

bioskop

Zeitschrift der Austrian Biologist Association

Ausgabe 3/06 Einzelpreis € 6,50 ISSN 1560-2516

LICHT UND LEBEN

- 4 Biosphere 2**
Andreas Hantschik

- 13 Was kommt nach dem Energie-burn-out?**
Susanne Gruber

- 18 Omnia Sol Temperat oder Die Zukunft ist grün**
Dieter Armerding

- 28 Das Wissen im Lichte von Wahrheit**
Richard Kiridus-Göller

- 34 Der Konstruktivismus, die didaktische Konstruktion und die Biologie**
Manfred Wimmer

- 39 Österreichische Zentren für Didaktik - Naturwissenschaften**
Helmut Kühnelt

Editorial

Liebe Leserinnen und Leser,

Im Schlusskapitel seines bahnbrechenden Werkes *Über die Entstehung der Arten* (1859) deutete Charles Darwin (1809-1882) an: „Licht wird fallen auf den Menschen und seine Geschichte.“ Womit er bekanntlich recht behalten sollte. Aber hier darf uns „Licht“ als Metapher dienen: Wenn Licht auf etwas fällt, etwas erleuchtet wird, dann vertieft sich unser Verständnis, erweitert sich unsere Perspektive. Licht bedeutet in diesem Sinne Erkenntnis und Wissen. Und das Leben selbst ist ein Erkenntnis- und Wissensvorgang. Damit sind wir auch schon bei unserem Thema.

Licht und Leben – Licht ist Leben: Licht ist Energie- und Informationsträger, Licht ist einer der wichtigsten abiotischen Faktoren im Leben der Organismen. Die meisten Tiere besitzen einen Lichtsinn (Photorezeptoren, Lichtsinneszellen), also „Augen“ in des Wortes weiterer Bedeutung, die von lebens-

erhaltender Wichtigkeit sind. Ohne Licht wäre die enorme Vielfalt der Lebewesen auf unserem Planeten nicht entstanden. Für uns Menschen wäre ein Leben in Dunkelheit nicht erträglich; und das Augenlicht zu verlieren, gehört zu den schlimmsten Tragödien, die einem Menschen zustoßen können. Wie alles, was uns selbstverständlich erscheint, wissen wir auch das Licht nicht wirklich zu schätzen.

Grund genug also, uns mit Licht und Leben zu beschäftigen. Natürlich kann das vorliegende bioskop-Heft nur einige wenige Aspekte des Themas behandeln, bloß „Schlaglichter“ werfen auf einen großen Themenkreis.

Andreas Hantschk (sein Vortrag zur Jahreshauptversammlung 2006 der ABA) berichtet über beeindruckende Experimente in diesem Zusammenhang, Susanne Gruber über Energieströme, Anton Krapfenbauer über Klimaschwankungen, und ... um mit Karl Farkas zu sprechen: „Schauen Sie sich das an.“

Ich hoffe, dass Sie auch an diesem Heft Interesse finden und bei seiner Lektüre Freude gewinnen werden – wenn ja, dann empfehlen Sie uns bitte weiter.



Franz M. Wuketits

Buchempfehlung BIOETHIK. EINE KRITISCHE EINFÜHRUNG.

Die erste bioskop-Ausgabe (bioskop 1-2006) dieses Jahres war der Tierethik gewidmet. Nun ist im September zum Themenfeld ein Bändchen erschienen, das wir unseren Lesern gerne empfehlen. Unser bioskop-Herausgeber führt darin in die Denk- und Argumentationsweise der Bioethik ein und bezieht zu den bestehenden Positionen Stellung.

Die Bioethik liefert kein moralisches Grundschema. Es liegt am Menschen selbst, Strategien herauszufinden, die mit der Lebenserhaltung und Lebensqualität vereinbar sind. Dieses Nachdenken über das „gute Leben“ ist nicht auf Entscheidungsträger in Wirtschaft, Justiz und Politik delegierbar.

Ideologische Verirrungen sind eher die Regel und nicht die Ausnahme. Damit ist das Ethos der Wissenschaft gefordert, der Verbesserung der Lebensbedingungen zu dienen.

Als Überlebenswissenschaft ist die Bioethik bestrebt, Kriterien für ein lebenswertes Leben und Grundlagen für die Erhaltung des Lebens zu finden. Der Autor reflektiert angemessene Verhaltensweisen im Umgang mit dem menschlichen Leben und den nichtmenschlichen Lebensformen, der Umwelt und der Zukunft des Menschen – wozu die bioskop-Redaktion für das kommende Jahr ein spezielles Themenheft (bioskop 2-2007) plant.

Franz M. Wuketits:
Bioethik. Eine kritische Einführung.
Beck'sche Reihe Bd. 1716.
München: Verlag C. H. Beck 2006
Broschiert, 192 Seiten
ISBN 3 406 54157 7
[EUR 13,00]



Thema	4	Biosphäre 2 - Von Experimenten aus der Barockzeit zum bedeutendsten Großexperiment der modernen Ökologie Andreas Hantschk
Forum	11	Vom Stiefkind zum Liebkind? Die Photovoltaik hat Zukunft Sonja Burger
	13	Was kommt nach dem Energie-burn-out? Susanne Gruber
	16	Orbitale und himmelmechanische Vorgaben der Erde als Auslöser kurz- und langzeitlicher Klimaschwankungen Anton Krapfenbauer
	18	Omnia Sol Temperat oder Die Zukunft ist grün Dieter Armerding
Personen und Geschichte	25	Die Biologie im Werk des Albertus Magnus Georg Schwedt
Focus	28	Der Konstruktivismus, die didaktische Konstruktion und die Biologie. Manfred Wimmer
Was uns bewegt	34	Das Wissen im Lichte von Wahrheit Richard Kiridus-Göller
Didaktik	36	Forschendes Lernen im Alltagsunterricht Hans Hofer
	39	Österreichische Zentren für Didaktik - Naturwissenschaften Helmut Kühnelt
	40	BIT – Biologie im Team Sigrid Holub
Glosse	42	Schau mir in die Augen, Kleines Licht, Liebe und Lust Franz Bacher
ABA Intern	45	Biologische Arbeitsgemeinschaft Ronald Pichler
	46	ABA Exkursion 2006 Helmut Ulf Jost
	47	Vorschau: Tagung der ABA Exkursion Nationalpark Kalkalpen



Teilbild von Clemens G. Göller

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

Chefredakteur
Dr. Richard Kiridus-Göller
Redaktionssitz
Chimanistraße 5
A-1190 Wien
bioskop@vienna.at

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

Präsident der ABA
Mag. Helmut Ulf Jost
Fuchsgrabengasse 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

Präsidentliche Mitarbeit
Dr. Dieter Armerding
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

**Gedruckt auf chlorfrei
gebleichtem Papier.**

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

Auflagenhöhe
1000 Exemplare



Biosphäre 2

Von Experimenten aus der Barockzeit zum bedeutendsten Großexperiment der modernen Ökologie

Moderne Architektur vereint mit höchstem technologischen Standard - das bisher beeindruckendste Großexperiment der Menschheitsgeschichte fand in der Sonora-Wüste in Arizona statt.



Mit etwa 10.000 m² Fläche und 200.000 m³ Rauminhalt ist das Riesenglashaus „Biosphäre 2“ in der Sonora-Wüste bei Tucson/Arizona in jeder Hinsicht ein Monument. Es verbindet wuchernden Wildwuchs mit intelligent geplanten Landwirtschaftsflächen, artenreiche Ökosysteme mit gestylten menschlichen Wohnhabitaten, spontane Kreativität von Künstlern und Architekten mit dem nüchternen Sachverstand von Technikern sowie Grundlagenforschung für Langzeit-Raummissionen mit dem Bewusstsein, dass allein die Erde den von ihr hervorgebrachten Lebewesen Heimat sein kann.

ANDREAS HANTSCHK

Vielleicht glaubte der texanische Finanzier und Ölmillionär Ed Bass, sich eine gläserne Fluchtborg für globale Ökokatastrophen zu schaffen. Nach außen hin verspielt wirkende Komponenten, wie Nachbildungen von Wasserfällen,

Flüssen und Meeresstränden haben vielfach Kritik hervorgerufen. Die vorgeblichen Abbilder natürlicher Ökosysteme benötigen immerhin ein ganzes Arsenal von High-Tech-Ausrüstung, welches in den Eingeweiden von Biosphäre 2 verborgen ist und von einem Gaskraftwerk daneben versorgt wird. Doch das Ökosystem inkl. Ernährung, Abfallverarbeitung, Wasserkreislauf, atmosphärischer CO₂/O₂-Gaswechsel wurde ausschließlich solar betrieben. Zahlreiche Messsonden ermöglichen eine naturwissenschaftlich fundierte Datenerfassung. So vereinte die „Gläserne Arche“ nicht zuletzt auch Verspieltes mit Exaktem - was der Wissenschaft schon öfter zu grundlegenden Einsichten verhalf.

Als sich am 26. September 1991 die Tore hinter den 8 Testpersonen (Bionauten) schlossen, begann eines der größten Abenteuer der Menschheit: ein ökologischer Überlebensversuch, dessen



Priestleys klassischer Versuch mit Mäusen unter der Glasglocke; unter der rechten Glocke sind die Mäuse am hohen CO₂-Gehalt verendet, links leben sie weiter, dank der Photosyntheseleistung der Pflanze: CO₂-Bindung, O₂-Produktion.

Frühe Versuche mit stofflich geschlossenen Gleichgewichtssystemen

Die - neben dem Licht der Sonne - wichtigste Voraussetzung zur Aufrechterhaltung des globalen Ökosystems „Erde“ ist das Zusammenspiel zwischen grünen Pflanzen, tierischen Konsumenten und Mikroben. Die Versuche des englischen Geistlichen und Naturforschers Joseph Priestley waren ein erster Schritt zur Klärung der Zusammenhänge. Es war um 1770 bereits bekannt, dass Tiere in einem dicht verschlossenen Raum die Luft verschlechtern und schließlich an ihren eigenen Atmungsprodukten erstickten. Priestley hatte 1771 die entscheidende Idee, danach zu fragen, ob dies auch für Pflanzen gelte. Nicht viel mehr als ein Trog und zwei Gläser waren für ein Genie nötig, um epochale Entdeckungen zu machen. Mit Hilfe von Mäusen, die er unter Glasglocken so lange wie möglich atmen ließ, bereitete er zwei „Quantitäten völlig verdorberer Luft“, in der jedes weitere Tier in Sekundenschelle starb.

Am 20. Juni 1772 steckte Priestley einen Minzespross in eines der beiden Gefäße, um zu sehen, ob nun auch die Pflanze erstickt würde - was er eigentlich erwartet hatte. Es verging eine Woche, aber zu seiner Überraschung gießt die Pflanze in der verdorbenen Luft sogar besonders gut. War die Versuchsanordnung unidicht?

Das sofortige Verlöschen der Kerze im leeren Kontrollgefäß zeigte jedoch, dass die Luft darin noch genauso verdorben war wie eine Woche zuvor. Im



Physikalisches Labor zur Barockzeit; mit vergleichsweise einfachen Geräten gelangen Priestley epochale Entdeckungen, die Einsicht in den Lichtfaktor der Photosynthese blieb ihm allerdings verwehrt.

Pflanzengefäß brannte die Kerze hingegen wieder bestens. Nur testete er die Wirkung der beiden Luftproben auf die Tiere. In das leere Kontrollgefäß gebracht, erstickten die Mäuse rascher, als er sie wieder herausziehen konnte. Im Gefäß mit der Pflanzenluft blieben die Versuchstiere hingegen längere Zeit lebendig: keine Ohnmacht, keine Atemnot - in derselben Luft, die eine Woche zuvor zwei andere Tiere bis zum Ersticken verdorben hatten!

Priestleys Schlussfolgerung:

„Aus dieser Wahrnehmung schloß ich, dass die Pflanzen, statt die Luft auf nemliche Art anzustecken wie das thierische Atemholen, den Effekt der Atmung umkehren und danach streben, die Atmosphäre mild und heilsam zu erhalten, wenn sie durch Thiere verdorben war...“

Es ist zugleich ein wenig tragisch, dass Priestley knapp daran vorbeiging, im vollen Sinne zum Entdecker der Photosynthese zu werden. Er vermochte es nämlich nicht zu erklären, warum an manchem Morgen (im Herbst auch ganztägig) die Kerze auch in der Pflanzenluft nicht brennen wollte. Erst der holländische Naturforscher und Leibarzt am Hofe Maria Theresias, Jan Ingen-Housz, entdeckte 1779, dass Pflanzen die Luft nur im Sonnenlicht verbessern. Er tauchte verschiedene Pflanzen vollkommen unter Wasser und konnte so das „heilsame“ Gas, das ihnen entströmte, als Bläschen sichtbar machen. Nach einem genauen Plan unternahm er in einem einzigen Sommer 500 Versuche zur Klärung der Photosynthese.



Ingen-Housz entdeckte die Sauerstoffproduktion der grünen Pflanze im Licht; im Experiment kann das entstehende O₂ mittels Glimmspan oder einer brennenden Zigarette nachgewiesen werden.

Für das Verständnis globaler ökologischer Zusammenhänge spielt auch das Aquarium - die „Welt im Glas“ - eine entscheidende Rolle. Es war der Engländer Robert Warington, Begründer der Chemical Society in London, der bereits seit 1849 mit einer kleinen geschlossenen Lebensgemeinschaft experimentierte. Ihm ging es in seinem Experiment zunächst um die Frage „wie Fische in einem begrenzten, abgeschlossenen Wasservolumen gesund leben können“. Zwei Goldfische lebten in 20 Liter Quellwasser in einem Glasballon, mit Sand, Teichschlamm und Steinen versehen und einer kleinen Vallisneria bepflanzt, aus der im Laufe des Experiments 30 kräftige Pflanzen wuchsen.

Zunächst trübte jedoch organischer Abfall das Wasser. Warington musste eine weitere Tierart einführen: 5-6 Schlammschnecken als „Straßenkehrer“, die mit ungeheurer Gefräßigkeit tote Reste entfernten, die mikrobielle Trübung zum Verschwinden brachten und bald mit ihren massenhaft abgelegten Eiern die wichtigste Nahrungsbasis für die Goldfische bildeten. Warington gibt eine - für die Zeit - bewundernswerte Beschreibung der gegenseitigen Abhängigkeiten in diesem Glas.

Priestley, Ingen-Housz und Warington - ein Priester, ein Arzt und ein Chemiker - stehen für Stationen auf dem Weg zum Verständnis des großen Kreislaufes zwischen Tieren, Pflanzen und Mikroben im Naturhaushalt der Erde. Ihre Versuche und Schlussfolgerungen wurden vielfach von Zeitgenossen aufgegriffen. Begeistert kommentierte der amerika-



nische Diplomat und Physiker Benjamin Franklin Priestleys Versuche:

I hope this will give some check to the rage to fell trees that grow near houses... for we Americans have our habitations everywhere in the woods and no people on earth enjoy better health or is more prolific.

Auch die endgültige Aufklärung der lichtgetriebenen Sauerstoffausscheidung im Austausch gegen aufgenommene Verbrennungs- oder Atemluft durch den holländischen Pockenarzt Jan Ingen-Housz - Leibarzt am Hofe Maria Theresias und Freund Van Swieten - beeindruckte die Zeitgenossen am Wiener Kaiserhof und in der wissenschaftlichen Welt. Ist es ein Zufall, dass Maria Theresia damals das großzügigste Grünkonzept beschloss, das bis dahin je für eine Großstadt erstellt worden war?

Die Theorie der Biosphäre

Der Begriff „Biosphäre“ wurde 1875 von dem bedeutenden Wiener Geologen Eduard v. Suess geprägt. Suess, tätig am Naturhistorischen Museum in Wien



Bereits Ingen-Housz untersuchte die lichtgetriebene Sauerstoffproduktion nicht nur bei Wasser- sondern auch bei Landpflanzen; hier untergetauchte Weinblätter mit Sauerstoffbläschen.

und Schöpfer des Konzeptes der Wiener Hochquellwasserleitung, benannte damit erstmals jenes dünne „Oberflächenhäutchen“ unseres Planeten, das alles Leben beherbergt. Auch erkannte er bereits, dass jene belebte Hülle die Eigenschaften eines hochkomplexen, selbst regulierenden Systems hat und dass das Leben selbst eine geologische Kraft sei - von der Sauerstoffatmosphäre über Kalkgebirge bis zu fossilen Lagerstätten.

Der russische Universalgelehrte Vladimir Vernadsky (1863-1945) erweiterte, angeregt durch v. Suess' Schriften, das theoretische Konzept der Biosphäre. Er betonte, dass sich das Leben selbst im Verlauf seiner Evolution neue Umweltbedingungen schafft. Für Vernadsky wurden Dynamik, Veränderung und stete Ströme zu den entscheidenden Merkmalen des globalen Ökosystems, welches Leben ermöglicht und gleichzeitig durch Leben bestimmt und gestaltet wird.

Dass Vernadskys Ideen auch in der westlichen Welt bekannt wurden, geht auf einen glücklichen Umstand zurück. Vernadskys Sohn George emigrierte in die USA, lernte als Yale-Professor die ebenfalls an dieser Eliteuniversität tätige Ökologin Evelyn Hutchinson kennen und machte sie mit den Schriften seines Vaters vertraut. 1970 publizierte Hutchinson einen Einführungsaufsatz („The Biosphere“) für das namhafte amerikanische Wissenschaftsmagazin *Scientific American*. Über diesen Artikel machten auch John Allen und Mark Nelson Bekanntschaft mit den Ideen von v. Suess und Vernadsky und wurden in ihrem Denken und Handeln nachhaltig beeinflusst. Die beiden Forscher waren später ganz wesentlich an der Planung und Realisierung von Biosphere 2 beteiligt. So schließt sich der ideengeschichtliche Kreis: Von einem am Naturhistorischen Museum tätigen Wiener Geologen zum Riesenglashaus in der Wüste von Arizona.

Erste lebenserhaltende Systeme

Anfang der 60er Jahre war das Zeitalter der Raumfahrt gerade erst angebrochen. Schon damals erkannte man, dass bei längeren, bemannten Raummissionen die Versorgung mit Nahrung und Atemgasen nicht von mitgenommenen Vorräten alleine abgedeckt werden kann. Nur ein ausbalanciertes Ökosystem im Kleinen würde es dem Men-

schen erlauben, sich in Zukunft längere Zeit vom Heimatplaneten zu entfernen. Heute werden solche lebenserhaltenden Systeme als CELSS (Closed Ecological Life Support Systems) bezeichnet.

Als ein echter Pionier auf diesem Forschungsgebiet gilt Evguenii Shepelev, der am Moscow Institute of Biomedical Problems schon 1961 ein erstaunlich einfaches lebenserhaltendes System konstruierte und sich auch selbst als erste Versuchsperson einschließen ließ. In einem absolut gasdichten Stahlzylinder von gerade 1,7 m³ Rauminhalt brachte Shepelev etwa 35 Liter einer Kultur der Grünalge Chlorella. Seinen Berechnungen zufolge sollte diese Menge ausreichen, um die Atmung eines Menschen zu kompensieren. 24 Stunden später verließ er als erster, der je in einem geschlossenen Algen-Mensch-System gelebt hatte, seine Versuchsanordnung. Die zuvor geäußerte Bitte des leidenschaftlichen Rauchers Shepelev „Gebt mir eine letzte Zigarette bevor ich sterbe“ ist heute bereits Legende. Bei der folgenden Untersuchung der Atemluft stellte sich heraus, dass diese von Spuren gasen, die das einfache System nicht verarbeiten konnte, verdorben war.

Der von Shepelev eingeschlagene Weg wurde vom russischen Institute of Biophysics unter Josif Gitelson fortgesetzt. Nahe der sibirischen Stadt Krasnojarsk konstruierte man ab den späten 60er Jahren mehrere lebenserhaltende Systeme, die als „Bios“ bekannt wurden. Bios 3 hatte schließlich bereits die Ausmaße einer kleinen Raumstation (300 m³). Man legte Gärten an, erntete Gemüse und Algen, kochte und stellte sogar eigenes Brot her. Die Nahrungspflanzen zog man in Wasser, das mit Nährstoffen angereichert war, unter künstlicher Beleuchtung. Insgesamt stellten die Bios-Experimente, die bis 1984 liefen, einen Meilenstein für die CELSS-Forschung dar: Jeweils 3 Personen verbrachten bis zu 6 Monate im System, wobei 100% der Luft und 95% des Wassers recycelt und 50% der Nahrungsmittel selbst hergestellt wurden. Allerdings entfernte man die getrockneten menschlichen Fäkalien und stark wuchernde Pflanzen und versorgte die Crew mit eiweißreicher Zusatznahrung. Trotz einiger Mängel war die russische Bios-Forschung von unschätzbarem Wert für die Planung von Biosphere 2.

Nicht minder interessant waren die Experimente des amerikanischen Mikrobiologen Clair Folsome. In ihrer Einfachheit und Genialität knüpfen Folsomes Versuche an jene der frühen Entdecker Priestley, Ingen-Housz und Warington an. Er füllte einige Glasballons von 1-2 Litern Inhalt mit Meerwasser, wobei er sicher sein konnte, auch eine repräsentative Auswahl an Mikroorganismen mit eingeschlossen zu haben. Zu seiner großen Überraschung lebte die kleine Mikrobenwelt über Jahre hinweg, ohne jegliche Verbindung mit den ökologischen Zyklen der Erde! Folsome stellte fest, dass die kleinen „Ecospheres“ - ganz nach Vernadskys theoretischem Biosphärenkonzept - ihre eigene Dynamik entwickelten. Erstmals in der Geschichte der Forschung an geschlossenen Systemen war es mit verblüffend einfachen Mitteln gelungen, ein von den irdischen Stoffkreisläufen wirklich unabhängiges Ökosystem zu erhalten.

Biosphere 2 als geschlossenes System

Mit einer Fläche von 1 ha ist Biosphere 2 etwa 100 mal größer als sämtliche zuvor erprobten geschlossenen Ökosystemmodelle - und über 10 Milliarden mal kleiner als die Biosphäre unserer Erde. Die Anlage ist im US-Bundesstaat Arizona in 1190 m Seehöhe lokalisiert. Insgesamt wurden 7 Großlebensräume (Biome) der Erde nachgebildet, wovon 2 auf menschliche Habitate entfallen. Diese beinhalten neben dem Wohnbereich für die Versuchspersonen (Urban-habitat) auch eine landwirtschaftliche Fläche. Insgesamt wurden 3.800 Tier- und Pflanzenarten eingebracht.

Inwiefern handelte es sich nun bei Biosphere 2 um ein abgeschlossenes System? Biosphere 2 war - zumindest theoretisch - absolut gasdicht. Auch sonst war es stofflich geschlossen, d.h. neben der Luft bildeten auch Wasser und Biomasse einen geschlossenen Kreislauf. Die Testpersonen bekamen von außen keinerlei zusätzliche Nahrung. An Energie floß dem Mega-Glashaus allerdings neben dem Sonnenlicht auch elektrischer Strom sowie gekühltes bzw. erhitztes Wasser zu. Offen war Biosphere 2 - wie auch die Erde - bezüglich des Informationsflusses: Die Bionauten standen mit der Außenwelt über sämtliche moderne Kommunikationseinrichtungen in Verbindung. In Biosphere 2 wurden 30.000 t Boden von ‚Bio-Qualität‘,

2.000 t Süßwasser, 3.500 t Salzwasser und 180 t atmosphärische Luft eingebracht. Die Gesamtkonstruktion wurde ursprünglich auf eine Lebensdauer von etwa 100 Jahren ausgelegt, aber nur wenige Jahre als geschlossenes System betrieben.

Die Großlebensräume (Biome) von Biosphere 2

Bei der Auswahl der Großlebensräume hatte man ein verkleinertes Abbild des Ökosystems Erde im Auge - mit all den Einschränkungen, die ein solches Unterfangen von vorne herein mit sich bringt. Trotz der vergleichsweise riesigen Artenzahl von 3.800 konnte man freilich nur einen Bruchteil der schätzungsweise 10 Millionen Tier- und Pflanzenarten der Erde berücksichtigen. Auch ein Miniaturozean wurde angelegt, der allerdings weniger als 10 % der Fläche bedeckt, jedoch die produktivsten Flachwasserbereiche, insbesondere Korallenriffe, repräsentiert.

Schließlich unterscheidet sich Biosphere 2 auch durch das Verhältnis der Biomasse zur Atmosphäre deutlich von der Biosphäre der Erde:

	Atmosphäre	Biomasse	Verhältnis
Erde	5,7 x 1015 t	4 x 1011 t	14.250 : 1
Biosphere 2	185 t	75 t	2,47 : 1

Daraus ergibt sich, dass in Biosphere 2 die Biomasse gegenüber der Atmosphäre um den Faktor 6000 erhöht wurde. Ein Ungleichgewicht zwischen Produzenten, Konsumenten und Destrucenten würde hier also viel eher in einem gestörten Gasgleichgewicht seinen Niederschlag finden als in der Biosphäre der Erde.

Das Regenwaldbiom war eine der größten Herausforderungen für die Planer und Konstrukteure von Biosphere 2. Es ist einem Regenwald im venezuelanischen Teil Amazoniens nachempfunden und besteht aus einem Tieflandwald, einem Nebelwald am Hochplateau eines 15 m hohen Sandsteinberges sowie aus einer Überschwemmungsebene.

Die richtige Artenauswahl wurde von Sir Ghillean Prance, dem ehemaligen Direktor von Kew Gardens (London) getroffen. Für die Vegetation des Tieflandes wählte er schnell wachsende, hohe Bäume, wie Gummibaum und Kapok (*Ceiba*), die bereits in kürzester Zeit ein

gewaltiges Schutzdach formten. Um auch das seitlich einfallende Licht zu filtern, wurde um den Regenwald ein Gürtel aus Ingwer („Ginger Belt“) gepflanzt, der auch eine wichtige Nahrungsquelle für Tiere darstellt. Die schnellwüchsigen Regenwaldpflanzen spielten außerdem eine wichtige Rolle im winterlichen CO₂-Haushalt der hermetisch verschlossenen Glaskonstruktion. Von den insgesamt 300 Pflanzenarten des Regenwaldes konnten die Bionauten Kakao, Vanille, Kaffee, Bananen, verschiedene Gewürze, Faserpflanzen sowie Heilkräuter für ihren Eigenbedarf verwenden.

Lebensräume für Bionauten

Die landwirtschaftliche Fläche von Biosphere 2, im folgenden als Intensives Agrarbiom (IAB) bezeichnet, ist mit rund 2500 m² extrem klein, wenn man bedenkt, dass von dieser Fläche zwei Jahre hindurch fast die gesamte Nahrungsmenge für die achtköpfige Crew geerntet wurde. Das Prinzip der geschlossenen Kreisläufe anzuwenden sowie aus dem kompletten Erfahrungsschatz biologischer Landwirtschaft zu schöpfen, waren die Ziele der Bionauten.

Dass sich Pestizide, Herbizide und Kunstdünger von vorne herein verboten, machte die Sache zwar reizvoll, aber nicht eben leichter. Anfangs funierte ein NASA-Forschungsprojekt als Vorbild, wonach eine ausgewogene Nahrung für künftige Astronauten aus nur 3 Arten von Pflanzen bestehen könne: Reis als Kohlenhydrat-, Erbsen als Protein- und Raps als Fettlieferant. Man rückte jedoch bald von solch einseitiger Kost ab, da erstens nur eine vielfältige Nahrungspalette auch ausreichend Vitamine und Spurenelemente enthält und zweitens bei den zu bewältigenden 2016 Mahlzeiten (verteilt über 2 Jahre) das psychologische und soziale Element des Essens nicht hoch genug eingeschätzt werden kann. Die physische und psychische Gesundheit der Bionauten ließ sich nur mit einer hohen „Agrobiodiversität“ erzielen. Dass im Blick auf die 10%-Regel der Produktionsbiologie die Ernährung der Bionauten in der Hauptsache vegetarisch sein würde, stand von Beginn an fest.

Von den insgesamt 80 Arten von Nutzpflanzen hatten die folgenden einen Hauptanteil an der Ernährung: Süßkartoffeln, weiße Kartoffeln und Bananen sowie Weizen, Hirse und Reis dienten als

Kohlenhydratlieferanten, Erdnüsse wurden für die Fettversorgung und Bohnen als Proteinlieferanten gepflanzt.

Da man auf Kunstdünger ganz verzichtete, mussten die Nährstoffe über die Wasseraufbereitung und Kompostierung wieder dem Boden zugeführt werden. Als wertvolle Helfer bei der Kompostierung erwiesen sich die Nutztiere, die unverwertbare Pflanzenteile fraßen und deren Mist man kompostierte. In der abgeschlossenen Glashauswelt von Biosphäre 2 hatte beinahe jede Aktivität unmittelbare Rückwirkungen auf die Bewohner. So führten Kompostierung und Feldarbeit zu einem zusätzlichen Ausstoß von CO₂, was das empfindliche Gasgleichgewicht weiter labilisierte. In den Wintermonaten (hoher CO₂-Gehalt aufgrund reduzierter Photosynthese) wurde Pflanzenabfall getrocknet und erst im Frühjahr kompostiert oder als Gründünger (Mulch) auf die Felder gestreut.

Die Schädlingsbekämpfung stellte hohe Anforderungen an die Phantasie der Bionauten, da sich aufgrund des begrenzten Gas- und Bodenvolumens jeglicher Gifteinsatz verbot. Es wurden praktisch alle Register der biologischen Schädlingsbekämpfung gezogen, wobei sich das Anlegen von Schutzpflanzungen mit „Repellent-Pflanzen“ um empfindliche Kulturen als besonders effektiv erwies. Man kam auch nicht umhin, Schädlinge per Hand von den Pflanzen abzulesen.

Bei der Auswahl der Nutztiere bevorzugten die Bionauten kleine, robuste Rassen, die auch bei geringen Nahrungsmengen noch verhältnismäßig produktiv sind. Als Milchlieferanten wurden einige Afrikanische Zwergziegen gepflegt, die sich als gute „Kompostiermaschinen“ bewährten und darüber hinaus durch ihr verspieltes Wesen zur Ausgeglichenheit und Unterhaltung der Crew beitrugen. Zwei ebenfalls kleinwüchsige Ossaba-Schweine erwiesen sich hingegen bald als problematisch, da sie relativ hohe Nahrungsansprüche hatten. Man schlachtete sie und bewahrte das Fleisch für einige Sonntagsessen auf. Für Frühstückseifer sorgte eine kleine Hühnerrasse, die aus einer Kreuzung zwischen wilden Dschungelhähnern und einer japanischen Haushuhnrasse hervorging.

Als hervorragend angepasstes System erwiesen sich die nach asiatischem Vorbild angelegten Aquakulturen: In überschwemmten Reisfeldern leben Buntbarsche der Gattung *Tilapia*, die ein hervorragendes eiweißreiches Nahrungsmittel abgeben. Die Fische ernähren sich vegetarisch von dem ebenfalls auf den Feldern gedeihenden Wasserfarn *Azolla*, der aufgrund seiner symbiotischen Blaualgen ein hervorragender Stickstoffbinder ist.

Die 8 Bionauten bewohnten ein zweistöckiges Gebäude neben dem IAB, das auf einer Fläche von ca. 1000 m² Arbeitsmöglichkeiten, Komfort sowie Entspannungs- und Rückzugsraum bietet. In diesem Wohnhabitat war es kühler und weniger feucht als in den anderen Bereichen von Biosphäre 2. Besondere Anpassungen erfolgten im Bereich der Hygiene: das Duschen musste so Wasser sparend als möglich sein, die Benutzung von Toilettenpapier war untersagt. Die menschlichen Exkremeante wurden von Bakterien grob aufgeschlossen, bevor das Abwasser über Pflanzenkläranlagen gereinigt und zur Feldbewässerung eingesetzt wurde.

Luftmanagement

Gute Luft im Glashaus beruhte zunächst auf einem komplizierten Ventilationssystem. Im Zentrum des Luftmanagements stand jedoch die Aufrechterhaltung der natürlichen CO₂/O₂-Balance. Das Verhältnis der beiden Gase zueinander verschlechterte sich immer mehr. War zuerst ein hoher CO₂-Gehalt das Problem, machte den Bionauten im 2. Jahr besonders die sinkende Sauerstoffkonzentration zu schaffen. Die atembare Luft entpuppte sich jedenfalls als das Kernproblem von Biosphäre 2.

Die Luft musste außerdem von schädlichen Spurengasen gereinigt werden, die etwa aus Kunststoffteilen austreten oder bei biologischen Prozessen anfallen. Man installierte daher so genannte „Soil-Bed-Reaktoren“, mit deren Hilfe man die Luft durch den Boden des IAB leiten kann. Dabei bauen Bodenmikroben die in der Luft enthaltenen giftigen Spurengase ab.

Das Experiment Biosphäre 2 beruhte auf der Gasdichtheit des Systems. Die insgesamt 13.000 Metall- und Glasplatten der Dachkonstruktion wurden

so sorgfältig verarbeitet, dass sich das Glashaus als 40x dichter als ein amerikanisches Atom-U-Boot erwies. Man plante ursprünglich pro Jahr lediglich 1% Gasverlust (d.h. Austausch mit der Außenluft). Bereits ein einziges Loch mit nur 2 mm Durchmesser würde eine solche Verlustrate bedingen. Tatsächlich lag diese dann höher, etwa bei 6 % jährlich (immer noch ein Rekordergebnis, wie man es höchstens aus der Weltraumtechnik kennt).

Die Zwischenbilanz: Lernen für Mutter Erde

Als am 26.9.1993 die Bionauten ihr „Forschungsschiff“ verließen, waren nicht nur die 8 Mitglieder der ersten Crew, sondern die gesamte ökologische Forschung um wesentliche Erfahrungen reicher. Das Experiment ging weiter: 1994 zogen die nächsten Testpersonen in das Glashaus ein, allerdings nur für 9 Monate. Das Medienecho fiel diesmal ähnlich wie bei der zweiten bemannten Mondmission - wesentlich geringer aus. Nach Konflikten mit dem Finanzier Ed Bass wurde Biosphäre 2 für 10 Jahre der Columbia University überantwortet. Man betrieb Klimaforschung, das Riesenglashaus wurde aber nicht in seiner Gesamtheit als geschlossenes System weitergeführt. Heute kann das Forschungsmonument auch besichtigt werden (www.biospheres.com).

Worin bestehen nun die augenfälligsten Erkenntnisse aus den Jahren 1991-93? Es galt herauszufinden, ob die gewagte Vorgabe einer zweijährigen Totalabkopplung vom Ökosystem Erde durchzuhalten sei, ob sich in den Lebensgemeinschaften eine neue Art von ökologischem Gleichgewicht einstellen würde, ob das IAB 8 Menschen ausreichend ernähren würde und ob die Bionauten ihre gläserne Arche psychisch und physisch gesund verlassen würden. Die Frage nach dem Gelingen oder Scheitern des Experimentes kann nicht pauschal beantwortet werden. Zu vielfältig sind die jeweiligen Aspekte!

Ernährung, Nahrungsknappheit und Hunger

Das Gros der Nahrungsmittel für acht Menschen stammte von der letztlich zu kleinen Anbaufläche von einem Viertel Hektar. Daneben wurden auch im Regenwaldbiom einige der Ernährung dienende Früchte geerntet. Insgesamt

deckte die in Biosphäre 2 nach der Schließung produzierte Nahrung über 80% des Bedarfes. Der Rest war entweder schon vorher herangereift oder stammte von eingelagertem Saatgut. Allerdings wurde wiederum ein Teil der Ernte für das nächste Versuchsteam im Glashaus zurückgelassen. Die vor Beginn des Experimentes angestrebte tägliche Nahrungsration von 2364 kcal pro Person wurde aber nicht erreicht. Dafür werden zum einen die außergewöhnlich dichte Wolkendecke während der beiden kalten Winter und zum anderen eine Schadmilbe verantwortlich gemacht. Die Pflanzenproduktion blieb hinter den Erwartungen zurück. Die Ernährung der Bionauten war von 2 Faktoren geprägt: von der Anpassung an eine fettarme Pflanzenkost und von Hunger.

Vor allem während der ersten sechs Monate war der Gewichtsverlust dramatisch (zwischen 9 und 25 kg). So berechnete einer der Bionauten, dass er, wäre er weiterhin einer derartigen Abmagerungskur ausgesetzt, nach 2 Jahren minus 45 kg wiegen würde! Natürlich trat diese Prophezeiung nicht ein. Nach kurzer Zeit machte sich eine Anpassung an das knappe Nahrungsangebot bemerkbar. Die Cholesterinwerte sanken im Durchschnitt von ca. 200 auf unter 125 - nach zwei Jahren stellte sich heraus, dass die Bionauten ernährungsphysiologisch optimal gelebt hatten.

Ihnen stand eine wahrhaft biologische Diät zur Verfügung - bloß dass es nie genug davon gab. Bei der Überprüfung der Blutproben stellte sich ein unerwarteter Effekt ein: die Konzentration an Pestiziden im Blut war ungewöhnlich hoch. Der Grund dafür lag in der Aufzehrung der Fettdepots im Körper, in welche chemische Rückstände (die vor dem Beginn des Experimentes von den Testpersonen aufgenommen wurden) bevorzugt hineingespeichert werden. Dass Ernährung nicht nur ein physiologisches, sondern auch ein psychologisches Problem darstellt, wurde in Biosphäre 2 eindrucksvoll demonstriert. An das Fehlen von süßen Leckerbissen konnte man sich beispielsweise kaum gewöhnen. Um sich wenigstens der Illusion des Essens hinzugeben, kauften manche Bionauten auch Erdnusschalen und Bananenhäute. Während der ersten Zeit wurden auch Fälle von Lebensmitteldiebstahl registriert. Ins-

gesamt lernte man, sich bewusster und sorgfältiger mit den Mahlzeiten zu beschäftigen.

Die Sauerstoffkrise und das CO₂-Rätsel

Die gasdichte Riesenkonstruktion aus Glas und Stahlverstrebungen ließ weniger Licht auf die Vegetation von Biosphäre 2 fallen als man erwartet hatte. Der Preis für die Gasdichtheit waren Lichtverluste bis zu 60 % durch Streben, Rahmen, Dichtungen und Reflexionen am Glas. Unter den durch reflektiertes Sonnenlicht glühenden Glasscheiben und im Schatten der Streben konnten besonders die tropischen Starklichtpflanzen keine positive Stoffbilanz erzielen. Neben der beinahe chronischen Nahrungsknappheit führte dies zu noch weit dramatischeren Folgen für die Bionauten.

Schon während der ersten Experimente war man sich bewusst, dass die Erhaltung des Gasgleichgewichtes zu den schwierigsten Aufgaben in Biosphäre 2 zählen würde. Von Anfang an beobachtete man deshalb sehr kritisch die Entwicklung des CO₂-Gehaltes der Luft. Der Mensch erträgt bis zu 2,5 Vol.% CO₂ auch bei stundenlanger Einatmung ohne große Schädigung; Luft mit 4-5 Vol.% CO₂ kann bei längerer Einatmung Bewusstlosigkeit hervorrufen, 8 Vol.% führen nach 30 bis 60 Minuten zu Bewusstlosigkeit und Tod.

Die große Menge an reich belebter Komposterde, die man in die Biome eingebracht hatte, führte zu intensiver Bodenatmung und ließ den CO₂-Pegel deutlich ansteigen. Die verminderte Photosyntheserate - gleichbedeutend mit einer herabgesetzten CO₂-Entnahme durch die Pflanzen - trug ein Übriges zum hohen CO₂-Gehalt der Luft bei. Insgesamt lag der CO₂-Pegel zwischen 0,12 und 0,4 Vol.%, war also 4-13 x höher als in der Außenatmosphäre (0,03 Vol.%). Es ergaben sich außerdem weit größere lichtabhängige Konzentrationsschwankungen zwischen Tag und Nacht (bis 0,06 Vol.%) und jahreszeitliche Schwankungen von 0,28 Vol.% zwischen den hohen Winterwerten und den geringen Sommerwerten. Im Vergleich dazu schwankt das globale CO₂ im Jahresgang nur um etwa 0,001 Vol.%. An den sensiblen CO₂-Messinstrumenten konnte man sogar eine durchziehende Wolkendecke, welche die Photosynthesera-

te drosselt, ablesen. Längere bewölkte Perioden verursachten deutliche Konzentrationsanstiege. Der CO₂-Gehalt der Luft blieb zwar während der gesamten Versuchsperiode ein kritisches Parameter, trotzdem erreichte das Gas niemals eine so hohe Konzentration, dass eine Gefahr für die Gesundheit der Bionauten bestanden hätte.

Ernsthafte Schwierigkeiten bereitete jedoch ein anderes atmosphärisches Gas: Seit der Schließung von Biosphäre 2 sank die Sauerstoffkonzentration kontinuierlich ab. Nach 100 Tagen hielt man bei etwa 18 Vol.%, nach 300 Tagen bei 16 Vol.%, was ungefähr 3000 m Seehöhe entspricht. Nach etwas mehr als 15 Monaten, beginnend mit dem 13. Jänner 1993, wurden rund 15 t flüssigen Sauerstoffs über einen Zeitraum von 19 Tagen in das Innere von Biosphäre 2 injiziert. Durch diese Maßnahme konnte der O₂-Spiegel, ohne Veränderung des sonstigen Systems, von seinem bereits gefährlichen Minimalwert von 14,3 Vol.% auf 19 Vol.% angehoben werden. Zuvor litten die Bionauten unter ähnlichen Symptomen, wie sie auch bei Höhenkrankheit auftreten: Schlafstörungen, erhöhtem Puls, Verwirrung und herabgeminderter körperlicher und geistiger Leistungsfähigkeit. Das Wohlbefinden der Bionauten war mit der „Sauerstoffdusche“ wiederhergestellt. Sie würden es niemals im Leben mehr als selbstverständlich nehmen, genug Sauerstoff zum Atmen zu haben, gaben die erleichterten Bionauten dankbar zu Protokoll.

Die Krise um den Sauerstoff gibt nun einige Rätsel auf. Kein Zweifel kann darüber bestehen, dass die durch den Lichtmangel bedingte, unerwartet geringe Photosyntheseleistung der Pflanzen gemeinsam mit der intensiven Atmung (d.h. O₂-Verbrauch) der Bodenorganismen als direkte Ursache des Sauerstoffdefizites angesehen werden kann. Normalerweise ist aber ein atmungsbedingter Verbrauch von O₂ mit einer entsprechenden Zunahme von CO₂ verbunden - was in Biosphäre 2 einen gefährlichen Gehalt von mindestens 6 Vol.% bedeutet hätte. Wo war nun das bei den Atmungsprozessen anfallende CO₂ hingekommen?

Als wahrscheinlichste Erklärung gilt heute eine CO₂-Bindung durch den

frisch vergossenen Beton, der vor allem für diverse Landschaftselemente reichlich verwendet wurde. Beim Brennen des im Beton verwendeten Kalks entweicht Kohlenstoffdioxid in die Atmosphäre. Der gebrannte Kalk wird mit Wasser gelöscht, wobei Calciumhydroxid (Kalkmörtel, Ca(OH)₂) entsteht. Dieses bindet wiederum das CO₂ der Luft. Selbstverständlich kann Beton auf keinen Fall das unerwünschte CO₂ der irdischen Atmosphäre vermindern, da beim Kalkbrennen genauso viel CO₂ entweicht wie später gebunden werden kann. Die „Betonhypothese“ konnte durch eingehende Nachforschungen bestätigt werden. Die Bionauten hatten Glück im Unglück: Ohne die CO₂-Aufnahme durch den Beton hätte man das Experiment mit Sicherheit vorzeitig abbrechen müssen.

Das zweite potentiell fatale Atmosphärenproblem war die Anreicherung ungesunder Spurengase - nicht nur Aushauchungen von Kunststoffen, Anstrichen etc. sondern auch Spurengase aus dem enormen Stoffwechsel der Bodenmikroben, allen voran Lachgas (N₂O). Ist Lachgas in der echten Biosphäre kein Problem? Immerhin wird es in der Hochatmosphäre durch UV zerlegt. Dennoch steigt N₂O heute um 0,3 % pro Jahr - vielleicht hat Bio 2 auch hier Warnfunktion.

Erfolg oder Scheitern des ökologischen Weltmodells?

Mit der Zugabe von 15 t flüssigen Sauerstoffen nach ca. 15 Monaten Betriebszeit war das Experiment eines stofflich geschlossenen Systems gescheitert. Ohne Frage ist ein solch massiver Eingriff von außen - ohne den man das Projekt vorzeitig hätte abbrechen müssen - nicht mit der ehrgeizigen Zielsetzung eines zweijährigen Totalabschlusses vereinbar. Es wäre jedoch voreilig, deshalb den Sinn des Experiments generell in Frage zu stellen. In Teilbereichen haben sich die Einrichtungen sehr wohl bewährt.

So ist es beispielsweise gelungen, die 8 Bionauten ausreichend und gesund zu ernähren, wenn man von der etwas kärglichen Kost absieht. Das IAB hätte von vorne herein zugunsten der unproduktiven Wüsten- und Savannenzone viel größer konzipiert werden müssen. Damit wäre nicht nur die Nahrungs-,

sondern auch die Sauerstoffbilanz viel günstiger ausgefallen. Die viel zu geringe Sonneneinstrahlung ist vor allem auf die aufwendige Dachkonstruktion zurückzuführen. Bei künftigen Experimenten müsste auf Kunstlicht zurückgegriffen werden, ein Hilfsmittel, welches sich schon bei den russischen Bios-Experimenten bewährte.

Auch die Artengemeinschaften der Biome blieben während der ersten beiden Jahre intakt. So fanden sich im künstlichen Miniaturozean nach 2 Jahren 863 intakte Kolonien von Steinkorallen, was einer Mortalitätsrate von unter 10% entspricht. Es waren aber auch 87 neue Kolonien entstanden, was auf die erfolgreich Reproduktion von 3 Arten zurückzuführen ist. Erwartungsgemäß hatte sich das Artenspektrum, wie auch in den meisten Großaquarien, zugunsten der robusteren Spezies verschoben. Insgesamt lag die Aussterberate bei den Pflanzen unter 10%, bei den terrestrischen Tierarten und Insekten unter 30% und zwischen 10 und 20% bei den marinen Arten.

Über einen der interessantesten Aspekte - das Zusammenleben von 4 weiblichen und 4 männlichen Bionauten auf engstem Raum und ohne Fluchtmöglichkeit - liegen bislang keine Berichte vor. Zu Beginn des Experiments trafen die 8 Bionauten eine Übereinkunft, wonach über Krisen, Konflikte und seelische Tragödien nichts nach außen dringen sollte. Gesichert ist lediglich, dass sich die Spezies *Homo sapiens* (trotz einer Eheschließung unter Glas), im Unterschied zu den Halbaffen, nicht erfolgreich fortpflanzt und dass die Testpersonen auch nach Beendigung des Experiments noch miteinander sprechen. Trotzdem bleibt auch hier die Warnung des Pioniers Shepelev aufrecht: „Man is the most unstable element in the ecosystem“.

Für jene, die in Biosphere 2 ein Modell zukünftiger, selbst erhaltender Welt-Raumstationen sehen, ist das Ergebnis sicher enttäuschend. Noch ist man weit davon entfernt, das sensible Gasgleichgewicht der Atmosphäre wirklich zu beherrschen. Und gar mit Hilfe einiger mitgebrachter Arten auf fernen Planeten ein funktionierendes Ökosystem zu errichten, muss wohl für immer ein Thema von Science-Fiction-Romanen bleiben.

Die interessanteste Schlussfolgerung aus dem Experiment Biosphere 2 ist jedoch, dass sich die Stoffkreisläufe in dem kleinen, versiegelten System in einem tausende Male rascheren Umsatz befinden als im globalen Ökosystem. Man bezeichnet Biosphere 2 aus diesem Grund auch als „ökologisches Zyklotron“ (nach dem Begriff für Teilchenbeschleuniger) - Biosphere 2 beschleunigt nicht bloß Teilchen, sondern ökologische Zyklen wie den Kohlenstoff- oder Wasserkreislauf. Das Studium eines Kalenderjahres im Riesenglashaus stattet es, besser kontrollierbare und aussagekräftigere Daten zu gewinnen als es im selben Zeitraum in der wirklichen Biosphäre möglich gewesen wäre. Das ehrgeizige Projekt, das auch im Blick auf künftige Raumstationen geschaffen wurde, entpuppte sich als ökologisches Warnmodell für drohende Gleichgewichtsstörungen des globalen Systems.

Gerade das Scheitern wird nun interessanter als ein scheinbares Gelingen, das wohl nur den technischen Machbarkeitswahn des Menschen bestätigt hätte. So hat uns das ausgehende 20. Jahrhundert ein ökologisches Weltmodell beschert, das eigentlich dazu gedacht war, dem Menschen die Besiedelung anderer Himmelskörper zu ermöglichen. Stattdessen führt es uns nun Grenzen und Verletzbarkeit des einmaligen Life Support Systems des Mutterplaneten eindringlich vor Augen.

AUTOR & KONTAKT

Dr. Andreas Hantschk

Naturhistorisches Museum Wien,
Burgring 7, 1010 Wien
andreas.hantschk@nhm-wien.ac.at

Quelle aller Bilder: NHM Wien



Vom Stiefkind zum Liebkind? - Die Photovoltaik hat Zukunft



Trendforschungsinstitut

Die 4. Österreichische Photovoltaik Tagung war Impulsgeber und Diskussionsforum. Ein Ort für Lob an der Technik und Kritik an der österreichischen Energiepolitik.

SONJA BURGER

Die Sonne. Ursprung allen Lebens und zentrales Himmelsgestirn. Ihre Kraft wird gepriesen, doch ihr Potenzial, die Menschheit mit Energie zu versorgen, immer noch bei weitem unterschätzt. Diese schier unerschöpfliche, saubere und allen Nachhaltigkeitskriterien genügende Energiequelle verdient aber einen Platz an der Spitze. Es ist also nur noch eine Frage der Zeit und des politischen Willens, bis sich die Königsdisziplin der solaren Energiegewinnung, die Photovoltaik, global durchsetzen wird. Umso wichtiger war es, dass die Photovoltaik und Österreichs Chancen in Forschung und Wirtschaft im Mittelpunkt der Photovoltaik Tagung (30. und 31. August 2006) in Wien standen. Experten aus dem In- und Ausland waren sich einig, dass das Potenzial der direkten Stromgewinnung aus der Sonne in Österreich noch längst nicht ausgeschöpft ist.

Vorbild Deutschland

Dabei könnte für Österreich alles schon so gut laufen. Deutschland hat eindeutig den besseren Schachzug gemacht – und wie die Trend-Analysen belegen geht die Rechnung auf. Beim deutschen Nachbarn haben faire gesetzliche Rahmenbedingungen zum Aufbau eines wettbewerbsfähigen Photovoltaik-Marktes von essentieller Bedeutung geführt. Innerhalb der letzten beiden Jahre gelang der Sprung an die Weltspitze, die japanischen Produzenten

genem Marktvolumen sagen die Studien der Schweizer Bank Sarasin für die nächsten 15 Jahre immer noch jährliche Wachstumsraten von durchschnittlich 20 Prozent voraus. Die Photovoltaik hat sich weltweit vielerorts als solares Wirtschaftswunder und Arbeitsplatzmarktmotor erwiesen. Behält Österreich weiterhin den eingeschlagenen politischen Kurs bei, könnte es jedoch den Anschluss verlieren. Deshalb stellte Gerhard Fallent anlässlich der Photovoltaik-Tagung die Frage in den Raum, ob es sich Österreich tatsächlich leisten könne, nicht dabei zu sein.

Gelingt der Aufbau einer effizienten PV-Industrie und eines konkurrenzfähigen Heimmarktes, stärkt dies den Wirtschafts- und Technologiestandort Österreich, schafft hochqualifizierte Arbeitsplätze und forciert die Produktion von CO₂ neutraler Energie im Inland. Insgesamt wäre es ein Verlust sowohl von Kapital als auch tausender Arbeitsplätze ans Ausland, sollte seitens der Politik nur zögerlich gehandelt werden. Der Kreis der Profiteure schließt sich beim Endverbraucher, den vor allem Qualität und Kosten interessieren.

Steigt die Wettbewerbsfähigkeit – sinkt der Preis

Hinter der Produktion qualitativ hochwertiger, effizienter, langlebiger und architektonisch ansprechender Photovoltaik-Anlagen steckt bekanntermaßen eine überaus kostenintensive Hochtechnologie. Je ausgedehnter der Photovoltaik-Markt wird, desto günstiger wirkt sich dies auf die Produktion und im Endeffekt auch auf die Preisentwicklung aus. Jeder Staat, der Instrumente zur Förderung des heimischen Photovoltaik-Marktes einsetzt, trägt somit langfristig zu einer weiteren Kostenreduktion bei. In den letzten zehn Jahren sanken die Preise für PV-Anlagen kontinuierlich um 5 Prozent pro Jahr. Gleichzeitig prognostizieren Experten, dass die Preise für konventionelle Energieträger auch weiterhin jährlich um ca. ein Prozent steigen werden. Zur Freude der Solarstromanhänger! Denn Prognosen zufolge kann – zunächst im Süden Europas – in absehbarer Zeit ein Kostengleichstand bei Spitzenlast von konventionellem Spitzenstrom erreicht

werden. Und wann werden die Endkonsumenten den Preisunterschied auch in unseren Breiten spüren? Experten visionieren das Jahr 2020 an. Dies kann jedoch nur gelingen, wenn der Solarstrommarkt weiter ausgebaut wird.

Arbeitsplatzmotor Photovoltaik

Ein gut ausgebauter Heimmarkt wie in Deutschland zeigt, dass ein derartiger Boom auch am Arbeitsmarkt nicht spurlos vorübergeht. Dort sind mittlerweile rund 20.000 Menschen in der Photovoltaik-Industrie beschäftigt. Eine Studie (Projekträger Jülich) geht jedoch noch weiter und prognostiziert einen möglichen Anstieg auf bis zu 200.000 Arbeitnehmer bis zum Jahr 2020. Die fairen gesetzlichen Rahmenbedingungen machen sich also auch in diesem Bereich bezahlt. Mittlerweile haben 25 deutsche Unternehmen den Weg ins Solarzeitalter beschritten.

Das österreichische Ökostromgesetz (2002) wirkt dagegen als Investitionshemmnis. Obwohl die gesetzlichen Rahmenbedingungen den Unternehmern den Start in die Photovoltaik-Branche nicht gerade erleichtern, sind es mit aktuellem Stand immerhin schon sechs österreichische Betriebe, die den Schritt in die sonnige Zukunft gewagt haben. Im Vergleich zu den Entwicklungen in Deutschland nehmen sich die (bis dato) erst rund 1000 Arbeitnehmer aber eher bescheiden aus. Allerdings gilt auch hierzulande, dass das Potenzial noch lange nicht ausgeschöpft ist. Österreich nimmt an einer Studie der IEA (International Energy Agency) teil, aus welcher hervorgeht, dass die Anzahl der Beschäftigten in der PV-Branche innerhalb der berichtenden Staaten mit 2005 auf insgesamt rund 55.000 geklettert ist. Das bedeutet einen Anstieg gegenüber dem Vorjahr um 17 Prozent.

Forschung: Chancenreiches Österreich
Im Bereich der Forschung konnten sich österreichische Unternehmen international gesehen bereits einen Namen machen, allerdings leidet die Branche unter dem quasi nicht existenten Heimmarkt. Während in Deutschland, wie Winfried Hoffmann prognostiziert, mit Ende dieses Jahres die 2-GW-Grenze (2005: 1429 MW) an installierter PV-Gesamtleistung erreicht werden kann, waren in Österreich mit Stand 2005 erst 24 MW installiert. Obwohl die gesetzlichen Rahmenbedingungen in Österreich

den Aufbau einer wettbewerbsfähigen Photovoltaik-Industrie erschweren, gelang der Aufstieg zum weltweit führenden Wechselrichter-Produzenten (Firma Fronius). Auch im Bereich der architektonischen Integration von photovoltaischen Elementen in die Gebäudehülle genießen heimische Unternehmen international hohes Ansehen. Die Chance, zur Weltmarktpitze aufzusteigen, bestehe aber auch noch in einigen anderen Forschungsfeldern, so Hubert Fechner vom Arsenal Research.

Besonders emsig wird überall in der Welt nach Möglichkeiten geforscht, kostengünstiger und in einfacheren Verfahren das dringend benötigte Solarsilizium zu produzieren. Das Interesse an konkreten Forschungsergebnissen ist groß. Ist man erfolgreich, könnte dies langfristig das Ende der Unterversorgung der Photovoltaikindustrie mit Silizium bedeuten. Aus technischer Sicht steht in weiterer Folge einer weiteren Expansion der Photovoltaik-Produktion nichts mehr im Wege.

Eine Frage der Prioritätensetzung

Apropos Forschung. Wie es um die politischen Prioritäten in der Forschungsförderung aussieht, machen die Ergebnisse des 7. Forschungsrahmenprogramms (7.RP) der EU deutlich. Obwohl dieses politische Förderinstrument (€ 54 Mrd.) das Größte der Welt ist, bleiben die Ergebnisse für die Photovoltaik Branche immer noch hinter den Erwartungen zurück. Hier zeigt sich erneut die große Kluft zwischen energiepolitischen Bekenntnissen und deren Umsetzung. Ursprünglich einigten sich die 25 EU-Mitgliedsländer auch für den nächsten Budgetplan (2007-2013) darauf, wei-

terhin den Löwenanteil der Energieforschung – sprich 4 der 4,4 Mrd. Euro – in die Kernfusion zu investieren. Zwar kam es zu einer Intervention durch das Europaparlament, wo gefordert wurde, den Anteil der Gelder für die Erforschung erneuerbarer Energien und Energieeffizienz auf zwei Drittel (€ 1,6 Mrd.) des Energieetats anzuheben. Dies wurde im Endeffekt zwar gehört, aber nicht übernommen. Ein Schlichtungsverfahren soll bis Ende des Jahres die Differenzen ausräumen. Bleibt zu hoffen, dass die Erforschung erneuerbarer Energien und Energieeffizienz – und damit natürlich auch die Photovoltaik-Forschung – nicht unter die Räder kommt.

Global gesehen kletterten die Investitionen für erneuerbare Energien in Rekordhöhe. Innerhalb nur eines Jahres sind diese um ein Drittel gestiegen: von 30 Mrd. USD (2004) auf 38 Mrd. USD (2005). Dies geht aus dem Globalen Statusbericht 2006 des Politiknetzwerks REN21 (Renewable Energy Policy Network for the 21st century) hervor. Der Erfolg stellt sich vor allem in jenen Ländern ein, die besondere Förderpolitiken, oft nach dem deutschen Modell, umsetzen. Sichere Investments sind die Basis, damit die solare Stromerzeugung boomen kann. Aus dem Stiefkind der Energiepolitik soll schließlich ein Liebkind werden.

AUTORIN & KONTAKT

arsenal research
Österreichisches Forschungs- und Prüfzentrum
Arsenal GesmbH
Faradaygasse 3, 1030 Wien
Sonja Burger
s.burger@energisch.net

Forderungen der Photovoltaic Austria an Österreichs Energiepolitik

- Rasche Novellierung des Ökostromgesetzes in Anlehnung an das deutsche Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)
- Abbau der Wettbewerbsverzerrungen durch Berücksichtigung der externen Kosten von Energieträgern
- Freier Zugang zu und uneingeschränkte Nutzung von PV für alle Bürgerinnen und Bürger
- Verankerung der verbindlichen Nutzung von PV in der Wohnbauförderung, der Bauordnung und der Gebäuderichtlinie
- Unterstützungsprogramme für Unternehmensgründungen in der PV-Branche
- Schaffung eines Klimaaktivprogrammes für PV

Was kommt nach dem Energie-burn-out?

Der Energiebedarf der Menschheit beträgt bereits 1/10tel der gesamten Nettoprimärproduktion der Pflanzen auf der Erde. Der weltweite technische Energieverbrauch beträgt 1/15000el der Sonneneinstrahlung. Eine dauerhafte Energieversorgung kann durch verbesserte Energienutzung und Umstellung auf Sonnenenergie gesichert werden.

SUSANNE GRUBER

Ö: 80 % DER ENERGIEKOSTEN IN HAUSHALTEN FÜR HEIZUNG UND WARMWASSER
Für Wärme im Haushalt wird mehr als 60 % Öl, Kohle oder Erdgas verwendet – nur zu 16 % Holz!

2030: EU ZU 70 % VON ENERGIEIMPORTEN ABHÄNGIG
Importabhängigkeit steigt von derzeit 50 % aufs 70 % an.
Brüssel Die Importabhängigkeit von fossilen Energieträgern wird weiterhin ansteigen. Erdöl wird derzeit zu etwa 90 % importiert, Erdgas zu etwa 80 %. Bei Kohle betragen die Importe sogar 100%.

1) HOLZINGER, H. (2002); 2) o. A. (2006): Energiereserven; 3) HEIZINGER, J. (2003)

Energieversorgung durch konventionelle Energieträger

Jedes Jahr werden etwa 2 % zusätzlich an Energie verbraucht. Das bedeutet, dass sich der Energieverbrauch etwa alle 35 Jahre verdoppelt.

Über die Menge der Vorräte an fossilen Energieträgern (Erdöl, Erdgas, Kohle) und des Urans gibt es unterschiedliche Schätzungen. Durch die Änderung des Verbrauchs und dem Entdecken neuer Lagerstätten sind Vorhersagen über die statische Reichweite nur ungenau (o. A. (2006): Energiereserven).

Bei jedem Umwandlungsschritt von Primärenergieträgern (Kohle, Erdöl)

in Nutzenergie (Wärme, Licht) verliert die Energie Arbeitswertigkeit (2. Hauptsatz der Thermodynamik).

Der Verlust bei der Energieumwandlung wird im Wirkungsgrad angegeben. Der Wirkungsgrad ist eine Verhältniszahl, daher haben technische Prozesse immer einen Wirkungsgrad kleiner 1. Werden mehrere Prozesse miteinander verknüpft, werden die einzelnen Wirkungsgrade miteinander multipliziert (Siehe Abb. 1).

Energieversorgung durch die Sonne

Eine im All senkrecht zur Sonne ausgerichtete Fläche erhält von der Sonne eine Leistung von 1360 W/m² (Solarkonstante). Aufgrund der Erdgeomet-

rie strahlt auf den obersten Rand der Erdatmosphäre ein Viertel der Solarkonstante, das sind 340 W/m². Das heißt aber nicht, dass die Erde mit 340 W/m² aufgeheizt wird. Der Sonneneinstrahlung steht eine gleich große Abstrahlung an Wärme in den Weltraum gegenüber. Die Energiebilanz der Erde ist daher ausgeglichen (BOSSEL, H. 1999).

Von der Sonneneinstrahlung in die oberste Atmosphäre gelangt nur etwa 45 % direkt an die Erdoberfläche. Der andere Teil wird in der Luft und an den Wolken zerstreut. Von dieser Energiemenge kann nur etwa 1 % durch die Pflanzen direkt in Biomasse umgesetzt werden (LARCHER, W. 1984).

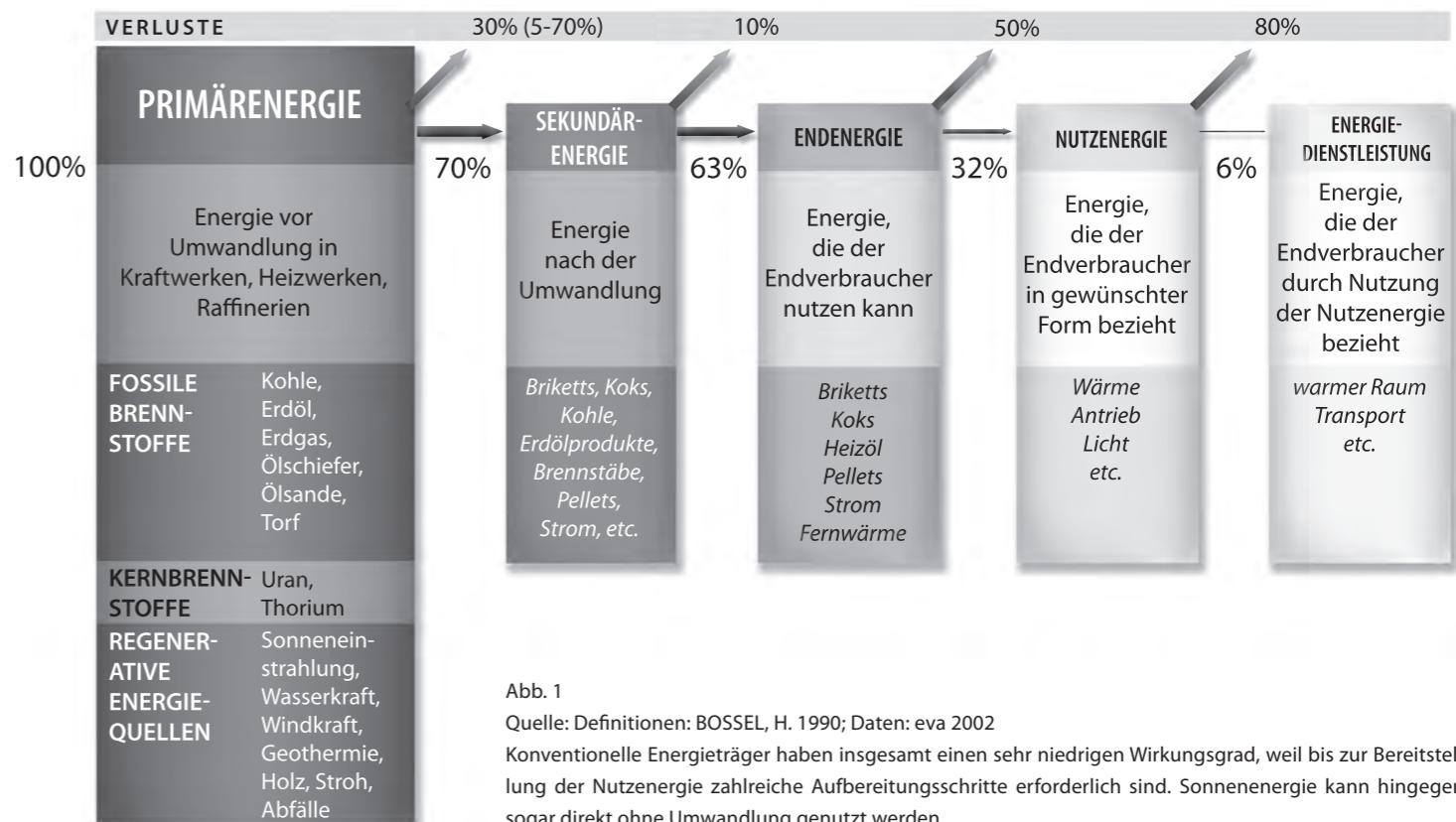
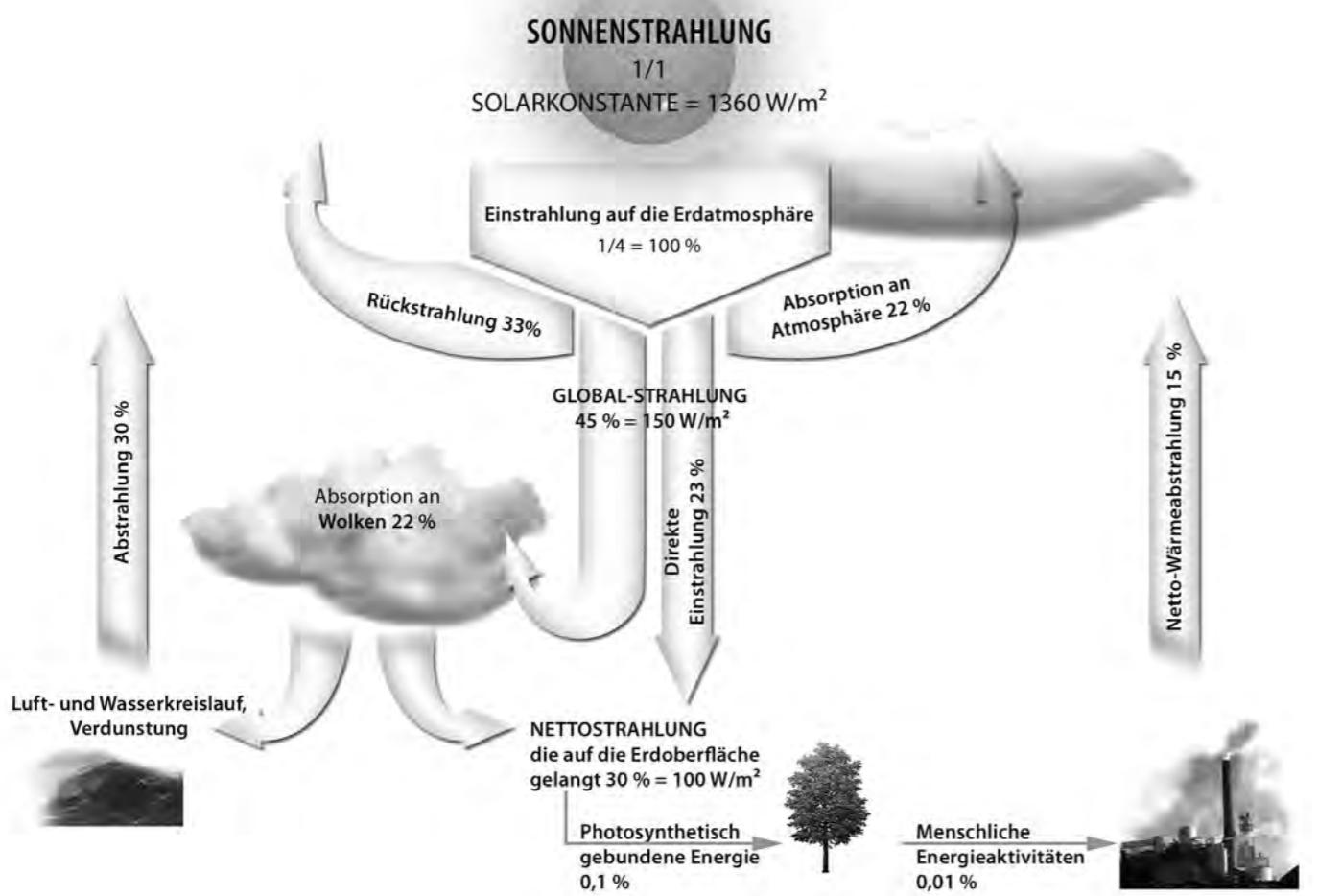


Abb. 1

Quelle: Definitionen: BOSSEL, H. 1990; Daten: eva 2002

Konventionelle Energieträger haben insgesamt einen sehr niedrigen Wirkungsgrad, weil bis zur Bereitstellung der Nutzenergie zahlreiche Aufbereitungsschritte erforderlich sind. Sonnenenergie kann hingegen sogar direkt ohne Umwandlung genutzt werden.



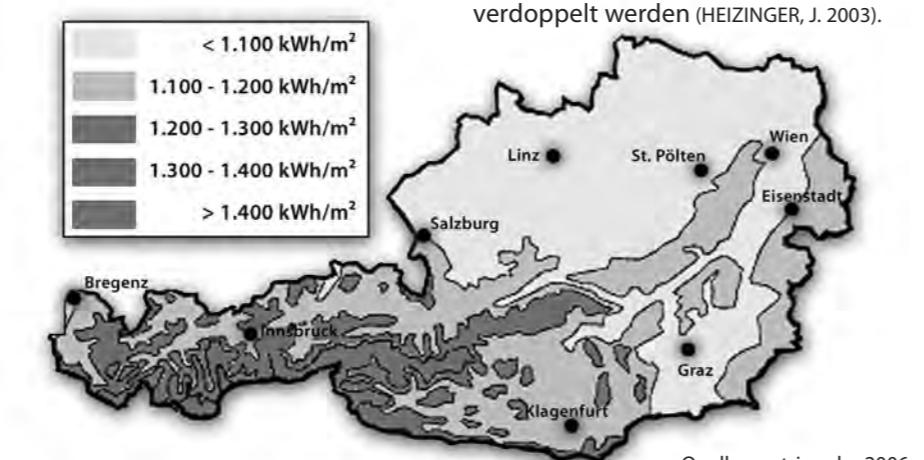
Der weltweite technische Energieverbrauch beträgt nur 1/15000el der Sonneneinstrahlung, aber erreicht bereits 1/10el der gesamten Nettoprimärproduktion der Pflanzen auf der Erde (BOSSEL, H. 1999):

- Sonneneinstrahlung in die obere Atmosphäre: 178 000 TW
- Nettoprimärproduktion der Pflanzen durch Photosynthese: 100 TW
- Technischer Weltenergieverbrauch (zu 90 % fossile Brennstoffe): 11 TW

Daraus ergibt sich, dass:

- ein sehr hohes Angebot an Sonnenenergie genutzt werden könnte,
- Biomasse allein den Energiebedarf kaum decken können wird,
- der Energieverbrauch für technische Prozesse bereits in der Größenordnung der Energieumsetzung natürlicher Prozesse liegt, was ökologisch sehr bedenklich ist. Die Freisetzung fossil gebundenen Kohlenstoffs bewirkt direkt den Treibhauseffekt.

Auch auf Österreich strahlt mehr Energie ein, als vom Menschen verbraucht wird. Das bedeutet, dass sich Österreich zu 100 % mit Solarenergie versorgen könnte. In den höher gelegenen Gebieten ist die Einstrahlung sogar noch höher und eine Versorgung noch leichter möglich.



Sonneneinstrahlung Raum NÖ/OÖ ¹⁾	1.100 kWh/m ²
Fläche Österreichs ²⁾	83.871.000.000 m ²
Solarenergieangebot Ö	92.258.100.000.000 kWh/a
Energieaufkommen Ö 2000 ³⁾	1358 PJ = 377.222.222.222 kWh/a
Energieaufkommen je m ²	4,498 kWh/m ²
Verhältnis Sonneneinstrahlung : Energieaufkommen Ö	245 : 1
Nutzenergie Ö 2000 ³⁾	591 PJ = 164.166.666.667 kWh/a
Nutzenergie je m ²	1,957 kWh/m ²
Verhältnis Sonneneinstrahlung : Nutzenergie Ö	562 : 1

¹⁾ austria-solar 2006 ²⁾ wko 2006 ³⁾ e.v.a. 2002

Eine dauerhafte Versorgung mit Energie kann gesichert werden durch:

- bessere Energienutzung: Erzielung eines höheren Wirkungsgrades bei der Bereitstellung von Nutzenergie, Wärmekopplungen um dadurch die Energienachfrage zu senken (o. A. 2005: Umstieg)
- sparsamerer Einsatz der Energie: Wärmedämmung von Gebäuden, kontrollierte Lüftung und Beschattung statt Klimaanlagen (o. A. 2006: Passiv- und Niedring-Energie-Haus)
- Umstellung auf erneuerbare Energieträger (Sonne, Wind, Wasser, nachwachsende Energieträger) um die Importabhängigkeit zu verringern (o. A. 2006: Energiestiftung).

Wohlstand und Wirtschaftswachstum werden nicht durch steigenden Energie- und Rohstoffverbrauch gesichert. Es kommt vielmehr auf die Art und Weise der Nutzung an. Ein hoher Energie- und Rohstoffverbrauch belastet die Umwelt mit Abfällen aus der Gewinnung, Aufbereitung und Produktion von Waren und kann daher ein Wirtschaftssystem erheblich schädigen. Eine ökologisch und ökonomisch verträgliche Versorgung wird mit den vorhandenen Stoffen eine möglichst hohe Energie- und Materialdienstleistung zu erzielen trachten. Durch den Einsatz von erneuerbaren Energieträgern und nachwachsenden Rohstoffen kann die Umwelt entlastet und der Wohlstand erhöht werden.

AUTOR UND KONTAKT

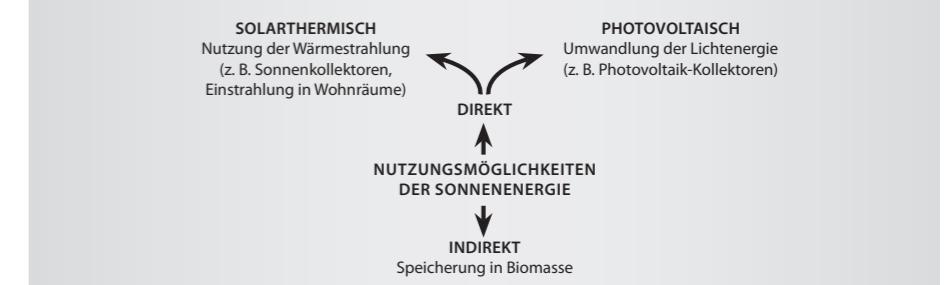
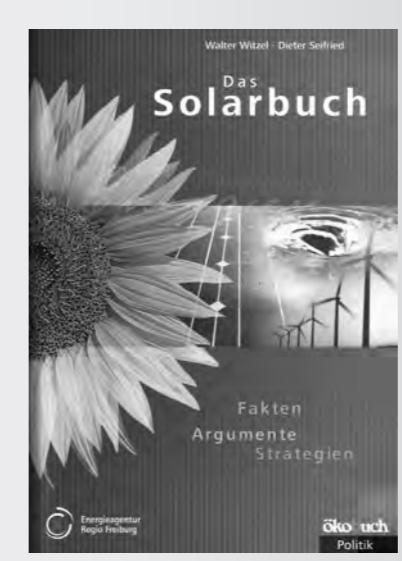
Univ.-Ass. Mag. Dr.
Susanne Gruber
Institut für Technologie
und nachhaltiges
Produktmanagement
WU Wien, Augasse 2-6,
1090 Wien
<http://itnp.wu-wien.ac.at>
susanne.gruber@wu-wien.ac.at



WITZEL Walter / SEIFRIED Dieter:
Das Solarbuch.
Fakten – Argumente – Strategien.

Mit CD-ROM
(Power-Point-Version aller Grafiken)
Hg.: Energieagentur Regio Freiburg GmbH.
2. Aufl.: 2004 / ISBN 3-936896-02-X (EUR 20,50)

Das Buch bietet einen aktuellen Überblick über den Stand der Technik, Potenziale und Nutzungsmöglichkeiten der erneuerbaren Energien. Es zeigt Wege der besseren Verbreitung und beschreibt konkrete Schritte für den Einstieg ins Solarzeitalter. Auf die üblichen Einwände wird mit sachlichen Argumenten eingegangen.



LITERATUR- UND QUELLENANGABEN

austria solar: Sonnenatlas Österreich. www.austria-solar.at/Sonne-und-Energie.20.9.2006.10:40.MEZ
BOSSEL, H. (1990): Umweltwissen. Daten, Fakten, Zusammenhänge. Springer-Verlag, Berlin.
HEIZINGER, J. (2003): Investitionsstrategien zur Energieerzeugung der Zukunft. 7. Handelsblatt-Jahrestagung Energiewirtschaft Österreich 2003. Verlagsgruppe Handelsblatt GmbH, Wien.
HOLZINGER, H. (2002): Nachhaltig leben. 25 Vorschläge f. einen verantwortungsvollen Lebensstil. Robert-Jungk-Bibliothek f. Zukunftsfragen. Sbg.
LARCHER, W. (1984): Ökologie der Pflanzen auf physiologischer Grundlage. UTB, Stuttgart.
o. A. (2005): Umstieg auf die Sonne ist machbar! Interview. austria solar Zeitung. 2. S. 2 - 3
o. A. (2006): Energiestiftung, Der Standard. Wien. S. 33 - 36
o. A. (2006): Passiv- und Niedrigenergiehäuser. die umweltberatung. Wien.
o. A. (2006): Energiereserven der Welt. www.stromonline.ch.26.9.2006.12:45.MEZ
SCHEER, H. (2001): Sonne und Wind können nicht privatisiert werden. Ausweg solare Zukunft. In: HOLZINGER, H. (Hg.): Nachhaltig – aber wie? Wege zur Zukunftsfähigkeit. JBZ, Salzburg
TAUBE, M. (1988): Materie, Energie und die Zukunft des Menschen. Hirzel.

o. A. (2006): Energiereserven der Welt. www.stromonline.ch.26.9.2006.12:45.MEZ

SCHEER, H. (2001): Sonne und Wind können nicht privatisiert werden. Ausweg solare Zukunft. In: HOLZINGER, H. (Hg.): Nachhaltig – aber wie? Wege zur Zukunftsfähigkeit. JBZ, Salzburg
TAUBE, M. (1988): Materie, Energie und die Zukunft des Menschen. Hirzel.

WICHTIGE BEGRIFFE

SKE = Steinkohleeinheit

Heizwert 1 kg Steinkohle
1 SKE = 8140 Wh = 29310 J
Öläquivalent = 1,55 SKE

Heizwert = Wärmemenge

die bei d. Verbrennung 1 kg festen od. flüssigen od. 1 m³ gasförmigen Brennstoffes frei wird.

Wirkungsgrad = Nutzenergie

Zugeführte Energie

TW = Tera Watt

1 TW ≈ 1 Mrd t SKE/a

Solarkonstante = 1360 W/m²

Energiemenge von der Sonne, die im All pro m² auf die Erde einstrahlt

Globalstrahlung

= Solarkonstante minus Albedo
direkte Sonnenstrahlung, und diffuse Himmelsstrahlung die auf Erdoberfläche gelangt.

Albedo = (lat. albedo = „Weißheit“; lat. albus = weiß)

ein Maß für das Rückstrahlvermögen (z. B. von Schneoberflächen, Wolken, Pflanzen)

LINKS

www.stromonline.ch

Schaubilder, Informationsmaterial, Spiele
Durch Klicken auf die Sponsoren gelangt man teils direkt zu Infoseiten, teils zu Firmeninformationen.

www.eva.ac.at

Energiedaten, Energiefluss Österreichs, Anbieter, Veranstaltungen
unter „Links“ sind Energieanbieter angeführt

www.austriasolar.at

Nutzung der Sonnenenergie

www.global2000.at

Stromkosten, Alternativenergien
Linkliste zu einzelnen Themen

www.statistik.at

Statistische Daten zu Ö, EU
Grundlegende Daten frei zugänglich

Orbitale und himmelmechanische Vorgaben der Erde als Auslöser kurz- und langzeitlicher Klimaschwankungen

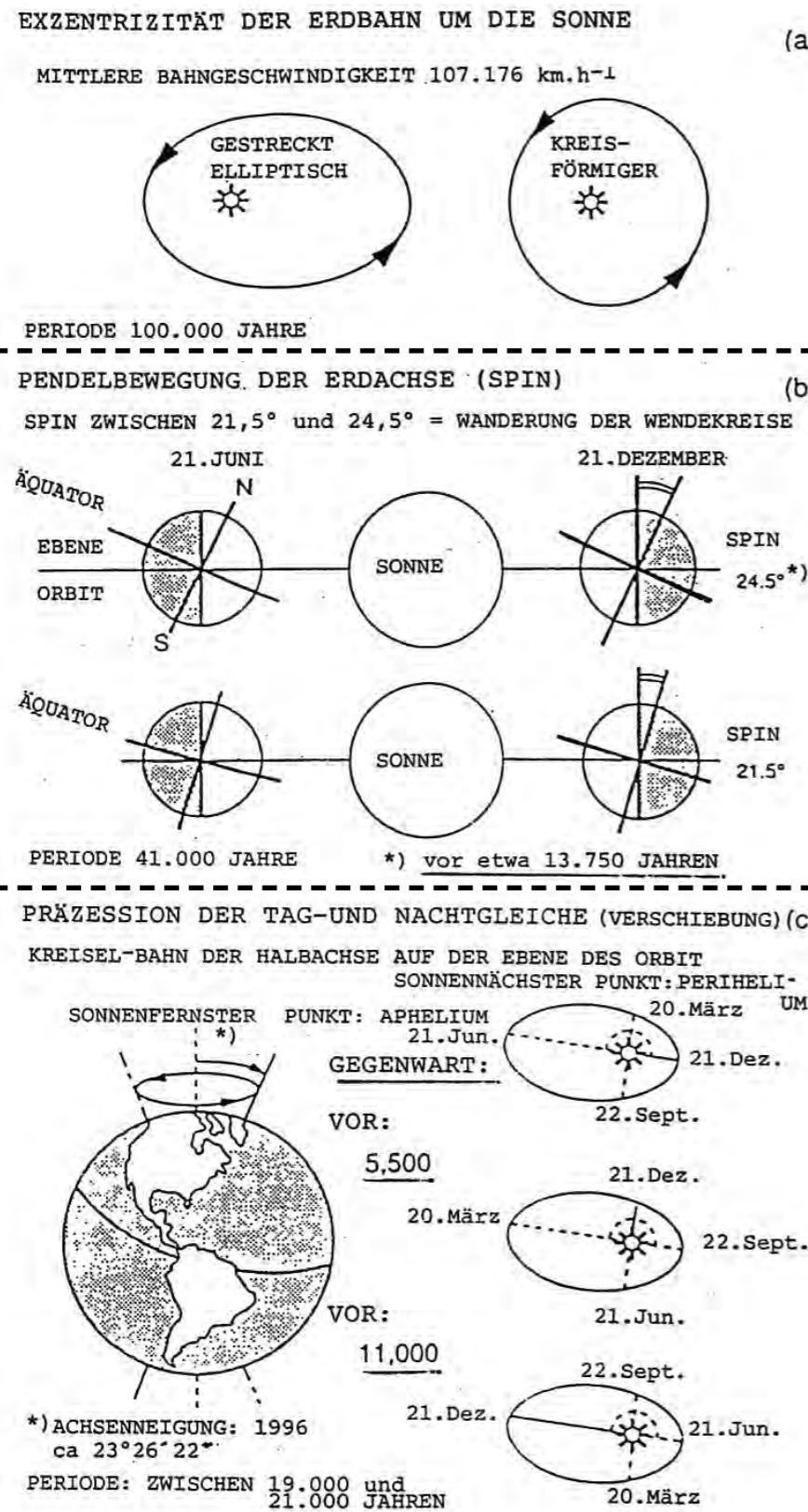


Abb. 1: Himmelsmechanische Periodizitäten Ursachen für den Klimawandel (McDOWELL u. a. 1993)

Die besonders einschneidenden periodischen Klimaschwankungen auf der Erde der letzten 100 Millionen Jahre werden mit den Wechseln von himmelsmechanischen und orbitalen Vorgaben in Zusammenhang gesehen. (Abb. 1)

ANTON KRAPFENBAUER

Zu den Fakten, die bis über geologische Zeiträume gesehen, das globale Klima letztlich über ihren Einfluss auf die Wetterabläufe und damit auch die Stoffkreisläufe und Stoffflüsse vorrangig gestaltet haben und bis heute gestalten, gehören die himmelsmechanischen und besonderen orbitalen Vorgaben der Erde (WEISCHET, W. 1977, Abb. 2) Dazu gehört insbesondere auch der Erdumlauf und die Entstehung der Jahreszeiten und in Verbindung damit der Wandel in der Pflanzenwelt und in weiterer Folge der Wandel in der ganzen Biosphäre.

Während der etwa letzten 4,6 Milliarden Jahren Erdgeschichte wurden in den letzten 3 Milliarden Jahren die Zusammensetzung und die Chemie der Erdatmosphäre in Abhängigkeit von den erd- und himmelsmechanischen Vorgaben und damit das Klima unseres Planeten wesentlich durch die Produktion klimawirksamer Gase über die Stoffwechselprozesse (Werden und Vergehen) in der Biosphäre gestaltet. Die Grundlage dafür lieferten und liefern die Pflanzen über die Photosynthese. Den Menschen des 20sten und des angelaufenen 21sten Jahrhunderts blieb und bleibt es offenbar teils bewusst aber auch unbewusst vorbehalten, in diese Abläufe, ohne die möglichen Folgen bisher richtig abschätzen zu können, störend einzugreifen.

MILANKOWITSCH (1941) stellte die schon vor seiner Zeit diskutierte Möglichkeit, der Wechsel der Warm- und Kaltzeiten stünde mit den Änderungen der himmelsmechanischen und orbitalen Vorgaben in Zusammenhang, durch Berechnungen auf eine fundierte Basis. Dafür postulierte er drei besondere orbitale Eigenschaften der Erde:

Die Exzentrizität (Abb. 1a), die im Rhythmus von etwa 100.000 Jahren veränderliche Form der Umlaufbahn der Erde um die Sonne mit den

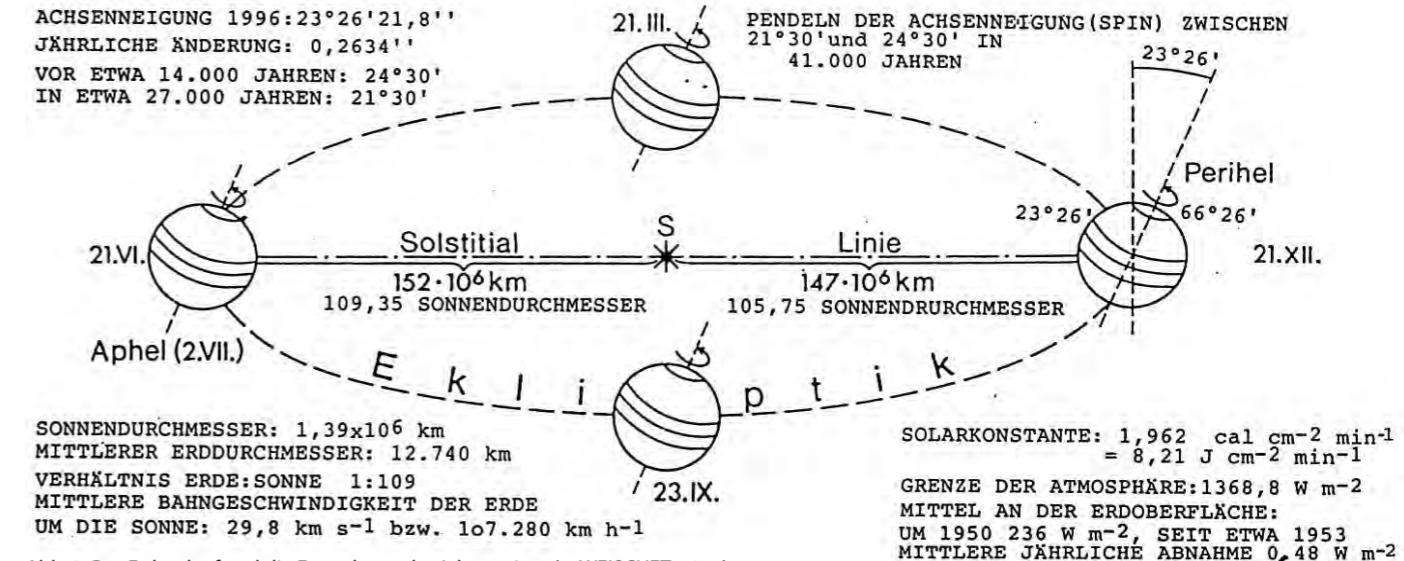


Abb. 2: Der Erdumlauf und die Entstehung der Jahreszeiten (n. WEISCHET, 1977).

Grenzlagen einer eher kreisförmigen und einer gestreckteren ellipsenförmigen Umlaufbahn.

Den Spin (Abb. 1b), das Pendeln der Erdachse zwischen einer Neigung gegen die Ebene der Ekliptik von $21,5^\circ$ und $24,5^\circ$ in einem Zeitraum von etwa 41.000 Jahren. Mit der Änderung der Neigung ändert sich auch die Lage der Wendekreise der Sonne pro Grad etwa um 111 km!

Die Präzession (Abb. 1c) oder der Vorlauf, dabei durchläuft jeweils die Halbachse einen Kegelmantel mit der Spitze senkrecht auf der Ebene der Ekliptik in einem Zeitraum von etwa 19.000 bis 23.000 Jahren. Die Neigungswinkel der Halbachse addieren oder subtrahieren sich jeweils zu oder ab von der Neigung der Erdachse. Die Präzession ist verantwortlich für die Verschiebung der Jahreszeiten und in Verbindung mit der Veränderung der Neigung der Erdachse für die Stadiale und Interstadiale (wärmere oder kälter Abschnitte) der im Zeitraum von etwa 100.000 Jahren ablaufenden Perioden von Warm- und Kaltzeiten.

Durch das Zusammen- bzw. Gegenspiel der drei Faktoren kann unter anderem in den nördlichen Breiten die Sonnenstrahlung im Sommer um 20% ab und im Winter zunehmen. Kühe Sommer und milde Winter begünstigen die Ausbreitung von schneebedeckten Flächen. Über die damit verbundene Erhöhung der Reflexion der Sonnenstrahlung von der Erdoberfläche wird der Ausbreitung und dem Anstieg der Schneedecken (Vergletscherung) auch die Ausdeh-

nung der eisbedeckten Meeresflächen erhöht. Gleichzeitig damit gehen die pflanzenbedeckten Flächen sowie das Phytoplankton der Meere zurück. Im Einklang damit sinkt der glashauseffektive Gehalt an Gasen, insbesondere der von Kohlendioxyd, in der Erdatmosphäre. Auf Grund der Abnahme des Glashauseffektes, er erhöht die an der Erdoberfläche ankommende direkte und indirekte Sonnenenergie (Globalstrahlung) etwa auf das Doppelte über die Gegenstrahlung. Eine Abnahme der Globalstrahlung durch die Reflexion in der Atmosphäre oder an der Erdoberfläche schwächt also im Endeffekt die Gegenstrahlung aus der Erdatmosphäre etwa um den Faktor zwei! Das Klima tritt damit in eine Kaltphase im gegenläufigen Fall in eine Warmphase.

Vor etwa 14.000 Jahren zur Zeit der letzten Kaltzeit (Würmvereisung) betrug die Achsenneigung $24,5^\circ$. Der Meerespiegel hatte bis zu 120mm abgenommen. Die Eismassen reichten damals in Breiten bis zu 60° (unter anderem Mitteldeutschland). Die Inlandeismassen der Ostalpen reichten bei örtlichen Mächtigkeiten bis über 1000m bis in die Voralpen. So liegen, zum Beispiel, die Endmoränen des Salzachgletschers mit den drei Vorstößen im südlichen Teil des Weilhartsforstes. Die Seen und Moore im Salzkammergut haben ebenfalls ihren Ursprung in der Inlandgletschergeschichte der letzten Eiszeit, der Würmvereisung. In etwa 27.000 Jahren, vorausgesetzt die menschlichen Aktivitäten bleiben ohne Einfluss auf die Achsenneigung (Spin) und die Präzession (Kreiselbewegung der Halbachse) wie-

der eine Neigung von $21,5^\circ$ erreichen. Für die Dynamik die sich aus der Achsenneigung und der Kreiselbewegung der Albachse ergeben, ist jeweils die Zunahme oder Abnahme der Eismassen an den Polen entscheidend. Gegenwärtig registriert man, zum Beispiel in der Arktis, einen Rückgang der Meereseisflächen um minus 20%! Mit dem Rückgang der Eisflächen nimmt auch die Eisdicke ab. Die Süßwasserdecke hat dadurch offenbar schon bis zu 3m zugenommen!

QUELLENANGABEN

McDOWELL, P.F., Th. WEBB & B.J. BARTLEIN, 1993: Long-term Environmental Change, in : The Earth as Transformed by Human Action: Global and Regional Changes in the Biosphere over the last 300 Years. Ed. by B.L. TURNER et al. Cambridge University Press. (Mit einigen Ergänzungen: Abb. 1 Himmelsmechanische Periodizitäten als Ursachen für „kurz“ – und langzeitlichen Klimawandel.)

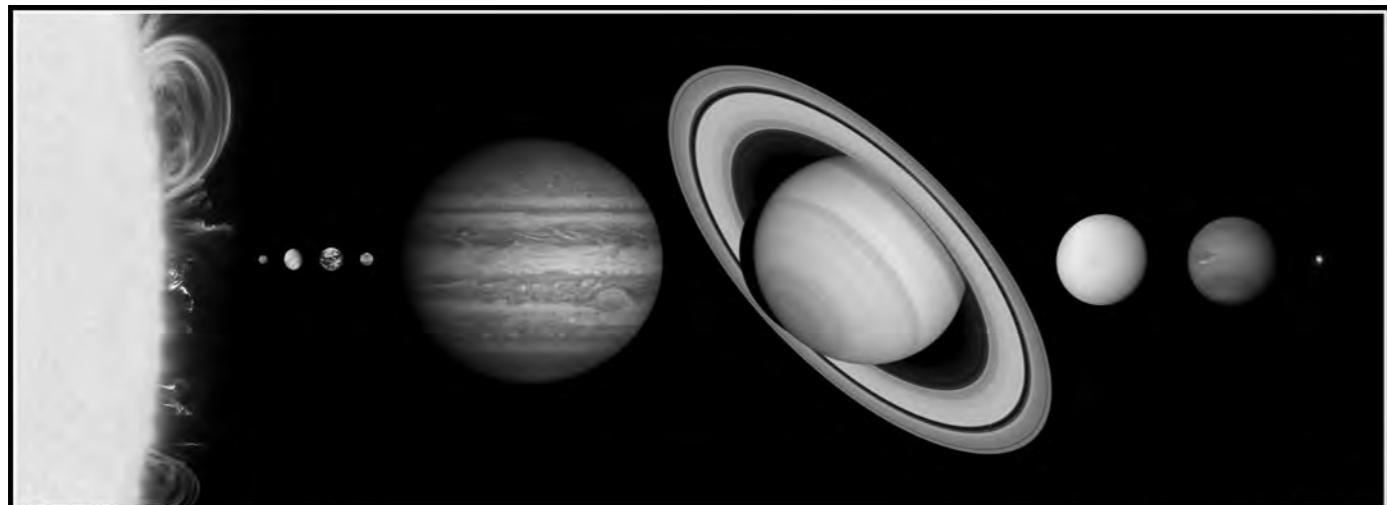
MILANKOWITSCH, M. 1941: Canon of Insolation and Ice Age Problem. Royal Serbian Academy Special Publication 133, Belgrade / translated by Israel Program for Scientific Translation, Jerusalem, 1968).

WEISCHET, W. 1977; Einführung in die allgemeine Klimatologie. Teubner Studienbücher, Stuttgart, (Abb. 2 mit einigen Ergänzungen).

AUTOR UND KONTAKT

Emer. Univ.Prof. Dipl.Ing. Dr.
Anton Krapfenbauer
Universität für Bodenkultur /
Exner-Haus
Institut für Waldökologie,
Peter Jordan Straße 82, 1190 Wien





The Sun and Nine Planets

Copyright © Calvin J. Hamilton

Omnia Sol Temperat oder Die Zukunft ist grün

Die Sonne ist 4,6 Billionen Jahre alt. Sie besteht zu 70% aus Wasserstoff, zu 28% aus Helium und konvertiert jede Sekunde 700 Millionen Tonnen des Wasserstoffs in Helium. Dabei werden 5 Millionen Tonnen (= $3.86e33$ ergs) reine Energie in der Form von Gammastrahlenfrei, die aus dem Sonneninneren an die Oberfläche wandern. Die Energie, die letztendlich auf der Erde ankommt, besteht aus Licht und Wärme. Die Sonne wird noch für weitere 5 Billionen Jahre genug Energie produzieren, um dann während ihres langen Sterbens anzuschwellen und dabei die Erde zu verschlingen.¹

DIETER ARMEDING

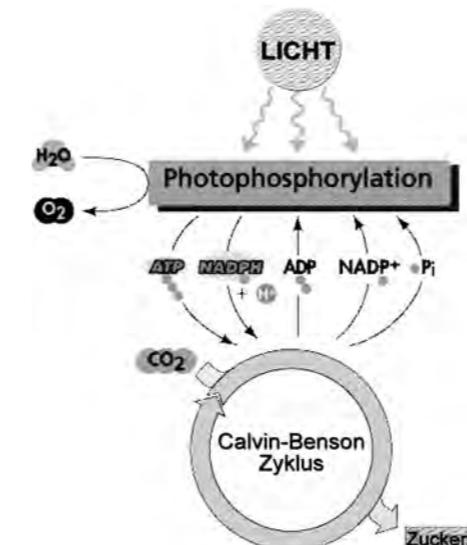
Jeder von uns schimpft über rapide steigende Preise von Benzin, Heizöl, Gas, Strom. Wir wissen schon lange, dass die wesentliche Basis unserer Energieversorgung – fossile Brennstoffe – limitiert ist und das Ende der Ressourcen absehbar ist. Trotzdem leben wir so, als ob dies nicht zu unseren Lebzeiten passieren würde und uns diese Problematik mithin nichts angeht. Für alles, was die Menschheit angeht, gilt das Motto: Nach mir die Sintflut. Für die Allgemeinheit gibt es kein Zukunftsbewusstsein und auch keine Verantwortung für die Generationen, die noch nachkommen. Wir bemühen uns, diesen Planeten nach allen Regeln der Kunst auszubauen des „Landschaftsbindes“. Windmühlen parks heute sind es nicht. Es hat ziemlich lange gedauert, bis wir angefangen haben, effektiv die wichtigste Quelle der Energieversorgung der Erde anzuzapfen: Die Sonne. Die Photovoltaik ist aber äußerst kostenintensiv – woran sich in Zukunft nicht viel ändern wird. Die Schritte zur Herstellung von Solarzellen und –anlagen benötigt erst einmal viel Energie und ist wie die meisten industriellen Prozesse nicht unbedingt umweltfreundlich, die spätere Entsorgung sicher auch nicht. Was bleibt, ist eigentlich nur logisch: Energiegewinnung aus Pflanzen ist ja nicht anders als das, was wir die ganze Zeit ohnehin schon tun. Nur hat die Na-

bessern. Wir haben ja keine Millionen Jahre mehr, vielleicht noch nicht sind einmal hundert, um zu schaffen, was die Natur für uns getan hat. Es ist auch die Zeit zum Umdenken gekommen. Bevor weiterhin Agrarflächen in fruchtbaren Gegenden verbaut und sonstwie zerstört und Wälder unwiederbringlich abgeholt werden, sollten wir realisieren, dass jeder Flecken Grünland für unser zukünftiges Überleben unentbehrlich ist. Die Erhaltung der Artenvielfalt und der Funktionsfähigkeit wichtiger, naturnaher Ökosysteme sind, wie im letzten bioskop beschrieben, eine fundamentale Strategie unseres Überlebens auf diesem Planeten. Die Erhaltung einer effizienten Agrar- und Forstwirtschaft ist aber eine weitere. Sie liefert uns Nahrung und Energie. Die Zukunft unserer Erde ist grün!

Gespeicherte Energie aus Sonnenlicht
Die derzeitige Gesamtproduktion an Biomasse auf der Erde beträgt 80×10^{15} Gramm Kohlenstoff pro Jahr. Pflanzen haben sehr früh während der Evolution die Fähigkeit errungen, die Energie des Sonnenlichts in Zucker zu verwandeln. Voraussetzung der Umwandlung von Sonnenenergie in chemische Energie ist, wie jeder von uns sicher noch aus der Schulzeit weiß, ein grünes Pigment: das Chlorophyll. Die Brutto-Reaktionsgleichung ist:



Also 6 Moleküle Wasser und ebenso viele vom heute so verpönten Treibhausgas CO_2 ergeben ein Molekül Zucker plus Sauerstoff. Der Prozess der Photo-



Photosynthese: Sonnenlicht wird (z.B. in den Blättern von Pflanzen) in sogenannten Lichtsammelkomplexen absorbiert. Diese enthalten bestimmte Farbstoffe, deren Elektronen in einen energierichteren Zustand versetzt werden. Von diesen Pigmenten aus gelangt die Energie in das eigentliche Reaktionszentrum - dem Chlorophyll. Das Chlorophyll wird oxidiert, der primäre Energieträger reduziert. Die so gewonnene Energie wird letztendlich zur Schaffung von Adenosintriphosphat (ATP) verwendet. Gleichzeitig entsteht ein Reduktionsmittel (NADH). Beide Arten von Molekülen sind notwendig, um in einem Prozess, den man den Calvin-Benson-Zyklus nennt, aus CO₂ Zucker zu generieren.

synthese ist etwas ausführlicher in der Abbildung weiter unten dargestellt. Chlorophyll absorbiert alle Wellenlängen sichtbaren Lichts bis auf Grün, welches reflektiert wir. Deshalb sind alle Pflanzen im Prinzip grün. Während wir also alle möglichen Techniken – bisher ineffizient und kostspielig – zu entwickeln versuchen, die ebenfalls Licht in speicherbare Energie umwandeln deln, hat die Natur das Problem längst gelöst: wirksam und billig. Vergessen wir auch nicht, dass unsere Hauptenergie auf sie beruht. Für die Konservierung der Biomasse haben andere - physikalische - Prozesse gesorgt.

Für die Gewinnung von Energie sind alle Teile einer Pflanzen geeignet. Die grundsätzlichen chemischen Strukturen werden durch polymere Zucker, also Polysaccharide (z.B. Zellulose, Hemi-Zellulose), und Lignin (Holz) repräsentiert. Der Prozess der Energiegewinnung aus Biomasse ist dem einer Petroleum-Raffinerie nicht unähnlich. Es ist ein Kreisprozess einer nachhaltigen Technologie. Wenn man einmal davon absieht, dass sich Energie auch durch simple Verbrennung von Holz und anderen Pflanzenmaterialien (z.B. Stroh) gewin-

nen lässt, und dass auch Pflanzenöle als Energieträger durch simple mechanische Prozesse zu gewinnen sind, so ist die Basis aller wichtigen, effizienteren Prozesse der Energiegewinnung, die derzeitig realisiert werden, wiederum biologisch. Die Fermentation durch geeignete Mikroorganismen kehrt praktisch um, was die Photosynthese geschaffen hat. Die De-Polymerisation führt Zellulose und Holz wieder in einfache Zucker zurück, die dann weiter zu Ethanol oder Methan umgewandelt werden können. Diese ließen sich anstatt von Diesel oder Benzin verwenden. Methan kann man in eine Erdgasleitung einspeisen oder auch weiter zu Strom verarbeiten. Während eine Biogasanlage meist direkt letzteren Prozess ansteuert, ist die effiziente Gewinnung von Ethanol bei vielen der gegebenen Bioenergieträgern nicht ganz so einfach. Besonders Holz ist als Grundstoff schwierig. Man experimentiert mit Enzymen verschiedenster Herkunft, um erst einmal die verwertbaren Substanzen im Holz zu extrahieren, um sie dann für die eigentliche Fermentation zu verwenden. Die Enzyme, die man benötigt, sind Zellulasen, Hemizellulasen und Polysaccharid-Depolymerasen. Die richtigen Mikroben, die solche Enzyme verwenden, sind zur Zeit ebenso wenig verfügbar in einer Menge, die man benötigt, wie solche, die das Gemisch aus Zuckern, das am Schluss entsteht, zu Alkohol vergären. Die Strategie ist deshalb zweigleisig: Man manipuliert die benötigten

Mikroben, zu denen in letzter Prozess-Phase zum Beispiel auch Hefepilze gehören, oder man integriert die Gene für einige der benötigten Enzyme, gleich in die Pflanzen. Das wäre allerdings nur praktikabel bei auf Feldern gezogenen „Energiepflanzen“. Man versucht aber auch exotisch anmutende Strategien. Dazu gehört auch, den Trick herauszufinden, mit dem z. B. Termiten so erfolgreich Holz verwerten. Der Enddarm dieser Krabbeltiere ist wohl der effizienteste Bioreaktor der Erde. Termiten leben in Symbiose mit einer Vielzahl von Bakterien und verschiedenen einzelligen Lebewesen, so wie Flagellaten. Es sind eigentlich letztere, die diese Symbiose mit den Bakterien ermöglichen. Für die Verdauung von Holz, die normalerweise Jahre dauert, benötigen sie ein paar Stunden. Sie produzieren außer Kohlendioxid auch Wasserstoff und Methan. Es gibt 3000 Termiten-Arten. Man schätzt, dass etwa 4% des atmosphärischen Methans der Erde von ca. 12 Trillionen Termiten stammt, die auf ihr leben. Sie haben nach 300 Millionen Jahren Evolution die beste Chance, auch die Menschheit zu überleben. Während einige Forschergruppen versuchen, die richtigen Bakterien aus Termitedärmen zu isolieren, erforschen andere die DNA, die für neuartige Enzyme codiert, die Holz effektiver auflösen, als bislang bekannte Proteine dies tun. Natürlich sind solche biochemischen Reaktionen nicht nur für Holz sondern für jede Art von Biomasse in Zukunft unentbehrlich.



Termitenhügel (links: Kathedralen Termiten, rechts: Kompass Termiten) im Northern Territory, Australien.
Fotos: Heidiemarie Rossiter. Insert: Darwin Termiten. Foto: Scott Bauer; Wikipedia; <http://en.wikipedia.org>.

Die wichtigsten Technologien zur Gewinnung der Energie der Zukunft

1. Hackgut- & Pelleteizungen

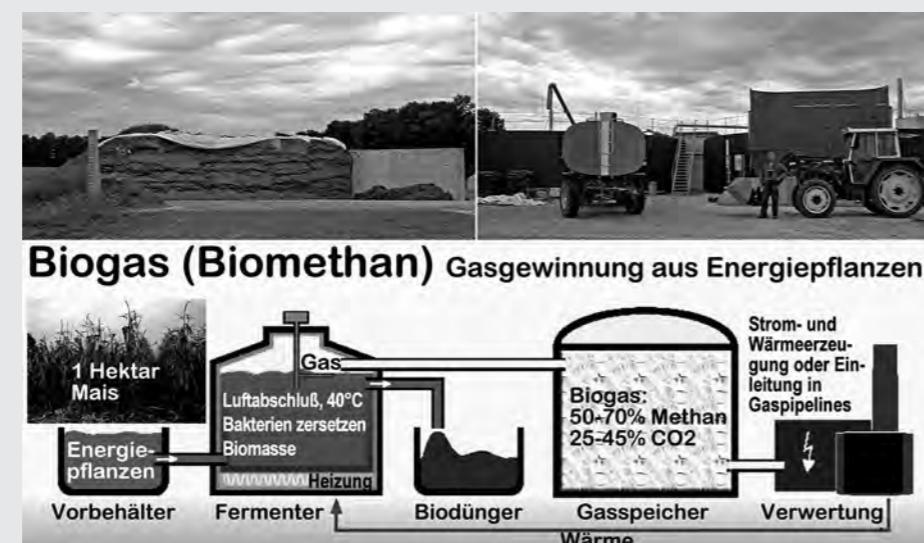
Wir wissen dies schon lange: Holz ist ebenso effizient für die Wärmegegenwart wie fossile Energieträger. Man kann aber außer Holz und Sägewerken auch Stroh, Schilf, Altpapier und Biomasse verwenden. Das Produkt wird entweder als Hackgut oder Pellets für die Verbrennung in geeigneten privaten Heizanlagen angeboten oder in Blockheizwerken für die Erzeugung von Fernwärme. Solche Heizanlagen können natürlich auch Strom produzieren. Es gibt bereits 42.549 Heizanlagen in Österreich: Nah- und Fernwärmeanlagen. Man kann praktisch alles verwenden, was am Baum dran ist und vieles, was man früher eher auf der Rodungsfläche nutzlose verbrannt hat. Es gibt verschiedene Verfahren, die in Österreich von den ÖBF und in Zusammenarbeit mit der BOKU erarbeitet wurden. Nachhaltig und klimaneutral sind diese Methoden aber nur, wenn genauso viel Holz vor Ort verbrannt wird, wie in der Gegend auch produziert wird.

2. Rapsölmethylester

Dass man Pflanzenöle nicht nur für Nahrungsziele verwenden kann, ist auch schon lange bekannt. VW schuf vor nicht allzu langer Zeit einen PKW, der mit Erdnussöl betrieben werden konnte. Gebräuchlich sind aber heute eher Öl aus Sonnenblumen, Raps oder Mais. Besonders gebräuchlich ist Rapsölmethylester mit einem Pro-Hektarertrag von 1550 Litern. Dies ist aber im Vergleich zu anderen Bio-Energiegewinnungsverfahren ineffizient. Trotzdem werden heute immer noch 1,7 Millionen Tonnen Rapsölmethylester für Verwendung in Autos in Deutschland produziert. Es gibt Biobenzin-Tankstellen und man kann den Treibstoff mit anderen mischen. 1,2 Millionen ha werden dort zur Kraftstoffgewinnung verwendet, eine Ausweitung auf 1,5 Millionen ha (2 Millionen Tonnen) ist geplant. Benötigt werden aber 130 Millionen. Ein Großteil der Einsparungen werden auch vernichtet durch Kosten für Düngemittel und Verarbeitung.

3. Biogas (Biomethan)

Eine Methode der Bio-Energiegewinnung, die sich auch in Österreich durchzusetzen beginnt, ist die Biogas-



Die Biogas-Anlage im oberen Teil der Abbildung ist erst im Entstehen. Sie steht bei Tulbing. Besitzer ist Herr Roch (im Bild rechts). Die Darstellung der Biogas-Anlage stammt aus dem Spiegel (32/2004, Seite 133) und wurde für diesen Artikel abgewandelt.

Erzeugung. Man kann praktisch alles verwenden, was auf Wiese und Acker wächst: Gras, Getreide, Mais, Sonnenblumen - letztere auch nach der Ernte der zu Nahrungszwecken verwertbaren Körner. Was wir als Biomüll gebührenpflichtig an die Gemeinden abtreten, kann ebenfalls als wertvoller Rohstoff beigemischt werden. Was noch besser ist, es lassen sich auch Stallmist und Gülle optimal verwerten. Es sind sogar Kleinstkraftwerke für den Bauern selbst möglich, die nur mit letzterer Mischung betrieben werden, und häufig mehr Energie für den landwirtschaftlichen Betrieb und das Wohnen liefern, als der Landwirt benötigt.

Die Notwendigkeit für Bauern, die Landschaft besonders im Frühjahr in ganz Österreich zu verstänken, um erstens dem Mist loszuwerden und zweitens ihre Agrarflächen zu düngen - auf die meisten Wiesen gehören diese Exkremente ohnehin nicht - entfällt. Das Grundprinzip der Biogas-Gewinnung ist die Fermentation unter Luftabschluss bei ca. 40°C. Die Silage muss nicht unbedingt getrocknet werden. Die Fermentation liefert besonders Methan und dann auch CO₂ kaum umweltschädliche Nebenprodukte. Die Menge an produziertem CO₂ ist klimaneutral, da die nachwachsenden Pflanzen ja dieses wieder verbrauchen. Der Gärrest ist bester Dünger und wird bei kleineren Biogasanlagen den Bauern, die die Biomasse liefern, wieder zurückgestattet. Dieser Dünger stinkt nicht! Biogas lässt sich ohne Probleme speichern. Die direkte Einspeisung in das

Ergasnetz wäre wohl vorzuziehen. Da gibt es aber einen Menge juristischer Probleme - ganz besonders mit den Besitzern der Erdgasrohnetze, die von der Konkurrenz nicht begeistert sind, besonders dann nicht, wenn die billiger Gas produziert als die profitorientierten Monopolisten. Deshalb wird häufig die Verstromung durch angeschlossenen Verbrennungsmotor und Generator für Stromgewinnung praktiziert, häufig zusammen mit Nutzung der Abwärme durch eine Kraft-Wärme-Kopplung. Die Einspeisung von Strom in das entsprechende Versorgungsnetz funktioniert offensichtlich auch in Österreich. In diesem Fall geht aber wertvolle Energie bei der Verbrennung des Gases verloren. Es gibt mehr als 1.000 Biogasanlagen in Deutschland, in NÖ zum Beispiel sind es 40. Da Biogas-Umwandlung in Strom durch einen Mechanismus funktioniert, ähnlich dem von Automotoren, könnte es auch Autos antreiben. Es wären jedoch teure Umbauten nötig. Es gibt auch nur einige Biogastankstellen in Schweden und Deutschland. Erdgaszapfstellen sind leider viermal so teuer wie normale.

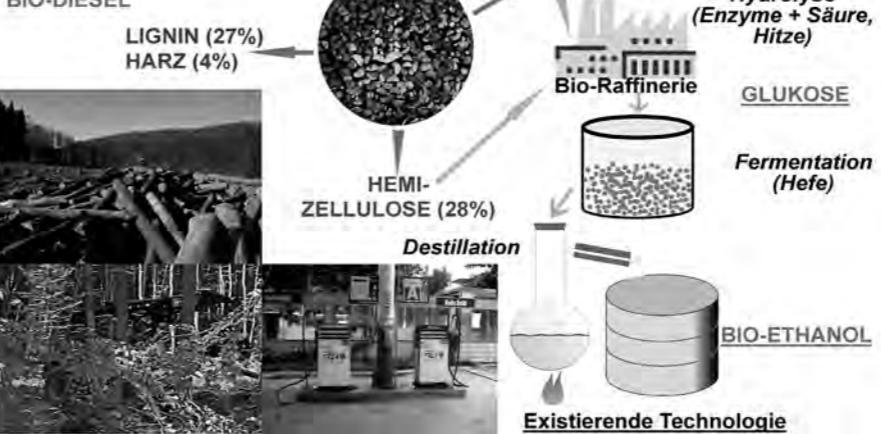
4. Bioethanol

Das Wissen um die Erzeugung von Alkohol aus Pflanzenmaterialien hatte ursprünglich andere Ziele und Motive als Energiegewinnung. Trotzdem ist das allen bekannte Produkt mikrobieller Fermentation eben Alkohol als Bestandteil von Wein, Most, Sake und was sonst - Bestandteil unserer Kultur. Dass Ethanol ein fast eben so guter Kraftstoff

Bioethanol: Holz - Ein erneuerbarer Rohstoff

Neue Technologie

BIO-DIESEL



Das Foto mit der Äthanol-Tankstelle wurde in Brasilien geschossen und stammt von Natecull (Titel: „One for you, One for me“; <http://flickr.com/photos/natecull>), einem umweltkritischen und engagierten Fotografen, dessen Fotos man umsonst von seiner Website herunterladen kann.

ist wie Diesel oder Benzin, weiß nicht jeder. Man kann Alkohol aus fast allen pflanzlichen Rohstoffen herstellen. Für die Gewinnung von Alkohol als Energiequelle dient Biomasse aus Zuckerrohr, Weizen, Roggen, Mais oder anderem. Sogar Holz ist geeignet, wie es uns die Schweden derzeit vormachen. Sie wollen den größeren Teil ihres Energiebedarfs mit Ethanol aus Holz decken. Wälder haben sie noch genug. Grundprinzip ist wiederum die Fermentation. Nur muss man aus Rohstoffen wie Holz erst einmal ungeeignete Bestandteile, so wie Lignin, das verbrannt werden kann, entfernen, um aus der verbleibenden Zellulose die richtigen Zucker gewinnen, was noch nicht hundertprozentig funktioniert. Im gegebenen Fall wäre dies Glukose (Traubenzucker). Für die Vergärung hat sich historisch die Hefe bewährt. Pro-Hektarertrag: 1650 Liter.

5. SunDiesel

Die SunDiesel-Alternative ist derzeit wohl die am meisten erfolgsversprechende Alternative zur Bio-Energiegewinnung. Bodo Wolf hatte schon zu DDR-Zeiten begonnen, ein Verfahren zu entwickeln, das praktisch die Entstehung fossiler Energie vor Jahrtausenden simuliert. Nur schafft er das schneller. Biomasse wird bei 400 bis 500°C in ein Schwelgas verwandelt, welches dann verbrannt wird. Nach verschiedenen Reinigungsschritten wird das Rohgas in einen sogenannten Fischer-Tropsch-Reaktor eingeleitet, der schon länger für die Verflüssigung von Kohle und Erdgas

produzieren. Die Effizienz der Prozedur beträgt 4000 Liter pro Hektar. Firmen wie Shell, VW und Daimler Chrysler sind höchst interessiert an SunDiesel. Probleme macht das Verfahren kaum, außer bei Holz zur Zeit nur 25% der in ihm enthaltenen Energie verwertet wird. Es gibt kaum freiwerdende Schadstoffe. Schwierigkeiten könnte nur der Staat machen, wenn er durch unangemessen hohe Besteuerung die Produktion des Kraftstoffes unrentabel macht.

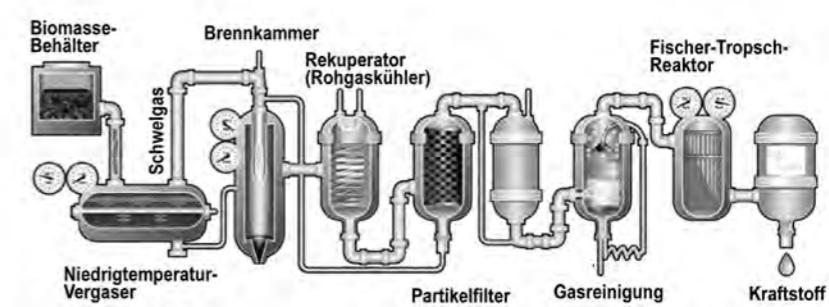
6. Hydrothermale Karbonisierung

An einem weiteren vielversprechenden Verfahren zur Energiegewinnung aus Biomasse wird am Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung in Potsdam getüftelt. Pflanzenreste werden mit etwas Zitronensäure versetzt und für 10 Stunden bei 180°C in einem Druckkochtopf inkubiert. Das Endresultat ist reines Kohlepulver, und die Weiterverarbeitung in einem „Coal-to-Liquid“-Verfahren ist eigentlich Standard-Technologie. Eine Hochrechnung ergibt einen Pro-Hektar-Ertrag von 14 Tonnen Kohle. Vorteil dieser Prozedur ist, dass praktisch das gesamte Pflanzenmaterial in Energie umgewandelt wird. Es entsteht im Gegensatz zu anderen Verfahren kein CO₂ und Energie muss nur am Anfang eingesetzt werden. Das System heizt sich praktisch von selber auf.



Der Carbo-V Prozess von Choren

Von Biomasse zu SunDiesel



Die Graphik entstammt der Website der Firma Choren und wurde leicht modifiziert.



Ausgeräumte und aufgeräumte Landschaft: Landwirtschaft von gestern?

Wie soll es weitergehen?

Während also die Basis für die Verwertung von nachwachsenden Rohstoffen anstelle von fossilen Energieträgern im Prinzip vorhanden ist, wird es für die Zukunft notwendig sein, die verwendeten Prozesse zu verbessern, uzw. von der Biomasse angefangen über die chemischen Verfahren und letztendlich bis zur eigentlichen Gewinnung der Energieträger und der Umsetzung derselben für die erwünschte Funktion. Das inkludiert auch, wie schon erwähnt, die Züchtung transgener Pflanzen – etwas intelligenter und umweltverträglicher als derzeit – und das Auffinden von Mikroben oder anderen Organismen – sofern man die noch nicht ausgerottet hat. Die optimale Energiepflanze ist eine, die bei vorgegebener Wachstumszeit und existierenden Klimabedingungen möglichst viel Biomasse produziert, die sich möglichst einfach und kostengünstig zur Energiegewinnung verwerten lässt. In unseren Regionen sind dies Raps, Sonnenblumen und Mais. In wärmeren Ländern kämen Zuckerrohr und andere dort gut wachsenden Pflanzenarten hinzu. Jeder Landwirt kennt aber die Probleme mit Monokulturen und deren extreme Anfälligkeit für Schadinsekten oder den auslaugenden Effekt vom Maisanbau auf den Ackerboden. Die EU zum Beispiel unterstützt aber nicht die exzessive Verwendung von Insektiziden und auch nicht die kostspielige übermäßige Verwendung von Kunstdüngern. Eine Lösung wären also gentechnisch manipulierte Pflanzenarten, die resistent wären gegen Fraßinsekten

oder deren Larven. Potentielle Probleme für die Umwelt sind jedoch gut bekannt. Das Gleiche gilt auch für transgene Pflanzen, die aufgrund ihres neuen, modifizierten Genoms schneller wachsen, anspruchsloser sind, was Bodenbeschaffenheit und Klima anbelangt und mehr Pflanzenmasse liefern. Solange solche neuen Kulturpflanzenarten mit ihrer Umwelt kommunizieren – durch Pollen, Samen aber auch mit Tierarten, die als Bestäuber fungieren oder die sie fressen – und nicht sicher gestellt ist, dass sie keinen negativen Einfluss auf diese Umwelt haben, so ist ihre Verwendung nicht zu verantworten. Es ist im Prinzip nichts gegen gentechnisch veränderte Pflanzen einzuwenden, wenn sie nach allen Regeln der Wissenschaft und der Ökologie auf ihre Umweltverträglichkeit getestet würden. Das trifft aber derzeit kaum zu – egal wo auf der Welt sie eingesetzt werden. Es muss auch festgestellt werden, dass die Gentechnologie im Augenblick noch alles andere als ausgereift ist und sie die vielen Parameter, die für die gezielte Schaffungen neuer, naturverträglicher Pflanzenarten notwendig sind, nicht kontrollieren können. Hinzu kommt, dass es konkrete und bedrohliche Interessen von global operierenden Konzernen gibt, denen es nur um Profitmaximierung um jeden Preis geht und die Umwelt und Natur ebenso wenig interessiert wie auch die Bauern und die gewachsenen bäuerlichen Strukturen, in denen sie leben. Die Landwirtschaft gehört aber in die Hände der Bauern, die sie betreiben und des

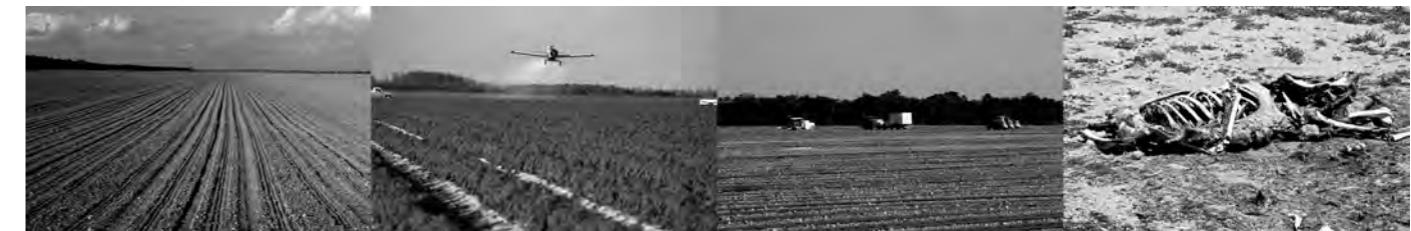
Staates, der sie fördert und nicht in die von skrupellosen Agrar-Firmen. Was die riesigen Monokulturen anbelangt, die möglicherweise auf uns zukommen: Das Zauberwort heißt Multicropping – mehrere Energiepflanzen auf einem Acker. Das wird in Österreich bereits mit Erfolg ausprobiert. Auch die notwendige Brachlegung einer Fläche muss nicht zu einem Verzicht an Energiepflanzen führen. Es wächst ja immer noch etwas auf dem Acker und auf das, was dort wächst, kann man Einfluss nehmen. Es geht auch darum, die Forst- und Landwirtschaft insgesamt effizienter zu gestalten. Es gibt da z.B. Methoden der Feldbewirtschaftung so wie die, die von der europäischen Forschergruppe „Safe“ (Silvoarable Agroforestry for Europe) vorgeschlagen wird. Da wachsen die Nutz-Bäume in Reihen auf dem Acker und erhöhen den Ertrag von beiden um bis zu 30%. Sie verbessern die gesamte Ökologie und Landschaftsstruktur, sorgen Erosionen vor, und bieten Vögeln, Fledermäusen und Insekten einen Lebensraum. Es geht um die sinnvolle Verknüpfung von Land- und Forstwirtschaft auf ein und derselben Fläche. Das gab es wohl schon einmal. Der Landwirt der Zukunft sollte eigentlich auch Förster sein! Selbst die USA haben inzwischen die Bedeutung von Bioenergie erkannt. Immerhin hat Präsident Bush den Amerikanern versprochen, dass sie in Zukunft Energie verwenden sollen, die auf ihrem eigenen Boden gewachsen ist. Er führte das Beispiel Brasiliens an. Die Brasilianer gewinnen 40% ihres gesamten Energiebedarfs und 25% des für Kraftfahrzeuge benötigten aus Zuckerrohr. Bush vergaß aber zu erwähnen, wieviel Urwald dafür zu Zuckerrohrfeldern geworden ist. Es ist ihm auch noch ein weiterer Aspekt entfallen. Die USA produziert in 90 Bio-Raffinerien ca. 18 Millionen Liter Ethanol pro Jahr. Geplant ist eine Ausweitung bis 2012 auf knapp das Doppelte. Benötigt werden zur Zeit aber bereits 600 Millionen Liter Treibstoff pro Jahr. Es wird auch in naher Zukunft nicht möglich sein, diese Menge an Kraftstoffen aus Biomasse zu produzieren. Es kommt hinzu, dass die USA es durch landwirtschaftlichen Raubbau bis heute geschafft hat, weite fruchtbare Landschaften in Wüste zu verwandeln. Ein größerer Teil des Restes an einst nutzbarem Boden wurde versiegelt durch gründliche Verbauung.



Die Förderung der Landwirtschaft ist in einem Ausmaß notwendig, welches den Bauern einen angemessenen Lebensstandard garantiert.

Auch bei uns ist es nicht wünschenswert, ökologisch wertvolle Flächen, einschließlich Wald, in Energiepflanzenäcker zu verwandeln. Wenn man mit ansieht, wieviel wertvoller, fruchtbarer Ackerboden überall in Mitteleuropa täglich versiegelt wird oder anderweitig missbraucht und zerstört wird, sollte man annehmen, dass uns die Zukunft eigentlich Wurst ist. Wir vernichten zuerst die Natur und dann auch die Basis für unsere Ernährung und Energieversorgung – und das bei weltweit steigenden Bevölkerungszahlen. Es will heute kaum jemand noch Landwirt werden oder Förster. Das Bauernsterben grasiert kontinuierlich. Dies aber sind die Berufsstände, die unser Überleben auf der Erde garantieren. Bei allen Prognosen und aller Zuversicht einer grünen Technologie darf man nicht vergessen, dass auch die nur funktioniert, wenn alle mitarbeiten und sich bemühen. Es geht immer noch um die Einsparung von Energie auf jeder Ebene:

1. Die Möglichkeit energieeffizienten Wohnens ist schon lange Realität. Ein



Landwirtschaft in den USA: Exzesse in Florida, Monokulturen, Pestizide; das Wasser, das hier verbraucht wird, fehlt bereits den Everglades. Das gleiche Wassereservoir wird auch von den rapide wachsenden Siedlungen ringsherum angezapft. Dürre und Unfruchtbarkeit wie in Äthiopien im mittleren Westen. Hoffentlich kein Vorbild für uns!

Technologie notwendig ist. Das würde schon einmal alle SUVs von der Straße fegen, deren Treibstoffbedarf bis zum vierfachen eines kompakten, normalen PKW beträgt mit einer entsprechend höheren Schadstoff-Emission. Die unnötige Verwendung aller energiefreisenden Freizeitmaschinen, so auch von Yachten, Motorbooten, Motocross-Rädern und anderem sollte extrem eingeschränkt werden. Umweltfeindlichkeit muss einen sehr hohen Preis haben und sollte bestraft und nicht gefördert werden.

4. Das Konsumverhalten der Bevölkerung wird immer noch durch das Angebot der Supermärkte manipuliert. Obst aus Brasilien, Weintrauben aus Südafrika, Knoblauch aus China und anderes, was auch hier bei uns wächst, wenn auch nicht zu jeder Jahreszeit, kurz, die gesamte Globalisierung des Warenverkehrs hat Ausmaße angenommen, die schon wegen des enormen Energieverbrauchs nicht mehr zu verantworten ist.

5. Müllvermeidung wird schwierig, wenn es keine Alternativen gibt. Es ist auch nicht mehr in Verpackungen an den Verkäufer zurückzugeben. Mülltrennung funktioniert im Prinzip. Nur nutzt sie nichts, wenn man die gesammelten Müllteile in Müllverbrennungsanlagen vernichtet, die immer noch so viel Schafstoffe ausstoßen wie vor 30 Jahren, als man mit diesem Unfug begann und es eigentlich effizientere Methoden gibt, die auch aus Restmüll – besonders aus Plastik – wieder Energie gewinnen können. Biomüll lässt sich in jeder Biogasanlage verwerten.

Was die Durchsetzung solcher Notwendigkeiten anbetrifft, so ist Zeit des Gut-Zuredens eigentlich vorbei. Der Staat ist verantwortlich, dafür zu sorgen, dass wir mit dem, was da ist, rationell und sinnvoll umgehen und in Zukunft nicht Mangel leiden. Es geht um Folgendes:

1. Die Etablierung ökologisch nachhaltiger Kreisläufe.

2. Die Erhaltung und Vermehrung aller Grün-Flächen: Felder, Wälder und deren nachhaltige Bewirtschaftung.

3. Schaffung und Verwendung von Stilllegungsflächen zum Anbau von Energiepflanzen.

4. Die Erhaltung aller ökologisch wertvollen Regionen zusätzlich zu Nationalparken, Naturwaldreservaten, Naturschutzgebieten, Biosphärenparks, NATURA 2000-Gebieten.

5. Endlich: effektiver Stopp der Zersiedelung und anderer Formen der Bodenversiegelung.

6. Die Förderung der Landwirtschaft in einem Ausmaß, welches den Bauern ein angemessenes Leben garantiert.

7. Förderung der Forstwirtschaft auf der einen Seite für die Bereitstellung von erneuerbarer Energie und auf der anderen zur Erhaltung und Pflege naturnaher Waldbestände.

8. Ich sollte hier noch einen grundsätzlichen Irrtum korrigieren, der allzu häufig nur Verwirrung anstiftet: Ein „klimaneutraler“ Prozess bedeutet in den meisten Fällen immer noch, dass CO₂ im beträchtlichen Ausmaß in die Atmosphäre gelangt. Wird aber so viel CO₂ wieder von den Pflanzen aufgenommen, wie lokal erzeugt wird, dann sollte die Nettovergleichung gleich null Treibhausgase ergeben. Wenn wir jedoch aufhören werden, weiter fossile Brennstoffe zu verbrauchen, weil es keine mehr gibt, dann haben wir bereits zu viel CO₂ produziert, und die Klimakatastrophe wird sich endgültig etabliert haben. Die Botschaft ist einfach: Wir müssen insgesamt weniger CO₂ erzeugen, aber wieder mehr Grünflächen generieren, um denn Überschuss an CO₂ zu binden.

Eine alternative Energiequelle wurde bis jetzt nicht angesprochen. Nachdem ich aber schon am Anfang erwähnt habe, dass die Sonne hauptsächlich aus Wasserstoff besteht, was ist damit hier auf der Erde? Wasser gibt es mehr als genug und Technologien, den Wasserstoff vom Sauerstoff abzutrennen, ebenfalls. Auch das kennen die meisten



Biosphärenpark Wienerwald: Nachhaltige Bewirtschaftung von Wald, Wiesen und Ackerland von der UNESCO empfohlen.

sicher noch aus dem Chemieunterricht ihrer Schulzeit:

Das Ergebnis der Verbindung von beiden Elementen ist Knallgas, und zeigt eindringlich, Welch einebrisante Materie Wasserstoff repräsentiert. Trotzdem haben Autokonzerne, so zum Beispiel BMW, Mercedes und Daimler Chrysler, bereits Unsummen in die Entwicklung von Automobil-Prototypen mit Brennstoffzellen investiert. Wasserstoff ist sicher der sauberste Kraftstoff, den man sich wünschen kann, und das End-Ergebnis ist wieder Wasser. Während man derzeit Ökosprit mit Benzin oder Diesel aus fossilen Rohstoffquellen mischt, so ist das mit Wasserstoff nicht möglich. Wenn man davon absieht, dass die Erzeugung von Wasserstoff ja auch Energieverbrauch voraussetzt, so muss es für den weiteren Gebrauch verflüssigt und verdichtet werden. Man müsste dann eine komplett neue Infrastruktur aufbauen, um Wasserstoff zu nutzen. Das rentiert sich im Augenblick nicht. Man rechnet damit, dass dies in 30 bis 40 Jahren anders sein könnte. Dann würde es auch lohnen, Wasserstoff bei anderen Prozessen einzusetzen, so zum Beispiel bei der Herstellung von Btl-Diesel im Choren-Prozess. Die Produktivität der Anlage ließe sich durch die direkte Einspeisung von Wasserstoff verdoppeln. Das wäre der Anfang einer wirklich ökologisch relevanten Nutzung dieses Elements: Die Verbindung von Kohlenstoff mit Wasserstoff war immerhin der Grundbaustein organischen Lebens auf der Erde zum Beginn der Evolution.

LITERATUR

SPIEGEL SPECIAL:

„Kampf um die Rohstoffe“ 5/2006; Zukunftsenergien, „Bohrtürme zu Pflugscharen“, S. 114-121

SPIEGEL 37/2005:

„Schatztruhe der Biochemie“, S. 188-189

SPIEGEL 40/2004: „Gemüse im Tank“, S. 196-200

SPIEGEL 38/2004:

„Satt durch Designer-Pflanzen?“, S. 182-184

SPIEGEL 51/2004: „Alleen auf dem Acker“, S. 160

ZEIT 33/2006: „Die Rückkehr der Ökologie“, S. 17-19

SCIENCE 312/2.6.2006:

„The Billion-Ton Biofuels Vision“, Editorial, Chris Sommerville, S. 1277

SCIENCE 311/27.1.2006:

„The Path Forward for Biofuels and Biomaterials“ A.J.RGASKAS et al., S. 484-489

Zum Thema Agroforestry:

www.montpellier.inro.fr/safe

Wer wissen will, was in Österreich geschieht bezüglich Bioenergie, sollte die Websites der Landesregierungen besuchen; für NÖ wären die folgenden interessant:

www.noel.gv.at/energie.htm

www.agrarplus.at, www.lk-noe.at

FOTOS

Die Fotos in diesem Artikel stammen von Dieter Armerding, es sei denn, dies ist im Bildtext anders angegeben.

AUTOR UND KONTAKT

Dr. Dieter Armerding

Donaustr. 73,

3421 Höflein a.d. Donau

dieter-armerding@aon.at



Die Biologie im Werk des Albertus Magnus

Albertus Magnus, 1931 heiliggesprochen, wurde 1941 durch Papst Pius XII zum Patron der Naturforscher erklärt. Der Kirchenlehrer (Scholastiker) vermittelte uns in seinen Werken eine das Wissen seiner Zeit überragende Kenntnis der Natur, speziell auch durch seine botanischen und zoologischen Beobachtungen, die sogar ökologische Aspekte beinhalteten. Sein philosophisch-naturwissenschaftliches Wissen gehen weit über das Gedankengut des Aristoteles, worüber er zahlreiche Kommentare verfasste, hinaus.

GEORG SCHWEDT

Lebensweg des Albert von Bollstädt

Im Dominikanerkloster zu Köln starb an 15. November 1280 einer der bedeutendsten Theologen, Philosophen und Naturforscher des Mittelalters, ein *doctoris universalis*, der bedeutendste Scholastiker Deutschlands, Albert von Bollstädt.

Als Albertus Magnus am bekanntesten, unter mehreren anderen Namen wie Albert von Köln beziehungsweise Albertus Coloniensis (zum Beispiel bei Dante) und als Albertus Theutonicus ist dieser Mann der einzige Gelehrte Deutschlands im Zeitraum von 1200 bis zur Gründung der ersten deutschen Universität in Prag 1348, der die scholastische Theologie und auch die Naturwissenschaften seiner Zeit nachhaltig geprägt und beeinflusst hat. 1980 gedachte man seines 700. Todestags auch durch die Herausgabe einer Briefmarke der Deutschen Bundespost (Fig. 1).



(Fig. 1)

Albert stammt aus einer schwäbischen Adelsfamilie, die als Beamte im Dienst der Staufischen Kaiser standen und wurde um 1198 in Lauingen an der Donau geboren. Er wird seinem Stand entsprechend erzogen, auch in praktischen Dingen wie zum Beispiel der Falkenjagd, über die er später in seinen Schriften berichtet. Er setzt die Tradition seiner Familie nicht fort, sondern beginnt um 1220 ein Studium der Philosophie und Medizin (artes et medicinae) an der Universität Padua. Ein Examen hat er jedoch offensichtlich dort nicht abgelegt. Er wendet sich mit seinem Eintritt in den noch jungen Dominikanerorden (1216 in Toulouse vom hl. Dominikus gestiftet), für den ihn der Ordensmeister Jordan von Sachsen gewinnt, dem Studium der Theologie zu, das er in Köln abschließt. Diese Stadt wird für Albert immer wieder im Laufe seines langen Lebens zur Wirkungsstätte seiner Lehr- und wissenschaftlichen Tätigkeiten.

In Köln beginnt er als Lehrer (Lektor, Lesemeister) zu wirken. Er setzt diese Tätigkeit in verschiedenen Klöstern (Hildesheim, Freiburg/Breisgau, Regensburg, Straßburg) in den Jahren 1233 bis 1245 fort. 1245 bis 1248 wirkt er als Magister an der Pariser Universität (gegründet 1206) und erwirbt dort den theologischen Doktorgrad. Im Jahr der Grundsteinlegung für den Kölner Dom richtet er dort ein „Studium generale“ seines Ordens ein (Ordenshochschule), als Vorläufer der 1388 gegründeten Universität. Von 1248 bis 1252 ist Thomas von Aquin unter seinen Schülern in Köln. Sein weiterer Weg führt ihn als Provinzial der deutschen Ordensprovinz nach Worms (1254-157), als Bischof nach Regensburg (1260-1262), auf Kreuzzugsmission als Prediger in Deutschland und Böhmen und schließlich wieder zur Lehrtätigkeit und wissenschaftlichem Arbeiten in die Dominikanerklöster zu Würzburg und Straßburg. Durch zahlreiche Reisen unterbrochen lebt und wirkt er ab 1270 in Köln. Zwei Jahre vor seinem Tod muss er wegen des Verlusts seines Gedächtnisses seine Lehrtätigkeit aufgeben. Albert wurde 1622 von Papst Gregor XV. selig und durch Papst Pius XI. 1931 heilig gesprochen und zum Kirchenlehrer erhoben.

Seine Werke zur Naturkunde

Die Werke des Albertus Magnus lassen sich nach ihrem Inhalt im Wesentlichen in vier Bereiche einteilen: philosophische, erbauliche und Predigttexte (einschließlich Bibelkommentare), theologisch-wissenschaftliche und naturkundliche Bücher.

Nur der letztere Themenkreis soll im Folgenden Gegenstand der näheren Ausführungen sein. Zu Lebzeiten gelangte das umfangreiche Wissen des Orients, vor allem der Araber und der Juden, welches auch das Wissen der griechischen Kultur einschloss, nur sehr langsam in das christliche Abendland. In dieser Zeit ist es den enzyklopädischen Arbeiten Alberts zu verdanken, dass vor allem die gesamte Wissenschaft des Aristoteles in seinen philosophischen Gedankengängen und ihrer Bedeutung in Form von Übersetzungen in das Lateinische und durch Kommentare in Europa zugänglicher wurde. Über diese Aufgabe hinaus hat er das aristotelische Wissen mit dem neu bekannt gewordenen griechischen, arabischen und jüdischen Lehren und auch mit eigenen Beobachtungen und Erkenntnissen verbunden und sich damit bis in das hohe Greisenalter sein Leben lang beschäftigt.

Die Schriften Alberts gehen über die Form von Kommentaren hinaus: Sie folgen zwar im Aufbau den bekannten griechisch-beziehungsweise arabisch-lateinischen Übersetzungen der damaligen Zeit und verwenden den Stoff des Aristoteles, zeigen aber immer wieder auch die eigene Denkweise und den persönlichen Stil des Albertus Magnus. Zu den Einzelbeiträgen von Albertus zu verschiedenen Gebieten der Naturwissenschaften, insbesondere Botanik und Zoologie, sind detaillierte und kritische Arbeiten bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts erschienen – s. in [1].

Neben seinen mineralogischen Schriften sind die Werke zur Biologie die wichtigsten und ausführlichsten. In seiner „Weltgeschichte der Wissenschaft“ [2] stellt Hans Joachim Störy zutreffend fest, dass Albert gerade in der Biologie Erfahrung genugsam zu

Gebote gestanden habe. „Im Dienste des Ordens hatte er an vielen Plätzen das Unterrichtswesen einzurichten. Der Ordensregel gemäß reiste er stets zu Fuß. Ganz Deutschland von den Alpen bis zum Meer durchwanderte er so, beobachtete Pflanzen und Tiere, besuchte Werkstätten und Bergwerke, studierte Fossilien, geologische Verschiebungen und das Leben im Meer.“

Libri de vegetabilibus

Die Grundlage der Schriften zur Botanik bildete nicht ein echtes Werk des Aristoteles, sondern eine Schrift des Griechen Nikolaus von Damaskus (geb. 64 v. Chr., zur Zeit des Herodes I.). Der griechische Schriftsteller Nikolaus von Damaskus war u.a. Lehrer der Kinder des Marcus Antonius, dann Ratgeber Herodes I. Er starb in Rom um 4. v. Chr. und hinterließ eine Weltgeschichte, eine Sammlung ethnischen Kuriositäten, eine Augustusbiographie sowie Schriften zur aristotelischen Philosophie. Sein Werk ist nur in Fragmenten erhalten geblieben. Die Bücher des Albertus mit dem Titel *De vegetabilibus libri VII* existieren in einer kritischen Ausgabe der Botaniker E. Meyer (Königsberg) und K. Jesse, die die Ausgabe 1867 vollendete.

Buch I nimmt zu allgemeinen Fragen wie Leben oder Schlafen, Bau und Gestalt, Analogie einzelner Teile zu Organen von Tieren und zur Einteilung der

Albertus magnus



Pflanzen Stellung (nach N. von Damaskus). Buch II stammt inhaltlich von Albertus selbst und darin bespricht er seine Auffassungen von der Anatomie der Pflanzen, vor allem der Blätter und Blüten. In Buch III werden dann Früchte und Samen beschrieben. Buch IV schließt wieder an die Vorlage des N. von Damaskus an und beschäftigt sich mit den Lebensvorgängen der Pflanzen, ihrer Ökologie, vor allem ihrer Abhängigkeit von Boden und Klima. In Buch V sind Alberts eigene Aussagen über die Verschiedenheiten und Übereinstimmungen der Pflanzen untereinander, ihre Veränderung durch die Kultivierung und ihre Wirkungen als Heilmittel dargestellt. In alphabetischer Reihenfolge werden in Buch VI Bäume und Kräuter im Einzelnen beschrieben. Über Ackerbau, Veredlung der Pflanzen, Ziergärten, also von Acker- und Pflanzenbau handelt schließlich mit einer Beschreibung der Nutzungsarten (Acker, Hausgarten, Obst- und Weinbau) das Buch VII nach überwiegend Alberts eigenen Kenntnissen.

Von den Werken (u.a. eine Naturgeschichte der Gewächse) des griechischen Philosophen Theophrast von Eresos (geb. um 370, gest. zwischen 288 und 285 in Athen) über die des Aristoteles (etwa 384 bis 322 v. Chr.), mit dem er 345 eine Zusammenarbeit begann, hatten alle Gelehrten die Pflanzen unter dem Gesichtspunkt ihrer medizinischen Verwendung (auch die arabischen Gelehrten) betrachtet und beschrieben. Albertus jedoch wichen erstmals von dieser Betrachtungsweise ab. Er beschrieb die Pflanzen im Einzelnen, berichtete über seine Studien zur Anatomie und Physiologie, verglich und versuchte eine erste Systematisierung der Pflanzenwelt.

In allen seinen Büchern stellt sich Albert nach Balss – s. in [1] „als der unermüdliche, vergleichende Beobachter dar, der die Pflanzen auf die Einzelheiten ihres Baues, auf ihre Umwelt und den Zusammenhang beider unter-

sucht und sich über die Bedeutung der einzelnen Organe klar zu werden sucht“ – also eigentlich als ein ganz moderner Biologe.

Manche Irrtümer sind nur aus den man gelnden Kenntnissen in der Physik und Chemie seiner Zeit zu erklären, vor allem in Alberts Physiologie der Pflanzen, und nicht aus falschen oder missgedeuteten Beobachtungen. Sein Werk *De vegetabilibus* ist wahrscheinlich vor 1256 entstanden und im 13. und 14. Jahrhundert allgemein bekannt geworden. Insgesamt werden von Albert etwa 390 verschiedene Pflanzenarten beschrieben oder zumindest genannt, darunter auch viele ausländische, als Drogen eingeführte Pflanzen bzw. Pflanzenteile.

Erst mehr als 250 Jahre später, ungefähr im ersten Drittel des 16. Jahrhunderts, erschienen zahlreiche Kräuterbücher, und nicht mehr als Handschriften sondern im Druck, deren Autoren als die „Väter der Botanik“ bezeichnet werden. [3]

Libri de animalibus

Das Originalmanuskript *De animalibus libri XXVI* ist in Köln erhalten geblieben. In ihm sind die zoologischen Werke des Aristoteles enthalten, mit einer Geschichte der Tiere, Ausführungen über Organe der Tiere. Dazu benutzte Albert die Übersetzung eines Schotten namens Michael Scott (gest. um 1235) nach einer arabischen Vorlage. Die Bücher (Kapitel) XX und XXI behandeln Themen, die wir heute unter anderem zur vergleichenden Tierphysiologie rechnen würden; es handelt sich um eigenständige Arbeiten von Albertus, obwohl sicher zeitgenössische Quellen mit benutzt wurden. Ähnlich wie das VI. Buch zur Botanik geben die Bücher XXII bis XXVI Beschreibungen der einzelnen Tierarten, in jedem Buch in alphabetischer Reihenfolge. Als Vorlage diente zum Beispiel auch ein Buch seines Schülers Thomas von Cantimpré. In den letzten fünf Büchern werden Mensch und Säugetiere, fliegende Tiere, schwimmende Tiere, kriechende Tiere und schließlich „Ungeziefer“ beschrieben. In diesen zoologischen Bänden finden wir im systematischen Teil manche Fabel oder Sage, die von Albert in ihren biologischen Inhalten auf Grund seiner eigenen Beobachtungen und Erfahrungen als falsch bezeichnet werden. Die letzteren fünf Bücher wurden auch von einem Straßburger Arzt mit Namen

In allen seinen Büchern stellt sich Albert nach Balss – s. in [1] „als der unermüdliche, vergleichende Beobachter dar, der die Pflanzen auf die Einzelheiten ihres Baues, auf ihre Umwelt und den Zusammenhang beider unter-

W. H. Ryff (Rivius) im 16. Jahrhundert ins Deutsche übersetzt.

Die Anschauungen von Albertus zur Anatomie des Menschen und zur Physiologie beruhen vollkommen auf denen des Aristoteles und sind gering auf Grund der Scheu der Griechen vor der menschlichen Leiche. Die Annahme einer Urzeugung ist wesentlicher Bestandteil seiner Lehre, wobei Albert auch die Mitwirkung der Sterne postuliert. Die eigenen Beiträge Alberts bestehen in Beobachtungen des einheimischen Tierlebens und in seinen ökologischen Ausführungen über die Zusammenhänge von Körperbau und Lebensweise. Auch erhalten wird durch seine Werke eine Reihe von Beschreibungen zu heute in Deutschland fast ausgestorbenen Tierarten wie Wildrind (Ur, Wisent) und wildes Pferd.

Bei aller Fülle konkreter Beobachtungen, die uns von Albertus mitgeteilt werden, darf man jedoch nicht vergessen, dass er in allen Gebieten auch Metaphysiker war: Prinzipien sind für ihn das Wichtigste, und die Wissenschaft ist göttlich. Trotz oder gerade wegen dieser Grundeinstellung ist seine Methode der vorsichtigen, kritischen Prüfung von Wahrheit und Fabel, beobachteter Natur und Sage besonders hervorzuheben.

Die Aufgabe, die er sich selbst gestellt hat, wird von ihm zu Beginn der Kommentare zur aristotelischen Physik folgendermaßen beschrieben:

„Es ist unsere Absicht in den Naturwissenschaften, soweit unser Vermögen reicht, die Brüder unseres Ordens zufrieden zu stellen, die uns schon seit vielen Jahren angegangen haben, dass wir ihnen ein derartiges Buch der Physik zusammenstellen, in dem sie die ganze Naturwissenschaft hätten und nach dem sie die Bücher des Aristoteles richtig verstehen könnten.“ – Diese Absicht ist für alle seine Werke gültig.

Würdigungen seines Wirkens als Naturforscher

G. v. Herthig [4] schrieb 1914: „Dies offene Auge aber für die ihn umgebende Wirklichkeit, dies liebevolle Interesse für die Natur auch im kleinen und einzelnen wird man um so höher anschlagen müssen, je mehr im übrigen

die Wissenschaft, der auch er huldigte, Bücher- und Schulwissenschaft war und blieb, und je fremder dem gemeinen Bewusstsein selbständiges Naturinteresse war, welches in den Tatsachen und Ereignissen der Außenwelt, auch wo sie nicht sofort einer Ausdeutung in moralischer und ästhetischer Absicht fähig war, einen würdigen Gegenstand aufmerksamer Beobachtung erblickte.“

Eine weitere treffende Würdigung erfuhr Albertus Magnus in der Universitätsrede des Philosophen A. Schneider zur Übernahme des Rektorats der Universität Köln 1926 [5]:

„In Albert steht der größte Gelehrte seiner Zeit vor uns; in ihm eint sich in seltener Synthese der Schwung begrifflicher Spekulation mit der Nüchterneit empirischer Beobachtungsgabe, der Scharfsinn des Intellektes mit echt deutscher gemütvoller Hingabe an die Natur, eine kaum steigerungsfähige Energie mit größer Uneigennützigkeit, der Geist der wissenschaftlichen Theorie mit der Verkörperung des sittlichen Ideals, einem reinen und makellosen Leben. Die Lehtätigkeit dieses größten deutschen Denkers des Mittelalters in Köln bezeichnet zugleich Erwachen und Beginn des Kölner Hochschullebens.“

In der Botanik beruhen seine Darstellungen zwar weitgehend auf den Kenntnissen des Klassikers Aristoteles, jedoch sind zahlreiche eigene Beobachtungen aus der deutschen Flora in seinen Werken zu finden. Im 19. Jahrhundert wird er vom Königsberger Botaniker Ernst H. F. Meyer als ein Vorläufer Linnés bezeichnet. Seine Arbeiten reichen von der Flora über die Systematik bis zur Morphologie und Physiologie. Der Klostergarten in Köln ist sicher auch als sein Experimentierfeld anzusehen. Seine Schilderungen sind sehr gegenständlich und verständlich gehalten; immer wieder steht die praktische Bedeutung im Vordergrund.

Alberts Zoologie ist über das Wissen Aristoteles hinaus eine praktische Tierlehre und Tierbeobachtung. Für die damalige Zeit ist hier immer wieder seine Methode der vorsichtigen Prüfung und Unterscheidung zwischen tatsächlichen Gegebenheiten und Fabeln oder Sagen hervorzuheben. Formulierungen in seinen Werken wie „ich habe nachge-

forscht bei Bauern, Fischern und Vogelstellern“, oder „ich selbst habe das nicht wahrgenommen“ sowie „ich selbst habe fleißig beobachtet“ [6], weisen ihn als einen kritisch beobachtenden Naturforscher seiner Zeit aus.

Als Beobachter auf den Gebieten der Anatomie, der Missbildungslehre und der Ökologie wird er von Balss [6] als Naturforscher der ersten Reihe bezeichnet, als Theoretiker jedoch als weniger selbstständig eingeschätzt. Von Zau nick – s. in [1] – wird er eine Prä-Renaissance-Zoologe genannt, der seiner Zeit weit vorausgeile sei. Unsere Zeit verdankt Albertus Magnus eine einzigartige Kulturgeschichte der Naturwissenschaften des Mittelalters mit ihren Wirkungen bis in die Neuzeit.

(Die Texte dieses Beitrages stammen überwiegend aus dem 1981 veröffentlichten Beitrag des Autors zum 700. Todestag des Albertus Magnus.)

LITERATUR

[1] SCHWEDT, G.: Zum 700. Todestag von Albertus Magnus. Sein Wirken und Wissen als Naturforscher des Mittelalters, Naturwiss. Rdsch. 34 (5), 181-187 (1981)

[2] STÖRIG, H. J.: Kleine Weltgeschichte der Wissenschaft, Frankfurt am Main 1982

[3] HEILMANN, K. E.: Kräuterbücher in Bild und Geschichte, Reprint Verlag Köhl, Grünwald bei München 1964

[4] HERTHIG, G. v.: Albertus Magnus. Beiträge zu seiner Würdigung (Beiträge zur Geschichte der Philosophie des Mittelalters. Texte und Untersuchungen Bd. XIV, Heft 5-6), Münster 1914

[5] SCHNEIDER, A.: Albertus Magnus, sein Leben und seine wissenschaftliche Bedeutung. Kölner Universitätsreden 16, Köln 1927.

[6] BALSS, H.: Albertus Magnus als Biologe. Große Naturforscher Band 1, Stuttgart 1947

AUTOR UND KONTAKT

Univ.-Prof. Dr. Georg Schwedt
Technische Universität Clausthal
Institut für Anorganische und Analytische Chemie
Paul-Ernst-Str. 4
D-38678 Clausthal-Zellerfeld
georg.schwedt@t-online.de



Der Konstruktivismus, die didaktische Konstruktion und die Biologie.

Konstruktivismus bzw. diverse Konstruktivismen haben in den letzten Jahren eine beträchtliche Konjunktur erfahren. Von den Neurowissenschaften über die gesamte Kognitionsforschung bis hinein in die Sozialwissenschaften werden bzw. wurden unterschiedliche Facetten konstruktivistischen Denkens entwickelt.

MANFRED WIMMER

Auch in der Pädagogik wird Konstruktivismus bereits seit den 80er Jahren diskutiert - wie beispielsweise im Rahmen der „systemisch – konstruktivistischen Didaktik“ (vgl. dazu Peterssen 2000) Für die „neue“ Lernkultur fungiert konstruktivistisches Denken oft als implizite Leitidee und zahlreiche Begrifflichkeiten aus dem Bereich des Konstruktivismus wurden dabei in die blühende, vielfach leuchtend glänzende pädagogische Semantik eingebaut.

Vorausschickend sei betont, dass der Konstruktivismus keine einheitliche Schule bzw. Denkrichtung darstellt. Eher handelt es sich dabei um ein ungemein vielfältiges Diskursfeld, welches sich bis in die antike Philosophie hinein zurückverfolgen lässt. Das Spektrum reicht von der Biologie (Bertalanffy, Maturana) und Neurobiologie (Roth) über die Entwicklungspsychologie (Piaget) hin zur Soziologie (Luhmann) und Wissenschaftstheorie (Küppers).

Da Konstruktivismus als schillernder, unscharfer Begriff mit seinen vielschichtigen biologischen, wissenschaftstheoretischen, psychologischen und soziologischen Implikationen oftmals sehr plakativ - schwammig verwendet wird (vgl. dazu Giese 1999), sollen hier vorerst die allgemeinen und elementaren Gehalte aufgezeigt werden. Dabei wird vor allem auf das Werk Piagets wie auch auf die Überlegungen des „Radikalen Konstruktivismus“ Bezug genommen.

Eine für alle Formen des Konstruktivismus grundlegende Leitidee bezieht

sich auf die basale erkenntnistheoretische Grundrelation Subjekt – Objekt, bzw. Wissen (Erkenntnis) – Realität. Dahingehend wird jegliche Form von Abbildtheorie (Korrespondenztheorie) des Erkennens, die besagt dass Wissen eine Form von Kopie bzw. Abbild der Realität liefert, strikte abgelehnt. Beispielsweise dafür die Position des „naiven Realismus“ die darin zum Ausdruck kommt, Wissen dann als zutreffend bzw. wahr zu bezeichnen, wenn dieses in Übereinstimmung mit der Realität steht. Diese Sichtweise wird vom Konstruktivismus ebenso rigoros abgelehnt, wie auch die Möglichkeit jeglicher Form von Objektivität bestritten wird. Der Status von Wissen bzw. Erkennen wird radikal subjektiviert und dem erkennenden Subjekt wird die zentrale Rolle im Erkenntnisprozess zugesprochen.

Damit wird auch jene Idee der Übertragung von Wissen obsolet, die darin besteht, Inhalte vorzutragen die durch die Adressaten aufgenommen und entsprechend wiedergegeben werden. („Nürnberger Trichter Idee“ – (zur Kritik daran vgl. Roth 2004)

Dem gegenüber steht die Annahme, dass Lernen einen konstruktiven Prozess darstellt, in dem das lernende Subjekt das Wissen, die Bedeutungen etc. selbst erzeugt und organisiert. Die externen Einflüsse wirken dabei bloß als „Anstoßgeber“. Dies mag auf den ersten Blick für alltägliches pädagogisches Handeln und Selbstverständnis als reichlich kontraintuitiv erscheinen, besteht dieses doch vor allem darin, Inhalte, Bedeutungsgehalte, Theorien, Ideen etc. vorzustellen, in der Erwartung dass diese entsprechend aufgenommen und wiedergegeben werden können.

Wie weit konstruktivistische Überlegungen hier eine wirklich Alternative beinhalten soll in den folgenden Überlegungen dargestellt werden.

Erwähnt sei hier noch das extrem pragmatische Wissenschaftskonzept des Ra-

dikalnen Konstruktivismus welches in folgendem Zitat prägnant zum Ausdruck kommt: „Wissenschaft dient der Sicherung der Autopoiese, der Optimierung unserer Lebensbedingungen und der langfristigen Sicherung des Überlebens der Art.“ (Schmidt 1987, S37-38)

Damit wird jegliche Form ontologischer Problemstellungen strikt ausgeklammert. Die Frage nach einem objektiven Gegenstand der Erkenntnis bzw. nach jeglicher Form von Wahrheit ist aus dieser Perspektive insofern obsolet, als es keine solchen Gegenstände jenseits der Logik des jeweiligen beschreibenden Systems (des Erkennenden) gibt.

Dies bedingt die ethische Konsequenz, dass keinerlei letztverbindliche Berufungsinstanzen unseres Tuns und Entscheidens jenseits des Subjekts gegeben sind, womit diese Form der Ethik im Bereich der Individual- und Diskursethik angesiedelt werden kann. (vgl. dazu Lindemann 2006, S189f; Rusch/Schmidt 1995)

Hier sollen nun nicht all die sehr weitreichenden Hintergründe und Implikationen konstruktivistischen Denkens dargestellt werden. Versucht wird im Folgenden eine ansatzweise Klärung der zentralen Gehalte anhand der Wurzeln konstruktivistischen Denkens im Bereich der Systemtheorie, der Biologie und der Hirnforschung mit der zugrunde liegenden Absicht die inflationäre Verwendung dieses Begriffes in dafür nur bedingt geeigneten Zusammenhängen zu reduzieren und eine kritische Distanz zu manchen leichtfertigen Anwendungen zu schaffen.

Systemtheorie

Hier soll vor allem auf Jean Piagets „genetische Epistemologie“ als Variante eines systemtheoretischen Konstruktivismus eingegangen werden. Piagets kognitions- und entwicklungspsychologische Untersuchungen haben die derzeitige Sichtweise von Kognition und der kognitiven Entwicklung grundlegend geprägt. Es ist dabei wichtig zu

betonen, dass seine empirischen Arbeiten immer im Rahmen fundierender erkenntnistheoretischer Überlegungen standen, die in der sog. „genetischen Epistemologie“ ihren Niederschlag fanden. (Piaget 1973) (1)

Keinesfalls im Zusammenhang mit Genen im biologischen Sinne zu sehen ist. Im Rahmen der „genetischen Epistemologie“ ist „Genese“ bzw. „genetisch“ immer auf Entwicklungsprozesse bezogen. (vgl. dazu Fetz 1988)

Die dort vorgenommenen grundlegenden Analysen kognitiv - konstruktiver Prozesse (vor allem im Bereich der Ontogenese) vermögen einige Klärungen in die vielfach verwirrenden Debatten rund um den Konstruktivismus zu bringen. (vgl. dazu vor allem Piaget 1967, 1972, 1976) Die Piagetsche Variante des Konstruktivismus hat solide biologische Grundlagen die vor allem aus der System- und Gleichgewichtstheorie von Bertalanffy herzuleiten sind. (Bertalanffy 1968)

Als zentral erweist sich dabei die These, dass Konstruktion bzw. konstruktive Prozesse immer im Zusammenhang mit Gleichgewicht und Störungen des Gleichgewichtes eines Systems bzw. einer Struktur auftreten. Nun mag die Rede von System bzw. Struktur und deren Gleichgewichtsstörungen etwas vage und abstrakt erscheinen. Vorerst ist es ausreichend unter einem System bzw. einer Struktur ein interagierendes Gefüge von Einzelementen zu verstehen, wobei sich jegliche Veränderung eines Systemelements auch auf das Gesamtsystem auswirkt. Dabei unterliegt das System Gesamtgesetzen (übergeordneten Prinzipien) die aus den Einzellementen nicht direkt ableitbar sind. Darin mag einer der Hintergründe des Satzes: „Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile“ liegen.

Hinsichtlich der Systemdynamik sind Begriffe wie zirkuläre Kausalität versus lineare Kausalität sowie positives und negatives Feedback zentral.

Systeme sind jeweils in entsprechende Ober- und Untersysteme eingebettet. So besteht beispielsweise das Verdauungssystem aus zahlreichen Untersystemen (Magen, Dünndarm etc.). Als Ober- system steht der Gesamtorganismus, der sich wiederum innerhalb von Sozietäten und Ökosystemen etc. befindet.

Für Piaget gehen die kognitiven Systeme (als Denk- und Wissensstrukturen) genetisch aus den organischen Systemen hervor, wobei hier – und darauf sei noch einmal verwiesen - genetisch

ihm „bewältigt“ – in Piagets Terminologie „assimiliert“ - werden können) - ist einer Art von Störung ausgesetzt. Störungen können mit zwei Strategien beantwortet werden: Ausblenden des Störelementes (alle möglichen Formen der Verdrängung, Verleugnung, Verzerrung etc.) oder mit dem Versuch der Integration der neuen Elemente in die bereits etablierte Struktur. Letzteres ist der hier interessierende Fall, in dem auch die Kernelemente des Piagetschen Konstruktivismus zur Geltung kommen.

Dabei führen jene Störungen des Gleichgewichtes, die durch den Versuch der Integration neuer Elemente in die etablierten Strukturen hervorgerufen wurden, zu einer Reorganisation des gesamten Strukturgefüges. Diese Form der Reorganisation ist es nun, die zu neuen Strukturen (bzw. komplexeren Strukturniveaus) führt und damit die Integration (in Piagets Terminologie die Assimilation) der „neuen“ Elemente in die Struktur möglich macht. Dabei geht „...der konstruktive Prozess ... voraus, und die Regulation als Kontrolle wirkt in die umgekehrte Richtung zurück. Der proaktive und der retroaktive Prozess sind allerdings nicht voneinander zu trennen.“ (Piaget 1967, S207)

Konstruktion und Regulation stellen dabei zentrale Momente dar, wobei erstere (das „innovative“ Moment) gewissermaßen die neue Systemebene generiert, während letztere (das „konervative“ Moment) dafür steht Kontinuität, d.h. Verträglichkeit mit den bereits etablierten Strukturniveaus zu garantieren. (Piaget 1976, S36f)

Dabei wird ersichtlich, dass das Reagieren auf Störungen produktiven Charakter insofern aufweist als es dabei nicht nur darum geht bereits etablierte Strukturniveaus wieder zu erreichen, sondern hier neue Strukturen, die flexiblere und offenere Formen des Gleichgewichtes ermöglichen, zu etablieren. Eines der zentralen Kennzeichen der Strukturgenese liegt nach Piaget darin, dass die jeweils neuen Strukturen ein breiteres Spektrum an potenziellen Stimuli verarbeiten (assimilieren) können und dabei auch jeweils bessere und effektivere Formen des Reagierens auf Gleichgewichtsstörungen aufweisen. (vgl. dazu Wimmer 1998, S242f)



Piaget

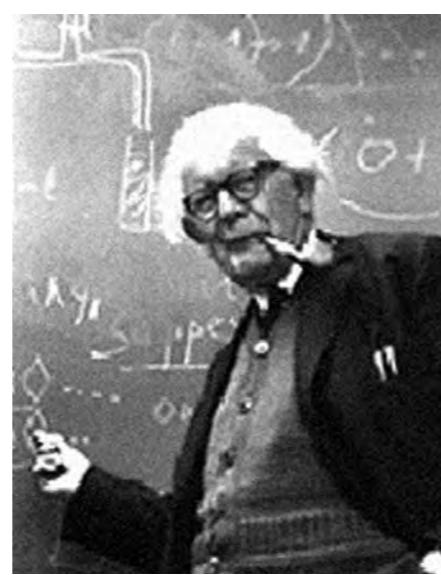
Vorausgesetzt sind dabei folgende Momente:

- Die Strukturen weisen so etwas wie ein inhärentes Aktivitätsbedürfnis auf, was auch in Piagets intrinsischer Motivationstheorie zum Ausdruck kommt. In diesem Zusammenhang können auch manche Resultate der modernen Gehirnforschung interpretiert werden, wonach das Gehirn gleichsam eine Art „Informationshunger“ aufweist und damit ständiger Anreize aus der Umwelt bedarf. Dabei ist die Rede von einem „fragenden Dialog“ des Systems Gehirn mit der Umwelt. (Singer 1992, S50ff)

Dies würde für schulische Belange die optimistische These beinhalten, dass kognitive Strukturen auch von sich aus zu Aktivität drängen, d.h. motivierende Faktoren nicht nur external (Notendruck etc.) bedingt sind. Eine der Voraussetzungen dazu wäre wohl der Anreizcharakter der Aufgabensituation, wie auch die Art des Diskrepanzerlebens zwischen etablierten Wissensstrukturen und neuen Elementen. (s.u.)

- Es besteht die systeminterne Tendenz zu stabileren Gleichgewichtszuständen des gesamten kognitiven Systems – dies mit entsprechend größerer Reichweite der Strukturen, wobei anzumerken ist, dass mit größerer Reichweite auch die Störanfälligkeit höher ist und die entsprechenden Kompensationsmechanismen (zur Gleichgewichtserhaltung und Herstellung) besser ausgebildet sein müssen.

Leider ist hier nicht Raum um auf die vielfältigen Facetten des Piagetschen



Konstruktivismus einzugehen. Für pädagogisches Tun zentral ist dabei die Annahme, dass sich jede Struktur in ihrem Wachstum immer nur auf ihre eigenen Vorbedingungen und Aktivitäten beziehen kann. In diesem Sinne erweist sich der Piagetsche Konstruktivismus als voll kompatibel mit didaktischen Überlegungen, die von „Eigenaktivität“, „Eigenverantwortung“, „Lernhandeln“ etc. ausgehen. (vgl. dazu Piaget 1972) Nur eigenes Tun führt zu einer echten strukturellen Erweiterung der kognitiven Grundlagen – und damit eine entsprechende Eigenaktivität überhaupt entsteht muss vorher eine massive Störung des vorhandenen Strukturgefüges vorhanden sein. Diese Störung kann als Widerspruch, Hindernis, Befremdung u. dgl. mehr erfahren werden – wichtig ist dabei, dass eine Struktur eine gewisse Form von Defizienz erfährt um zu kompensatorischen Aktivitäten zugelangen.

Im Rahmen diverser Didaktiken finden sich dazu entsprechende Konzepte wie „optimale Diskrepanz“ (Aufschnaiter et al. 1992, S421), „Irritation als Plan“ (Bardmann et al. 1991; Schülert 2002) bzw. „Konfliktinduzierung“ (Draschoff 2000).

Die jeweils neuen Strukturniveaus, die hier (ontogenetisch) entstehen, gründen auf den vorangegangenen Entwicklungsstufen, welche die Variationsbreite der darauf aufbauenden Niveaus beschränken. Dahingehend ist keine beliebige Form der Weiterentwicklung möglich, sondern es existieren Rahmenbedingungen (constraints), innerhalb deren sich Entwicklungsprozesse vollziehen können.

„Es ist eine Tatsache, dass sich eine Struktur mit Notwendigkeit und im wesentlichen auf endogenem Weg als Produkt fortschreitender Äquilibrium aufzuwenden kann, ohne deshalb in ihrem Inhalt erblich programmiert zu sein.“ (Piaget 1967, S324)

In diesem Sinne (und auch noch innerhalb anderer Zusammenhänge) kann man Piaget nicht als radikalen Konstruktivisten bezeichnen, sondern eher als „genetischen Konstruktivist“. (dazu auch Seiler 1994, S84; Anm. 1) Die interne Entwicklungslogik des kognitiven Systems bedingt also gewisse strukturelle, allgemeine „Notwendigkeiten“. Dabei können bestimmte kognitive Entwicklungs niveaus auch jeweils ganz spezifische soziokulturelle Ausprägungen erfahren, was deutlich macht, in welch intensiver Weise hier interne (entwicklungs dynamische) und externe (soziokulturelle) Faktoren zusammen wirken. (vgl. dazu Hallpike 1990, 59f; 119ff)

Eine kurze Anmerkung zum „Lernhandeln“ und zur vielerorts geforderten Konkretisierung von Lerninhalten erscheint hier angebracht. Schon der Begriff „Lernhandeln“ ist problematisch und kann leicht zu diversen Missverständnissen führen. Redet man vom Lernhandeln und entsprechend konkreten Aufforderungsgehalten von Aufgabenstellungen etc. (vgl. dazu Amrhein 2006, S34f), so ist damit nach Piaget eine kognitive Aktivität im Bereich der sog. konkreten Operationen eingefordert. Das heißt, es handelt sich um ein eher anschauungsgebundenes Problem, welches mit Hilfe konkreter Aktivitäten

(„Handeln“) angegangen werden soll. Mit der Etablierung abstrakter kognitiver Fähigkeiten (bei Piaget handelt es sich hier um die sog. „formalen Operationen“) erscheint die vielfach umfassend postulierte Anbindung an Konkretes nicht mehr unbedingt angebracht. Auch hier ist es notwendig, die jeweiligen kognitiven Strukturniveaus auseinander zu halten und die trendige, umfassend eingeforderte „Konkretisierung“ und „Lebensnähe“ kritisch zu betrachten. Es ist ein essenzielles Merkmal von Wissenschaft, auf entsprechend hohen Abstraktionsniveaus zu operieren und wenn es Aufgabe der Schule sein soll Schülern und Schülerinnen wissenschaftliches Denken nahe zu bringen, so erscheint die oft konstatierbare generelle Ablehnung abstrakter Niveaus völlig unangebracht. (vgl. dazu Oesterdiekhoff 1997, S61)

„Westliche Adoleszenten beherrschen, was neunjährige Westler und erwachsene Analphabeten nicht können. Dies ist ein eindeutiger Beleg für die strukturelle Transformation des Denkens von empirischen zu logischen Deduktionen. Konkrete Operationen sind eine Logik der Fakten, formale Operationen sind eine Logik der Aussagen und der Operationen selbst.“ (Oesterdiekhoff 1997, S78)

Damit soll nur angedeutet werden, dass externe Einflussgrößen offensichtlich nicht ganz bedeutungslos sind und wohl auch hinsichtlich der Vermittlung abstrakter wissenschaftlicher Theorien (wie beispielsweise der Evolutionstheorie) auf gewisse Formen der Instruktion nicht verzichtet werden kann.

„Gedanken ohne Inhalt sind leer, Anschauungen ohne Begriffe sind blind. Daher ist es ebenso notwendig, seine Begriffe sinnlich zu machen (d.i. ihnen den Gegenstand in der Anschauung beizufügen), als, seine Anschauungen sich verständlich zu machen (d.i. sie unter Begriffe zu bringen)“. (Kant 1977, S98)

Zweifellos bedarf ein wissenschaftlich gefasster Begriff eines gewissen empirischen Korrelates, jedoch bedarf auch die reine Empirie der begrifflichen Verfassung und die Frage wieweit diese durch autonom - autopoietische Konstruktionen gewährleistet sein soll (s.u.) sei hier vorerst nur in den Raum gestellt. Der im Rahmen didaktischer Überlegungen (in Anlehnung an den Konstruktivismus) vielfach eingeforderte Wandel der Lehrerrolle von derjenigen des Vermittlers von Wissen zu einem Lernbegleiter, Berater oder Coach geht dabei von der Annahme aus, dass sich aus der Eigenaktivität der Lernenden Wissenstrukturen (auch abstrakt symbolischer Art) gleichsam von selbst einstellen bzw. diese autonom konstruiert werden. Ob dies im Bereich abstrakt

Lebende Systeme sind dabei durch die „Zirkularität“ gekennzeichnet: In der materialen und funktionalen Organisation beziehen sich Organismen ausschließlich auf systeminterne Komponenten und deren Aufrechterhaltung.

– symbolischer Dimensionen ohne konkrete Vermittlungs- und Interventionsprozesse vorstatten gehen kann sei hier bezweifelt. (s.u.)

Kulturvergleichende Studien, welche die von Piaget postulierten Stadien der kognitiven Entwicklung in anderen kulturellen Kontexten untersuchten, bestätigen zwar die Abfolge der ersten beiden Stadien (vor allem des sensorischen und praoperationalen). Jedoch zeigte sich dabei auch dass die sog. „formalen Operationen“ nur durch die spezifischen intellektuellen Anforderungen schulisch – kultureller Art entstehen. (vgl. dazu Oesterdiekhoff 1997, S61)

„Westliche Adoleszenten beherrschen, was neunjährige Westler und erwachsene Analphabeten nicht können. Dies ist ein eindeutiger Beleg für die strukturelle Transformation des Denkens von empirischen zu logischen Deduktionen. Konkrete Operationen sind eine Logik der Fakten, formale Operationen sind eine Logik der Aussagen und der Operationen selbst.“ (Oesterdiekhoff 1997, S78)

Damit soll nur angedeutet werden, dass externe Einflussgrößen offensichtlich nicht ganz bedeutungslos sind und wohl auch hinsichtlich der Vermittlung abstrakter wissenschaftlicher Theorien (wie beispielsweise der Evolutionstheorie) auf gewisse Formen der Instruktion nicht verzichtet werden kann.

Biologie

Eine zweite Wurzel konstruktivistischen Denkens kommt aus der Biologie, wo bei hier besonders auf den chilenischen Biologen U. Maturana zu verweisen ist. Maturana prägte den Begriff der Autopoiese. (griech. autos=selbst; poiein=machen) (Maturana/Varela 1979, Maturana 1982) Es handelt sich dabei um den Versuch einer allgemeinen Theorie lebender Systeme, die – als sog. autopoietische Systeme gefasst - folgende Kennzeichen aufweisen: Sie sind selbst erzeugend, selbstorganisierend, selbstreferenziell und selbstverhaltend. (vgl. dazu Schmidt 1987, S22; Maturana 1987, S94ff)

Lebende Systeme sind dabei durch die „Zirkularität“ gekennzeichnet: In der materialen und funktionalen Organisation beziehen sich Organismen ausschließlich auf systeminterne Komponenten und deren Aufrechterhaltung.

Jedes System ist dabei zwar in ein Medium (die jeweiligen Umgebungsbedingungen) eingebettet und dahingehend informationell und energetisch offen, jedoch ist die Wirkung bzw. Einwirkung der jeweiligen Umgebungsbedingungen vollständig durch die Struktur des autopoietischen Systems bestimmt. „Wenn ein struktur-spezifiziertes (autopoietisches M.W.) System in eine Interaktion mit einer unabhängigen Einheit eintritt, dann ist alles, was ihm zustößt, durch seine Struktur spezifiziert und nicht durch die unabhängige Einheit, die in der Interaktion lediglich als Auslöser für Strukturveränderungen des Systems dient.“ (Maturana 1987, S93)

Insofern wirken diverse Einflüsse der Umgebungsbedingungen nicht instruierend sondernd als Störungen (Perturbationen), d.h. „... struktur-spezifizierte Systeme machen keine ‘instruktiven’ Interaktionen durch.“ (Maturana 1987, S94)

Die Reaktion auf diese Perturbationen wird dabei ausschließlich durch strukturinterne Komponenten festgelegt. Die zentrale Idee sei hier noch einmal herausgestellt: Externe Einflüsse wirken also in keiner Weise instruierend – förmend auf die Strukturen die mit ihnen interagieren, sondern nur als völlig unspezifische Gleichgewichtsstörungen, denen einzig durch systeminterne Kriterien begegnet wird. Dahingehend gibt es also keinerlei Anpassungen an externe Gegebenheiten, bzw. „optimale“ Lösungen. (3)

Diese Überlegungen bedingen eine strikte Ablehnung jeglicher Form von abbildungstheoretischen Annahmen im Bereich der Erkenntnistheorie. Erkennen im weitesten Sinne kann demnach nicht eine Form von Abbildung externer Gegebenheiten sein, sondern Erkennen ist immer ein aktiver, konstruktiver und selbstorganisierender Prozess.

Auch die im Rahmen der „Evolutionären Erkenntnistheorie“ postulierte Form der „Passung“ von organischen oder auch kognitiven Strukturen auf Realitätsstrukturen wird aus dieser Perspektive verworfen und mit dem Konzept der „Viabilität“ interpretiert. Dieses geht davon aus, dass sowohl kognitive wie auch organische Strukturen nie die Realität abbilden, sondern einzig gangbare (viabile) Strategien schaffen um effektives

Handeln bzw. Überleben zu gewährleisten. (vgl. dazu v. Glaserfeld 1989, S125) Die Bewertung der jeweiligen Effektivität bzw. des „Erfolges“ dieser Strategien resultiert einzig aus der Wahrnehmung bzw. Interpretation des Beobachters.

Neurobiologie

Aus der Fülle von Überlegungen in diesem Bereich sollen nur die wichtigsten herausgegriffen werden.

Da ist einmal jenes phylogenetische Argument bedeutsam, welches davon ausgeht, dass sich im Rahmen der Evolution der Wirbeltiergehirne nicht so sehr die sensorischen Eingangskanäle gewandelt haben, sondern vor allem die Zwischenneurone (sekundäre und tertiäre Verarbeitungsregionen) eine gewaltige Steigerung erfuhren.

„So besitzt der optische Nerv, der ja den visuellen Eingang ins Gehirn darstellt, beim Frosch rund 500 000 Fasern. Beim Menschen sind es etwa eine Million. Aber während das Froschgehirn nur wenige Millionen Gehirnzellen hat, besitzt das menschliche Gehirn ungefähr eine Billion Zellen. Das heißt, dass sich die primäre Sensorik innerhalb der Wirbeltierevolution nur sehr unwesentlich gesteigert hat.“ (Roth 1987, S246)

Was im Verlauf der Phylogenetese wesentlich erweitert wurde, sind die internen Bewertungs- und Interpretationsareale. Das legt die Annahme nahe, dass im Verlauf der Evolution nicht so sehr der Passungscharakter der Wahrnehmung entscheidend war, sondern eher die organismusinternen Abstimmungs-, Interpretations- und Verarbeitungsprozesse.

Ein weiteres Argument des neurobiologischen Konstruktivismus gründet auf der simplen Voraussetzung, dass alles (abgesehen von Veränderungen im Bereich der Neurotransmitter und diverser Hormone), was sich innerhalb des Nervensystems abspielt, als das Klicken von Aktionspotenzialen klassifiziert werden kann (H.v. Foerster). Dabei wird die Spezifität des jeweiligen Reizes durch die Übersetzung in den sog. „neuronalen Code“ (das Klicken) aufgehoben. Damit spielt sich im Sehnerv organisch – physiologisch nichts anderes ab als im Riechnerv, d.h. die „Sprache“ des Nervensystems ist an sich bedeutungsneu-

tral. Trotzdem führt die Aktivität dieser Systeme zu jeweils qualitativ völlig unterschiedlichen Erfahrungen – was vor allem durch den Ort der Verarbeitungsprozesse im Gehirn zustande kommt. Informationen, die beispielsweise im Hinterhauptsappen verarbeitet werden, werden immer als optische Sensationen klassifiziert.

Ein weiteres zentrales Charakteristikum des Gehirns und seiner Aktivitäten ist nach Roth die sog. Selbstreferenzialität. Darunter versteht man eine Form von Autonomie des Systems, die darin zum Ausdruck kommt, dass die Zustände bzw. Zustandssequenzen des Systems nicht von außen steuerbar sind. Das System kann zwar durch externe Ereignisse beeinflusst werden, was jedoch einen Einfluss ausübt und wie damit umgegangen wird, bestimmt das System selbst. (vgl. dazu Roth 1987, S241)

Als Besonderheit des menschlichen Gehirnes gilt nun die sog. semantische Form der Selbstreferenzialität.

„Zugleich ist das Gehirn ein semantisch selbstreferentielles oder selbsexplikatives System: es weist seinen eigenen Zuständen Bedeutungen zu, die nur aus ihm selbst genommen sind. So kann es nur nach internen Kriterien entscheiden, ob die Erregungszustände, die es in sich erfährt, Ereignisse der äußeren Welt, des Körpers oder des psychisch-geistigen Bereichs sind und welche speziellen Bedeutungen diese Ereignisse haben.“ (Roth 1987, S241)

Innerhalb dieses selbstreferentiellen Systems Gehirn werden drei Bereiche – die alle von diesem System generiert werden – unterschieden: Umwelt, Körperwelt und Ich-Welt. (Roth 1992, S319f)

Dabei entspringt die Umwelt einer Art neuronaler Aktivität deren Ursprung das neuronale System als außerhalb seiner selbst liegend interpretiert (Objekte, Szenen etc.). Die Körperwelt ist normalerweise relativ strikte von der Umwelt abgegrenzt und wird vom neuronalen System auf eigene Körpererfahrung rückgeführt – wie etwa Schmerzen, Bewegungswahrnehmung etc.

Zur Ich – Welt zählen Gedanken, Vorstellungen und Erinnerungen. Sie stellt eine „mentale“ Welt dar, die das neuronale System als „unkörperlich“ interpretiert. Alles zusammen konstituiert das was

wir gemeinhin unter phänomenaler Wirklichkeit verstehen, und es ist wichtig zu betonen, dass in konstruktivistischer Lesart alle drei Bereiche aus der permanenten Aktivität des kognitiven Systems entspringen.

Didaktik und Konstruktivismus

Hinsichtlich der Anwendungen konstruktivistischer Überlegungen auf didaktische Bereiche ergeben sich manche Probleme, die abschließend kurz thematisiert werden sollen.

- Wie steht es um die Anwendung konstruktivistischer Didaktik in Bezug auf völlig neue und vor allem abstrakt – symbolische Inhalte?

Wie weit kann beispielsweise die Formulierung des „kategorischen Imperativs“ bzw. der allgemeinen Relativitätstheorie ohne jegliche direkte Vermittlung bzw. Instruktion funktionieren? Ist ein Hinführen zu den abstrakteren Inhalten der Evolutionstheorie aus dem „Handlungswissen“, den unmittelbaren Anschauungen bzw. aus einem „selbstgesteuerten Lernen“ heraus möglich?

Wenn man davon ausgeht, dass sich Lernen immer zwischen den Polen der Selbst- und der Fremdsteuerung vollzieht, so stellt sich die Frage, ob man bei allen vermittelten Inhalten dem von der konstruktivistischen Didaktik eingeforderten Primat der Selbststeuerung gerecht werden kann. Hier wäre wohl eine Differenzierung insofern sinnvoll, als es von den jeweiligen Inhalten abhängt, in welchem Ausmaß Selbst- bzw. Fremdsteuerung angebracht erscheint. Dabei zeigt sich vor allem im symbolisch – abstrakten Bereich, dass menschliche Kognition evolutionär darauf hin ausgerichtet ist, die vielfach ausufernde Produktivität und Konstruktivität durch soziale constraints (Rahmenbedingungen) in gewisse soziokulturell vorgegebene Bahnen zu lenken und es hier zu intellektuellen „Ko-Konstruktionen“ der Wirklichkeit kommt. (vgl. dazu Furth 1990, u.a. S138f)

- Ein für schulische Belange schwerwiegendes Problem – vor allem in Bezug auf den Radikalen Konstruktivismus – bezieht sich auf die Überprüfbarkeit von Wissen.

Wie weit ist dann noch die Unterscheidung zwischen „richtig“ und „falsch“ gerechtfertigt? Tritt an deren Stelle

dann das Kriterium „eigenständiges Konstrukt“, welches per se „richtig“ ist?

- Ein weiteres kritisches Moment kann aus den phylogenetischen Rahmenbedingungen (den Vorbedingungen) kognitiver Funktionen abgeleitet werden. Spricht man dabei den evolutiven Einflüssen keinerlei formende Eigenschaften zu (wie dies beim Radikalen Konstruktivismus der Fall ist), so müssen diesen trotzdem zumindest negative Einflüsse in dem Sinne zuerkannt werden, als dasjenige aus der Natur hinausgewiesen wird, was nicht passt. Die Natur kann „Nein“ sagen und in diesem Sinne kommt es (durch Selektion) zu einer Einschränkung des Möglichkeitsraumes diverser Konstrukte, die in dem jeweiligen Systemgedächtnis (z.B. den Genen) abgespeichert wird. (vgl. dazu Treml 2004)

„Die operative Geschlossenheit autopoiетischer Systemprozesse ist also indirekt, durch die angesammelten Erfahrungen, mit ihrer Umwelt verbunden.“ (Treml 2004, S236)

Als weitere Facette des sog. Systemgedächtnisses (ontogenetischer wie auch phylogenetischer Art) gelten die affektiven Komponenten kognitiver Aktivitäten. Bewertungsvorgänge, Bedeutungsverleihungen sowie basale motivationale Prozesse sind wesentlich an jeder Form konstruktiver Aktivität beteiligt und lassen sich überwiegend auf stammesgeschichtlich „alte“ Hirnregionen (das limbische System) zurückführen. (vgl. dazu Wimmer 2005) Die Einflüsse auf die jeweiligen kognitiven Aktivitäten sind beträchtlich und stellen unabdingbare Vorbedingungen dar, aus denen heraus jedes autopoietische System operiert und die den Konstruktionsprozessen gewisse Rahmenbedingungen auferlegen.

Hinsichtlich einer Analyse des Wissenserwerbes und daraus resultierender didaktischer Konzeptionen erweisen sich zahlreiche Überlegungen des Konstruktivismus zweifellos als produktiv und fruchtbar. Die Sichtweise von Lernprozessen als aktiven, überwiegend selbstgesteuerten Prozessen, in denen aus jeweils individuellen Vorbedingungen heraus spezifische Bedeutungs- und Wissenshorizonte konstruiert werden, entspricht einem Menschenbild, wel-

ches in hohem Maß von Autonomie und Eigenverantwortung getragen ist. Lehren kann dahingehend – gemäß Thomas von Aquin – immer nur bedeuten im Schüler durch dessen eigene Vernunfttätigkeit Wissen zu bewirken. (4)

(5) Das vollständige Zitat lautet: „Man braucht in der Tat gar nicht sehr tief in konstruktivistisches Denken einzudringen, um sich darüber klar zu werden, dass diese Anschauung unweigerlich dazu führt, den denkenden Menschen und ihn allein für sein Denken, Wissen, und somit für sein Tun verantwortlich zu machen. Heute, da Behavioristen nach wie vor alle Verantwortung auf die Umwelt schieben und Soziobiologen einen großen Teil auf die Gene abwälzen möchten, ist eine Lehre ungemein, die andeutet, dass wir die Welt, in der wir zu leben meinen, uns selbst zu verdanken haben.“ (v. Glaserfeld 1995, S17)

LITERATUR

- AUFSCHNAITER S.V./FISCHER H.E./SCHWEDES H. (1992): Kinder konstruieren Welten. Perspektiven einer konstruktivistischen Physikdidaktik. In: Kognition und Gesellschaft. Der Diskurs des Radikalen Konstruktivismus 2. Hrsg: Schmidt S.J. Suhrkamp: Frankfurt/Main
- BARDMANN TH.M. et al. (1991): Irritation als Plan. Konstruktivistische Einredungen. Aachen
- BERTALANFFY L.v. (1968): General systems theory: Foundation, development, application. Braziller: New York
- DRASCHOFF S. (2000): Lernen am Computer durch Konfliktinduzierung. Münster
- FETZ R.L. (1988): Struktur und Genese. Jean Piaget's Transformation der Philosophie. Haupt: Bern - Stuttgart
- FURTH H.G. (1990): Wissen als Leidenschaft. Eine Untersuchung über Freud und Piaget. Suhrkamp: Frankfurt/Main
- GLASERSFELD E.v. (1989): Cognition, construction of knowledge and teaching. In: Synthese, Vol. 80, 121-140. Dordrecht
- GLASERSFELD E.v. (1995): Einführung in den radikalen Konstruktivismus. In: Die erfundene Wirklichkeit. Wie wissen wir, was wir zu wissen glauben. Hrsg.: Watzlawick P. (9.Aufl.) Piper: München
- GRIESE H. (1999): Sozialwissenschaftliche Vorläufer und Kritik des Konstruktivismus – ein wissen schafts(auto)biographischer Zugang. In: Arnold R./GIESECKE W./NUISS E (Hrsg.): Erwachsenenpädagogik – Zur Konstitution eines Faches. Hohen geren: Schneider
- HALLIPIKE C.R. (1990): Die Grundlagen primitiven Denkens. Dtv: München. (Orig. 1979: The foundations of primitive thought)
- KANT I. (1977): Kritik der reinen Vernunft. Werkausgabe Band III. Hrsg.: Weischedel Wilhelm. Suhrkamp: Frankfurt/Main
- LINDEMANN H. (2006): Konstruktivismus und Pädagogik. Grundlagen, Modelle, Wege zur Praxis. Ernst Reinhardt Verlag: München/Basel
- MATURANA H.R. (1982): Erkennen. Die Organisation und Verkörperung von Wirklichkeit. Vieweg: Braunschweig/Wiesbaden
- MATURANA H.R./VARELA F. (1987): Der Baum der Erkenntnis. Scherz: Bern/München/Wien
- OESTERLEKHOFF G.W. (1977): Kulturelle Bedingungen kognitiver Entwicklung. Der strukturge netische Ansatz in der Soziologie. Suhrkamp: Frankfurt/Main
- PETERSSEN P. (2000): Konstruktivistische Didaktik. In: Lehrbuch der allgemeinen Didaktik. München
- PIAGET J. (1973): Einführung in die genetische

Erkenntnistheorie. Suhrkamp: Frankfurt/Main (Orig.: "Genetic Epistemology" 1970)
 Piaget J. (1967): Biologie und Erkenntnis. Über die Beziehungen zwischen organischen Regulatoren und kognitiven Prozessen. S. Fischer: Frankfurt/Main
 PIAGET J. (1972): Theorien und Methoden der modernen Erziehung. Molden: Wien/München/Zürich
 PIAGET J. (1976): Die Äquilibrium der kognitiven Strukturen. Klett: Stuttgart
 Schirlbauer A. (2005): Die Moralpredigt. Destruktive Beiträge zur Pädagogik und Bildungspolitik. Sonderzahl: Wien
 ROTH G. (1987): Erkenntnis und Realität: Das reale Gehirn und seine Wirklichkeit. In: Der Diskurs des Radikalen Konstruktivismus. Hrsg.: Schmidt S.J. Suhrkamp: Frankfurt/Main
 ROTH G. (1992): Das konstruktive Gehirn: Neurobiologische Grundlagen von Wahrnehmung und Erkenntnis. In: Kognition und Gesellschaft. Der Diskurs des Radikalen Konstruktivismus 2. Hrsg.: SCHMIDT S.J. Suhrkamp: Frankfurt/Main
 ROTH G. (2004): Warum sind Lehren und Lernen so schwierig? In: Zeitschrift für Pädagogik. Heft 4. Beltz: Weinheim
 RUSCH G./SCHMIDT S.J. (1995): Konstruktivismus und Ethik. Suhrkamp: Frankfurt/Main
 SCHMIDT S.J. (1987): Der Radikale Konstruktivismus. Ein neues Paradigma im interdisziplinären Diskurs. In: Der Diskurs des Radikalen Konstruktivismus. Hrsg.: Schmidt S.J. Suhrkamp: Frankfurt/Main
 SCHMIDT S.J. (Hrsg.) (1992): Kognition und Gesellschaft. Der Diskurs des Radikalen Konstruktivismus 2. Suhrkamp: Frankfurt/Main
 SEILER T.B. (1994): Ist Jean Piagets strukturgenetische Erklärung des Denkens eine konstruktivistische Theorie? In: Piaget und der radikale Konstruktivismus-Delfin. Hrsg.: Rusch G./Schmidt S.J. Suhrkamp: Frankfurt/Main
 SINGER W. (1992): Hirnentwicklung und Umwelt. In: Gehirn und Kognition. Spektrum der Wissenschaft: Heidelberg (50-65)
 TREML A. (2004): Evolutionäre Pädagogik. Eine Einführung. Kohlhammer: Stuttgart
 VOSS REINHARD (Hrsg.) 2002: Unterricht aus konstruktivistischer Sicht. Die Welt in den Köpfen der Kinder. Luchterhand: Neuwied; Krichel
 SCHÜLERT J. (1998): Perspektivenwechsel – Irritation als Aufgabe von Schule. In: Voß R. (Hrsg.) 1998
 VOSS R. (1998): SchulVisionen, Theorie und Praxis systemisch-konstruktivistischer Pädagogik. Heidelberg
 VOSS R. (Hrsg.) (1998): Unterricht aus konstruktivistischer Sicht. Die Welt in den Köpfen der Kinder. Luchterhand: Neuwied
 WIMMER M. (1998) Vergleichbares und nicht Vergleichbares bei Jean Piaget und Konrad Lorenz. In: Freud – Piaget – Lorenz. Von den biologischen Grundlagen des Denkens und Fühlens. M. Wimmer (Hrsg.). Wiener Universitäts Verlag: Wien
 WIMMER M. (2005): Biologische und soziokulturelle Aspekte der Emotions- und Kognitionsdynamik. In: Emotion – Kognition – Evolution. Hrsg.: M. Wimmer. Filander Verlag: Furth

AUTOR UND KONTAKT

Mag. Dr. Manfred Wimmer
 BG & BRG
 Gymnasiumstr. 1, 3830 Waidhofen / Thaya
 manfred.wimmer2@utanet.at

Das Wissen im Lichte von Wahrheit

Das Wissen kommt vom Sehen (lat. videre). Wer mehr sieht, der weiß mehr.
Die Wissenschaft ist, was Wissen schafft – das kommt durch das Schauen (griech./lat. theoria). Vom Hinschauen kommt die Wahrnehmung. Was dabei herauskommt, das ist nicht zerlegtes, sondern zusammenge setzes Wissen. Das Zusammengesetzte ist Komplexität.

RICHARD KIRIDUS-GÖLLER

Das Zerlegen der Zusammenhänge führt zum „objektiven“ Wissen. Mit solcher Wissensvermehrung aber wird das Lernen kompliziert. Wer mit Komplexität nicht umgehen kann, der kann auch nicht lesen. Die Unfähigkeit zur Wahrnehmung beschert uns auch Probleme mit dem Verständnis von Wahrheit. Und auch Probleme mit dem Sinn: der geht nämlich durch die Sinne. Die Bedeutung des Musischen für das Lernen, das Verstehen und Fehlervermeiden verkennt der Zeitgeist als „Orchideen-Garten“. Das Musicale aber gehört zum Menschen und dem Sein.

Das wusste man, doch wer weiß beispielsweise, warum das Wiener TGM so heißt wie es heißt? Technologisches Gewerbe-Museum! Dessen Gründer,

Wilhelm Franz Exner, verstand noch den Zusammenhang (Museum als Ort gelehrter Beschäftigung von Kunstfertigen. Téchné, die Kunst, ist in der Natur). Wer aber versteht ihn heute und unser Heute?

Die Musen waren altgriechische Göttinnen des Gesangs, der schönen Künste und der Wissenschaft.

Die Faszination der schönen Musik ist die Verbindung zwischen Theorie und Praxis.

In der Musik liegt das Fluidum des Schönen, des Kosmos: die Musik folgt mathematischen Prinzipien.

Ein Kernsatz der pythagoreischen Lehre lautete: „Alles ist Zahl.“ Dies bedeutete, dass alles durch ganze Zahlen und ihre Proportionen ausgedrückt werden konnte. Pythagoras selbst führte die Bezeichnung mathema (= Das Gelernnte, die Kenntnis) für ihre Tätigkeit der Pythagoräer ein. Das Stammwort manthanein (= [kennen]lernen, erfahren) geht auf die indogermanische Wurzel mendh-, einer Zusammensetzung aus men- und dhe-, also „seinen Sinn auf etwas setzen“, zurück. Die Kunst etwas zu lernen bezeichnete Comenius als die Mathematik, in einer Schule nach der objektiven Ordnung im Menschen und im Kosmos.

WAS WIR VOM WISSEN WISSEN SOLLTEN

THEORIE - Ontologie: Was ist Welt?

(„ens“ ~ das Sein): Entitäten (Materie/Energie/Information); allgemein gültige Aussagen, z.B.: Systemtheorie. Was wir nicht wissen können ist „Lethologie“.

WISSENSCHAFT – Epistemologie: Wie kommen wir zu Wissen?

(„logos“ im Sinne von Einsicht, qualitativer Erkenntnis, verstandener Wahrheit: wahre Sätze) z.B.: Wissenschaft vom Lebendigen: Biologie ... Ökologie ... | Technologie.

LEHRE – Methodologie & Ethik: Wie gehen wir mit dem Wissen um?

(„nomos“ ~ Regel, Regelwerk; „Lehrgebäude“; gestaltetes Wissen, Lehrbares)
 Anwendungswissen, funktionale Betonung auf Können, Machbarkeit u. Macht
 Methodik z.B. Lehre vom Lebendigen: Bionik ... vgl.: Technik
 Lehre vom Wirtschaften: Ökonomik
 Praxis z.B. Lehre von den Lebensweisen: Bionomie
 Lehre von den Wirtschaftsweisen: Ökonomie.

KUNDE - Semiotik: Wie benennen wir das?

Zeichen- und Begriffsbildung für konkrete Gegenstände, Erscheinungsformen.
 (Bezeichnungen, Faktenwissen, beschreibendes Strukturwissen) -
 Naturgeschichte („Naturalis historia“; „historia“ meint Bericht, Beschreibung)
 Naturalien & Artefakte (z.B. Tier- und Pflanzenkunde; Warenkunde).

Die Wissenschaft und ihre Lehre ist frei (§ 17 Staatsgrundgesetz 1867)

Das Kardinalproblem ist nicht der Mangel an Wissen, sondern die formale Beschaffenheit des Denkens, die Ignoranz gegenüber den Zusammenhängen. Jedoch: die Lehre ist das angewandte (interessensgeleitete) Wissen einer Wissenschaft. Technisch-ökonomische Lehren aus der Biologie sind der Inhalt von Bionik.

Die Sache der Didaktik – was warum und warum wie – besteht aus drei Feldern: der Lehre, dem Lehren und dem Lernen. Die bewegende Kraft ist die Sinsuche, zugleich der wichtigste Aspekt von Viktor E. Frankls „Logotherapie“. Sinn kann nicht gemacht oder gegeben werden, sondern muss selbst gesucht werden. Damit ist die Selbstorganisation des Lernens unhintergehbar. Im Begriff „Didaktik“ findet sich die indogermanische Wurzel „deik-“ (griech.: „deiknynai“, altind.: „disati“, lat. „dicere“-sagen), das heißt ein Bild der Welt so zu zeigen, dass dem Lernenden in seinem Inneren eine Abformung gelingt. Die wesentliche Unterscheidung zwischen Sinnorientierung vermittels „Bildung“ und Zweckorientierung durch „Erziehung“ ist im angloamerikanischen „education“ verwischt. Zwischen innengelenkter Bildung und außengesteuerter Erziehung besteht jedoch ein ewiges Spannungsfeld. Das Ideal der Freiheit der Lehre verwehrt die Einflussnahme von außen im Bildungsprozess.

Wenn gründlich über Bildungsstandards als „Outcome“ nachgedacht wird, wäre auch zu reflektieren, in welchen Relationen solche Normierungen zu den Fundamenten von „Wissen“ verlaufen. Korrekterweise haben Normen und Standards als Sollens-Prinzipien Ableitungen von Grundlagen zu sein. Das sind Gesetzmäßigkeiten und Regelwerke aus Natur und Kultur. Die Gesetze der Natur unterscheiden sich von den von Menschen gemachten Regeln wesentlich dadurch, dass sie von selbst wirken, sie bedürfen keiner Macht.

Die altgriech. Unterscheidung von „logos“ und „nomos“ bringt dies schön zum Ausdruck. Diese philosophisch urale Weisheit verbirgt sich in der Unterscheidung von Wissenschaft und Lehre, zwischen den Grundlagen und den Anwendungen. Der Verlust an sprachlicher Sensibilität zeigt sich diesbezüglich, wenn in Schulbüchern und mittlerweile sogar Lexika Wissenschaft und Lehre

gleichgesetzt werden. Solcherart wird die Wissenschaft vom Lebendigen zur Lehre von den Lebewesen umdefiniert. Jedoch: die Lehre ist das angewandte (interessensgeleitete) Wissen einer Wissenschaft. Technisch-ökonomische Lehren aus der Biologie sind der Inhalt von Bionik.

Im Neuen Testament wird bei Lukas vom zwölfjährigen Jesus berichtet, der von seinen Eltern vermisst, im Tempel gefunden wurde, wie er seinen Lehrern zuhörte und sie fragte. Der Jüngling zu seinen Eltern: „Warum habt ihr mich gesucht? Wisst ihr nicht, dass ich dem sein muss, was meines Vaters ist?“ ... „Und Jesus nahm zu an Weisheit ...“ Im Prolog des Johannes-Evangeliums findet sich „Im Anfang war der Logos, und der Logos war bei Gott, und Gott war Logos“. (Die Gleichsetzung von Logos mit Wort trifft in den Übersetzungen das Wesentliche nicht. In der Genesis des Alten Testaments offenbart sich Logos als Licht: „... Und Gott sprach: Es werde Licht! Und es ward Licht ...“) Ebenfalls bei Johannes findet sich zur Tempelreinigung, zum Passafest, eine bemerkenswerte Darstellung: Im Tempel fand Jesus Verkäufer von Rindern, Schafen und Tauben und dort sitzende Geldhändler und trieb sie alle aus dem Tempel hinaus. „Schafft das hier weg, macht das Haus meines Vaters nicht zu einer Markthalle!“ Die Händler befinden sich in einem ständigen Konflikt mit der Wahrheit, dem zwischen „nomos“ und „logos“. Nicht zufällig ist der Gott der Kaufleute (Merkur, Hermes) zugleich auch Gott der Diebe.

Das ökonomische Interesse und das Erkenntnisinteresse wurden säuberlich auseinandergehalten. Die Erkenntnis wurde Sache der Wissenschaft, die der Anwendungen der politischen Ökonomie. Im § 17 des Staatsgrundgesetzes von 1867 heißt es „Die Wissenschaft und ihre Lehre ist frei.“ Nicht frei von Verantwortung. Mittlerweile sind die Kaufleute wieder in den Schulen und Tempeln.

LOGOS <- + -> NOMOS

Der Logos umfasst Gesetze, die der Mensch nicht geschaffen, sondern vorgefunden hat.



KATA IOANNHN

1 'Ἐν ἀρχῇ ἦν ὁ λόγος, καὶ ὁ λόγος ἦν πρὸς τὸν θεόν, καὶ θεὸς ἦν ὁ λόγος. 2 οὗτος ἦν ἐν ἀρχῇ πρὸς τὸν θεόν. 3 πάντα δι' αὐτοῦ ἐγένετο, καὶ χωρὶς αὐτοῦ ἐγένετο ὅλης ἡ γέγονεν: 4 ἐν αὐτῷ ζωὴ ἦν, καὶ ἡ ζωὴ ἦν τὸ φῶς τῶν ἀνθρώπων· 5 καὶ τὸ φῶς ἐν τῇ σκοτίᾳ φαίνεται, καὶ ἡ σκοτία αὐτὸν οὐ κατέλαβεν.'

Forschendes Lernen im Alltagsunterricht

Vortrag am Fachdidaktiktag in Wien am 22. September 2006

Forschendes Lernen orientiert sich am wissenschaftlichen Forschungsprozess. Dieser beginnt nach POPPER mit einem Problem, aus dem Fragen entstehen. Auf der Suche nach Antworten beginnt der forschende Mensch zu recherchieren, was andere zu diesen Fragen bereits herausgefunden haben und auf welche neuen Probleme sie dabei gestoßen sind. Er bespricht mit ihnen seine Fragen und mögliche Lösungen. Dabei wird das Problem von allen Seiten betrachtet und man überlegt, in welchen Phänomenen es sich zeigt. Naturwissenschaftler beobachten diese Phänomene und ziehen aus den dabei gewonnenen Daten Schlüsse. In weiteren Diskussionen besprechen sie diese Schlüsse und leiten aus ihnen Hypothesen ab, die sie in Experimenten überprüfen. So entsteht vom Menschen gemachtes (lat. factum) Wissen.

HANS HOFER

Bei der IMST-Tagung im September 2006 in Wien wurde wiederum eine Reihe von interessanten Unterrichtsprojekten vorgestellt. Dies zeigt, dass Projektarbeit ein wesentlicher Bestandteil des Unterrichtsalltages geworden ist. Da Unterrichtsprojekte in jedem Fall zu Forschungsprozessen führen, stellen sie wohl die klassische Form des forschenden Lernens dar. Nur, der größte Teil der Unterrichtsarbeit findet nach wie vor in Einzelstunden statt. Daher stellt sich die Frage, wie auch in diesen Stunden forschendes Lernen angeregt werden kann.

Traditioneller Unterricht und Lernspiralen

Im traditionellen Unterricht (vgl. Abb. 1) dominieren die Sozialform „Frontalunterricht“ (nach MEYER sind es etwa 80% der Unterrichtsstunden) und das Handlungsmuster „Lehrer gelenktes Unterrichtsgespräch“ (LSG, nach MEYER ca. 50% der Unterrichtszeit). Solche Lektionen sind von der Idee getragen, dass die SchülerInnen die Gedankenlinien ihrer LehrerInnen übernehmen und lassen daher wenig Raum zum eigenen Forschen. An Verhaltensweisen lernen und über die SchülerInnen in solchen Unterrichtsstunden hauptsächlich auf

Lehrerfragen zu antworten, vorgegebene Zusammenfassungen ins Heft zu schreiben und diese zu reproduzieren.

- 1 | EINSTIEG
- 2 | LV / LSG: INFORMATION 1. TEIL
- 3 | LSG: WIEDERHOLUNG
- 4 | LV / LSG: INFORMATION 2. TEIL
- 5 | LSG: WIEDERHOLUNG UND FESTIGUNG (z.B.: Zeichnung und Merktext)
- 6 | EA: LERNEN
- 7 | STUNDENWIEDERHOLUNG MIT BEURTEILUNG

Abb. 1: Traditioneller Unterricht
LV = Lehrervortrag / LSG = Lehrer-Schüler-Gespräch / EA = Einzelarbeit

Zu dieser traditionellen Form des Unterrichts gibt es mehrere Alternativen, eine davon ist die Lernspirale (KLIPPERT). Lernspiralen variieren je nach Inhalt und Lehrerpersönlichkeit sehr stark, zeigen aber ein typisches Grundmuster, das hier am Beispiel einer Übung zum Lesen, Verstehen und Vortragen dargestellt wird (Abb.2).

In Lernspiralen lernen und üben Schülerinnen und Schüler andere Verhaltensweisen als in traditionellen Unterrichtsstunden. Sie lernen eigenständig aus verschiedenen Quellen Informationen zu holen, diese zu strukturieren, miteinander zu besprechen und sie in einer geeigneten Form zu präsentieren. Diese Fertigkeiten sind wichtige Teile des forschenden Lernens, weshalb sich Lernspiralen auch in besonderem Maße dafür eignen. Verbindet man sie mit den typischen Methoden des naturwissenschaftlichen Forschens, ergibt sich die Möglichkeit auch diese im Alltagsunterricht zu üben und zu pflegen. Damit können SchülerInnen im Unterricht Phänomene selbst entdecken, sie kön-

nen sich darin vertiefen, und schließlich neue Erkenntnisse gewinnen. Mit gut überlegten Arbeitsaufträgen können Kinder und Jugendliche somit angeregt werden, sich auf kleine Forschungsprozesse einzulassen.

1 | EA: S. INFORMIEREN SICH (z.B. lesen einen Text im Lehrbuch und schreiben maximal x Schlüsselbegriffe auf ein Blatt).

2 | PA: S. VERGLEICHEN ihre Schlüsselbegriffe und diskutieren Unterschiede.

3 | GA: S. bereiten miteinander ein Lernprodukt (z.B. Kurzreferat) vor und üben es in der Gruppe. Sie verwenden dazu das Blatt mit den Schlüsselbegriffen.

4 | PRÄSENTATION: Eine ausgeloste S. Präsentiert das Lernprodukt.

5 | DISKUSSION und ev. Merktext ins Heft schreiben.

Abb. 2: Grundmuster einer Lernspirale am Beispiel einer Übung zum Lesen, Verstehen und Vortragen. (EA = Einzelarbeit / PA = Partnerarbeit / GA = Gruppenarbeit)

In der Nachbesprechung zeigten sich die Studentinnen resigniert und meinten, Lernspiralen seien wohl nicht das richtige für sie und außerdem sei es bekannt, dass Kinder an Botanik nicht interessiert seien. In dieser Situation stellte der Mentor eine Frage: „Was hätten die Kinder nach diesem Arbeitsauftrag tun sollen?“ - „Die Pflanzen und den

L. geht mit ihren Schüler in den Schulhof und zeigt ihnen Pflanzen, die zwischen den Pflastersteinen gedeihen. Dann gibt sie ihnen den Arbeitsauftrag: Findet heraus, warum die Pflanzen hier wachsen können.

10 Min

1 | EA - Schüler sollen die Pflanzen untersuchen.

5 Min

2 | PA - Die S. suchen ihre/n Arbeitspartner und besprechen ihre Ergebnisse.

5 Min

3 | GA - Vierergruppen. Gruppe 1 gestaltet ein Plakat, Gruppe 2 ein Rollenspiel, bei dem zwei Experten diskutieren, warum diese Pflanzen hier wachsen. Schüler üben die Präsentation

15 Min

4 | Präsentation. P werden ausgelost

15 Min

5 | Diskussion

Abb. 3: Lernspirale zum Thema Pflasterritzenvegetation. Dieser Arbeitsauftrag hat nicht funktioniert.

führte die Kinder in den Schulhof und zeigte ihnen dort die Pflanzen, die aus den Ritzen zwischen den Pflastersteinen hervorwuchsen. Danach trug sie ihnen auf, die Pflanzen und die Ritzen zu untersuchen und herauszufinden, warum diese Pflanzen hier gediehen.

Die Kinder standen zunächst etwas ratlos herum und begannen sich dann mit den Ameisen zu beschäftigen, die auf ihre Schuhe krabbelten. Die Studentin wartete etwa zwei Minuten ehe sie ein griff und das Geschehen wieder in die Hand nahm. Sie sammelte die Kinder und erklärte ihnen, dass dieser Standort trocken und arm an Mineralstoffen sei. Aus diesem Grunde seien nur Pflanzenarten, die an magere und trockene Standorte angepasst waren, in der Lage hier zu wachsen, zu blühen und Samen zu entwickeln. Dies seien hier vor allem Breitwegerich, Löwenzahn, Berufskraut und Rispengras. Nun sollten die Kinder die beobachteten Pflanzen auf einem Plakat darstellen und dieses präsentieren. Lustlos, ja zum Teil sogar widerwillig begannen sie Plakate zu gestalten und entsprechend schwach fielen die Präsentationen aus.

In der Nachbesprechung zeigten sich die Studentinnen resigniert und meinten, Lernspiralen seien wohl nicht das richtige für sie und außerdem sei es bekannt, dass Kinder an Botanik nicht interessiert seien. In dieser Situation stellte der Mentor eine Frage: „Was hätten die Kinder nach diesem Arbeitsauftrag tun sollen?“ - „Die Pflanzen und den

Boden untersuchen“, war die Antwort - aber wie? Dazu hatten sie keine konkrete Vorstellung. Erst jetzt erkannten sie, dass der Arbeitsauftrag ungenau formuliert war. Sie suchten nach einer neuen Formulierung und entdeckten dabei die ursprünglichsten der naturwissenschaftlichen Arbeitsmethoden: Zählen, Messen und Vergleichen. Der neue Auftrag lautete: „Zählt die Individuen und messt Länge und Breite der größten und kleinsten Blätter. Vergleicht sie dann mit den gleichen Pflanzen am Rande einer Rasenfläche.“ Und nachdem sie einen neuen, jetzt viel klareren Arbeitsauftrag formuliert und in die Lernspirale einfügt hatten, kehrte ihre Zuversicht wieder zurück. Sie wollten bei ihrem zweiten Versuch die Gruppe in zwei Teilen arbeiten lassen. Eine Teilgruppe sollte die Individuen der vier Pflanzenarten auf einer definierten Pflasterfläche zählen und die Höhe der Pflanzen und die Größe ihrer Blätter messen, die zweite sollte die gleichen Arten am Rande einer Rasenfläche zählen und ebenfalls vermessen.

Eine Woche später war es soweit: Nach einer kurzen Einführung begannen die Schülerinnen und Schüler zu zählen und zu messen und bereiteten nach vier Minuten waren sie mit ihrer Datenerhebung fertig. Nun arbeiteten sie im Tandem weiter und staunten über die unterschiedlichen Mengen, Wuchsformen und Größen an den beiden Standorten. Auf das nächste Signal der Lehrerin hinzogen sich jeweils zwei Tandems zu einer Vierergruppe zusammen und jede Gruppe begann ihr Lernprodukt vorzubereiten. In dieser Phase diskutierten die Kinder intensiv, wobei die Gruppe mit dem Rollenspiel mehr Eifer zeigte als die Gruppe, die das Plakat gestalteten sollte. Nach 21 Minuten waren die Produkte fertig und konnten vorgeführt werden. Der Applaus, den jede Gruppe für ihre Präsentation bekam, war ehrlich, denn sie waren wirklich gut. Kinder und Studentinnen beendeten diese Stunde mit freudig strahlenden Augen.

Forschungsprozess

Beim forschenden Lernen spielt also die Art des Forschungsauftrages eine zentrale Rolle. Von ihr hängt es ab, ob eine Forschungsprozess zu laufen beginnt (vgl. dazu HARLEN). Doch wann findet der Forschungsprozess statt, wann lernen die Schülerinnen und Schüler am inten-

sivsten? Auf diese Frage antworteten die Teilnehmerinnen am Freilanddidaktikseminar spontan und einstimmig: „In der Gruppenarbeit, in der die Kinder das Lernprodukt herstellen.“ Sie hatten die Gruppen genau beobachtet und gehört, wie die Kinder diskutierten, welche Fragen sie aufwarfen und wie sie diese aus ihrem Wissen heraus beantworteten. Mit „einen Forschungsprozess auslösen“, ist also auch gemeint eine Diskussion zu initiieren. Wenn die Lehrperson eine griffige Aufgabe stellt, und noch dazu den organisatorischen Rahmen gibt, können sich Schülerinnen und Schüler sehr intensiv mit einer Frage auseinander setzen.

Bei einem häufigen Einsatz solcher Lernspiralen werden die einzelnen Arbeitsschritte allmählich zur Routine und so erreichen die jungen Menschen im Laufe ihrer Schuljahre eine Sicherheit im eigenständigen Recherchieren, Beobachten, Fragen, Denken, Argumentieren und Präsentieren, mit anderen Worten, sie werden selbstbewusste, kritisch denkende Erwachsene. Das forschende Lernen im Alltagsunterricht kann somit als Training gesehen werden für das kritische Denken im Erwachsenenalter aber auch als Vorbereitung für eine spätere Karriere als Wissenschaftler. Allerdings müssen Lehrpersonen viel Geduld und Ausdauer aufbringen bis ihre SchülerInnen eigenständig arbeiten können und sie benötigen eine gute Portion an Kreativität und Mut bis sie die richtigen Arbeitsaufträge gefunden haben. Doch diese Arbeit lohnt sich, denn sie macht auch das Unterrichten selbst zu einer spannenden Entdeckungsreise.

Beispiele

Die folgenden drei Beispiele wurden bereits mehrmals erprobt und verbessert. Die Abbildungen zeigen nur die Arbeitsblätter mit den Arbeitsaufträgen, nicht aber die Lernspiralen. Diese haben nämlich immer das gleiche Muster: Am Beginn steht ein kurzer Lehrvortrag, in dem Problem und Fragestellung entwickelt werden. Im ersten Beispiel ist es hilfreich das Vorwissen mit einem Cartoon (s. GONICK) zu aktivieren, im zweiten wird keine besondere Einleitung benötigt, im dritten kann mit Hilfe der Bilder (Abb. 7) der Überlebenswert des räumlichen Sehens für die gezeigten Tierarten heraus gearbeitet werden. Danach wird eine klare Frage formuliert. Die Schülerinnen und Schüler be-

arbeiten diese zunächst alleine (Einzelarbeitsphase). Finden sie alleine keine oder eine unpassende Lösung, ist dies kein Problem, denn in den folgenden Phasen der Partner- und Gruppenarbeit klären sich die Dinge und schließlich verstehen alle das Problem und finden durch gegenseitige Hilfe eine passende Lösung. Diese wird in einem Lernprodukt dargestellt, wobei für die Präsentation jeweils eine Person ausgelost wird.

Das erste und zweite Beispiel wurde von den SchülerInnen immer gut bewältigt, schwieriger ist das dritte. Diese Lernspirale funktioniert nur, wenn die Schüler bereits Übung im eigenständigen Forschen haben. Zuerst werden am Beispiel von Katze, Gibbon und Eule die Problemstellung und die Frage herausgearbeitet, ob wir mit beiden Augen Entferungen besser abschätzen können als mit einem. Der Auftrag an die SchülerInnen lautet, ein Experiment zu entwickeln, mit dem sie eine Antwort auf diese Frage finden können. Ungeübte SchülerInnen können mit diesem Auftrag nichts anfangen und fühlen sich hilflos. In diesem Fall kann die Lehrperson ihnen das Experiment (z.B. mit der Fingerspitze von der Seite eine Stativstange treffen) vorgeben, den Rest machen sie dann selber.

1. Beispiel: Mendels Erbsen

Gregor Mendel fand in vielen Jahren konsequente Experimentierens die Regeln heraus, nach denen Erbmerkmale weitergegeben werden. Dazu untersuchte er an Erbsen die Vererbung von sieben verschiedenen Merkmalen, unter ihnen auch die Vererbung der Samenfarbe:

Mendel zog 258 Pflanzen aus gelben Erbsensamen (Elterngeneration, P = Parentes) und kreuzte ihre Blüten miteinander. In ihren Früchten (= 1. Tochtergeneration, F1) fand er 6022 gelbe u. 2001 grüne Erbsen. Wie erklären Sie dieses Phänomen?



Als nächstes kreuzte er gelbe und grüne Erbse aus der Tochtergeneration. Dabei zeigten sich zwei verschiedene Resultate:



Wie erklären Sie dieses Phänomen?

Welche Erbanlage ist dominant? Welche ist rezessiv? Verwenden Sie jetzt für die dominante Farbe ein G und für die rezessive ein g und schreiben Sie die richtigen Kombinationen in die Erbsensymbole.

Abb. 4: Mendels Erbsen, oder wie SchülerInnen Daten interpretieren und den Induktionsschluss über (In einigen achten Klasse der AHS erprobt, in der vierten Klasse werde ich es noch mit geübten SchülerInnen probieren).

2. Beispiel: Van Helmont's Experiment

Der Brüsseler Arzt und Naturforscher Jan B. van Helmont (1577 - 1644) beschäftigte sich mit der Ernährung der Pflanzen und machte dazu folgenden Versuch: Er nahm eine junge Weide, wusch sie sauber ab und wog sie. Sie hatte eine Masse von 2,25kg. Er setzte sie in einen großen Blumentopf mit 91 kg Erde, stellte sie ans Licht und pflegte sie so, dass sie gut gedieh. Nach 5 Jahren nahm er die Weide wieder aus der Erde, wusch sie und stellte fest, dass sie jetzt eine Masse von 77 kg hatte. Die Erde im Blumentopf hatte in den 5 Jahren jedoch nur 0,057 kg verloren.

- Wie könnte die Frage, die sich Van Helmont gestellt hatte, gelautet haben?
- Welches Ergebnis hatte er wahrscheinlich erwartet?
- Wie erklärt Du das Ergebnis dieses Experiments?

Abb. 5: Ein Experiment interpretieren. Ein Einstieg in das Kapitel „Ernährung der Pflanzen“ oder wie SchülerInnen ein Experiment interpretieren & dabei den Deduktionsschluss üben. (5. Klasse AHS)

Es hat sich hier als sinnvoll erwiesen, dass die Tandems, die das Experiment durchgeführt haben, es auch alleine auswerten, visualisieren und präsentieren, und dabei nicht zu größeren Gruppen zusammengeschlossen werden.

3. Beispiel: Dreidimensionales Sehen

1. EA: Überlegen Sie ein Experiment, mit dem Sie herausfinden können, ob Menschen Entfernen mit zwei Augen besser schätzen können als mit einem. 5 Min

2. PA: Besprechen Sie im Tandem Ihre Überlegungen, einigen Sie sich auf ein Experiment und planen Sie gemeinsam dessen Durchführung und die genaue Protokollierung der Ergebnisse. 10 Min

3. PA: Führen Sie das Experiment so oft durch bis Sie sicher sind, dass das Ergebnis stimmt. 10 Min

4. PA: Stellen Sie die Ergebnisse graphisch dar. Gestalten Sie anschließend ein Plakat, mit dem Sie Experiment, Durchführung und Ergebnis vorstellen. 25 Min

5. PA: Üben Sie miteinander die Präsentation des Plakats.

6. Präsentation: Ein/e S wird ausgelost.

7. Klassenplenum, Diskussion

Abb. 6: Dreidimensionales Sehen. Kann man mit beiden Augen die Entfernung zu einem Gegenstand besser abschätzen als mit einem, oder wie SchülerInnen ein Experiment selber entwickeln, durchführen, protokollieren, auswerten, graphisch darstellen und präsentieren. (6. Klasse AHS)

Problem- und Fragestellung:

Könnten Eulen, Katzen oder Gibbons Entfernen nicht sehr genau abschätzen, würden sie nicht überleben.



Abb. 7: Problemstellung zum 3D-Sehen.

LITERATUR

- GONICK, L. / WHEELIS, M. Genetik in cartoons v. I, S. 19-20, Parey, Berlin, 2001
HARLEN, Wynne (ed), Taking The Plunge, Oxford 1985
KLIPPERT, H., EVA im Fachunterricht, Weinheim und Basel 2002
MENDEL, G. Versuche über Pflanzen-Hybriden. Brünn 1866. In: Chihak, G., Gregor Mendel, Sbg 1984
MEYER, H., Unterrichtsmethoden, Praxisband, Frankfurt am Main 1989
POPPER, Karl R., Die beiden Grundprobleme der Erkenntnistheorie, Tübingen 1979

AUTOR UND KONTAKT

Dr. Hans Hofer
Pädagogische Akademie
Pastorstraße 7, 6020 Innsbruck
hans.hofer@tsn.at

Österreichische Zentren für Didaktik – Naturwissenschaften

Austrian Educational Competence Centre > <http://www.univie.ac.at/aeccp/zentren.htm>



Helmut Kühnelt (Physik) betraut.

Als erste wichtige Aufgabe ist den Fachdidaktikzentren die Planung und Durchführung des Teils der Fachdidaktiken der Naturwissenschaften des Lehrgangs Professional Academy – Fachbezogenes Bildungsmanagement aufgetragen worden (s. <http://fbm.uni-klu.ac.at>). Dafür wurden drei Lehrkräfte in Teilzeit angestellt. Der Lehrgang beginnt am 28. September 2006.

Der weitere Ausbau wird schrittweise erfolgen. Spätestens ab September 2007 sollten insgesamt drei Professuren für Didaktik mit weiterem Personal tätig sein. Ein umfangreicher Aufgabenkatalog wurde in der Gründungsvereinbarung festgelegt – zu umfangreich, um im vollen Umfang jetzt schon angegangen zu werden.

(s. <http://www.univie.ac.at/aeccp>).

Vordringliche Aufgaben der Zentren, bei denen Mitarbeit erwünscht ist, sind für die nächste Zeit:

- Planung, Durchführung und Evaluation innovativer Forschungs- und Entwicklungsvorhaben (angewandte und grundlagenorientierte) und Nutzbarmachen von Ergebnissen für die Schulpraxis.
- Beratung und Begleitung nationaler Entwicklungen (z.B. von Lehrplänen und Standards) bzw. internationaler Programme (z.B. PISA).
- Systematische Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses bzw. von forschungsinteressierten Lehrer/innen.
- Erarbeitung von Vorschlägen für Maßnahmen zur Verbesserung der Lehrer/innenbildung.
- Aufbau eines Bibliotheksservices für einschlägige Literatur.
- Impulse zur Verbreitung von e-learning & e-teaching.
- PR-Tätigkeit zur Erhöhung des Prestiges der Fachdidaktiken durch öffentliche Diskussionen, Tagungen, Publikationen.

AUTOR

Univ. Prof. Dr. Helmut Kühnelt
Institut für Theoretische Physik
der Universität Wien
Strudlhofgasse 4, 1090 Wien
helmut.kuehnelt@univie.ac.at

KONTAKT

Austrian Educational Competence
Centre Biologie
Fakultät für Lebenswissenschaften,
Universität Wien
Währinger Straße 17 / 2. Stock,
1090 Wien
LEITER:
Ao. Univ.-Prof. Dr. Günther Pass
guenther.pass@univie.ac.at
AUSKÜNFTE:
Mag. Heidemarie Amon
heidemarie.amon@univie.ac.at



BIT – Biologie im Team

Ein etwas anderer Biologiewettbewerb

Aus Kärnten kommt eine Nachricht, die es Wert ist zweimal gelesen zu werden: Schülerinnen und Schüler werden in Biologischen Übungen ein Jahr lang auf einen Wettbewerb vorbereitet, in dem nicht jeder gegen jeden und auch nicht Schule gegen Schule, sondern schulübergreifende Teams gegeneinander antreten. Die positiven Rückmeldungen bestätigen die ausgezeichnete Qualität des Konzeptes und seiner Durchführung.

SIGRID HOLUB

Die Idee hinter BIT

BIT ist ein Angebot an Schüler/innen der Oberstufe, die Freude an praktischer biologischer Arbeit zeigen, ihr Fachwissen vertiefen und ihre Methodenkompetenz erweitern möchten. Die Intentionen des Lehrer/innen-Teams sind das Fördern von Naturverständnis und Sicherheit im Umgang mit praxisorientierten Techniken. Weitere Anliegen sind die Teamarbeit, das Erlernen von Präsentationstechniken sowie der professionelle Umgang mit Mikroskop und Stereolupe. Unter dem Motto „how science works“ wird unseren Schüler/innen der Kontakt mit Wissenschaftler/innen ermöglicht und gezeigt, wie aktuelle Forschungsarbeit aussieht.

Die Ausgangslage

Der Landesschulinspektor für die AHS in Kärnten und der Leiter der AHS-Abteilung des Pädagogischen Institutes des Bundes in Kärnten wollten im Jahr 2001 einen Impuls für eine stärkere, nachhaltige Präsenz der Biologie an der AHS setzen. Es sollte „Etwas“ geschaffen werden, das der Physik- bzw. der Chemie-Olympiade entspräche. Nach einer längeren Anlaufzeit fand sich eine Gruppe von Biologielehrer/innen, die bereit war, ein Konzept zu entwickeln. In der Folge entwickelte sich aus dem „Etwas“ unter hohem persönlichem Einsatz von Kolleg/innen und mit Hilfe von Ressourcen der AHS-Abteilung des Landesschulrates

und des Pädagogischen Institutes der Biologiewettbewerb für Schüler/innen der AHS in Kärnten. Das Konzept sollte sich aber wesentlich von den bereits laufenden Olympiaden unterscheiden.

Pädagogisch-didaktische Zielsetzung

An Biologie besonders interessierte Schüler/innen der Oberstufe sollen im Rahmen des Wettbewerbs ihr Fachwissen vertiefen und ihre Methodenkompetenz erweitern können. Dabei stehen stets vier Aspekte im Vordergrund:

- Fachliche Aspekte:

Artenkenntnis, Grundlagen der Zellbiologie, Mikrobiologie, ein Lebensraum, Erkennen von Zusammenhängen.

- Methodische Aspekte:

Arbeitstechniken, Beschaffung von Information mittels Literatur und Internet, Präsentieren, im Team arbeiten, Beobachten lernen, Argumentieren, Diskutieren, Hypothesen erstellen und Konsequenzen ziehen, mathematische Ergebnisse auswerten, Dokumentieren.

- Emotionale Aspekte:

Fähigkeit zur Betroffenheit, Wertschätzung, Arbeitsfreude, fundamentale Begeisterung erhalten und ausbauen.

- Gesellschaftliche Aspekte:

globale Bedeutung der Biologie, Berufsbild des Biologen, Erkennen eigener Interessen und Möglichkeiten.

Das Wettbewerbs-Konzept

- Es gibt jedes Jahr ein Schwerpunktthema.
- Von September bis Mai wird kurmäßig im Rahmen einer unverbindlichen Übung in zwei Wochenstunden gearbeitet. Dabei sollen die Schüler/innen in Bezug zum Jahresthema ihr Fachwissen vertiefen und ihre Methodenkompetenz erweitern.
- Die Inhalte werden zu Modulen zusammengefasst.

- Im Mai findet ein zweitägiger Wettbewerb statt. Alle Schüler/innen, die den Kurs regelmäßig besuchen und entsprechend arbeiten, dürfen am Wettbewerb teilnehmen.

- Die Teilnehmer/innen treten in schulübergreifenden Teams an, jedes Team besteht also aus Vertretern/innen verschiedener Schulen.

- Am ersten Tag gibt es Aufgabenstellungen zu Theorie und Praxis. Am zweiten Tag erfolgt die Präsentation der Ergebnisse.

- Eine Jury, bestehend aus Personen aus Wissenschaft und Wirtschaft, sowie den Betreuungslehrer/innen, bewertet diese Ergebnisse.

- Die drei Teams mit den höchsten Punktzahlen belegen die Plätze eins bis drei, die restlichen Teams erhalten jeweils Platz vier. Es gab also keine „Verlierer-Teams“. Die ersten drei Teams dürfen zuerst aus den angebotenen Preisen wählen.

Was ist nun anders als bei anderen Wettbewerben

- Das Lehrer/innen-Team erstellt das Curriculum, ist für Planung, Organisation und Durchführung des Vorbereitungskurses und des Schlussbewerbes verantwortlich. Die gemeinsamen Ressourcen werden voll ausgeschöpft, Anregungen und Ideen der Teammitglieder fließen auch in den Regelunterricht ein.

- Beim Schlussbewerb kämpft nicht Schüler/in gegen Schüler/in, sondern die gestellten Aufgaben werden in schulübergreifenden Teams gemeinsam gelöst. Die Evaluation zeigte, dass dies bei den Schüler/innen besonders gut ankommt. Mit dem Schuljahr 2006/2007 wird durch entsprechende Arbeitsmethoden der Teamgedanke schon im Vorbereitungskurs verstärkt gefördert.

- Die Schüler/innen haben die Möglichkeit im Rahmen von „how science works“ (siehe oben) die tägliche wissenschaftliche Arbeit hautnah zu erleben.

Die Organisation

Derzeit beteiligen sich am BIT fünf Schulen aus Kärnten und das Österreichische Gymnasium in Prag. Das Lehrer/innen-Team trifft sich für die Organisation des Wettbewerbs und für die Ausarbeitung der Themen etwa fünfmal pro Jahr im Rahmen von zweitägigen Seminaren. Dafür gibt es einen Dienstauftrag. Dabei wird vom Lehrer/innen-Team pro Schuljahr ein Schwerpunktthema ausgewählt. Gemeinsam werden Einheiten vorbereitet, die an allen Schulen in möglichst gleichartiger Weise bearbeitet werden sollten. Gegen Ende des Schuljahres treffen sich die Teilnehmer/innen an einem zum Thema passenden Ort zum Schlusswettbewerb.

BISHERIGE THEMEN

2002-2003

IM BODEN IST DIE HÖLLE LOS

(Biologie des Bodens)

2003-2004

SCHÖN ABER GEFAHRlich

(Giftpflanzen, Gifttiere usw.)

2004-2005

WWW.WORLD-WIDE-WATER

(Biologie der Fließgewässer)

2005-2006

WWW.WORLD-WIDE-WATER 2

(Biologie der stehenden Gewässer)

2006-2007

EXPEDITION WALD

(Lebenssspuren)

Als positive Aspekte wurden besonders hervorgehoben:

- „die Möglichkeit der Aufgabenverteilung innerhalb des Teams“
- „die Arbeit in den gemischten Schulteams – kein Wettkampf Schule gegen Schule“
- „die Möglichkeit der Zusammenarbeit – kein Einzelkämpferum“
- „Spaß, mit fremden Leuten zu arbeiten“
- „andere Problemlösungs-Strategien kennen lernen“
- „durch das Team kann man Schwächen ausgleichen“
- „Erkennen von eigenen Stärken und Schwächen“
- „freundliches Arbeitsklima“

Besonders interessant ist die Rückmeldung einer Austauschschülerin aus Peking:

„Ich habe gar nicht gemerkt, dass das alles Stoff für den Bewerb war. In China ist der Stoff, egal welcher, immer sehr schwer und theoretisch, man hat dabei nie Spaß. Man sitzt im Klassenzimmer allein am Tisch, und die anderen sind Gegner. Es gibt nicht die Chance mit einander zu arbeiten.“

Als negative Aspekte wurden angeführt:

- „unterschiedlicher Wissensstand der Team-Mitglieder“
- „ungenügende Vorbereitung einzelner Team-Mitglieder“
- „mangelnde Koordination und Kooperation in der Gruppe“

Auszug aus den Rückmeldungen von Lehrer/innen

- „Die Zusammenarbeit mit von mir geschätzten Kollegen war für mich einer der Höhepunkte.“
- „Die Arbeitsbedingungen waren stimulierend.“
- „Ich habe das Gefühl, persönlich und fachlich/didaktisch profitiert zu haben.“
- „Die Arbeit mit den sehr motivierten Schülern war ein Vergnügen und eine Abwechslung im Schulalltag.“
- „Die Teamidee war sicher bahnbrechend, aber den eigentlichen Erfolg sehe ich darin, dass die Schüler/innen es nicht bereut, sondern genossen haben, mit uns zu lernen. Es war eine Kür und keine Pflicht.“

BIT läuft nun schon das fünfte Jahr in Kärnten. Für die Lehrer/innen des Organisationsteams ist es ziemlich anstrengend und zeitraubend, neben der normalen Unterrichtstätigkeit die BIT-Vorbereitungen durchzuführen.

Die fruchtbare Zusammenarbeit im Planungsteam, der regelmäßige Austausch von Ideen und Erfahrungen, das Nutzen der Ressourcen im Team und die positiven Rückmeldungen von den Schüler/innen füllen die Kraftreserven jedoch wieder auf und es geht energiegeladen in das nächste Vorbereitungstreffen.

Nähere Auskünfte und die Dokumentationen zu BIT können unter untenstehender E-Mail-Adresse angefordert werden.

AUTORIN UND KONTAKT

Mag. Sigrid Holub

BRG Viktring
Stift Viktringstraße 25
9073 Viktring
sigrid.holub@schule.at

FUNDIERT – INTERDISziPLINÄR VORAUSSCHAUEND



Wissenschaft & Umwelt INTERDISziPLINÄR

(Druckkostenbeitrag €13,- pro Band)
2/2000, Energie und Gesellschaft, 89 Seiten
3/2001, Verkehr und Mobilität, 106 Seiten
4/2001, Kein Klima für die österreichische Klimapolitik?, 97 Seiten
5/2002, Problemfall Abfall, 93 Seiten
6/2003, Umweltpolitische Steuerungsinstrumente, 114 Seiten
7/2003, Wasser – Knappes Gut?, 137 Seiten
8/2004, Boden Markierungen, 160 Seiten
9/2005, Naturschutz, 188 Seiten

NEU: Sammel-CD mit allen oben genannten Bänden im PDF-Format, € 28,-

Forum Wissenschaft & Umwelt

Für Bestellungen oder bei Interesse an einer Mitgliedschaft wenden Sie sich bitte an das Vereinsbüro:
Tel. 01 / 585 29 85
umweltforum@utanet.at
www.fwu.at

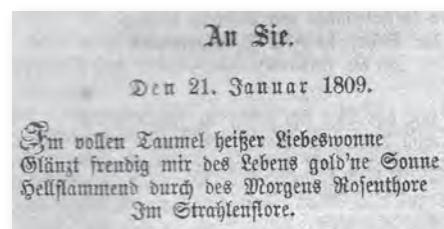
„Schau mir in die Augen, Kleines!“

Licht, Liebe und Lust



Licht und Farbe spielen eine bedeutende Rolle im menschlichen Paarungsverhalten.

FRANZ BACHER



Theodor Körner

Der Mensch ist da sehr einfallsreich: Kerzen, Lippenstift, Dessous. Licht und Sehen ist aber auch für Tiere entscheidend im wahrsten Sinne des Wortes.

Sind die nicht noch viel erfindungsreicher?

Begleiten Sie mich auf einem formlosen Spaziergang in die Natur:



BLAUKEHLCHEN - *Luscinia svecica*

Wenn der Kehlfleck stark ultraviolet strahlt, dann strahlt auch das Weibchen vor Erwartung. Wir sehen es nicht. Wissbegierige Biologen schmieren diese Federn mit einer guten Sonnencreme ein: dann herrscht jedoch Funkstille. Man weiß mehr, doch was haben die Vogel davon?



GOLDAMMERN - *Emberizinae*

An sich sind sie ja brav und treu. Lebenspartner sind umso erwünschter, je gelber sie sind. Ein Seitensprung mit einem aber noch gelberen wird aber trotzdem nicht verschmäht.



SEITENFLECKENLEGUANE - *Uta stansburiana*

Deren Männchen sind an der Farbe in ihrer Psyche zuzuordnen:

Rötliche: Machos mit Harem

Blaue: brave, eifersüchtige Ehemänner

Gelbgestreifte: schleichen sich in den Harem ein, da sie wie die Weibchen aussehen

Nach jeweils rund vier Jahren wechseln die Zuordnungen und sie nehmen die Farbe ihrer neu erworbenen Position an.



FREGATTVÖGEL - *Fregatidae*

Fussballgroß muss der Ballon am Hals sein und knallrot.

Hat ein Weibchen der Verlockung nicht widerstanden, dann ist Schluss mit lustig. Der Ball schrumpelt und der Alltag kehrt ein.



GLÜHWÜRMCHEN, LEUCHTKÄFER - *Lampyris*

Biolumineszenz ist das Zauberwort dieser mehr als 2000 bekannten Arten. Und genauso vielfältig sind ihre Tricks. Oft kreisen hunderte Männchen über einer Wiese mit nur 2 Weibchen und jedes blitzt rund 500 mal. Haben sie ein ehrliches Weibchen erwischt, dann dürfen sie stundenlang kopulieren. Sind sie einer Falschblinkerin aufgesessen, dann sind sie nach Stunden verdaut.



HIRSCHE - *Cervidae*

Wer soll sich da auskennen? Optisch schauen sie ja gut aus. Aber der Aufwand? Und wenn sie das Geweih abwerfen, dann genieren sie sich und verstecken sich im Wald.

Jäger zählen von ihren Trophäen die Zahl der Enden zusammen, messen die Gesamtlänge und hoffen, das daraus staunende Besichtigter auf ihre eigene Potenz schließen.



KOLIBRIS - *Trochilidae*

Flugshows zählen zu faszinierenden, aber auch tragischen Events. Den Höhepunkt stellen oft optische Vorführungen dar. „Tricolore“ etc.

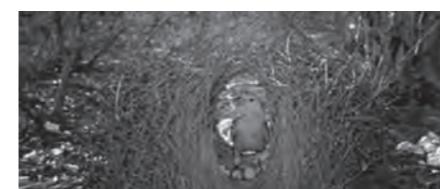
Die Kolibris stellen jede Flugshow in den Schatten. Oft fehlt ihnen danach aber die Kraft für den beabsichtigten Aufwand.



KUCKUCKE - *Cuculidae*

Im Frühjahr kündet er von der längeren Lichtphase des Tages.

Sie spioniert die Farbe des Geleges des Wirten für ihre eigenen Eier genau aus. Wann? Wie? Studien zeigen, dass es häufig die Farbe jener Gastfamilie ist, in der sie selber aufgewachsen ist.



LAUBENVÖGEL - *Paradisea*

Das optische Design des vorgesehenen gemeinsamen Nestes wird vom Weibchen oft monatelang begutachtet. Bauaufsicht pur! Steinchen, Schneckenhäuser, Papier und Plastik werden vom Männchen drapiert. Warum gerade blau das Weibchen dann sexuell besonders stimuliert weiß niemand, auch nicht das Männchen.



BLAUMEISEN - *Parus caeruleus*

Für uns schauen Männchen und Weibchen gleich aus. 1998 hat man entdeckt, dass die Käppchen im UV Bereich sehr unterschiedlich sind. Meist sind sie monogam. Sobald sich aber ein besserer findet, dann sind sie fort. Allerdings liegt die Scheidungsrate nur bei rund 10 Prozent.

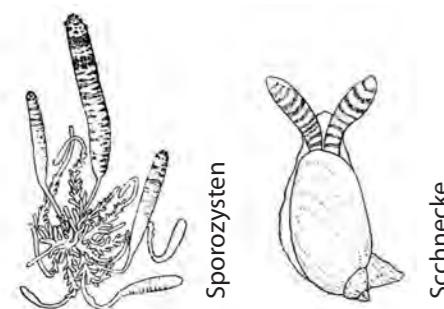


GNITZEN - *Heleidae* (Symbolfoto)

Die Männchen tun sich in Schwärmen zusammen, um Paarungsbereitschaft zu signalisieren. Rasch fallen die viel größeren Weibchen über die Männchen her. Facettenauge in Facettenauge stechen die Weibchen mit dem Rüssel den Männchen direkt in den Kopf. Mit ihrem Speichelsekret löst es dieses von innen her auf. Allerdings löst dies auch noch den Sexualtrieb aus und im Todeskampf begattet es seine Mörderin.

**PALOOWÜRMER - *Eunice viridis***

Bei zunehmendem Halbmond im Oktober oder November kommen sie an die Oberfläche. Stets kurz vor Sonnenaufgang und nur 1 bis 2 Nächte im Jahr. In Samoa ein Volksfest: Die aufsteigenden Eier werden gefangen und verspeist. Und? Was hat der Wurm davon?

**SAUGWURM - *Leucochloridium paradoxum (macrostomum)***

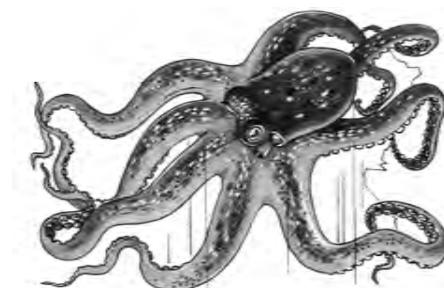
Die Sporozyste wandert in einen der Fühler der Bernsteinschnecke- *Succinea putris*: Sie leuchtet braun, weiß und grün gestreift, bewegt sich und verführt einen Singvogel, sie zu fressen. Warum? Der glaubt wohl, das sei eine Raupe und pickt der Schnecke den Fühler ab. Frisst sie bis zum Abend niemand, dann ziehen sie sich in die Schnecke zurück. Man sieht sie ja ohnedies erst am Morgen wieder. Schnappt dann ein Vogel zu, dann freut sich der Wurm und lebt geruhig in dessen Darm. Irgendwann landet man dann wieder in einem Tümpel, kapert eine Schnecke und sucht für den Nachwuchs erneut den Weg ins Vogelnest.

**PFEILSCHWANZKREBS - *Limulus polyphemus***

Versuche der New Yorker State University haben es gezeigt: Ein optisches Organ wurde nachgebaut und am Körper aufgesetzt. Was sich bewegt interessiert ihn nicht, es sei denn es ist ein Weibchen.

**JAPANISCHER SCHWABENSCHWANZ - *Papilio Xuthus***

Sein Geschlechtsorgan hat Augen. Sie sehen zwar nur hell und dunkel, aber die wichtigste weibliche Körperöffnung können sie erkennen. So können sie sich auch in der Luft paaren und er sieht wann es zur Ejakulation die richtige Zeit ist.

**KALMARE / SEPIOTEUTHIS SEPOIDAE / OCTOPUS**

Wilde Farbwellen erstrahlen beim Liebestanz. Zuerst sind es ganze Gruppen, dann erfolgt die Paarbildung. Das Männchen steckt einen seiner zehn Arme in die Mantelöffnung hinter dem Auge des Weibchens und liefert zärtlich sein Samenpaket ab. Dann wird er plötzlich ganz weiß. Riesentintenfische sind da ganz anders: In tausenden Metern Tiefe stecken sie dem Weibchen die Samenpakete einfach unter die Haut. Ob sie was sehen oder nicht.

**WINKERKRABBEN - *Uca***

Eine Schere ist bei allen Winkerkrabben riesengroß und bunt. Für die Weibchen ein sicheres Sexsignal. Was bringt es aber, wenn alle gleichzeitig winken? Nichts, oder doch? Winken auch wir nicht alle?

**AUTOR UND KONTAKT**

Mag. Franz Bacher
Winzerschulgasse 17, 2130 Mistelbach
fbacher@hkmistelbach.ac.at

LITERATUR

ABC BIOLOGIE, Edition Leipzig 1970 / Reclams Filmführer, Stuttgart 1973 / Brehm's Tierreich, 1974, Verlag Olde Hansen Hamburg / Das bizarre Sexualleben der Tiere, Michael Miersch, Verlag Piper 2001 / Lehrbuch der Zoologie, Quelle & Meyer Heidelberg 1923 / Meyers Konversations Lexikon, Bibliographisches Institut 1893 / Alfred Kaestner, Lehrbuch d. spez. Zoologie, Gustav Fischer Verlag – Stuttgart 1969 / Theodor Körners sämtliche Werke, Nicolaische Verlagsbuchhandlung, Berlin 1866

**Biologische Arbeitsgemeinschaft**

1978 gegründet, eigenständiger Naturschutzverein mit Sitz in Graz und Arbeitsschwerpunkt Biotopschutz und Biotopgestaltung in der Oststeiermark und im Südburgenland.

RONALD PICHLER

Beginnend 1986 wurde der *Fischotter* ein Thema der Biologischen Arbeitsgemeinschaft. Da für den Otter in der Steiermark die Erhaltung und Neuschaffung von störungsarmen und nahrungsreichen Lebensräumen von herausragender Bedeutung sind, war dies das erste Ziel der Schutzbemühungen. Erstes Projekt war daher 1989 – gemeinsam mit der önj-Steiermark (Österreichische Naturschutjugend, Landesgruppe Steiermark) – Ankauf und Renaturierung eines bereits großteils zugeschütteten Altarmes der Feistritz in der Gemeinde Hainersdorf, Bezirk Fürstenfeld.

Ab 1993 wurde das Projekt *Lebensraum Lafnitzwiesen*, gemeinsam mit vier weiteren Naturschutzorganisationen, zum größten und zukunftsweisendsten Arbeitsfeld der Biologischen Arbeitsgemeinschaft. Ziel dieses Projektes ist die Erhaltung und Neuanlage von größeren zusammenhängenden Wiesenflächen und ihre Vernetzung zu einem Biotopverbundsystem im mittleren Lafnitztal.

Wiesen, insbesondere nährstoffärmere Feucht- und Trockenwiesen, sind der in den letzten Jahren am schnellsten verlorengehende Lebensraumtyp. Aufgrund der immer geringer werdenden wirtschaftlichen Erträge werden sie entweder zu Maisäckern umgebrochen, mit Fichten, seltener Erlen, aufgeforstet oder im worst-case gleich zugebaut und asphaltiert. Die aus der Sicht der Landwirtschaft optimale Fruchfolge lautet: Feuchtwiese => Maisacker => Industriegebiet. Durch zusätzliche Ankäufe von Auwaldflächen soll einerseits eine ungestörte natürliche Entwicklung der Auwälder sichergestellt werden, andererseits sollen auch Bach- und Flussläufe ohne menschliche Eingriffe „arbeiten“ dürfen. Natürliche Dynamik, Mäanderbildung, das Anlanden von Schotter- und Sandbänken, die Ausbildung von Uferanrissen sollen ohne Regulierungsmaßnahmen möglich sein. Dieses Projekt im Lafnitztal steht unter der Leitung von Gerhard Schmidl aus Burgau.

Seit 1999 gibt es einen neuen Arbeitsschwerpunkt: Die *Zugvogelerberungstation Leitersdorf* im Safental, Gemeinde Bad Waltersdorf. Hier wird unter der Leitung von Johann Weinhofer seit nunmehr zwölf Jahren wissenschaftliche Grundlagenarbeit zum Vogelzug

geleistet. Das Projektgebiet im Ausmaß von 6, 5 ha ist im Eigentum der önj-Steiermark und der Biologischen Arbeitsgemeinschaft.

Bisher (Stand September 2006) konnten in den Tälern von Lafnitz, Feistritz und Safen insgesamt allein durch die Biologische Arbeitsgemeinschaft 68,5 ha durch Ankauf und mehr als 7 ha durch Pacht gesichert werden.

Die Finanzierung erfolgt über Mitgliedsbeiträge und Spenden, Beiträge der Euronatur – Aktion „Ich helfe – Schüler retten Naturlandschaften“, und – leider nur sehr selten – Sponsoring und Subventionen.

Möglich ist dieser Projektumfang trotz der kleinen finanziellen Basis nur, weil alle Mitarbeiter ehrenamtlich und spesenfrei arbeiten, keine Bürokosten anfallen und keine Bankschulden gemacht werden.

AUTOR UND KONTAKT

Mag. Ronald Pichler
Biologische Arbeitsgemeinschaft
Körösstraße 40-42/4/88
A-8010 Graz
www.biolarge.at
office@biolarge.at

ABA – Exkursion 2006

Die heurige ABA – Exkursion führte uns in die Oststeiermark. Vom 12. bis 15. Juli durchforschten die 12 Teilnehmer aus ganz Österreich das heterogene Gebiet. Das Umland des Tals der Lafnitz stand am Beginn der Exkursion. Christine Schmidl, die den Gemeindewald von Fürstenfeld betreut, demonstrierte anhand ihrer praktischen Arbeit, wie man Naturschutz und Waldnutzung sehr wohl unter einen Hut bringen kann, wenn man wirklich will und über hervorragende fachliche Kompetenz verfügt. Christine Schmidl vereint theoretisches Wissen, praktisches Können und Freude an der Natur in einer Person. Ein Glücksfall für diesen Wald, der Wald bleiben darf und nicht in einen Forst umgewandelt wird. An den Neudauer Teichen erwartete uns ein ganz besonderes Highlight: zwei der dort brütenden Seeadler ließen sich hervorragend beobachten! Aber nur dank Andreas Wutzl, der als begnadeter ornithologischer Autodidakt genau weiß, wann die Seeadler auf welchen Pflöcken sitzen! Am Donnerstag erläuterte uns Mag. Lisa Pölzler – Schalk, die Naturschutzbeauftragte des Bezirkes Hartberg, die im Sinne eines naturnahen Wasserbaues stehenden Maßnahmen an der Lafnitz, die noch über eine lange unregulierte Strecke ohne Verbauung fließt. Einige von uns sahen erstmals einen Fischlaufstieg, der nicht zynisch als „Fischleiter“ gebaut wurde, sondern als funktionsfähiges Umgehungsgerinne, das auch von kleinen Cypriniden zum Aufstieg genutzt werden kann. Nach Jahrzehnten des blindwürtigen Beton – Flussbaus, der Staustufen und Tosbecken nach Hofräten benannt und als Heldentaten gefeiert hatte, hat sich der behördliche Flussbau in der Steiermark längst gewandelt. Die Gewässer haben nun „nur“ noch die E – Wirtschaft zu fürchten, die nicht müde wird, ständig die Energienutzung auch noch der letzten freien Fließstrecken zu fordern. Im Kampf um den Erhalt naturnaher Lebensräume zeichnet sich in der Steiermark – und hier ganz besonders im Lafnitztal – ein Verein besonders aus: Die Biologische Arbeitsgemeinschaft unter der Leitung von Mag. Ronald Pichler, seines Zeichens Naturschutzbeauftragter der Bezirke Graz-Umgebung, Weiz und Voitsberg. Lesen Sie in der vorliegenden bioskop-Ausgabe mehr über die BiolArge. Mit Ronald Pichler und Gerhard Schmidl hatten wir die profunden Kenner der praktischen Seite des Naturschutzes an der Lafnitz als Vortragende zur Verfügung. Sie stellten uns nicht nur die besonderen Tiere und Pflanzen vor, sondern sie gewährten uns auch einen Einblick in die oft extrem schwierige und aufwendige Naturschutzarbeit im Hintergrund, wie die verzwickte Geschäftsanbahnung und Finanzierung von Grundstückskäufen, die Verhandlungen mit Bürgern

germeistern, das Managen der unterschiedlichen Mahd und des Abtransports des Mähgutes etc.. Wir erfuhren alles über passiven Hochwasserschutz, Ramsar – Abkommen, Life - Projekte und das Natura 2000 – Gebiet Lafnitztal – Neudauer Teiche und konnten die natürliche Flussdynamik mit Mäanderbildung an der Lafnitz hautnah mit erleben. Praktische Naturschutzarbeit erfordert viel Ausdauer und Engagement. Davon konnten wir uns an der Vogel – Beringungsstation in Leitersdorf (Gemeinde Bad Waltersdorf) überzeugen. Hans Weinhofer betreut seit vielen Jahren mit großem Aufwand die Beringungsstation. Am Freitag begaben wir uns in die südliche Oststeiermark, ins „Vulkanland“, wo wir uns dem nächsten ornithologischen Highlight widmeten: Unter der Führung von Mag. Bernard Wieser fuhren wir mit Pferdekutschen ins Herz des Natura 2000 – Gebietes „Südoststeirisches Hügelland“ und beobachteten die letzten mitteleuropäischen Exemplare der Blauracke. Dank der Arbeit des Gebietsbetreuers Wieser und dessen unermüdlicher organisatorischer Arbeit nimmt der Bestand dieser wunderschönen Vögel wieder kontinuierlich zu. In der Weinhandelmühle sahen wir beim Kernöl – Pressen zu und deckten uns mit Kernöl und sonstigen Leckereien aus dem Vulkanland ein. Das Gewitter mit tiefschwarzem Himmel und Sturm böen brachte zu Mittag die erwünschte Abkühlung und verabschiedete sich auch noch rechtzeitig, sodass wir die Geologie unter der kundigen Führung von Dr. Werner Gaggel trocken Fußes absolvieren konnten. Straßen steht nicht – obwohl es von ferne so aussieht – auf einem erloschenen Vulkan, sondern auf Sedimentgestein, das wissen wir jetzt, neben vielen weiteren Details. Der Bergsturz des Waltra – Felsens am Stradnerkogel war Ausgangspunkt einer Wanderung durch vulkanisches Gebiet, begleitet von den durch Gaggel unglaublich lebendig aufbereiteten geologischen Grundlagen. Der Samstag führte uns wieder zurück nach Burgau, wo uns Gerhard Schmidl vor Ort die praktische Naturschutzarbeit der BiolArge vorstellte. Wir nahmen enorm viel Wissen mit, das in keinem auch noch so dicken Lehrbuch steht (und natürlich eine Menge Fotos). In den vier Exkursions-tagen wurden wir von acht in höchstem Maße kompetenten PraktikerInnen begleitet. Wir wurden eindrucksvoll davon überzeugt, wie das theoretische Wissen erst durch die Praxis seinen Wert gewinnt, wenn es um menschliches Tun in der Natur und um Naturschutz geht.

Auf die nächste

ABA – Exkursion
freut sich

Ihr Präsident
Helmut Ulf Jost



Christine Schmidl: Eine junge Frau fährt mit dem Harvester, schult die Biologielehrer und leitet die Arbeit der Holzknechte.



Ronny Pichler betet zum Gott der Mäanderbildung.



Der klassische kleinstrukturierte Lebensraum der Blauracke



Limax maximus –
Tigerschnegel – am Walrafelsen



Gegenüber den Fuhrwerken zeigen die Blauracken geringere Fluchtdistanzen.



Vorschau

**Tagung der Austrian Biologist Association
20. bis 21. April 2007
in der Forstliche Ausbildungsstätte (FAST)
J.-Orth-Allee 16, 4810 Gmunden**

Die Tagung der österreichischen Biologenvereinigung ABA findet in diesem Jahr in Gmunden statt. Im Rahmenprogramm wird der Geologe Dr. Johannes Weidinger die Geologie des nördlichen Salzkammergutes und Exkursions- und Arbeitsmöglichkeiten mit Schülern vorstellen. Dr. Kurt Kotrschal wird über die Evolution von Sozialleben und Intelligenz referieren und einen Besuch der Forschungsstelle Grünau ermöglichen.

PROGRAMM

Fr. 20.4.: Geologie des nördlichen Salzkammergutes
(Referent: Dr. Johannes Weidinger, Stadtmuseum Gmunden): Einführungsvortrag im Stadtmuseum
Exkursion in den Gschließgraben, anschließend Schneiden und Schleifen der Fundstücke

Sa. 21.4.: Vorstandssitzung, Jahreshauptversammlung
Vortrag Prof. Dr. Kurt Kotrschal: "Evolution von Sozialleben und Intelligenz"
Besuch der Konrad Lorenz Forschungsstelle in Grünau



Details werden in den kommenden bioskop-Ausgaben bekannt gegeben.

Für diese Tagung ist eine zusätzliche Anmeldung über www.aba-austrianbiologist.com notwendig!

ABA - Exkursion Nationalpark Kalkalpen

vom 9. bis 12. Juli 2007

Nähtere Informationen erteilt Rudi Lehner (r.lehner@eduhi.at)



VORSCHAU AUF bioskop 4/2006: „BIOLOGIE UND WELTWEISHEIT“

Bestell- und Beitrittsformular

Ich abonneiere 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.

Name, Titel

Straße, Nr. PLZ Wohnort

Ich beantrage die Aufnahme als ordentliches Mitglied.*

(zutreffendes bitte ankreuzen)

Vollmitglied (EUR 25,- jährlich)

Schüler / Student (EUR 10,- jährlich)

Tel. Nr. E-Mail

Dienstanschrift

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

* Im Mitgliedsbeitrag ist das Abonnement der Zeitschrift bioskop enthalten.

Ort, Datum Unterschrift

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

EINSENDEN AN DIE ABA-SCHATZMEISTERIN: BANKVERBINDUNG

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

INTERNET

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





ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Bioskop](#)

Jahr/Year: 2006

Band/Volume: [2006_3](#)

Autor(en)/Author(s): diverse

Artikel/Article: [Licht und Leben 1](#)