – und nun sollte der Welt gezeigt werden, wie in Österreich ohne Atomstrom die Lichter nicht ausgehen.

Damals gab es Vordenker, die darstellten, wie innerhalb der nächsten zehn Jahre die Alpenrepublik gänzlich ohne fossile und atomare Energiequellen für die Stromerzeugung auskommen kann. Alleine mit Wasser und Wind wäre dies möglich gewesen, daran hat sich bis heute nichts geändert. Wenn jetzt der politische Wille da wäre, könnte bis zum Jahr 2010 aus Wasserkraft und Windkraft 100 Prozent Strom einheimisch gewonnen werden. Dazu käme noch Elektrizität aus Wärme-Kraft-Kopplungen. (WKK nicht verwechseln mit KWK Kraft-Wärme-Kopplung!) Das Kohlekraftwerk Dürnrohr ist eine KWK-Anlage, ebenso das AKW Temelin – die Wärme wird praktisch nicht genutzt.

Die Alpenrepublik ist das Land der Berge, und da kann Windstrom in rauen Mengen flächendeckend bundesweit geerntet und auch, so erforderlich, verschiedenartigst gespeichert werden.

Allerdings gibt es zur Verhinderung von Windkraftwerken viele psychologisch wirksam aufbereitete Desinfor-

mationen und hochdotierte Gegenaktionen.

Ein historisches Beispiel: Der Verband der Elektrizitätswerke Österreichs gab 1974 ein schwarz-rotes Büchlein „Wirtschaftswachstum und Energiebedarf“ heraus. Dort schrieb der Verfasser Wolfgang Simon: *„So würden etwa 600.000 Windmühlen der heute gängigen Bauart gebraucht, um die Leistung eines modernen Kernkraftwerkes hervorzubringen.“* Noch heute glauben auch Industrie-Manager solche Märchen und setzen sich, im internationalen Gleichklang, für den Ausbau von „Atomstrom-Autobahnen“ (380kV-Hochspannungsleitungen) und die Rückkehr der Reaktoren ein. Wahr ist vielmehr: Im Schnitt würden etwa 3 große Windräder pro Gemeinde ausreichen, um den gesamten österreichischen Jahresstromverbrauch von ca. 64.000 GWh zu decken, Windflauten mit eingerechnet.

Energieautarke Gemeinden statt neuer „Atomstrom-Autobahnen“

„Kann die Sonne den Strom ersetzen?“ stand im Mai 1977 in der WOCHENPRESSE. Wolfgang Baude (Kraftwerk Union AG, Erlangen) wusste damals die Antwort: *„Niemals? Auf irdische Verhältnisse wäre der Strompreis nur leider nicht konkurrenzfähig: Mehr als 200 Schilling pro Kilowattstunde!“*

Und zum Abschluß: *„Nichts gegen Sonnenanbeter, damals wie heute. Doch sie sollten Visionen nicht als machbare Technik verkaufen.“* So der gute Herr Baude. Für Österreich kann klar gesagt werden, dass alle Gemeinden, einschließlich Wien, das Potential hätten, mit einem Mix aus erneuerbaren Energien (Windkraft, Photovoltaik, Solarthermie, Biomasse, Wasserkraft etc.) und Geothermie energieautark zu werden und teilweise sogar wesentlich mehr Energie produzieren zu können, als auf dem Gemeindegebiet gebraucht würde.

Das regionale Energieangebot ist enorm.

Auf ein Hektar (10.000 Quadratmeter) strahlt die Sonne bei uns mit einer Intensivität von zehn Millionen Kilowattstunden jährlich ein. Wäre diese Fläche



mit Photovoltaik-Solarzellen belegt, so könnte beim derzeitigen Stand der Technik rund eineinhalb Millionen Kilowattstunden hochwertigster Spitzenstrom gewonnen werden.

Mit Sonnenkollektoren wäre der Hektar-Ertrag etwa sechs Million kWh Wärme. Ein Windrad mit einer Leistung von fünf Megawatt benötigt zirka 200 Quadratmeter Bodenfläche und kann pro Jahr bis zehn Millionen kWh Energie liefern. Der Biosprit-Ertrag pro Hektar liegt im Bereich von 1.000 bis 2.000 Liter, was einer Energiemenge von 10.000 bis 20.000 kWh gespeicherter Sonnenenergie entspricht.

Werden im Gemeindegebiet Tiefenbohrungen niedergebracht, so sind im Bereich von 2.500 bis 10.000 Meter Temperaturen über 100 Grad erreichbar. Mit modernen Verfahren kann aus der Erde nun mehr Strom und Wärme gewonnen werden, als dafür Bedarf ist. Wir können auf Grund des riesigen Energie-Potentials in einem Mix den gesamten Energiebedarf sauber und sicher für immer decken – ein energieautarkes Österreich ist wirtschaftlich und technisch möglich. Dies zeigt nun auch die niederösterreichische Region Bruck/Leitha. Sie ist bei Strom bereits komplett „erneuerbar“. Bis zum Jahre 2010 könnte diese Gegend schon 100 Prozent des gesamten Energiebedarfs aus erneuerbaren Energiequellen decken.

Was sind energieautarke Gemeinden und Regionen?

In dieser Region sind landwirtschaftlich genutzte Flächen, Wälder, Bäche usw. So kann es in Zukunft (die jetzt bereits beginnt) sein:

* Die Leute leben in gut gedämmten

Häusern, die keine Heiz- und Kühlenergie verbrauchen. Die wenigen Kilowattstunden, die an kalten Wintertagen noch benötigt werden, werden durch Sonnenenergie gedeckt. Elektro-Heizkörper sind kein Tabu.

* Dächer und Fassaden sind Solarkraftwerke. Auch modernisierte Kachelöfen liefern Elektroenergie. Holz, Hack-schnitzel, Energie-Getreide, ebenso Heu-Pellets erzeugen neben Wärme auch wertvollen Strom. Es gibt dazu verschiedene Technologien, z.B. mittels Thermophotovoltaik, Stirlingmotore.

* In denkmalgeschützten Ortskernen leben die Menschen in energetisch sanierten Häusern.

* Vom Kirchendach kommt himmlischer Strom. Polizei-Dienststelle, fernmelde-technische Anlagen, Sendeanlage und andere öffentliche Bauten sind an das Nahwärme-Netz angeschlossen.

* Sporthallen werden durch billige Solarwände mit solarer Frischluft versorgt

* Schwimmbäder sind mit Sonnenkollektoren und Solarzellen ausgerüstet.

* Solaranlagen speisen in Wärmenetze ein und stellen damit – besonders im Sommer – Wärmeenergie zur „solaren Kühlung“ für Betriebe bereit.

* Aus der Erde lässt sich überall Geothermie-Energie überreichlich holen, für Heizen, Kühlen und Strom.

* Die ortsansässigen Bauern führen ihre Betriebe energieautark – als Beispiel der energieautarke Bauernhof

Stromtankstellen in Österreich

<<http://www.elektrotankstellen.net>>

(Stand 21. Juni 2007, 9:30 Uhr)

Anzahl der Elektro-Tankstellen in den Bundesländern

228	NÖ – Niederösterreich
48	St – Steiermark
38	W – Wien
27	OÖ – Oberösterreich
24	S – Salzburg
23	K – Kärnten
21	B – Burgenland
13	V – Vorarlberg
9	T – Tirol *)

415 Summe

*) In allen Gemeinden der Region Achensee (Maurach, Pertisau, Achenkirch, Steinberg und Wiesing). Sobald man in einem der Häuser übernachtet oder etwas konsumiert, kann man selbstverständlich das Auto aufladen. Auskunft: Tourismusverband Achensee, Rathaus 387, A-6215 Achensee, Tirol, Tel. +43(0) 5246/5300 <www.achensee.info>

Eine Pflicht-Lektüre für Alle, die über Elektroautos und Solarstrom mitreden wollen – das weltbesten Solarstrom-Magazin „PHOTON“ <www.photon.de>, Ausgabe 4/2007, April 2007, <<http://www.photon.de/photon/pd-2007-04.pdf>>, mit einem erstaunlichen, achtseitigen Vergleich zwischen Biosprit und Photovoltaik-Sonnenstrom.

Auf 1 Hektar (= 10.000 m²) strahlt die Sonne bei uns pro Jahr ca. 10.000.000 Kilowattstunden (kWh) Energie ein. Wäre diese Fläche mit Photovoltaik-Solarzellen belegt, so könnte derzeit ca. 1 Million kWh Strom geerntet werden. Mit Sonnenkollektoren wäre es etwa 6 Millionen Kilowattstunden. Einen ähnlichen Ertrag könnten in Zukunft auch Solarzellen liefern. 1 Windrad (4 MW Leistung) benötigt ca. 300 m² Bodenfläche und kann jährlich ca. 8 Millionen Kilowattstunden liefern. Der Biosprit-Ertrag pro Hektar liegt zwischen 1.000 bis 2.000 Liter, dies entspricht einer Energiemenge zwischen 10.000 und 20.000 kWh gespeicherter Sonnenenergie.

Österreich Fläche 83.855,2 km²

Energieaufkommen (Energieverbrauch)

im Jahr 2000 (lt. E.V.A.)	1358 PJ, d.s. 377 TWh
Nutzenergie	591 PJ, d.s. 164 TWh
davon Strom	ca. 60 TWh

der Familie Löser in A-2004 Streitdorf nördlich von Stockerau, <<http://www.energiebauernhof.com>> Landwirte liefern den Treibstoff, es kann auch Energie-Getreide sein, für das Biomasse-Heiz-Kraft-Werk.

* Traktoren und Weitverkehr-Autos, selbstverständlich auch Müllfahrzeuge, fahren mit kaltgepresstem Pflanzenöl oder mit Wasserstoff aus der Region.

* Felder werden mit Hilfe von Elektropumpen bewässert.

* Die meisten Familien besitzen Elektroautos.

* Es gibt für Elektrofahrzeuge genügend öffentlich zugängliche Stromtankstellen (Schuko Steckdosen 230 Volt, 16 Ampere) zum Stromtanken und zur (Spitzen)-Strom-Einspeisung durch Elektroautos, Hybridautos, Brennstoffzellenautos bei Spitzenlastzeiten und bei Netzausfall. (Elektroautos als Regelenergiekraftwerke)

* Radfahren ist nicht nur gesund, es spart auch Energie.

* Die Bürgermeister und Gemeindevertreter sorgen für geschlossene Bauweisen und schreiben Solaranlagen und Plusenergie-Häuser vor.

* Einkaufszentren außerhalb der Ortskerne werden nicht mehr genehmigt.

* Die Dachlandschaft verwandelt sich von roten Energiebrachen in bläuliche Solarkraftwerke.

Wärme-Kraft-Kopplungen für Versorgungssicherheit

* Die Region hat mehrere Biogasanlagen, in die Schlacht- und Speiseabfälle, aber auch grüne Biomasse, wie z.B. Gras und andere landwirtschaftliche Energie-Pflanzen eingebracht werden. Biogas wird in Gasmotoren und Brennstoffzellen verstromt und die Wärme genutzt.

* Die Gewerbe – und Industriebetriebe der Region haben ihre Produktionsprozesse energieoptimiert. Energieintensive Produktionsprozesse werden auf jene Zeiten konzentriert, zu denen

der Gesamtenergieverbrauch gering ist. Einen Großteil des Stromes, den die Betriebe benötigen, erzeugen sie selbst und nützen dazu die Dächer und Fassaden.

* Die Region ist finanziell gut gestellt, da durch die Nutzung örtlicher Energieträger, im Vergleich zu früher, kein Geld für Brennstoffe, Treibstoffe und Strom aus der Region abfließt. Im Gegenteil, nun kommt durch die Stromüberproduktion, die in Ballungsräume strömt, Geld zusätzlich in die Gemeinden.

* Angepasste, kostendeckende Strom-Einspeisevergütungen helfen der Region. Es werden neue Arbeitsplätze geschaffen, und bestehende gesichert. Das Pendler-Problem wird gemildert, und damit der Verkehr entlastet.

* Lokale Gewerbebetriebe können die Installationen, Wartungen und Reparaturen durchführen und auch einen Teil der notwendigen Güter selbst herstellen.

* Es gibt örtlich Energie- und Elektro-Spezialisten, die das Orts-Stromnetz betreuen, die für die Stromversorgungssicherheit zuständig sind. Sie beherrschen Energiespeichersysteme, Lastmanagement und steuern über ein zentrales Leitsystem virtuelle Kraftwerke (Vernetzung vieler kleiner Anlagen, die der dezentralen Stromerzeugung dienen). Stichwort: Stromnetzrückkauf, Vorbild Schönau im Schwarzwald

* In jeder Gemeinde wird mehr Strom erzeugt als benötigt. Dafür sorgen neben der Photovoltaik auch Windräder zwischen den Dörfern und Wärme-Kraft-Kopplungen in den verschiedensten Formen und Größen.

* Elektrofahrzeuge werden als „Rollende Kraftwerke (Regelenergie-Kraftwerke) eingesetzt. Elektroautos ans Stromnetz (V2G vehicle to grid) <<http://www.dgs.de/fileadmin/files/sonnenenergie/Leseprobe-SONNENENERGIE.pdf>>

Autos mit Elektroantrieb sind nicht nur saubere Fortbewegungsmittel. In ihren Batterien lässt sich Strom aus erneuerbaren Energiequellen speichern – den Fahrer gegen Bares an Versorgungsun-

ternehmen zurückverkaufen können.

* Landwirtschaftliche Maschinen werden zur Energieerzeugung genutzt. Die Energieerzeugung erfolgt nach dem Prinzip der Wärme-Kraft-Kopplung. Betrieben werden diese Systeme sowohl mit erneuerbaren Energieträgern, so dass eine hohe Unabhängigkeit von Energiemärkten und Elektroenergie bzw. eine Zusatzeinnahme für die Stromeinspeisung in das Leitungsnetz entsprechend dem Erneuerbaren Energien Gesetz (EEG) erreicht wird.

Vom späten Herbst bis ins Frühjahr stehen Zugmaschinen meist still. Sie verdienen Geld, wenn aus ihnen ein Blockheizkraftwerk (BHKW) gemacht wird, indem sie Strom und Wärme produzieren. In der warmen Jahreszeit richten sie dann wieder als Zugmaschine ihre Dienste.

Der Traktor wird nicht mehr wie üblich ungenutzt in einer Garage abgestellt, sondern in einem ausgetüftelten Container in das System zur Strom- und Wärme-Produktion integriert und kontinuierlich betrieben. Der Container ist schalldicht und feuerfest. Er kann überall ohne umständliche Genehmigungsverfahren aufgestellt werden.

* Tagesspeicher für Strom und Wasserstoff, sowie Saisonspeicher für Kälte, Wärme und Druckluft sind vorhanden.

* Das Wasserkraftpotential der Bäche wird genutzt, auch in einem fischverträglichen Schwellbetrieb.

* Gasthäuser und Hotels sind gut ausgelastet, denn eine intakte Umwelt lockt auch Gäste an. Selbstverständlich gibt es dort auch Stromtankstellen für Elektroautos <<http://www.elektrotankstellen.net>>

* Banken lassen die Spargelder in der Region arbeiten und verhindern damit Geldabflüsse.

Übrigens: Je näher die Regionen zum Äquator liegen, umso mehr Energie ist zu gewinnen. Die derzeit ärmeren Länder sind die energiereicheren. Und die Leute dort nützen noch nicht ihren Energie-Reichtum.



Die Sonnenenergienutzung hat ihre Tücken: Die Menschen in diesen Ländern benötigen Sonnenstrom am dringendsten, sie haben Sonne im Überfluss, leider fehlt dort dazu das nötige Geld.

In den reichen Industrieländern wieder ist Geld noch immer im Überfluss vorhanden, Sonne etwas weniger, und die hier bereits erschwingliche Nutzung sauberer und umweltschonender erneuerbarer Energien scheint vielen noch nicht lebensnotwendig – trotz „Blut für Öl“, Klimaveränderung, Auslandsabhängigkeit, bedrohlicher Atomkraftwerke beginnender Wirtschaftskrise, usw.

Noch sind nicht alle Entscheidungsträger in den Gemeinden über die enormen regionalen Möglichkeiten der Erneuerbaren Energien und Geothermie informiert und von einer notwendigen Energiewende überzeugt ...

Alle Gemeinden sollten bereits in der „Solarbundesliga der österreichischen Kommunen“ (<http://www.solarbundesliga.at>) auf scheinen.

„Solarkraftzwerge“ (steckerfertige Photovoltaik-Wechselstrom-Module) sind in Schulen bisher praktisch unbekannt. Interessant ist derzeit das West-Ost-Gefälle in Österreich bei Sonnenstrom. In der „Solarbundesliga der österreichischen Kommunen“ führen die Vorarlberger Gemeinden mit einem erheblichen Vorsprung. An der Spitze liegt Blons mit 1.366,24 Wattpeak PV pro Einwohner (Wp/EW).

Literatur:

Spannungsfeld Energie – Energieautonomes Österreich – Utopie oder Notwendigkeit?,

Herausgeber: Zukunftsforum Österreich (Dr. Hannes Bauer), ÖGB Verlag Wien, Tel.+43(0)1/6623296; ISBN 3-7035-1254-7

Energieautonomie. Eine neue Politik für erneuerbare Energien / Dr. Hermann Scheer Verlag Antje Kunstmann, München, 2005, ISBN 3-88897-390-2, 2005

BLUT FÜR ÖL Der Kampf um die Ressourcen / Dr. Hans Kronberger, Uranus-Verlag, <http://www.uranus.at> A-1070 Wien, Neustiftgasse 115A/Top 20, Tel.+43(0)1/40391/11,

Das Buch BLUT FÜR ÖL zeigt auf drastische Weise, warum ein Umstieg auf Sonnenenergie auch aus Friedens- und Sicherheitsgründen weltweit dringendst notwendig ist.

„Solare Weltwirtschaft, Strategie für die ökologische Moderne“ Buch von Dr. Hermann Scheer, Verlag Antje Kunstmann München, ISBN3-88897-228-0, in vielen Sprachen <<http://www.eurosolar.org/publikationen/publikind.html>>

„SONNENSTRATEGIE Politik ohne Alternative“ Buch von Dr. Hermann Scheer (Vorsitzender von EUROSOLAR, Bonn; Abgeordneter zum deutschen Bundestag)

(PIPER VERLAG, ISBN 3-492-03599-X) in vielen Sprachen (auch in Tschechisch)

„DER SANFTE WEG“ Österreichs Aufbruch ins Solarzeitalter (Dr. Hans Kronberger/Hans Nagler), Uranus-Verlag, A-1070 Wien, Neustiftgasse 115A/Top 20, Tel.01/40391/11, Fax.01/40391/13, ISBN 3 900466 564

„Energiewende – So sichern wir Deutschlands Zukunft“ Autor: Gero Jenner; Propyläen Verlag, Ullstein Berlin 2006; ISBN: 3-549-07297-X

„Im Prinzip Sonne VISIONEN ZUM ENERGIE-MARKT“ Buch von Thomas Nordmann und Christian Schmidt, über die Solarszene in der Schweiz, Österreich u. Deutschland, Verlag KONTRAST AG

Zürich, ISBN 3-9521287-6-7

„Sauberer Strom ohne Ende“ Dr.Hans Kronberger; Uranus-Verlag ISBN 3-901626-44-1 Dez. 2004 ein umstrittenes Büchlein für kritische Diskussionen Klimawandel – Biomasse als Chance gegen Klimakollaps und globale Erwärmung

August Raggam, Buch ISBN 3-9501869-0-5, Herausgeber: Ökosoziales Forum Österreich www.oesfo.at

„Chance Energiekrise“ Solare Ausweg aus der fossil-atomaren Sackgasse, Buch von Hans-J. Fell MdB, Carsten Pfeiffer; Verlag: Solarpraxis AG, Berlin, ISBN-10: 3-934595-64-2

SOLARZEITALTER Eurosolar-Journal (erhalten alle EUROSOLAR-Mitglieder). EUROSOLAR, D-53113 Bonn, Kaiser-Friedrich-Str.11, Tel.+49-228/36 23 73, Fax. +49-228/36 12 79,

<<http://www.eurosolar.org>>

„PHOTON“ SOLARSTROM-MAGAZIN D-52070 Aachen, Wilhelmstraße 34, <http://www.photon.de> Tel. (0049)(0)241-470550, Fax. -470559. eMail: verlag@photon

SONNENZEITUNG Uranus-Verlag, A-1070 Wien, Neustiftgasse 115A/Top 20, Tel.01/40391/11, sonnenzeitung@uranus.at

<<http://www.sonnenzeitung.at>>

Solarbrief Solarenergie-Förderverein e.V. D-52070 Aachen, Herzogstraße 6, <<http://www.sfv.de>>

Beste Information über Kostendeckende Vergütung („Aachener Modell“) für Strom aus Erneuerbaren Energien (Photovoltaik, Windkraft, Biogas, Biomasse, Wasserkraft u.a) und EEG; Tel. +49(0)241/51 16 16, Fax. (0049)(0)241/53 57 86, zentrale@sfv.de

Autor und Kontakt:

Ing. Franz Nießler

Büro: A-1100 Wien, Waldgasse 17/14,
niessler.energie@chello.at

NAHRUNGS-AUFNAHME VON *ACHETA DOMESTICUS*

Anleitung für ein Experiment im Biologieunterricht

Marion Schneider, Harald W. Krenn

Lebende Insekten werden selten im Schulunterricht präsentiert, noch seltener werden Beobachtungen und Versuche mit Tieren im Biologieunterricht durchgeführt. Wir stellen hier ein einfaches Experiment mit Insekten vor, das Schülerinnen und Schüler selbstständig im Unterricht durchführen und auswerten können. Bei dem Versuch werden Heimchen (*Acheta domesticus*) gewogen, mit einer bekannten Menge an Futter versorgt und nach 3-4 Tagen wieder gewogen. Dieser Fütterungsversuch eignet sich dazu, Insekten als Tiergruppe vorzustellen, ihre Stoffwechselforgänge und ihr Wachstum zu veranschaulichen und ökologische Zusammenhänge darzustellen. Darüber hinaus gibt selbständiges Experimentieren einen Einblick, wie naturwissenschaftliche Daten gewonnen, ausgewertet und interpretiert werden können.

EINLEITUNG

Als Versuchstiere wurden Heimchen (*Acheta domesticus*) gewählt, weil sie in Zoofachgeschäften als Futtertiere für Reptilien das ganze Jahr über zur Verfügung stehen. Das Heimchen gehört zu den Langfühlerschrecken (Ensifera) und in die Familie der Grillen (Gryllidae) (JACOBS 1998). Die Insekten sind meist hellbraun gefärbt und dunkel gesprenkelt und werden 18-25 mm lang, wobei die Weibchen größer als die Männchen sind.

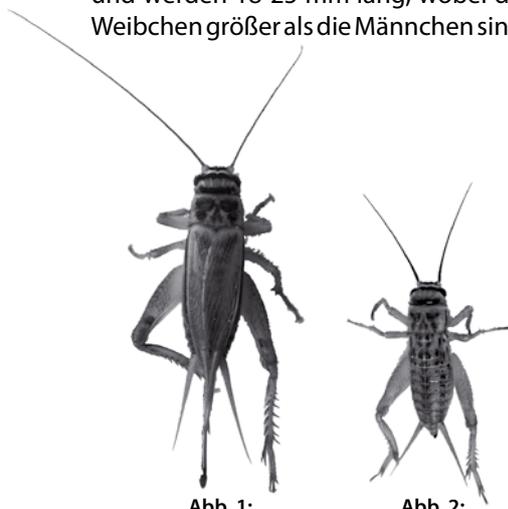


Abb. 1:

Acheta domesticus,
Weibchen

Abb. 2:

Acheta domesticus,
Jungtier

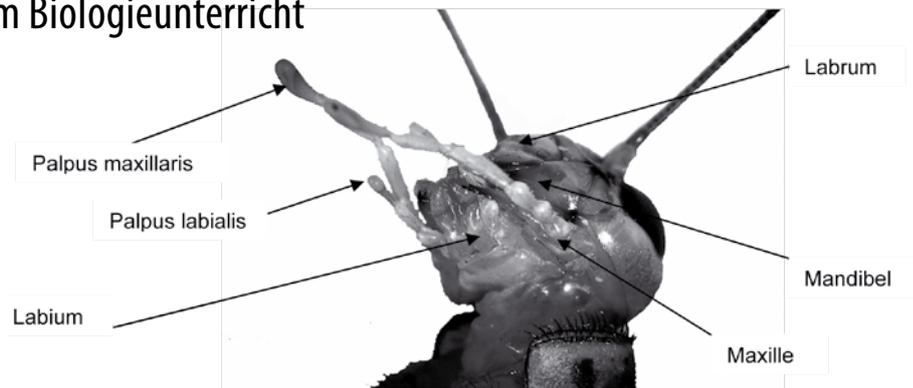


Abb. 3: Mundwerkzeuge des Heimchens

Die Fühler sind unbeschädigt länger als der Körper. Männchen und Weibchen tragen Flügel, sind aber nicht flugfähig. Die Vorderflügel sind kurz und hart und bedecken einen Teil der Hinterflügel. Die Hinterflügel sind voll entwickelt, dünn und in Ruhe zusammengerollt – sie überragen das Hinterleibsende. Die Weibchen unterscheiden sich äußerlich von den Männchen durch den Eilegeapparat, einem stachelförmigen unpaaren Körperanhang, der zirka 20 mm lang ist (FRIEDERICH & VOLLAND 1981) (Abb. 1, 2).

Bei geeigneten Bedingungen erfolgt die Fortpflanzung während des ganzen Jahres. Aus den Eiern schlüpfen Jungtiere, die sich in 12-16 Larvenstadien direkt zu erwachsenen Insekten entwickeln (JACOBS 1998). Heimchen sind hemimetabole Insekten, das heißt die Jungtiere sehen im Prinzip wie kleine erwachsene Insekten aus, es fehlen aber ihre voll entwickelten Flügel und die Geschlechtsorgane (FOX 2004).

Heimchen sind sehr wärmeliebend und kommen bei uns in Mitteleuropa dauerhaft nur in Häusern vor. Sie sind nachtaktiv und verkriechen sich tagsüber in dunklen, feuchten Schlupfwinkeln, Ritzen und Spalten (JACOBS 1998). Sie sind sehr lebhaft und können enorm weit und hoch springen (FRIEDERICH & VOLLAND 1981). Der Gesang der Männchen ist ein kräftiges Zirpen, das durch Flügelreiben erzeugt wird. Heimchen sind Allesfresser, die sich vor allem von Vorräten und Abfällen ernähren (JACOBS 1998). Die Nahrungsaufnahme erfolgt mit beißend-kauenden Mundwerkzeugen, die feste Nahrung abbeißen und mit kauenden Bewegungen zerkleinern können (DETTNER & PETERS 2003) (Abb. 3).

Einen Überblick über den Körperbau gibt die anatomische Darstellung von Fox (2004).

ZIEL

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist, einen einfachen Fütterungsversuch zu entwickeln, der den Schülerinnen und Schülern die Nahrungsaufnahme von Insekten vermittelt. Dieses Schulexperiment ist, die Methoden und Materialien betreffend, bewusst einfach gehalten, um in jeder Schulklasse von Schülerinnen und Schülern selbstständig durchgeführt werden zu können.

Die Schülerinnen und Schüler sollen bei den dargestellten Versuchen selbst quantitativ die aufgenommene Nahrungsmenge bei *Acheta domesticus* ermitteln und einen Vergleich zwischen Jungtieren und erwachsenen Heimchen durchführen. Dazu werden Wägungen der Masse der zur Verfügung gestellten Nahrung, der Masse der Tiere sowie der Masse des gesamten Versuchsansatzes (Futter und Tiere) durchgeführt und nach einigen Tagen wiederholt.

Ausgehend von diesem Fütterungsversuch wurde eine Unterrichtssequenz geplant und für deren Umsetzung wurden Unterrichtsmaterialien entworfen. Im Zentrum der Sequenz steht die selbständige Durchführung und Auswertung des Experiments durch die Schülerinnen und Schüler unter Anleitung der Lehrperson.

Diese Arbeit ist das Ergebnis einer Diplomarbeit in Biologie und Umweltkunde an der Universität Wien, die in gekürzter Fassung hier vorgestellt wird.

MATERIAL UND METHODEN

Bei der Auswahl der Materialien und bei der Durchführung des Versuchs wurde darauf geachtet, dass die Tiere, sowie alle Gegenstände und Materialien relativ leicht erhältlich sind oder bereits in Schulen zur Verfügung stehen. Somit ist gewährleistet, dass der Versuch in einer Schulklasse durchführbar ist.

Versuchstiere

Heimchen (*Acheta domestica*) können in vielen Zoofachgeschäften ganzjährig erworben werden, wo sie als Futtertiere angeboten werden. Oft erhält man sie in drei verschiedenen Größen (sehr kleine Jungtiere, mittelgroße Jungtiere, Erwachsene), die in kleinen Plastikgefäßen zu je etwa 40 bis 100 Stück (je nach Größe der Tiere) verkauft werden. Die Tiere können in jenen kleinen Plastikgefäßen (10 x 10 x 6 cm) gehalten werden, in denen man sie im Zoofachgeschäft erwirbt. Die Anzahl der Tiere pro Gefäß muss jedoch stark verringert werden. Um den Tieren zusätzliche Versteckmöglichkeiten zu bieten, werden Teile eines Eierkartons in das Gefäß gelegt. Die einzelnen Plastikgefäße werden zur gemeinsamen Aufbewahrung in ein Plastikgefäß mit luftdurchlässigem Deckel (z. B. eine Geo-Box von Ferplast) gestellt. Die Haltung bei Zimmertemperatur (etwa 20 °C) bei einer Luftfeuchtigkeit von etwa 40–60 % hat sich als günstig erwiesen.

Als Futter eignen sich Trockenfutter (Haferflocken und proteinhaltiges Fischtrockenfutter) sowie ein Stück Karotte. Außerdem wird den Tieren eine Schale mit Wasser zur Verfügung gestellt, die teilweise mit Klebeband abgeklebt wurde, um Verunreinigungen und Verdunstung zu verringern. So entsteht in den Gefäßen eine günstige Luftfeuchtigkeit von etwa 40–60 %. Bei niedrigerer Luftfeuchtigkeit trocknen die Tiere etwas aus und bei zu hoher Luftfeuchtigkeit beginnt das Futter zu schimmeln.

Da die Heimchen sehr beweglich sind, müssen sie für das Umsetzen in andere Gefäße und für die Wägungen betäubt werden. Dazu eignet sich eine Betäubung mit CO₂, das aus einer CO₂-Patrone entnommen werden kann, die in handelsübliche Schlagobersflaschen eingesetzt wird. Betäubt man die Heimchen eines Plastikgefäßes mit dem Inhalt einer CO₂-Patrone, so sind die Tiere für zirka 5 Minuten ruhig gestellt. Diese

Materialliste für 5 Versuchsgruppen

- Heimchen (*Acheta domestica*):
2 x 20 Adulte (1 Plastikgefäß aus der Zoofachhandlung) und 3 x 20 mittelgroße Jungtiere (2 Plastikgefäße aus der Zoofachhandlung)
- Waage (mit einer Messgenauigkeit von mindestens einem Zehntel Gramm)
- Schlagobersflaschen mit CO₂-Patronen (Sodakapseln)
- 10 kleine Plastikgefäße.
Es eignen sich jene ca. 10 x 10 x 6 cm großen Plastikboxen, in denen die Heimchen verkauft werden. Leere Gefäße bekommt man ebenfalls in Zoofachgeschäften.
- 1 Plastikbehälter (z. B. Geo-Box 46 x 30 x 16 cm)
- Eierkartons: pro Versuchsgruppe eine Vierer-Wabe
- 5 kleine Petrischalen (Durchmesser ca. 5 cm) für das Futter
- 5 kleine Petrischalen (Durchmesser ca. 5 cm) für Wasser (mit Klebeband abgeklebt)
- Futter: Haferflocken, Fischtrockenfutter, Karotten
- 5 Pinzetten
- 1 Thermometer (nicht unbedingt notwendig)
- 1 Hygrometer (nicht unbedingt notwendig)
- 1 Protokollblatt pro Versuchsgruppe (plus Reserve)

Zeit reicht gerade aus, um die Heimchen zu zählen und zu wägen.

Da die einzelnen Tiere für Wägungen auf Waagen, wie sie normalerweise in einer Schule verfügbar sind, zu leicht sind, werden bei den Versuchen immer 20 Stück gleichzeitig gewogen. Diese Zahl an Heimchen kann für die Zeit des Versuchs auch gemeinsam in einem Plastikgefäß untergebracht werden. Eine höhere Zahl führt zu vermehrtem Kannibalismus, bei einer niedrigeren Zahl sind die Massenunterschiede kaum mehr messbar. Um Tiere unterschiedlichen Alters zu vergleichen, werden zum Beispiel 5 Versuchsgruppen parallel untersucht: 2 Plastikgefäße mit Adulten und 3 Plastikgefäße mit Jungtieren.

Eine Versuchsdauer von 3 bis 4 Tage ist günstig, da die Tiere in den ersten 3–4 Tagen am stärksten zunehmen, und es in dieser Zeit weniger häufig zu Störungen des Versuchs (Tod einzelner Tiere, Schimmel, ...) kommt.

Versuchsdurchführung

Die Ergebnisse mehrerer Probedurchläufe bei verschiedenen Haltungsbedingungen führten zu folgendem Versuchsablauf.

MESSTAG 1: Vorbereitung und erste Messungen

a. Vorbereitungen

- Die leeren Plastikgefäße, Futter- und Wasserschalen werden durchnummeriert, sodass sie eindeutig einer Ver-

suchsgruppe zuzuordnen sind. Pro Versuchsgruppe gibt es zwei Plastikgefäße („Heimchenbox“ mit Tieren und leeres „Tiergefäß“), eine Futter- und eine Wasserschale.

- Das Protokollblatt wird vorbereitet.

Folgende Schritte werden für jede Versuchsgruppe durchgeführt. Eine Gruppe aus 4–6 Schülern soll einen Versuchsablauf betreuen und ein Protokollblatt führen.

b. Futter und Wasser vorbereiten

- Die leere Futterschale wird abgewogen (Werte auf dem Protokollblatt notieren).
- Die Futterschale wird mit Haferflocken, etwas Fischtrockenfutter und einer Karottenscheibe gefüllt und wieder abgewogen (Werte auf dem Protokollblatt notieren).
- Die Wasserschale wird mit wenig Wasser befüllt.

c. „Heimchenbox“ vorbereiten

- Futterschale und Wasserschale werden in eine der leeren Plastikboxen („Heimchenbox“) gestellt und der Eierkarton wird darüber platziert. Es ist von nun an besonders darauf zu achten, dass das Wasser nicht überschwappt.

d. Versuchstiere abwägen

- Die andere leere Plastikbox („Tiergefäß“) wird abgewogen und der Wert auf dem Protokollblatt notiert.
- Die Heimchen werden mit CO₂ aus einer Schlagobersflasche betäubt (Abb. 4).

• Mit einer Pinzette werden vorsichtig 20 etwa gleich große Heimchen in das Tiergefäß gelegt, welches nun abgewogen wird (Abb. 5). Die Messwerte werden auf dem Protokollblatt notiert!

e. Die betäubten Tiere werden vorsichtig in die mit Futter versehene „Heimchenbox“ geleert. Die 5 „Heimchenboxen“ (Abb. 6) werden zur Aufbewahrung in einen Plastikbehälter gestellt.

f. Luftfeuchtigkeit und Temperatur

• Zusätzlich kann ein Thermo- und ein Hygrometer in den Plastikbehälter gegeben werden, um die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit zu überprüfen.

MESSTAG 2: Endmessungen

Nach 3-4 Tagen wird gemessen, wieviel Futter die Heimchen in den „Heimchenboxen“ gefressen haben und wieviel die Insekten zugenommen haben.

a. Heimchen abwägen

- Das leere „Tiergefäß“ wird abgewogen und der Wert auf dem Protokollblatt notiert.
- Die Heimchen in der „Heimchenbox“ werden mit CO₂ betäubt – es ist hier besonders darauf zu achten, dass das Wasser nicht aus der Schale schwappt.
- Vorsichtig werden die Tiere nun mit einer Pinzette in das leere „Tiergefäß“ gelegt und dabei gezählt. Tote Tiere werden mitgewogen bzw. Abweichungen in der Anzahl werden am Protokollblatt vermerkt.
- Das „Tiergefäß“ mit den Heimchen wird abgewogen (Wert auf dem Protokollblatt notieren).

b. Futter abwägen

- Eventuell in der „Heimchenbox“ verstreutes Futter wird in die Futterschale zurückgelegt. Die Schale mit dem Futter wird abgewogen und der Wert auf dem Protokollblatt vermerkt.

c. Versuchsende

Die „Heimchenbox“ wird gesäubert, frisches Futter wird bereitgestellt und die betäubten Tiere werden zurück in die Box geleert.

Auswertung der Messergebnisse

Die beschriebene Sequenz der Wägungen erlaubt es, die Körpermasse der Heimchen zu ermitteln, die Massenzunahme der Tiere sowie die Masse an

aufgenommenem Futter zu bestimmen und die in Körpermasse umgewandelte Futtermenge zu berechnen. Die Auswertung der Ergebnisse kann in verschiedenen Schulstufen unterschiedlich weit vertieft werden und bietet Anknüpfungspunkte zum Physik- und Mathematikunterricht.

Folgende Werte wurden pro Versuchsgruppe (20 Tiere) nach 3-4 Tagen gemessen:

- Futterschale leer in Gramm
- Futterschale plus Futter in Gramm
- „Tiergefäß“ leer in Gramm
- „Tiergefäß“ plus Tiere in Gramm

Die Ergebnisse dieser Messungen bilden die Grundlage für die Beantwortung folgender Fragen und Berechnungen:

Wie viel haben die Heimchen im Laufe des Versuchs zugenommen?

Die Massenzunahme der 20 Tiere (in Gramm) wurde gewogen. Die relative Massenzunahme der Tiere in % der Körpermasse zu Versuchsbeginn

$$= \frac{100 \cdot \text{Massenzunahme der 20 Tiere in g}}{\text{Masse der Tiere zu Versuchsbeginn in g}}$$

Wie viel haben die Heimchen im Laufe des Versuchs gefressen?

Die Änderung der Masse des Futters (in Gramm) wird gemessen. Die relative Änderung der Masse des Futters in % der Körpermasse

$$= \frac{100 \cdot \text{Änderung der Masse des Futters in g}}{\text{Masse der Tiere zu Versuchsbeginn in g}}$$

Hat das Gesamtgewicht zugenommen oder abgenommen?

Die Änderung der Masse des gesamten Ansatzes (Futter und Tiere) wird durch Wägung bestimmt. Die relative Änderung der Masse des gesamten Ansatzes in %

$$= \frac{100 \cdot \text{Änderung der des gesamten Ansatzes in g}}{\text{Masse der des gesamten Ansatzes zu Versuchsbeginn in g}}$$

Daraus ergibt sich, wieviel des verbrauchten Futters in Körpermasse umgesetzt wurde. *Wie viel Gramm Futter ergeben wieviel Gramm Heimchen?* Die prozentuelle Umsetzung der aufgenommenen Nahrung in neue Körpermasse

$$= \left| \frac{100 \cdot \text{Massenzunahme der Tiere in g}}{\text{Abnahme des Futters in g}} \right|$$



Abb. 4. Betäubung der Tiere



Abb. 5. Abwägen der betäubten Tiere



Abb. 6. Heimchen in den Boxen

Aus diesen Werten können Durchschnittswerte für die Einzeltiere jeder Versuchsgruppe berechnet werden:

- Masse pro Tier zu Versuchsbeginn und Versuchsende in Gramm
- Massenzunahme pro Tier in Gramm
- Änderung der Masse des Futters pro Tier in Gramm

Die Versuchsgruppen repräsentieren unterschiedlich alte Tiere, sodass ein Vergleich zwischen Adulten und Jungtieren hergestellt werden kann und der Frage nachgegangen werden kann: *Nehmen Jungtiere und erwachsene Insekten gleich viel zu?*

ERGEBNISSE

Zur Erklärung und Illustration der zu erwartenden einzelnen Ergebnisse werden die Meßwerte von 5 Testgruppen dargestellt und im Anschluss wird eine Auswertung der Ergebnisse vorgeführt. Die Fütterungsexperimente wurden mit 5 Gruppen zu je 20 Heimchen wie zuvor beschrieben durchgeführt (Tab. 1).

Jede Messgruppe umfasste 20 Tiere mit einer Gesamtmasse zwischen 2,7 und 5,4 g. Zu jedem Messansatz wurde Futter zwischen 6,7 und 8,3 g gegeben; nach drei Tagen waren davon zwischen 2,1 und 3,7 g gefressen und die Heimchen hatten zwischen 0,4 und 1,0 g zugenommen, was einer prozentuellen Zunahme von 7 bis 39% der Körpermasse entspricht. Die Abnahme des Futters in Prozent der Körpermasse der Tiere betrug zwischen 54 und 138%. Das heißt, manche Versuchsgruppen nahmen weniger Futtermasse auf, als sie selbst an Körpermasse besitzen, andere mehr. Der gesamte Ansatz (Futter und Tiere) nahm zwischen 1,4 und 2,8 g an Masse ab; das entspricht einer prozentuellen Abnahme zwischen 14 und 24%. Nur 11 bis 33% der aufgenommenen Nahrung konnten in neue Körpermasse der Tiere umgesetzt werden. Die Meßwerte der Gruppen können auch in die durchschnittliche Masse der einzelnen Tiere in jeder Gruppe umgerechnet werden. Ein Einzeltier wog zwischen 0,13 und 0,27 g; es nahm zwischen 0,02 und 0,05 g zu und verbrauchte in 3 Tagen 0,11 bis 0,18 g Futter.

In den dargestellten Fütterungsversuchen nahmen die Heimchen durchschnittlich um 0,7 g zu, das entspricht einer Zunahme um 22% der Körpermasse. Pro Versuchsgruppe wurde durch-

Versuchsgruppen	1	2	3	4	5
Masse der Tiere zu Versuchsbeginn in g	2,7	2,7	3,3	4,4	5,4
Masse des Futters zu Versuchsbeginn in g	8,3	7,4	6,7	7,5	7,7
Masse des gesamten Ansatzes zu Versuchsbeginn in g	11,0	10,1	10,0	11,9	13,1
Masse der Tiere nach 3 Tagen in g	3,7	3,5	4,0	4,9	5,8
Masse des Futters nach 3 Tagen in g	4,6	4,8	4,6	5,2	4,5
Masse des gesamten Ansatzes nach 3 Tagen in g	8,4	8,4	8,6	10,1	10,3
Massenzunahme der Tiere in g	1,0	0,8	0,7	0,5	0,4
Änderung der Masse des Futters in g	-3,7	-2,6	-2,1	-2,3	-3,2
Änderung der Masse des gesamten Ansatzes in g	-2,6	-1,7	-1,4	-1,8	-2,8
Massenzunahme der Tiere in %	39	31	21	12	7
Änderung der Masse des Futters in % der Körpermasse	-138	-94	-65	-54	-58
Änderung der Masse des gesamten Ansatzes in %	-24	-17	-14	-15	-21
Prozentuelle Futter-Umsetzung der aufgenommenen Nahrung in neue Körpermasse	28	33	33	22	11

Tab. 1. Ergebnisse des Fütterungsversuchs mit 5 Gruppen von Heimchen zu je 20 Tieren; Haltung bei 20 °C und 40–60 % Luftfeuchtigkeit. Positive Werte bedeuten eine Massenzunahme, negative Werte eine Massenabnahme.

schnittlich 2,8 g des Futters gefressen. Das heißt, es werden durchschnittlich 26 % der aufgenommenen Nahrung in Körpermasse umgesetzt. Der Rest geht als Ausscheidung und Wärme verloren. Die Masse des gesamten Ansatzes (Futter + Tiere) nimmt durchschnittlich um 18 % ab, weil Kot ausgeschieden und CO₂ veratmet wird. Außerdem kommt es auch zu einer leichten Austrocknung des Futters, die aber in der nachfolgenden Datenanalyse nicht berücksichtigt werden kann.

Die vergleichende Analyse der Messwerte der Jungtiere und der erwachsenen Insekten erlaubte einen Zusammenhang zwischen Körpermasse und Massenzunahme sowie Masse der aufgenommenen Nahrung zu errechnen. Jungtiere nehmen absolut und prozentuell mehr an Körpermasse zu als Adulte, da sie wachsen. Je größer die Tiere sind, desto weniger nehmen sie zu. Jüngere Tiere nehmen mehr Futter pro Körpermasse auf als ältere Tiere. Jungtiere können prozentuell mehr der aufgenommenen Nahrung in neue Körpermasse umsetzen als Adulte.

Mithilfe der folgenden Grafiken kann dargestellt werden, dass es Korrelationen zwischen bestimmten gemessenen und berechneten Werten gibt. So korreliert die Masse der Tiere stark mit der Massenzunahme der Heimchen ($r = -0,96$)*. Es besteht ein annähernd linearer, umgekehrt proportionaler Zusammenhang zwischen den beiden Größen. Das bedeutet, dass kleine (leichte) Tiere mehr an Körpermasse zunehmen als größere (schwerere) Tiere (Abb 7).

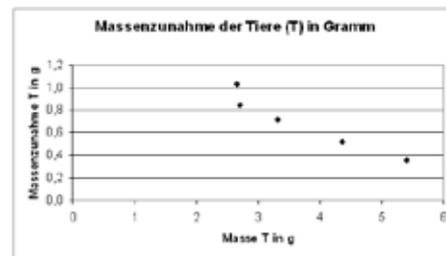


Abb. 7. Masse der Tiere (T) zu Versuchsbeginn in g und Massenzunahme der Tiere (T) in g nach 3 Tagen in 5 Fütterungsversuchen. Leichtere Heimchen nehmen stärker zu als schwerere.

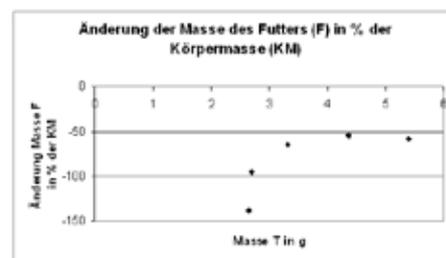


Abb. 8. Masse der Tiere (T) zu Versuchsbeginn in g und Änderung der Masse des Futters (F) in % der Körpermasse (KM) nach 3 Tagen in 5 Fütterungsversuchen. Leichtere Heimchen fressen relativ mehr als schwerere.

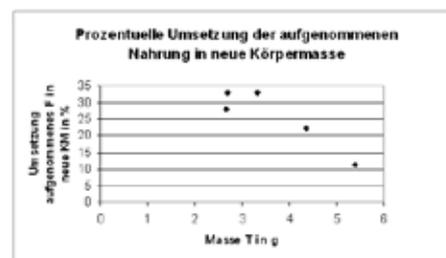


Abb. 9. Masse der Tiere (T) zu Versuchsbeginn in g und Umsetzung des aufgenommenen Futters (F) in neue Körpermasse (KM) in % nach 3 Tagen in 5 Fütterungsversuchen. Leichtere Heimchen setzen das aufgenommene Futter besser in Körpermasse um.

Genauso konnte eine starke Korrelation, ein beinahe linearer Zusammenhang ($r = -0,95$) zwischen der Masse der Tiere und der Massenzunahme der Tiere in Prozent festgestellt werden.

*** Formel zur Berechnung des Maßkorrelationskoeffizienten r**

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum(y_i - \bar{y})^2}}$$

(x_i bzw. y_i - Messwert des Merkmals X bzw. Y an der i -ten Versuchsgruppe, \bar{x} bzw. \bar{y} - arithmetisches Mittel von X bzw. Y , i - Laufindex von 1 bis n , $X - x_1, x_2, x_3, \dots, Y - y_1, y_2, y_3, \dots$)

Der Korrelationskoeffizient kann nur Werte zwischen -1 und $+1$ annehmen. Je näher die Stichprobenpunkte x_i und y_i an einer Geraden liegen, desto näher liegt der Wert r bei -1 oder $+1$, und desto stärker ist die Korrelation (KÖHLER 2002).

Es besteht auch ein deutlicher Zusammenhang zwischen Körpermasse der Tiere und Abnahme der Futtermasse in Prozent der Körpermasse. Der Maßkorrelationskoeffizient ($r = 0,74$) weist auf eine Korrelation zwischen der Masse der Tiere und dem Futterverbrauch in Prozent der Körpermasse der Tiere hin. Der Zusammenhang ist hier nicht linear, eine Korrelation besteht aber durchaus. Das bedeutet, dass Jungtiere in Prozent ihrer Körpermasse mehr Nahrung aufnehmen als Adulte. Jungtiere mit einer Masse von 2,7 g pro Versuchsgruppe nehmen in einer Gruppe 138 % ihrer Körpermasse an Futter auf. Das bedeutet, sie fressen in 3 Tagen mehr Futter als sie selbst wiegen. Dagegen nehmen Adulte mit 5,4 g nur 58 % ihrer Körpermasse auf, was knapp mehr als der Hälfte ihrer Körpermasse entspricht (Abb. 8).

Zwischen der Masse der Tiere und der prozentuellen Umsetzung der Nahrung in neue Körpermasse besteht eine negativ lineare Korrelation ($r = -0,92$). Jungtiere können mehr von der aufgenommenen Nahrung in neue Körpermasse umsetzen als Adulte (Abb. 9).

DISKUSSION

Ein Ziel der Arbeit ist es, ausgehend von dem beschriebenen Versuch eine Unterrichtssequenz für eine Schulklasse zu planen, in deren Zentrum ein experimenteller Versuchsansatz für die Schüler steht. Nach einer kurzen biologischen Interpretation der Ergebnisse des Versuchs wird in diesem Kapitel das Thema der Nahrungsaufnahme bei Insekten für den Schulunterricht aufbereitet und geplant.

Biologische Interpretation der Ergebnisse

In einer Nahrungskette beträgt die ökologische Effizienz 5–20 %, das ist jener Prozentsatz an Energie, der von einer Trophiestufe zur nächsten weitergegeben wird. Die restlichen 80–95 % werden als Kot und Wärme abgegeben, rund ein Drittel wird bei der Atmung verbraucht (CAMPBELL 1998).

Die Ergebnisse des dargestellten Fütterungsversuchs liegen ungefähr in diesen Größenordnungen. Durchschnittlich setzen die Heimchen 26 % der aufgenommenen Nahrung in neue Körpermasse um. Von den restlichen 74 % wird ein Teil der Energie in Form von Kot ausgeschieden, der andere Teil geht durch die Atmung in Form von Wärme verloren, dabei wird CO_2 abgegeben. Es fällt auf, dass Jungtiere mehr Nahrung (33 %) in Körpermasse umsetzen als Adulte (11 %).

Betrachtet man die aufgenommenen Nahrungsmengen, so bestätigt der Versuch die in der Literatur angegebene Tatsache, dass kleine Tiere mehr Nahrungsenergie pro Gramm Körpermasse benötigen als große, da sie eine höhere Stoffwechselrate pro Körpermasse haben (ECKERT 2002). Während die Adulten im Modellversuch in drei Tagen nur die Hälfte ihrer Körpermasse an Futter aufnahmen, fraßen Jungtiere das Eineinhalbfache. Im Schulversuch wurden auch sehr kleine (junge) Jungtiere verwendet, welche in vier Tagen sogar das Viereinhalbfache ihrer Körpermasse an Nahrung aufnahmen.

Diese Werte erreichen nicht ganz jene der Beispiele die Schoonhoven (1998) gibt: Adulte Heuschrecken fressen täglich Nahrung in der Größenordnung ihrer eigenen Körpermasse; dagegen nehmen Raupen pro Tag sogar das bis zu Sechsfache ihrer Körpermasse auf.

Aufbereitung und Umsetzung des Themas für den Schulunterricht

Der experimentelle Versuchsansatz wird nun ausgehend vom Lehrplan didaktisch aufbereitet und eine Unterrichtssequenz von sechs Einheiten wird vorgestellt.

Lehrplanbezug und Festlegung der Schulstufe

Ein Ziel der beschriebenen Experimente ist es, bei Schülerinnen und Schülern naturwissenschaftliches Denken zu fördern, experimentelle Versuchsansätze zu vermitteln sowie die Schüler zu selbstständigem Arbeiten zu motivieren. Der Lehrplan der AHS (BMBWK 2004) verfolgt diese Ziele und bildet durch seine Anforderungen daher eine Grundlage und Untermauerung dieser Arbeit.

Laut Lehrplan der AHS eignet sich das Thema für die 5. Klasse (9. Schulstufe), da hier die Ernährung im Tierreich vermittelt werden soll.

Planung des Unterrichts

Ausgehend von den Anforderungen des Lehrplans und der Zielsetzung der Arbeit wurde eine Unterrichtssequenz von sechs Einheiten geplant. Ziel der Sequenz ist es, den Schülerinnen und Schülern die verschiedenen Aspekte der Nahrungsaufnahme von Insekten durch verschiedene Methoden und Materialien sowie durch selbstständiges Arbeiten und Experimentieren zu vermitteln.

1. Einheit: Stoffkreislauf und Energiefluss im Ökosystem

Das Ziel der ersten Einheit ist es, Stoffkreisläufe und Energieflüsse eines Ökosystems darzustellen. Dieses Thema dient als Ausgangspunkt und Einleitung zum besseren Verständnis der Nahrungsaufnahme von Insekten. (Abb. 10, 11).

Energienutzung einer Raupe

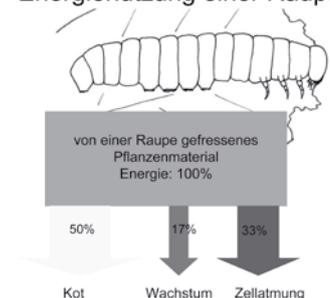


Abb. 10. Overheadfolie: Energienutzung einer Raupe

2. Einheit: Versuch zur Nahrungsaufnahme des Heimchens – Teil 1
In der zweiten Einheit wird der Fütterungsversuch von den Schülern angesetzt und die ersten Messungen finden statt (Abb. 12).

3. Einheit: Versuch zur Nahrungsaufnahme des Heimchens – Teil 2
Nach 3 bis 4 Tagen wird in der 3. Unterrichtseinheit die Versuchsdurchführung abgeschlossen und die Auswertung beginnt.

4. Einheit: Nachbereitung des Fütterungsversuchs: Nahrungsbedarf und aufgenommene Nahrungsmengen
Nach kurzer Anleitung durch die Lehrperson und mithilfe einer Overheadfolie werten die Schüler die Messergeb-

nisse selbständig aus. Anschließend werden die Ergebnisse gemeinsam interpretiert und Schlussfolgerungen gezogen. Als Abschluss wird die Biologie des Versuchstiers besprochen und es werden zusätzliche Informationen zum Nahrungsbedarf von Insekten und deren aufgenommene Nahrungsmengen gegeben.

5. Einheit: Körperbau von Insekten
Das Ziel dieser Unterrichtseinheit ist es, den Insektenkörper anhand von Heimchen vorzustellen. Besonderes Augenmerk erhalten die Mundwerkzeuge, die für die Nahrungsaufnahme von besonderer Bedeutung sind. Die Umsetzung erfolgt in Form eines Stationenbetriebs mit Infotexten, Stereomikroskop und Lupen. Durch die Betrachtung von

tiefgefrorenen Heimchen und mithilfe der Infotexte erarbeiten die Schüler in Kleingruppen Arbeitsblätter. Sechs Stationen behandeln folgende Themen: Kopf, Brust, Hinterleib, Verdauungstrakt, Mundwerkzeuge bei Insekten und Mundwerkzeuge des Heimchens (Abb. 13-16).

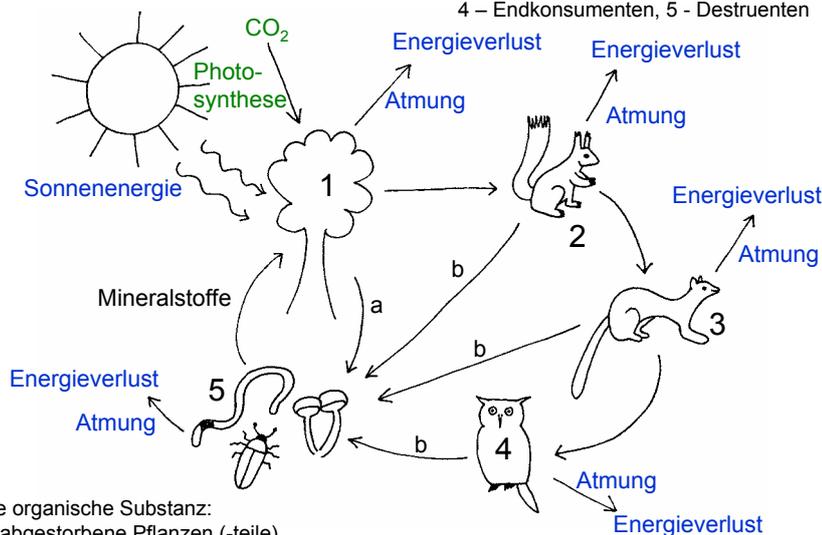
6. Einheit: Nahrungsaufnahme bei Insekten, Insekten als Schädlinge
Die abschließende Unterrichtseinheit soll den bisher durchgenommenen Inhalt wiederholen und vertiefen. Die Arbeitsblätter der vorherigen Einheit werden verglichen. Als Ausblick, der das Thema der Nahrungsaufnahme von Insekten abrunden soll, werden die Nahrungsquellen von Insekten sowie Insekten als Schädlinge kurz durchgenommen. Den Abschluss bildet ein Kreuzworträtsel, das die Kernaussagen der letzten Einheiten wiederholt (Abb. 17).

Praktische Erfahrungen mit der Durchführung des Fütterungsexperiments
Die sechs geplanten Unterrichtseinheiten wurden in einer Klasse des 2. Jahrgangs (10. Schulstufe) der Höheren Lehranstalt für wirtschaftliche Berufe in Steyr mit dem Ausbildungsschwerpunkt Gesundheitsmanagement (HLW-Steyr, GM) durchgeführt und in einer anschließenden Befragung wurde die Einstellung der Schülerinnen zu den Unterrichtseinheiten erfasst. Obwohl praktisches Arbeiten im Biologieunterricht nur selten durchgeführt wird, zeigte sich, dass die Unterrichtssequenz und die Versuchsdurchführung bei den Schülerinnen großes Interesse erweckt hat. Besonders der Kontakt mit lebenden Tieren hat den Schülerinnen großen Spaß gemacht und es zeigte sich, wie hoch das selbständige Arbeiten von den Schülerinnen bewertet wurde.

Es konnte demonstriert werden, dass dieser Versuch in vielfältiger Weise geeignet ist, den Körperbau von Insekten vorzustellen, experimentelles Vorgehen zu vermitteln, ökologische Zusammenhänge zu demonstrieren und praktisches sowie selbständiges Arbeiten im Unterricht zu fördern. Außerdem bietet sich die Unterrichtssequenz für ein fächerübergreifendes Projekt mit Physik oder Mathematik an.

Stoffkreislauf und Energiefluss

1 – Produzenten, 2 – Primärkonsumenten, 3 – Sekundärkonsumenten, 4 – Endkonsumenten, 5 - Destruenten

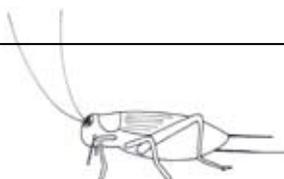


Tote organische Substanz:
a – abgestorbene Pflanzen (-teile)
b – Ausscheidungen, Kadaver

Abb. 11. Overheadfolie/Arbeitsblatt: Stoffkreislauf und Energiefluss

Protokollblatt – Versuch zur Nahrungsaufnahme des Heimchens

Temperatur: _____
Luftfeuchtigkeit: _____



Versuchsgruppe	Messtag 1	Messtag 2	Ergebnisse pro Versuchsansatz und Zeiteinheit:	
Datum			Versuchsdauer	
Anzahl der Tiere			Massenzunahme der 20 Tiere in g*	
Futterschale in g*			Änderung der Masse des Futters in g*	
Futterschale + Futter in g*			Änderung der Masse des gesamten Ansatzes (Futter + Tiere) in g*	
Futter in g*			Massenzunahme der Tiere in % der Körpermasse*	
Tiergefäß in g*			Änderung der Masse des Futters in % der Körpermasse*	
Tiergefäß + Tiere in g*			Änderung der Masse des gesamten Ansatzes in %*	
Tiere in g*			Prozentuelle Umsetzung der aufgenommenen Nahrung in neue Körpermasse*	
Futter + Tiere in g*				

* ... gemessene Werte (Waage)
† ... berechnete Werte

Abb. 12. Protokollblatt

KÖRPERBAU VON INSEKTEN am Beispiel des Heimchens

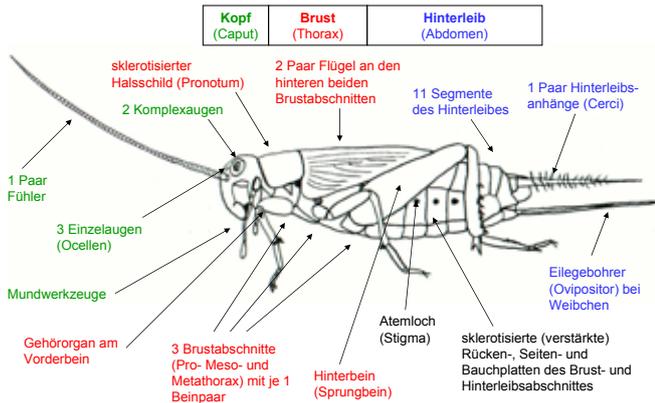


Abb. 13. Arbeitsblatt/Overheadfolie

Mundwerkzeuge des Heimchens

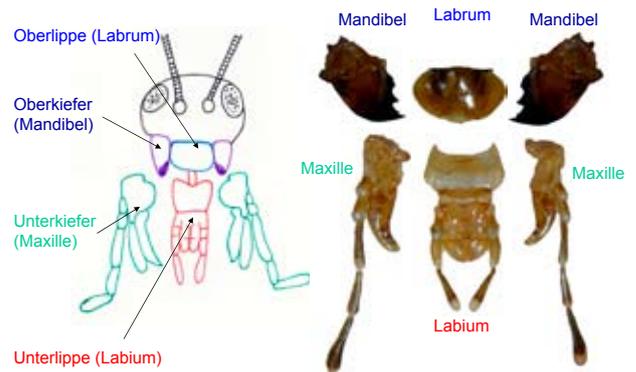


Abb. 15. Arbeitsblatt/Overheadfolie

DARMTRAKT VON INSEKTEN am Beispiel des Heimchens

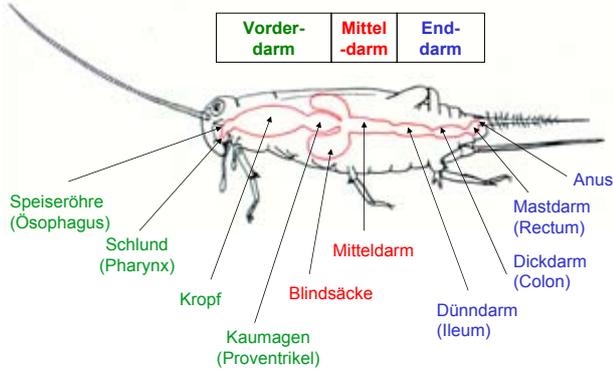


Abb. 14. Arbeitsblatt/Overheadfolie

Mundwerkzeuge des Heimchens

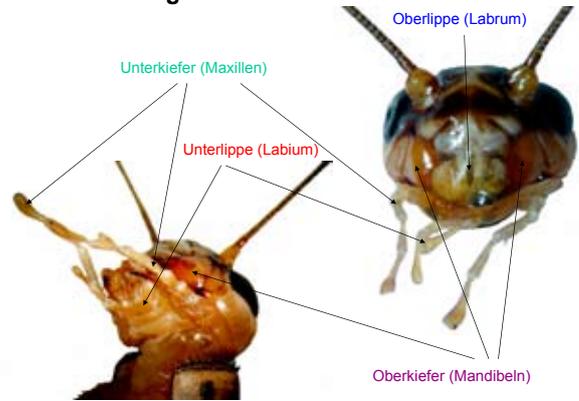


Abb. 16. Arbeitsblatt/Overheadfolie

AUTOREN UND KONTAKT

Mag. Marion Schneider

Lehramt Biologie und Umweltkunde, Französisch
Schillerstraße 60, 8010 Graz, Österreich
schneider.marion@eduhi.at



Ao Univ.-Prof. Dr. Harald W. Krenn

Zoologe, Department für Evolutionsbiologie
Universität Wien, Althanstraße 14
1090 Wien, Österreich
harald.krenn@univie.ac.at

Nahrungsquellen von Insekten

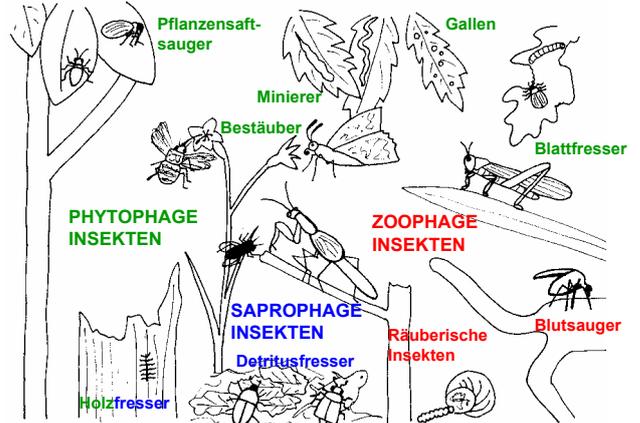


Abb. 17. Arbeitsblatt/Overheadfolie

Literatur- und Quellenangaben

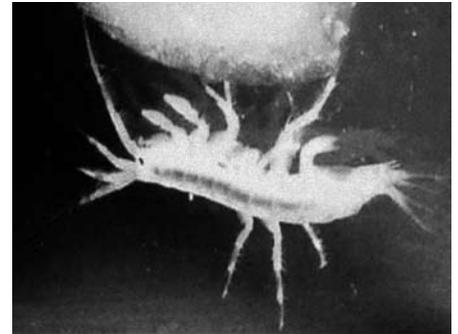
Bundesministerium für Bildung Wissenschaft und Kultur, Hrsg. (2004): Lehrplan der AHS Oberstufe. Biologie und Umweltkunde. http://www.bmbwk.gv.at/medienpool/11860/lp_neu_ahs_08.pdf (aufgerufen am 26.11.2005)
 CAMPBELL, N. A. (1998): Biologie. Spektrum Akademischer Verlag. Heidelberg.
 DETTNER, K. und PETERS, W., Hrsg. (2003): Lehrbuch der Entomologie. Spektrum Akademischer Verlag. München. 2. Auflage.
 ECKERT, R. (2002): Tierphysiologie. Thieme Verlag. Stuttgart. 4. Auflage.
 FOX, R. S. (2004): Acheta domestica. European House Cricket. In: Invertebrate Anatomy OnLine. Greenwood, South Carolina, Lander University. <http://webs.lander.edu/rsfox/invertebrates/acheta.html> (aufgerufen am 15. 11. 2006)
 FRIEDERICH, U. und VOLLAND, W. (1981): Futtertierzucht. Lebendfutter für Vivariantiere. Verlag Eugen Ulmer. Stuttgart.
 JACOBS, W. (1998): Biologie und Ökologie der Insekten. Ein Taschenlexikon. Gustav Fischer Verlag. Stuttgart. 3. Auflage.
 KÖHLER, W., SCHACHTEL, G. und VOLESKE, P. (2002): Biostatistik. Eine Einführung für Biologen und Agrarwissenschaftler. Springer-Verlag. Berlin. 3. Auflage.
 PEWS-HOCKE C., Hrsg. und KEMNITZ E., Hrsg. (2001): Biologie. Basiswissen Schule. Berlin, paetec und Mannheim, Dudenverlag.
 PROBST W. (1998): Pflanze und Insekt. In: PROBST W., Hrsg.: Unterricht Biologie Nr. 236. Pflanzen und Insekten. Seelze, Friedrich Verlag.
 PROBST W., Hrsg. und SCHUCHARDT P., Hrsg. (2004): Biologie Abitur. Basiswissen Schule. Berlin, paetec und Mannheim, Dudenverlag.
 SCHOONHOVEN, L. M., JERMY, T. und LOON, J. J. A. (1998): Insect-plant biology. From physiology to evolution. Chapman & Hall. London.

AUFGABENSTELLUNG: Mit dem Forschungsschiff Polarstern ins Packeis die Arktis (Basiskonzept: System)

Die *Polarstern* ist das weltweit einzige eisbrechende Schiff, das nur der Forschung dient. Etwa 50 Wissenschaftlern bietet sie hervorragende Arbeitsmöglichkeiten in den eisbedeckten Meeresregionen. Als Journalisten der Zeitschrift *Nature* begleiten Sie das Forschungsschiff bei seiner Fahrt in das Packeis der Arktis. Ihr Auftrag ist die Erstellung einer Reportage über die Lebensformen in diesem extremen Lebensraum.

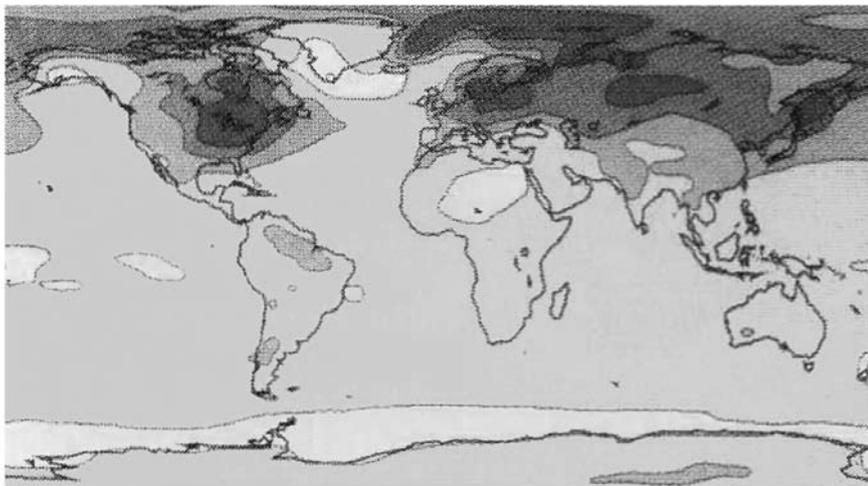
Material 1: Lebensgemeinschaften des Meereises

Eisalgen leisten mit 15-30% der gesamten marinen Primärproduktion einen entscheidenden Beitrag zur biologischen Produktion der Arktis. An der Unterseite leben wenige cm lange Krebse (Amphipoden) mit teilweise über 100 Tieren pro Quadratmeter. Diese Untereisfauna ist Futter u.a. für den Polardorsch, der wiederum eine Hauptnahrungsquelle der Ringelrobbe darstellt. Letztlich ernährt sich somit der robbenfressende Eisbär von der sich durch Eisalgen gebildeten organischen Substanz. Dieses eisbezogene Nahrungsnetz ist heutzutage durch menschliche Eingriffe gefährdet. Die Erwärmung der Erdatmosphäre kann zu einer Verringerung der Eisausdehnung und Eisdicke führen. Eisamphipoden sind zwingend auf das Vorkommen zumindest einer jährlichen Eisdecke angewiesen. Auch Ringelrobben nützen das Meereis als Kinderstube, Jagdrevier und Jagdplatz. Eisbären jagen fast ausschließlich auf dem Meereis. Zeiten ohne Eisdecke sind Hungerzeiten. Neben der Klimaänderung sind die arktischen marinen Lebensgemeinschaften durch das enorme wirtschaftliche Interesse gefährdet, insbesondere durch die Suche nach der Ausbeutung von Öl- und Gasvorkommen sowie die intensive Fischerei. Der Schutz und die nachhaltige Nutzung der marinen Ressourcen stellt somit eine der zentralen Herausforderungen und Aufgaben für die Meeresforschung dar. (Quelle: Geomar)



Untereisfauna: Die Eisunterseite ist von mehreren zumeist nur dort lebenden (endemischen) Krebsarten besiedelt. Diese Eisflöhe ernähren sich von den Eisalgen und anderen an der Eisunterseite vorkommenden Organismen.

Material 2: Erwärmung der Erdatmosphäre



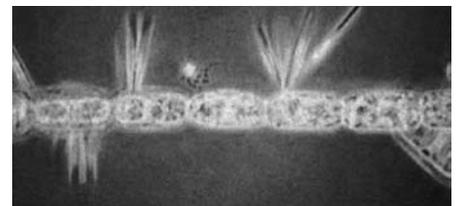
- mehr als 12°C
- 8 bis 12°C
- 6 bis 8°C
- 4 bis 6°C
- 2 bis 4°C
- 0 bis 2°C

Die erwartete Temperaturänderung in der Arktis wird eine Vielzahl von Pflanzen und Tieren an Land und im Meer negativ beeinflussen. Polare Arten werden in ihrem Vorkommen abnehmen, einzelne Arten wie etwa der Eisbär sind bereits regional in ihrem Vorkommen bedroht.

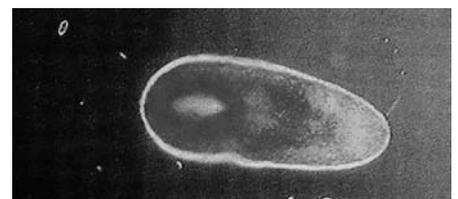
Erwarteter Temperaturanstieg in den nächsten 20 Jahren (Quelle: Geomar)

Material 3: Die Bewohner des Eispalastes

In den Wintermonaten kühlt sich die Luft über die Polarozeane so stark ab, dass das Oberflächenwasser zu gefrieren beginnt. Die Dicke des Meereises schwankt zwischen wenigen Zentimetern bis zu mehreren Metern. Gefrorenes Meereis unterscheidet sich grundlegend von Süßwassereis. Statt transparent wie Glas erscheint Meereis milchig und undurchsichtig. Der Grund dafür ist, dass im Meereis zwischen den Eiskristallen ein Kanalsystem existiert, das mit einer salzhaltigen Lauge, der sogenannten Sole gefüllt ist. Das Solekanalsystem, das als fein verästelt System die gesamte Eisscholle durchzieht, stellt den Lebensraum für die Entwicklung einer speziell angepassten Lebensgemeinschaft dar, die extreme Umweltbedingungen überdauern kann. Diese Lebensgemeinschaft besteht aus Viren, Bakterien, einzelligen Pflanzen und bis zu wenigen Millimeter großen Tieren. Wesentliche Primärproduzenten sind einzellige Algen mit höchsten Konzentrationen von z.T. über 1 Milliarde Zellen pro Liter Eis. Im Meereis bilden Diatomeen (Kieselalgen) oft über 50% der pflanzlichen Biomasse. Neben Diatomeen findet sich eine Vielzahl mit Geißeln beweglicher Einzeller. Die pflanzlichen Organismen dienen den tierischen Eisbewohnern als Nahrung. Neben den wenigen großen Einzellern befinden sich auch mehrzellige Tiere wie z.B. Strudelwürmer (Turbellarien), Rädertierchen (Rotatorien) und Fadenwürmer (Nematoden) in Mengen von einigen 100 Exemplaren pro Liter im Eis. Große Wasserbewohner können aufgrund der Kleinheit der Solekanäle diesen Lebensraum nicht besiedeln. (Quelle: Geomar)



Tiere: Strudelwürmer (Turbellarien) sind nur 1 mm groß.



Einzeller: Kieselalgen (Diatomeen) produzieren die organische Biomasse in der Arktis.

AUFGABENSTELLUNG:

1. Ermitteln Sie aus **Material 1** die Umweltfaktoren, die Einfluss auf das Leben des Eisflohs haben und ordnen sie diese in geeignete Gruppen.
2. Stellen Sie die Nahrungsbeziehungen der im **Material 1** genannten Lebewesen schematisch dar mit dem Eisfloh als Mittelpunkt. Benutzen Sie dabei Pfeile in der Bedeutung „wird gefressen von“.
3. Skizzieren Sie aus diesem Zusammenhang eine Nahrungspyramide und erläutern Sie diese.
4. Erweitern Sie Nahrungsnetz und Nahrungspyramide durch die in **Material 3** genannten Lebewesen.
5. Stellen Sie eine begründete Hypothese aus der Sicht der Polarforscher auf, welche Auswirkungen die Erwärmung der Erdatmosphäre auf den Lebensraum Arktis haben könnte. Nehmen Sie dabei Bezug auf **Material 2**.
6. Schreiben Sie einen Artikel für die Zeitschrift Nature zur Bedeutung und Gefährdung der arktischen Lebensgemeinschaften. Gehen Sie bei der detaillierten Darstellung der Zusammenhänge auf ökologische und ökonomische Gesichtspunkte ein.

FRAGE	ERWARTETE SCHÜLERLEISTUNG	DIE SCHÜLERINNEN UND SCHÜLER
1	Biotische Faktoren: Nahrung: Plankton, Algen. Fressfeinde: Dorsch, Fische. Abiotische Faktoren: Wassertemperatur, Lufttemperatur, Eisbildung	» F 1.4 beschreiben und erklären Wechselwirkungen zwischen Organismen sowie zwischen Organismen und unbelebter Materie
2a 2b	(· bedeutet „wird gefressen von“) Plakton · Wasserfloh · Polardorsch · Ringelrobber · Eisbär Skizze einer Nahrungspyramide mit: Produzenten (Algen) Konsumenten I. Ordnung (Krebs) Konsumenten II. Ordnung (Robber, Eisbär)	» F 1.4 » F 1.6 stellen einen Stoffkreislauf sowie den Energiefluss in einem Ökosystem dar » K 10 wenden idealtypische Darstellungen und Symbolsprache auf komplexe Sachverhalte an
3	Erweiterung durch die Organismen des Solekanalsystems: Viren, Bakterien, Einzeller (Diatomeen), Turbellarien, ...	» F 1.4 » F 1.6 » K 10
5	Lebensraum Arktis wird bedroht durch: Globale Klimaerwärmung, wirtschaftliche Interessen (Öl- und Gasvorkommen), Fischerei	» F 1.4 » E 12 erklären dynamische Prozesse von Ökosystemen mithilfe von Modellvorstellungen
6	» Verlust des Packeises bewirkt Abnahme der Biomasse und damit eine empfindliche Störung des Ökosystems. » Mehrere Tierarten (z.B. Eisbär, Robbe) sind vom Aussterben bedroht. Eine Abnahme der Fisch(arten z.B. Polardorsch ist zu erwarten. Das hat Auswirkungen auf die Fischereiwirtschaft » Nachhaltige Nutzung der marinen Ressourcen soll thematisiert werden.	» K 4 werten Informationen aus verschiedenen Quellen zielgerichtet aus und verarbeiten diese adressatengerecht » K 7 referieren (schriftlich) zu gesellschaftsrelevanten Themen » B 5 beschreiben und beurteilen die Auswirkungen menschlicher Eingriffe in einem Ökosystem

Anmerkung: Die ausgewiesenen Standards beziehen sich auf der Kategoriesystem der KMK (2005).

Symbole: F = Fachwissen, E = Erkenntnisgewinnung, K = Kommunikation, B = Bewertung

AUTORIN UND KONTAKT

Dr. Doris Elster
INP der Universität Kiel
Leibniz-Institut für die
Pädagogik der Natur/
wissenschaften
Olshausenstr. 62
D-24098 Kiel
elster@ipn.uni-kiel.de



Die Schulecke

Die Diskussionsplattform im bioskop





TAGUNG 07 23. – 26. September 2007, Universität Innsbruck

Leopold-Franzens-Universität Innsbruck
Fakultät für Sozial- und Wirtschaftswissenschaften (SoWi-Zentrum)
Universitätsstraße 15, 6020 Innsbruck

Ziel

Ziele der Tagung sind das Sichtbarmachen von Innovationen im österreichischen Mathematik-, Naturwissenschafts- und Informatikunterricht, die Förderung von Erfahrungsaustausch und Kooperation sowie die Vernetzung zwischen Fachdidaktik und Schulpraxis. Zielgruppe: Alle Mathematik-, Naturwissenschafts- und Informatiklehrer/innen, Aus- und Fortbildner/innen im Bereich der Fachdidaktik sowie universitäre Fachdidaktiker/innen aus Österreich. Heuer sind speziell auch die Schulleiter/innen eingeladen!

Anmeldung unter

<http://imst.uni-klu.ac.at/tagung2007>

Anmeldungsschluss

für die Tagungsteilnahme: 13.9.2007

(Beachten Sie bitte die

Vergünstigungen bei den Teilnahmegebühren für frühere Anmeldungen!)

Ende der Einreichfrist für

Posterpräsentationen: 20.7.2007

23. 9. 2007 – Symposium

Ziel des Symposiums ist die Vernetzung zwischen Fachdidaktiker/innen der Universitäten, ARGE-Leiter/-innen (AHS, BMHS, APS) und Vertreter/innen aus den Bereichen der Pädagogischen Hochschulen sowie der Pädagogischen Institute (alle aus den MNIFächern) und die Auseinandersetzung mit dem Thema „Chancen und Risiken von Standardbildungen“.

Teilnahmegebühr

15 Euro pro Teilnehmer/in (inkl. Mittagessen) vor Ort Ermäßigter Preis von 13 Euro bei Anmeldung bis 31.8.2007 und Einzahlung per Überweisung bis 10.9.2007

Das Symposium gilt als Fortbildungsveranstaltung: Erlass des BMUKK, GZ 10.051/0027-/I/3/2007

Kontakt

Institut für Unterrichts- und Schulentwicklung (IUS)/Projekt IMST
Mag. Stefan Zehetmeier
stefan.zehetmeier@uni-klu.ac.at
Sterneckstraße 15, 9010 Klagenfurt
Tel.: 0 463 2700 6192

24. 9. 2007 – Fachdidaktiktag

Der Fachdidaktiktag hat das Ziel, den Austausch innerhalb der Fachgruppen (mit Vertreter/innen aus den verschiedenen Lehrer/-innenbildungsinstitutionen inkl. Arbeitsgemeinschaftsleiter/innen) zu beleben.

Kontakt

Institut für Unterrichts- und Schulentwicklung (IUS)/Projekt IMST
Mag. Dr. Manfred Katzenberger,
manfred.katzenberger@uni-klu.ac.at
Sterneckstraße 15, 9010 Klagenfurt
Tel.: 0 463 2700 6132

Die Ansprechpartner/innen aus den jeweiligen Fachgruppen finden Sie unter <http://imst.uni-klu.ac.at/tagung2007/fdt>

25. 9. 2007 – Innovationstag

Ziel des Innovationstages ist das Sichtbarmachen von Innovationen im österreichischen Mathematik-, Naturwissenschafts- und Informatikunterricht. Projektnehmer/innen des Fonds für Unterrichts- und Schulentwicklung (IMST-Fonds) sowie der Regionalen Netzwerke präsentieren ihre Innovationen bzw. Aktivitäten. Zentrales Thema sind Fachdidaktik und Schulentwicklung unter besonderer Berücksichtigung der Schulleitung.

Kontakt

Institut für Unterrichts- und Schulentwicklung (IUS)/Projekt IMST
Mag. Josef Hödl-Weißhofer,
josef.hoedl@uni-klu.ac.at
Sterneckstraße 15, 9010 Klagenfurt
Tel.: 0 463 2700 6139

25. und 26. 9. 2007, Startup-Tag

Ziel des Startup-Tages ist es, erstmals einen persönlichen Kontakt zwischen den Projektnehmer/innen des Schuljahres 2007/08 und den Schwerpunktteams des IMST-Fonds herzustellen. Auch das Kennenlernen der Kolleg/innen innerhalb des Schwerpunktes steht beim Startup-Tag im Vordergrund. Kooperationen der einzelnen Projektnehmer/innen können an diesem Tag angebahnt werden.

Kontakt

Institut für Unterrichts- und Schulentwicklung (IUS)/Projekt IMST
Mag. Christine Oschina,
christine.oschina@uni-klu.ac.at
Sterneckstraße 15, 9010 Klagenfurt
Tel.: 0 463 2700 6140



VORSCHAU AUF bioskop 3/2007: „DIE ZUKUNFT UNSERER GESUNDHEIT“

Bestell- und Beitrittsformular

Ich abonniere die Zeitschrift bioskop für 1 Jahr.

(4 Ausgaben) zum Preis von EUR 25,-

Das Abonnement verlängert sich automatisch nach Ablauf des Jahres, wenn es nicht 4 Wochen vor Jahresbeginn gekündigt wird.

Ich beantrage die Aufnahme als ordentliches Mitglied. *

(zutreffendes bitte ankreuzen)

Vollmitglied (EUR 25,- jährlich)

Schüler / Student (EUR 10,- jährlich)

Ich trete als förderndes Mitglied bei und spende EUR 37,- jährlich. *

* Im Mitgliedsbeitrag ist das Abonnement der Zeitschrift bioskop enthalten.

Name, Titel

Straße, Nr.

PLZ

Wohnort

Tel. Nr.

E-Mail

Dienstanschrift

Ort, Datum

Unterschrift

Ich erkläre mich damit einverstanden, dass meine Angaben vereinsintern zur Datenverarbeitung weiterverwendet werden dürfen.

EINSENDEN AN DIE ABA-SCHATZMEISTERIN:

Mag. Irmgard Reidinger-Vollath
Rebengasse 10, A-7350 Oberpullendorf

BANKVERBINDUNG

BLZ 51000 Bank Burgenland
Kontonummer: 916 269 10100

INTERNET

www.aba-austrianbiologist.com
www.bioskop.at



Austrian Biologist Association (ABA)
Member of European Countries
Biologists Association (ECBA)

ISBN 978-3-9502381-5-0



Einzelpreis € 6,50

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Bioskop](#)

Jahr/Year: 2007

Band/Volume: [2007_2](#)

Autor(en)/Author(s): diverse

Artikel/Article: [Evolution und die Zukunft des Menschen 1](#)