

Ber. d. Reinh.-Tüxen-Ges. 23, 7-27. Hannover 2011

Ökologie – eine Wissenschaft unbequemer Wahrheiten

- Wolfgang Haber, Freising-Weihenstephan -

Summary

Ecology – a science conveying inconvenient truths.

Ecology, part of the sustainability triad, induces more and more people to ‘ecologize’ their lifestyle, in order to live in greater harmony with nature, instead of deteriorating her. They ignore, however, the main scientific facts of life’s organization, which is the subject of ecology, and which is essentially inhuman, extremely complex, incalculable, and risky. It lacks any harmony, fairness or ethics – which are just the foundations of humans’ social life. The article explains the rules of ecological functions that humans, in their cultural evolution, have always tried to overpower, striving for a better, safer, and longer life. They created their own environment at the expense of that of all other organisms, introduced fire as a new energy source, invented agriculture as food supply, and finally started the urban-industrial era as culmination of culture. Steadily, and speedily humans grew both in numbers and demands, enlarging their ecological footprints on the earth’s finite land surface. Then people began to remember nature, its vulnerability and beauty, which ecology, a late-comer among the sciences, had just started to explore. Its main lesson, however, shows that any evolution is irreversible, and that ecological truths exclude using ecology as a sole rescue or salvation device. It has to weighed against economic and social necessities as well, even if provision of food, water and shelter will remain the basic human priority – in the frame of nature’s economy.

1. Einleitung: Ökologie und Nachhaltigkeit

Nachhaltige Entwicklung, das globale Leitbild für das 21. Jahrhundert (DBU 1996; RADKAU 2011, S. 550 ff.), gründet sich auf die Trias von Ökonomie, sozialen Bedingungen und Ökologie, die in gegenseitiger und gleichrangiger Abstimmung weiter entwickelt werden sollen. In den Nachhaltigkeits-Diskussionen hoch entwickelter städtisch-industrieller Gesellschaften hat die Ökologie ein wachsendes Gewicht erlangt. Sie erforscht ja die Entstehung, Zusammensetzung und Organisation allen Lebens auf dem Planeten Erde und liefert damit auch die wesentliche Grundlage für die darin eingebettete menschliche Evolution. Im Vergleich zur Ökonomik und auch zu den Sozialwissenschaften ist die zu den Naturwissenschaften zählende Ökologie eine sehr junge und, wegen der weiter unten beschriebenen hohen Komplexität ihres Arbeitsfeldes, noch unausgereifte Disziplin, die ständig noch über sich selbst nachdenken muss (vgl. SCHWARZ & JAX 2011). Dennoch erlangte sie in der modernen Gesellschaft eine große Popularität, seitdem sie von der in den 1960er Jahren aufkommenden Umweltschutzbewegung der Industrieländer zu ihrer Leitwissenschaft erkoren, dann aber auch zu einer Art Heils- oder Glaubenslehre erhoben wurde. Aus ihr erwuchs die Vorstellung, dass sich die menschliche Gesellschaft nach ökologischen Prinzipien umorganisieren müsse, um in besserem Einklang mit „der Natur“ zu leben. Der Begriff „nachhaltig“

wird daher oft durch die Präfixe „öko“¹⁾, „bio“ oder „grün“ ersetzt, genauer gesagt: auf sie reduziert.

Doch die Ökologie als Wissenschaft erkennt immer mehr Tatsachen, die nicht in diese Ökologisierungsvorstellungen und -Erwartungen passen und von mir als „unbequeme Wahrheiten“ (HABER 2011) bezeichnet wurden. Ich hätte sie auch als „Tragik der Ökologie“ darstellen können – denn ich empfinde es als tragisch, dass dieser Spätankömmling unter den Wissenschaften oft nur noch alte Fehlentwicklungen der menschlichen Evolution ermitteln kann, die nicht mehr korrigierbar sind. Wir müssen uns ihnen jedoch stellen, da ihre Verdrängung oder Verharmlosung sie nur verschlimmern würde.

2. Was ist wissenschaftliche Ökologie?

Die erwähnte hohe Komplexität der Ökologie beruht zunächst auf den Grundmerkmalen des Lebens auf der Erde. Dazu zähle ich (in Stichworten):

1. Input–Output–System, das an das Medium Wasser bzw. Flüssigkeit gebunden ist
2. Evolutive Veranlagung, vom Leben selbst ausgehender Wandel; Ergebnis: enorme Vielfalt (Biodiversität) und Fülle (Biomasse)
3. Zweckorientierung: Lebenszweck ist Selbsterhaltung und Fortpflanzung, mit Lernfähigkeit sowie (Selbst-)Regelung verbunden, erfordert daher auch eine teleologische oder -nomische Betrachtung
4. Individualität, Einzigartigkeit, Unwiederholbarkeit (Zeitpfeil)
5. Lebenstypische Selbstorganisationsformen: ein- und vielzellig, mikro- und makrobiell, ein- und zweigeschlechtlich; einzeln und sozial; pflanzlich, tierisch = auto- und heterotroph; Arbeitsteilung mit Hierarchie; Bildung von „Lebensgemeinschaften“ verschiedener Arten, mit Symbiosen und Antagonismen sowie daraus erwachsenden Regelungen.

Diese Grundmerkmale sind biologische Tatsachen. Die Ökologie ist, ihrer Definition gemäß, aus der Biologie hervorgegangen und hat sich, vor allem für die unter Ziffer 5 genannten Grundmerkmale, in entsprechende Teildisziplinen wie Pflanzen-, Tier- oder Mikroben-Ökologie, Aut- oder Synökologie, Populations-, Biozöno- oder Verhaltens-Ökologie u.a.m. aufgegliedert. Jede Ökologie muss aber weit über das Biologische hinausgehen. Das System Leben wird ja von der unbelebten Natur getragen und auch geregelt; ein Ökologe muss daher auch mit dieser vertraut sein und von Physik und Chemie, Meteorologie und Klimatologie, Geologie, Mineralogie, Hydrologie und physischer Geographie mindestens soviel verstehen, dass er deren Einflüsse und Wirkungen auf die Lebewesen einschätzen und beurteilen kann. Da sich mit dem Erwachen des Umweltbewusstseins die Menschen von Ökologie besonders angesprochen und betroffen fühlen, sind weitere Teildisziplinen sogar jenseits der Naturwissenschaften entstanden, z. B. Human- und Sozialökologie, Ökopsychologie und ökologische Ökonomik, Stadt-, Agrar-, Forst-, Landschafts- und Naturschutz-Ökologie.

3. Erfordernisse des Lebens – und unbequeme Erkenntnisse

Gemäß Ziffer 1 der Grundmerkmale benötigt jedes Leben, konkreter: jedes Lebewesen eine ständige Zufuhr von Energie und Stoffen, ist also von deren Quellen (Ressourcen) abhängig. Deren Untersuchung ergibt erste grundsätzliche Unterschiede innerhalb der Lebewesen. Energiequellen sind

¹⁾ Nach stillschweigender Übereinkunft wird „öko“ stets auf Ökologie, nicht auf Ökonomie bezogen. Versuche, beide als gegensätzlich aufgefassten Begriffe in einem Wort zusammenzuführen, wie es z. B. KRUMMSDORF (2007) mit „Ökonologie“ vorschlug, blieben erfolglos.

- für Mikroorganismen: chemische Verbindungen,
- für grüne Pflanzen: Sonne,
- für alle übrigen Lebewesen: energiehaltige organische Stoffe, die also mit Stoffquellen identisch sind.

Als Stoffquellen fungieren:

- für grüne Pflanzen: unbelebte Stoffe, aus denen sie selbst mittels Fixierung und Einbau von Sonnenenergie organische, lebenstragende Stoffe aufbauen und von diesen leben (Autotrophie = Selbstversorgung). Wichtig ist, dass sie davon weit mehr erzeugen als sie für die eigene Existenz benötigen;
- für alle übrigen Lebewesen: organische, energiehaltige Stoffe aus dem Überschuss pflanzlicher Erzeugung – durch dessen direkten Verzehr oder indem sie einander verzehren, lebend oder tot (Heterotrophie = Fremdernährung).

Aus diesen Unterschieden ergibt sich eine zweckmäßige Arbeitsteilung in der Ressourcennutzung zwischen Mikroorganismen, grünen Pflanzen und Tieren, mit Unterteilung in Chemo- und Photosynthese, in Autotrophie und Heterotrophie, diese wieder in Lebens- und Tot-Verzehrer (Bio- und Saprophage). Hierin liegt der Ausgangspunkt der Lebensvielfalt (Biodiversität); die heute so betonte *Arten*vielfalt und die ihr zugrunde liegende genetische Vielfalt sind ihm untergeordnet.

Das Phänomen Heterotrophie enthält die wohl unbequemste ökologische Wahrheit. Die davon abhängigen Lebewesen, unzählige Milliarden von Organismen, *müssen* andere Lebewesen schädigen, töten oder auf deren Tod warten. Ich betrachte es als eine Tragik der Evolution, dass sie das einzige empathie- und ethikfähige Lebewesen, nämlich den Menschen, aus der Gruppe der Heterotrophen hervorgehen ließ und ihn mit diesem „Tötungszwang“ in ein unlösbares ethisches Dilemma brachte. Viele Menschen, die dies – oft rein intuitiv – empfinden, glauben es zu umgehen, indem sie auf die Tötung von Tieren verzichten und sich nur pflanzlich (vegetarisch) ernähren. Doch mit dem Verzehren von Pflanzen werden ebenfalls Lebewesen getötet, und das oft auf brutalste Weise. Wer bei hellem Licht ein frisches Salatblatt zerkaut, zermalmte lebendiges, voll aktives, in der Photosynthese CO₂ bindendes Leben, das nicht, wie bei den Tieren, vorher auf „humane“, schmerzlose Weise geschlachtet wurde. Aber für diese Tötung pflanzlichen Lebens fehlt uns Menschen jedes Mitgefühl, zumal wir auch nicht wissen (können?), ob und was Pflanzen bei einem solchen Akt „empfinden“. In Tiere, vor allem höhere, warmblütige Tiere können wir uns hineinversetzen, doch für Pflanzen gelingt uns das offenbar nicht. Neuere Forschungen zeigen immerhin, dass auch grüne Pflanzen zu „Entscheidungen“ fähig sind, z. B. bei Stress-Situationen ihre physiologischen Aktivitäten von Wachstum auf Stresswiderstand umzustellen vermögen (z. B. FROMM et al. 2007; HERMLE et al. 2007). Heterotrophie bedeutet auch, dass es keinen Frieden in der lebenden Natur geben kann – er ist ein menschliches Wunschbild.

Unter der zeitgemäßen Erkenntnis des Klimawandels wird noch eine weitere unbequeme ökologische Wahrheit offenbar: nämlich die Abhängigkeit des Lebens vom Kohlenstoff. Alles „höhere Leben“ beruht, wie schon erwähnt, auf der Photosynthese der grünen Pflanzen, die dazu neben Wasser auch Kohlendioxid (CO₂) benötigt. Die lebenstragenden, mit der Photosynthese erzeugten organischen Verbindungen sind Kohlenstoffmoleküle in Form von Ketten oder Ringen, an die andere chemische Elemente angefügt werden. „Grün“ kann also nur zusammen mit CO₂ wirken! Doch dessen „Zweitwirkung“, nämlich die Treibhauswirkung des atmosphärischen Kohlendioxids, auf die auch die anderen Treibhausgase umgerechnet werden, hat dieses lebenswichtige (Spuren-)Gas zum Schadstoff degradiert, und selbst ranghohe Fachleute haben daher eine dekarbonisierte Welt gefordert – in der nur noch einige Mikroorganismen leben könnten!

4. Fülle und Vielfalt des Lebens – zwischen Ein- und Vielzellern

Die Evolution der Fülle und Vielfalt des Lebens wird, wenn auch nur in großen Zügen, durch seinen „Stammbaum“ (Abb. 1) vermittelt. Wichtig ist darin die Unterscheidung zwischen den einzelligen, bereits eine außerordentlich große Vielfalt verkörpernden Mikroorganismen und den daraus – mit nur einem Strang – hervorgegangenen mehrzelligen Lebewesen, die für uns Menschen die „sichtbare“ Lebensvielfalt darstellen. Die Mikroorganismen sind nicht nur der Ausgangspunkt, sondern weiterhin die Basis für das Leben der „höheren“ Lebewesen, werden aber in der Biodiversitäts-Diskussion kaum beachtet. Bei der Evolution zu Vielzellern sind wichtige Fähigkeiten verloren gegangen, z.B. Nutzung des Luftstickstoffs, Humusbildung, Abbau und (Re-)Mineralisierung widerstandsfähiger organischer Substanzen, für welche die Vielzeller daher auf Mikroorganismen angewiesen bleiben. Andererseits vermögen mikrobielle Krankheits- und Seuchen-Erreger die Existenz ganzer Vielzeller-Gruppen zu gefährden oder sogar auszulöschen. Auch jeder Mensch trägt an und in seinem Körper Millionen von Mikroorganismen, auf deren Mitarbeit, z. B. bei der Verdauung der Nahrung, er sogar angewiesen ist; doch schenkt er ihnen kaum Beachtung, außer wenn von ihnen Gesundheitsgefährdungen ausgehen.

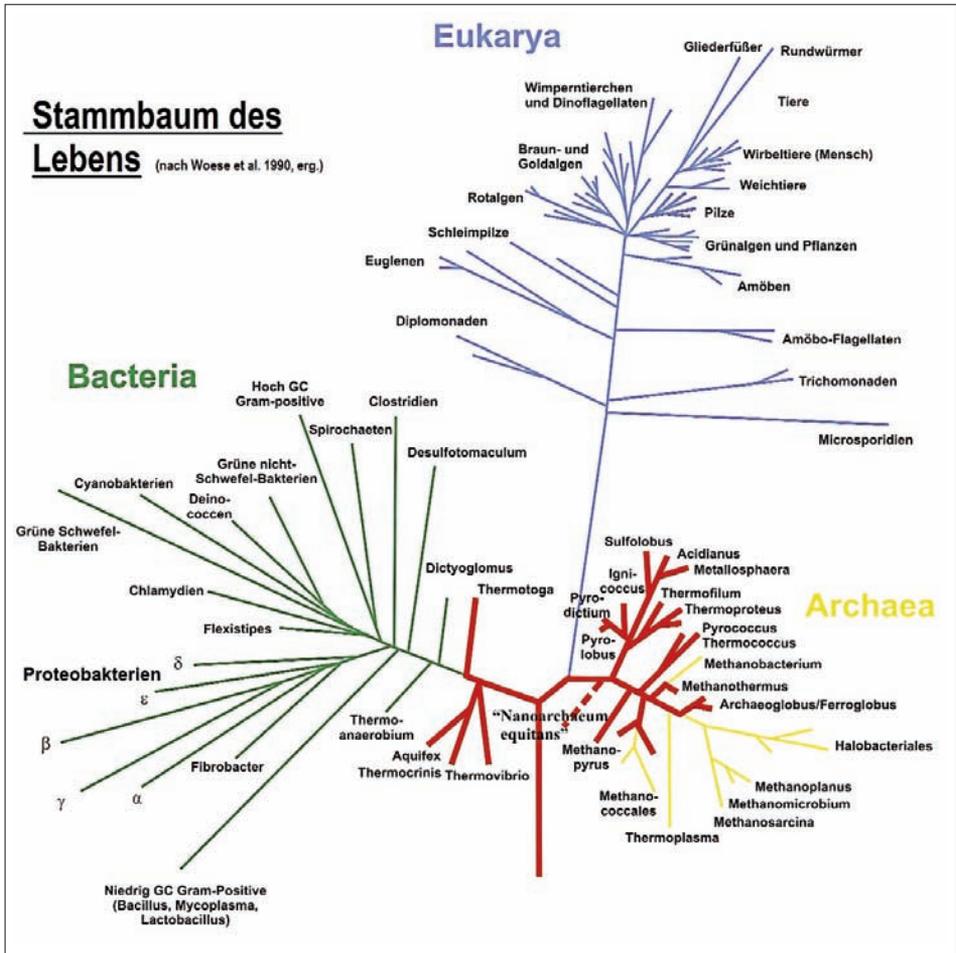


Abb. 1: Der Stammbaum des Lebens als Ausdruck seiner Fülle und Vielfalt. Erläuterungen im Text. Aus STETTER 2011, verändert, nach WOESE et al. 1992.

Ein Beispiel für die Unentbehrlichkeit der Mikroorganismen und ihre Unterschätzung bietet der Serengeti-Nationalpark in der ostafrikanischen Savanne. Die riesigen Großtierherden sind für alle Besucher eins der eindrucksvollsten Naturerlebnisse – und auch das Hauptmotiv für ihren Schutz. Die Existenz der Großtierherden hängt aber nicht nur von wirksamen Naturschutzmaßnahmen ab, sondern vor allem von den Milliarden von unsichtbaren Kleintieren, Pilzen und Mikroorganismen, die durch Abbau der gewaltigen Mengen von Tierkot und Tierleichen immer wieder Nährstoffe für neues Gedeihen von Nahrungspflanzen der Großtiere freisetzen.

5. Die Organisation des Lebens – Ökosystem und Umwelt

Dieses Beispiel zeigt zugleich, dass und wie das oben unter Ziffer 1 genannte, lebenstragende Input-Output-System für die Stoffe zu einem Kreislaufsystem gestaltet wurde. Es führt zum eigentlichen Inhalt der ökologischen Wissenschaft, nämlich der Organisation des „Phänomens Leben“ in der unbelebten Natur des Planeten, die ja aus dem Stammbaum-Bild nicht hervorgeht. Erst in ihr offenbart sich die schon erwähnte, ungeheure Komplexität und Vieldeutigkeit des Lebens, die in den relativ wenigen Jahrzehnten ernsthafter ökologischer Forschung nicht annähernd durchdrungen werden – und auch grundsätzliche Fehler nicht vermeiden konnte. Zu diesen zählen die inzwischen als falsch oder einseitig erkannten Klimax-, Gleichgewichts-, Stabilitäts- oder Superorganismus-Hypothesen, die dennoch populär geblieben sind. Eine wissenschaftlich allgemein akzeptierte theoretische Basis der Ökologie zeichnet sich bisher nicht ab (LAWTON 1999). Dennoch hat sich für den Umgang mit der hohen Komplexität der Disziplin – wenn auch mehr aus pragmatischen oder heuristischen Gründen – der hier von mir bereits beschrittene „systemare“ Weg (Leben als System) am besten bewährt, der in dem gebräuchlich gewordenen Begriff „Ökosystem“ – Kurzfassung für „ökologisches System“ – zum Ausdruck kommt. Mit den in Abschnitt 13 angesprochenen „Ökosystemleistungen“ ist er auch in die Umwelt- und Nachhaltigkeits-Diskussion einbezogen worden.

Für die Darstellung des Ökosystems gibt es ein allgemeines Schema, das die unbelebte Natur mit dem Leben in seinen Hauptfunktionen verknüpft und in vielen Ökologie-Lehrbüchern zu finden ist (z. B. ELLENBERG 1996, S. 103). Oft wird das Ökosystem auch einfach als Nahrungsnetz oder in Hierarchiestufen veranschaulicht. Für die Thematik dieses Beitrags bevorzuge ich ein von Lebewesen (einzeln oder als Gruppe) ausgehendes Schema, das auch zur Ökologie als „Umweltlehre“ am besten passt und in Abb. 2 zu sehen ist. Im Gegensatz zu „Natur“, die allgemein gilt, ist „Umwelt“ ja immer auf ein – von ihr umgebenes und abhängiges – Lebewesen bezogen; es gibt daher keine „Umwelt an sich“. Im Schema steht das Lebewesen in der Mitte; die wesentlichen Umweltfaktoren und -bedingungen sind kreisförmig angeordnet und mit dem Lebewesen durch dicke Doppelpfeile verbunden, welche die Wechselwirkungen zwischen ihm und den Umweltbestandteilen als ständiges Hin und Her symbolisieren. Dies ist der eigentliche, aber schwer fassbare Gegenstand der Ökologie. Die Umweltkomponenten stehen ihrerseits untereinander in Beziehungen, die durch das Netzwerk der dünnen Linien angedeutet sind und die hohe Systemkomplexität gut veranschaulichen. Darauf beruht die oft zitierte Aussage, dass in der Ökologie „alles mit allem zusammenhängt“. Sie gilt aber nur grundsätzlich. Im aktuellen Geschehen hängt *nicht* alles mit allem überall und jederzeit zusammen, sondern das trifft meistens nur auf ganz bestimmte Bestandteile zu bestimmten Zeiten zu – und das jeweils herauszufinden, ist eines der größten, oft nicht lösbareren Probleme der Ökologie, vor allem wenn es um Voraussagen geht, z.B. für das künftige Klima. Erschwerend sind plötzliche, in Zeitpunkt und Intensität nicht vorhersehbare Ereignisse.

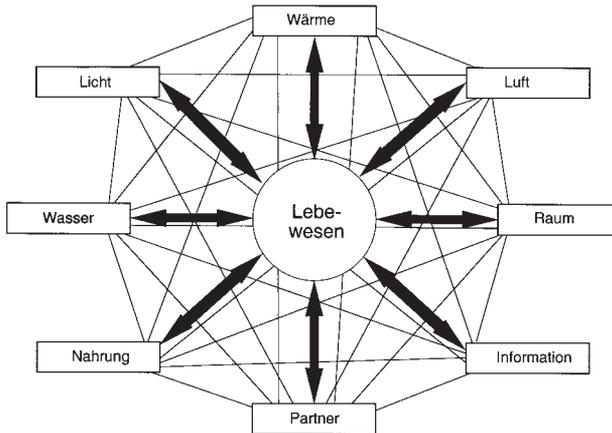


Abb. 2: Der „Umweltkreis“, Symbol der ein jedes Lebewesen umgebenden Umweltfaktoren und -bedingungen, die ihrerseits mit einander in Wechselwirkung stehen und ein Ökosystem repräsentieren. „Energie“ als Umweltfaktor ist aufgeteilt in Wärme, Licht und (für heterotrophe Lebewesen, siehe Abschnitt 3) Nahrung. Aus HABER 1993, ergänzt.

Gemäß diesem Schema hat jedes Lebewesen, sogar jedes Individuum „seine“ Umwelt, die sich von der Umwelt anderer, wenn auch oft nur in kleinen Details, unterscheidet. Der Ökologe muss sowohl die spezifischen Umwelten kennen als auch ihre Gemeinsamkeiten. Auch diese Forderung ist nur schwer erfüllbar und wird noch dadurch belastet, dass in der allgemeinen Diskussion und in den Medien „Umwelt“ zunächst, oder einseitig auf den oder die Menschen in ihrer jeweiligen Befindlichkeit bezogen wird. Doch auch jedes menschliche Individuum hat wiederum „seine“ Umwelt – das Problem bleibt, den gemeinsamen Nenner aller Umwelten zu finden.

6. Lebewesen müssen sich behaupten können

Der Planet Erde ist mit seiner unbelebten Naturlausstattung und der ständigen Zufuhr der Sonnenenergie (siehe Abschnitt 3) die Umwelt allen Lebens, das sich darin mit der „Biosphäre“ einen eigenen Bereich geschaffen und organisiert hat. Daraus ergibt sich als eine zentrale Fragestellung der ökologischen Forschung, wie die unzähligen, so verschiedenartigen Lebewesen mit ihren unterschiedlichen Umweltansprüchen darin koexistieren können. Ihre differenzierte geographische Verbreitung sowie die schon beschriebene Arbeitsteilung liefern erste Erklärungen dafür. Zu ihrer Vertiefung gehe ich vom einzelnen Individuum und seinem „Eintritt in die Welt“ aus, der zwar in einem bestimmten Ökosystem stattfindet, sonst aber vom Zufall elterlicher Erzeugung abhängt. In diesem Ökosystem muss sich ein jedes Individuum, gleich welcher Art, früher oder später selbstständig behaupten, durchsetzen, seine Rolle finden – und gegenüber anderen, auch der gleichen Art, mindestens einen kleinen Vorteil erzielen. Das ist ein Such- und Lernverfahren von hohem Wert, das von Rivalität, aber auch immer wieder von Zufällen bestimmt wird. Man nennt es Wettbewerb – ein Wort, das von der menschlichen (Markt-)Wirtschaft usurpiert wurde und daher zu einseitig, meist negativ verstanden wird. Es ist aber ein generelles Prinzip der Organisation, Funktion und Entwicklung allen Lebens. Dabei gibt es in der Regel Gewinner und Verlierer, selten eine „win-win“-Situation, ein gegenseitiges In-Schach-Halten – und nichts davon ist dauerhaft. Wer heute Gewinner ist, kann morgen Verlierer sein. Es zählt nur das Gesamtergebnis im Lebensablauf.

Sich behaupten und sich durchsetzen halte ich für eine Haupttriebfeder des Verhaltens eines jeden Individuums in jedem bio-/ökologischen System. Darauf beruhen ganz wesentlich die Systemorganisation mit ihren Regelungen und Hierarchien. Bäume streben zum Licht, bauen dessen Energie in ihr Holz ein – von dem wir Menschen profitieren – entziehen aber dieses Licht, und auch große Mengen Wasser, allen anderen Pflanzen, die zu solchem Höhenwuchs nicht veranlagt sind. Daher sind viele Wälder am Boden arm an Pflanzenarten. Auch wir Menschen unterliegen als biologische Wesen diesem Prinzip sogar vom Anfang unserer individuellen Existenz: Zufall und Wettbewerb bestimmen, welches von Millionen Spermien die weibliche Eizelle erreicht. Dieser Vorgang trägt auch wesentlich zur Lebensvielfalt bei, die ja auch auf einer immer wieder neuen Kombination von Erbträgern (Genen) beruht. Auf weitere Erklärungsversuche von Vielfalt, z. B. Finden von „ökologischen Nischen“, von Partnern; Befähigung zu Abwehr, Geschick, List; lokale Erreichbarkeits- und Fortpflanzungsbeschränkungen u. a. m. kann hier nur hingewiesen werden. Die Lebensorganisation beruht also primär auf Wettbewerb – und für Heterotrophe zusätzlich auf Töten und Schädigen; erst sekundär bilden sich Kooperation und Altruismus aus.

7. Ökologische Regelungen von Lebensfülle und -vielfalt

Zu den Grundtatsachen der Lebensorganisation in der Natur gehören ferner die schon erwähnten Regelungen. Sie zeigen sich in der strikten Begrenzung des Wachstums von Populationen und, in evolutionärer Sicht, sogar in ihrem Aussterben – lokal, regional und weltweit. Mehr als 98 % aller aus Fossilien bekannten Arten existieren nicht mehr! Es gibt daher für kein Lebewesen und für keine Art eine Überlebensgarantie, sondern nur die Herausforderung, sich in der Natur des Planeten zu behaupten, sich durchzusetzen und sich fortzupflanzen. Zur Sicherung der Fortpflanzung in einer grundsätzlich eher „feindlichen“ Umwelt sind in der Evolution zwei Alternativen entstanden, nämlich Brutfürsorge und -pflege oder eine möglichst hohe Nachkommenzahl. Mit dieser wird aus Fortpflanzung Vermehrung, deren Potenziale unvorstellbar hoch sein können. Zum Beispiel können Populationen von Erdmäusen in einem Jahr 90-fach zunehmen, Wanderratten 221-fach, und Reiskäfer sogar 10^{16} -fach. Bakterien, die sich alle 20 Minuten teilen können, würden nach 36 Stunden den Planeten mit einer 30 cm hohen Schicht bedecken (ODUM 1971, Kap. 7)! Die erwähnten Regelungen in der Lebensorganisation verhindern dies, indem sie solche Vermehrungen entweder gar nicht erst zulassen oder die „überzähligen“ Nachkommen einfach zugrunde gehen lassen.

Zu den Regelungen von Lebensfülle und -vielfalt haben in der Erd- und Lebensgeschichte wesentlich auch Katastrophen der unbelebten Natur beigetragen – die im Sinne einer „schöpferischen Zerstörung“ aber auch Chancen für neue Evolutionswege öffneten. Dies kann auch als Einhaltung des Nachhaltigkeitsprinzips gedeutet werden; denn das System (oder Phänomen) Leben wird damit immer wieder an die endliche, nicht vermehrbare stoffliche Grundausstattung der Erde angepasst, von der es letztlich abhängt. Insofern kann man „Nachhaltige Entwicklung“ durchaus als Bestandteil des Systems Leben betrachten. Daraus folgt wieder eine unbequeme ökologische Wahrheit: Jedes Lebewesen lebt in einer Mischung von Umwelt, Mitwelt und Gegenwelt, in der es nur zeitweilige Gleichgewichte – und keine Anhaltspunkte für die von uns Menschen dort gern erwartete Harmonie der Natur gibt. Die Organisation der lebenden Natur kennt auch keine Individualrechte, keine Gerechtigkeit und keine Ethik. Aber auf genau diese Prinzipien gründet sich die Organisation der Menschen – als nur einer Population unter Millionen anderer, von denen sie abhängt. Ist dies ein unauflösbarer Widerspruch oder die Ursache für den von uns der Natur zugeschriebenen „Eigenwert“?

Die auf Sicherheit und Wohlergehen bedachten Menschen empfinden ökologische Regelungen, sofern sie ihnen bewusst werden, oft als hart, ja grausam, und daher werden sie einer-

seits gern verdrängt oder verkannt, andererseits aber auch durch geeignete Verhaltensweisen oder Techniken begrenzt oder ausgeschaltet. Bei Erdbeben, Flutwellen, Wirbelstürmen und Vulkanausbrüchen, den härtesten „regelnden Eingriffen“ der unbelebten Natur in das Leben, gelingt dies nicht. Doch viele aus der Lebens-Organisation selbst hervorgehende Regelungen, z. B. Wachstums- oder Existenzbeschränkungen, lassen sich zugunsten der Menschen und bestimmter anderer Lebewesen sehr wohl ausschalten. Die Folgen davon können jenen Katastrophen, langfristig betrachtet, durchaus vergleichbar sein, aber werden nicht als so bedrohlich und beängstigend empfunden.

8. Das Sonder-Lebewesen Mensch und seine Doppelnatur

Unter solchen evolutorischen, wohl organisierten Voraussetzungen kam es zur Entfaltung der Hominiden – von denen sich, wiederum als Ergebnis von Wettbewerb, nur die Art *Homo sapiens* behauptete. Es ist vielleicht kein Zufall, dass die Evolution zum Menschen in der ostafrikanischen Savanne stattfand, einem dynamischen Gemisch aus Wald, Sträuchern, Gras- und Krautbeständen, das viele Lebensmöglichkeiten wie reichliche (tierische!) Nahrung, Schutz, Verstecke und Mobilitätsanreize bietet. Die Savannenstruktur liegt ja auch unseren Stadt- und Landschaftsparks zugrunde (APPLETON 1975; BOURASSA 1988), scheint also tief in unserem Umweltempfinden verankert zu sein.

Mit dem Menschen brachte die Evolution ein einzigartiges Sonder-Lebewesen mit einer Doppelnatur hervor:

- ein *biologisches* Wesen, angetrieben von allen dafür typischen Überlebens-Instinkten, einschließlich Wettbewerb und Heterotrophie –
- und zugleich ein *geistiges* Wesen, begabt mit Vernunft, Vorausschau und bewussten Gefühlen, mit der Fähigkeit, seine biologischen Instinkte zu beherrschen oder über sie hinauszugehen. (Dabei drängt sich die Frage auf, wie weit und wie oft diese Fähigkeit angewendet wird.)

Zur Veranschaulichung der Doppelnatur habe ich den in Abb. 2 gezeigten Umweltkreis, mit dem Netz seiner Faktoren und Bedingungen für die Lebewesen, für das Sonderwesen Mensch, d. h. für seine mentale „Natur“, durch einen ähnlich strukturierten, „mentalen Umweltkreis“ ergänzt (Abb. 3). In den Individuen und sozialen Gruppen der Menschen haben diese menta-

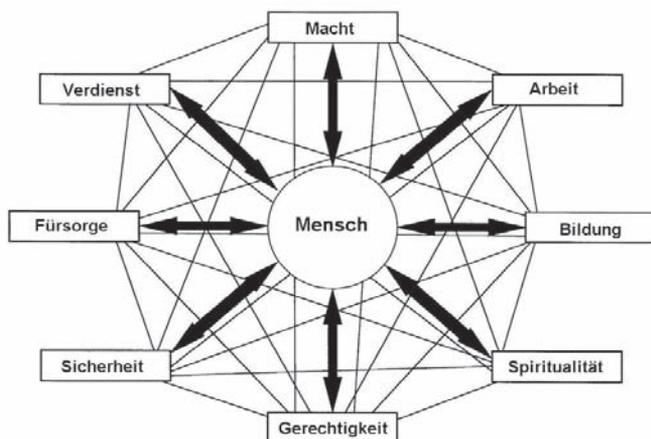


Abb. 3: Die mentale Umwelt des Menschen und ihre wesentlichen Bestandteile, dargestellt in Analogie zur biologischen Umwelt gemäß Abb. 2. Erläuterungen im Text. Aus HABER 2008a.

len Bedingungen oder Antriebe unterschiedliche, auch zeitlich wechselnde Stellenwerte – sie bleiben nicht einmal im Lebensablauf eines Individuums immer gleich. Außerdem unterliegen sie, einzeln oder kombiniert, ebenfalls dem Prinzip des Sich-Behauptens und Sich-Durchsetzens. Nicht wenige Menschen spezialisieren sich – bis zur Obsession, ja zum Fanatismus – auf eine oder einige der Komponenten der mentalen Umwelt, um damit, wiederum jenem Prinzip folgend, eine Vorherrschaft zu erlangen.

Beide Umweltkreise, der biologische und der mentale, im Gehirn als Stammhirn bzw. Großhirnrinde ausgebildet, stehen in ständiger Wechselwirkung, und zwar sowohl insgesamt als auch in den einzelnen Komponenten. Die durch die beiden Kreise symbolisierte Trennung von „Natur“- und „Humankapital“ bzw. „-ressourcen“ vermischt sich in der Praxis bis zur Unkenntlichkeit. Dabei bleibt – wieder eine unbequeme Wahrheit! – der biologische Umweltkreis maßgebend. Wenn er nicht funktioniert, verliert der mentale seine Bedeutung. Das ist den Menschen intuitiv bewusst, und sie verwenden daher alle ihre mentalen Einflüsse und Kräfte darauf, ihre biologische Natur (und deren Umweltkreis) nicht nur in Funktion zu halten, sondern noch zu perfektionieren. Weil dies oft nur auf Kosten oder mit Gefährdung der Umwelten vieler anderer Organismen gelingt, fordert es im mentalen Umweltkreis wiederum die Komponenten Gerechtigkeit und Spiritualität heraus; doch auch diese sind wieder vom Funktionieren des biologischen Umweltkreises abhängig. Hier zeigt sich eine Quelle kaum lösbarer Konflikte, allein im mentalen Bereich, und zugleich auch die Wurzel vom Guten und Bösen im Menschen. Die Evolution des Sonderwesens Mensch ist, was die Rolle und das Gewicht der Vernunft betrifft, nur unvollkommen gelungen. Wir selbst müssen sie vervollkommen – die Fähigkeiten dazu hätten wir!

Mit der Lebens-Evolution kam, wie erwähnt, ein Zweck in die Welt. In der Physik *passieren* die Dinge nur, in lebenden Systemen dagegen erfolgen *Handlungen*. Wie oder auf welchen Wegen sie ablaufen, lässt sich kaum voraussagen. Es ist kein Plan darin zu erkennen – außer dass mehr Vielfalt und mehr (Bio-)Masse entstehen, je nach den sich dafür bietenden Möglichkeiten in Raum und Zeit – und auch wieder verschwinden können. Hierin liegt wieder eine unbequeme Erkenntnis: wir Menschen planen, die Evolution des nicht-menschlichen Lebens fügt sich nicht darin ein. Erreichte Zustände, die für die einen günstig sind (und so bleiben sollten), sind für andere ungünstig (und sollten daher nicht so bleiben, sondern verbessert werden).

9. Hauptschritte der menschlichen (kulturellen) Evolution

Die Karikatur in Abb. 4 symbolisiert nicht nur den menschlichen „Fortschritt“, sondern auch, dass Menschen stets Biotechniker sind. Zwar verwenden auch Tiere Werkzeuge, aber nur Menschen vervollkommen sie ständig, und dabei sind sie für die Anwendung der Werkzeuge, die zu einer Vielfalt von Apparaturen wurden, schon früh von der Körperkraft auf außerkörperliche Kraft- oder Energiequellen übergegangen, wie weiter unten erläutert wird. Dieser biotechnische, mental gesteuerte Fortschritt, das Wesen der kulturellen Evolution, verhalf dem Menschen dazu, sich – dem Grundverhalten aller Lebewesen folgend (Abschnitt 6) – in der bei ihrem Erscheinen schon hoch organisierten lebenden Umwelt mit ihren Ökosystemen zu behaupten und durchzusetzen, in der er seitdem in erfinderischer Weise ständig nach Überlegenheit sucht. Nicht selten hat sich gezeigt, dass die Vorteile einzelner, vor allem technischer Entwicklungsschritte auch wachsende Neben- und Nachwirkungen hervorbrachten, die aufwändige Korrekturen oder gar gänzliche Verzichtes erforderten. Dennoch bleibt die Kenntnis solcher Schritte im kulturellen Gedächtnis erhalten, sie kann, im Unterschied zu Lebewesen-Arten, nicht aussterben oder ausgerottet werden. Darüber hinaus gehen diese biotechnischen Entwicklungen trotz Einwänden oder gar Tabuisierungen unaufhaltsam weiter, erst recht in einer globalisierten Menschheit.

Die aus dieser Sicht ersten großen Leistungen und Fortschritte der menschlichen Evolution, mit denen sich schon die frühen Menschen in der Natur durchsetzten, sind:

- Entdeckung und Nutzung des Feuers als zusätzlicher Energiequelle – und als Basis der Kultur; Abhängigkeit von Brennstoffen!
- Übergang von der Naturnutzung (der Sammler und Jäger) zur Landnutzung (als Landwirtschaft oder Agri-Kultur); Abhängigkeit von Land und Boden!
- Spaltung der Menschheit in Erzeuger (ländlich) und Verbraucher (städtisch), die von Nahrungserzeugung abhängen.

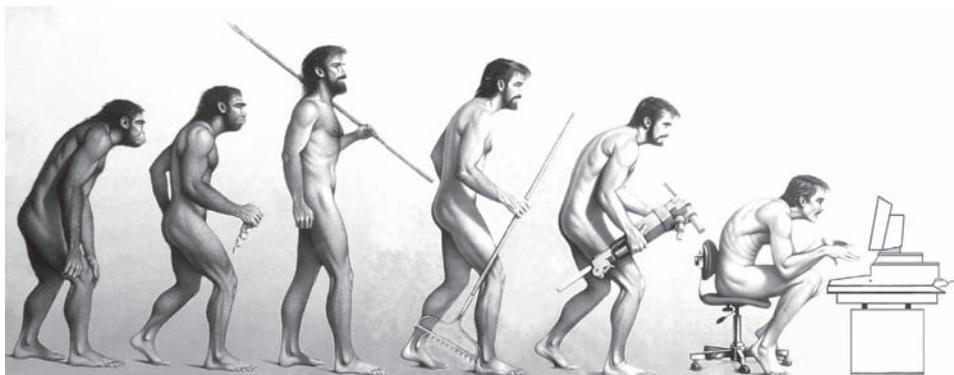


Abb. 4: Stufen der Evolution der Menschen und ihres Werkzeuggebrauches. Karikatur von Braldt Bralds aus SPIEGEL, verändert.

Jeder dieser Schritte, der nachstehend kurz beschrieben wird, war mit einer Zunahme der menschlichen Population und ihrer Dominanz über die nicht-menschliche Natur verbunden, schuf aber auch die erwähnten Abhängigkeiten. Diese erweisen sich heute immer mehr als „ökologische Fallen“ (HABER 2007) – weil der Spätankömmling Ökologie die enormen ökonomischen und auch sozio-kulturellen Vorteile der drei Entwicklungsschritte zwar in Frage stellen, aber nicht mehr korrigieren kann.

9.1. Feuer als zusätzliche, außerkörperliche Energie

Das Feuer ist eine die Sonnenenergie ergänzende, aber weitaus wirksamere, auf Wunsch erzeugbare, doch gefährliche Energiequelle, die in der Natur als biologisch gespeicherte Sonnenenergie durch Zündung verfügbar wird. Ihr Potenzial ist gewaltig: Ein Würfel Steinkohle, 5 x 5 x 5 cm groß, enthält soviel Energie wie die Sonne ein Jahr lang auf einem Quadratmeter Boden an Biomasse erzeugt (DREISSIGACKER 2010). Nur mit Feuer können wir Metallerze schmelzen, heizen, Licht erzeugen, Nahrung zubereiten, Maschinen antreiben, und zwar jederzeit und überall, auch nachts oder im Winter, wenn keine Sonne scheint. Aber Feuer bedarf stets der Brennstoffe, deren Verfügbarkeit sowohl Abhängigkeit von Quellen als auch Macht aus deren Beherrschung schafft. Außerdem braucht Feuer stete Kontrolle wegen seiner Zerstörungskraft, der Emissionen von Ruß und Gasen sowie von Asche als „Abfällen“. Die oft geäußerte Aussage, dass die Sonne weit mehr Energie auf die Erde strahlt als die Menschen jemals brauchen würden, stimmt nur statistisch. Maßgebend für die Verwendung sind die ungleichartige Verteilung der Einstrahlung auf der Erde und ihre zu geringe Energiedichte pro Ort und Zeiteinheit. Alle anderen auf Sonnenenergie angewiesenen Organismen kommen damit zurecht; nur die Menschen begnügten sich damit nicht, lernten, Feuer als zusätzliche, außerkörperliche Energiequelle erfolgreich zu nutzen – und wurden davon abhängig.

Die schon zur Sammler-Jäger-Zeit erfolgte Ausbreitung der Menschen von ihrem ostafrikanischen Herkunftsgebiet in alle Erdteile, in die sie als „invasive Fremdart“ eindringen, wäre ohne Hilfe des Feuers nicht möglich gewesen. Diese Ausbreitung, der erste Schritt zur Globalisierung, beweist aber auch die hohe Anpassungsfähigkeit der Menschen, die sich jeweils auf die von ihnen angetroffenen Naturgegebenheiten einstellten, sie dann aber zu ihren Gunsten veränderten – hier mehr, dort weniger – und unterschiedliche Kulturkreise schufen, die zunächst weitgehend unabhängig voneinander entwickelten. Dass die Menschen damit auch Gebiete hohen Lebensrisikos, z.B. Erdbeben- und Vulkanismus-Gebiete besiedelten, konnten sie nicht wissen, gaben sie aber nach schlimmen Katastrophen-Erfahrungen auch nicht auf.

9.2. Landwirtschaft als Ernährungsgrundlage

Der zweite schicksalhafte menschliche Entwicklungsschritt – mit dem sich die zweite ökologische Falle öffnete – war der Übergang zur Landwirtschaft, die gekennzeichnet ist durch Anbau ausgewählter Pflanzen auf Feldern, Haltung ausgewählter Tiere auf Naturweiden, sowie Aneignung von Land. Die ökologische, aber auch ökonomische und soziale Bedeutung dieses Übergangs wird bis heute völlig unterschätzt oder falsch eingeschätzt. Da ohne Nahrung kein Leben möglich ist, muss Nahrung primär als ein *ökologisches* Erfordernis von absoluter Priorität (neben Wasser) aufgefasst werden, was der Landwirtschaft einen im Grunde unanfechtbaren Stellenwert verschafft hat. Mit dem Verlassen der Sammler-Jäger-Zeit lösten sich die Menschen auch von der natürlichen biologischen Vielfalt als Lebensgrundlage (obwohl sie immer wieder dazu erklärt wird) und begaben sich in ihrer terrestrischen Nahrungsversorgung in die Abhängigkeit der Landwirtschaft (Agri-Kultur), die sich allenfalls durch Anbau- und Sortenvielfalt auszeichnet und dabei von bestimmten Naturgegebenheiten abhängt. Nur auf bzw. in den Weltmeeren dauert die Sammler-Jäger-Zeit noch an.

Erst mit diesem Wandel von der Naturnutzung zur Landnutzung schuf sich der Mensch „seine“ eigentliche Umwelt – auf Kosten der Umwelten aller anderen Lebewesen und gegen die Natur. Das angeeignete Land gestalteten die Land„wirte“ nach ihren Zweckzuweisungen rational um – im Ackerbau radikal, in der Viehhaltung allmählich. Überall mussten einerseits Nahrung, andererseits Bau- und Brennstoffe biologischer Herkunft erzeugt werden. Durch diese „Eingriffe“ (die heute z. T. gesetzlich verboten wären, vgl. HABER 2008b) entstanden die Vielfalt der Landnutzung und -gestaltung – und mit ihr die Eigenart und (oft auch) Schönheit der (Kultur-)Landschaft, Motto dieses Bandes, mit primär wirtschaftlichen Bindungen, die aber auch emotional verankert wurden (vgl. das Schema in ELLENBERG 1996, Abb. 28, S. 56). In der Land-Aneignung steckt das für das Durchsetzungsprinzip der Lebewesen wichtige Territorial- oder Revier-Verhalten, also wiederum ein biologisches Erbe. Reviere werden oft mit Gewalt verteidigt oder sogar ausgeweitet. Forschungen an Schimpansen zeigten solche Ausweitungen mit Tötung aller Schimpansen in Nachbarrevieren (MITANI et al. 2010) – ein böses Primaten-Erbe!

Eine dauerhafte landwirtschaftliche Nutzung erlauben nur mit Pflanzenwuchs bedeckte Landgebiete. Dieser bietet dafür jedoch sehr verschiedenartige Voraussetzungen, je nachdem ob er von grasig-krautigen oder von holzigen Pflanzen dominiert ist; bei den letztgenannten ist wieder zwischen Wald- und Strauch-Formationen zu unterscheiden. Fast alle sind, wenn auch in unterschiedlichem Maß, für die Beweidung nutzbar, doch für Ackerbau und Siedlung muss die natürliche Vegetation stets beseitigt – und zugleich entschieden werden, wie viel von ihr zu erhalten ist, und zwar nicht aus (damals unbekanntem) Naturschutz-Gründen, sondern um sie als Weideland sowie zur Versorgung mit Holz als Brenn-, Werk- und Baustoff zu nutzen. In Steppen, Prärien und Salzmarschen fehlt Holz, das als Brennstoff oft durch getrockneten Viehdung ersetzt wird.

Nicht zu vergessen ist, dass die Pflanzendecke auch die Voraussetzung für die Bodenbildung darstellt. Böden sind als Träger der Ernährung das kostbarste und empfindlichste Naturgut. Bei Schädigung oder Verlust sind sie nicht wiederherstellbar. Ihre Neubildung aus dichten Pflanzendecken kann Jahrhunderte dauern. Bodenschutz ist daher genau so wichtig, oder sogar wichtiger, als Klimaschutz. Für dauerhaften Ackerbau nutzbares Land mit geeigneten Böden nimmt weltweit nur 11-15 % der Kontinente ein; in den gemäßigten Klimazonen, darunter in Europa, steigt der Anteil bis über 30 %. Mittels Technik können weitere Flächen ackerfähig gemacht werden, z. B. durch Entwässerung von Nassböden, womit aber der wirksamste CO₂-Speicher (Torf) verloren geht (DRÖSLER 2009), oder durch Bewässerung von Trockengebieten, was, abgesehen von der Verfügbarkeit von Wasser, oft zu Lasten der menschlichen Trinkwasserversorgung (siehe Abschnitt 13) geht. Die Ausweitung von Ackerbauflächen bedingt also oft ökologische Nachteile, ganz abgesehen von der Verminderung von Grasland-, Wald- und sonstigen Naturgebieten auf der endlichen Landmasse der Erde. Andererseits gehen immer noch viele Ackerböden durch Erosion und Überbauung verloren, oft gerade in Gebieten, wo Nahrung knapp ist. Dies muss unbedingt verhindert werden.

9.3. Städtische Lebensweise als bestimmende Trägerin der Kultur

Der dritte schicksalhafte Entwicklungsschritt der Menschen – in die dritte ökologische Falle – wurde bewirkt durch die Erfolge von Landwirten, die mehr produzieren als sie zur Eigenversorgung, dem ursprünglichen Motiv der Landwirtschaft, brauchen. Dieser „Überschuss“ ist zur Lebensgrundlage einer nicht-landwirtschaftlichen Bevölkerungsgruppe geworden, aus der die städtische Lebensweise hervorging, die aber für immer von diesem Überschuss abhängig geblieben ist. Für die Landwirte dagegen wurde er zur Ware und zum Geschäft, von dem sie, nunmehr als Unternehmer, ihrerseits abhängig geworden sind. In ökologischer Sicht zeigt sich hier auch eine Analogie zur erwähnten „Überschuss“-Erzeugung in der pflanzlichen Primärproduktion, welche erst die Heterotrophie ermöglichte. Die Städte übernahmen die weitere kulturell-technisch-zivilisatorische Entwicklung – und ließen die Landwirte dahinter zurück, setzten sie aber unter wachsende Kontrolle und Anleitung, um die Nahrungs- und Rohstoff-Lieferung – also die Überschüsse – dauerhaft zu sichern. Seitdem ist die Menschheit unwiderruflich gespalten: in Erzeuger und Verbraucher, Land und Stadt, quasi-natürliche und künstliche Lebensumwelt. Damit sind tief greifende Mentalitäts-Unterschiede verbunden. Der Landwirt (Bauer) muss letztlich gegen die ihn bedrängende Natur handeln, der vom Bauern gut versorgte Städter kann die – ihm fernere – Natur als schön und bewahrenswert empfinden. Auch wenn sich der Land-Stadt-Gegensatz zu mildern scheint, vor allem im Lebensstil – er ist im Grunde unüberwindbar. Jeglicher Wohlstand ist städtisch – und setzt die Landwirtschaft, allgemein-ökologisch gesagt: die Primärproduktion, als Trägerin voraus.

10. Übergang ins Industriezeitalter im Vorrang „westlicher“ Kultur

Die drei Entwicklungsschritte fanden in den vorher erwähnten Kulturkreisen der Menschheit in unterschiedlichem Ausmaß statt. Weil alle wichtigen Ressourcen, einschließlich der Einstrahlung der Sonnenenergie, auf der Erde ganz ungleichmäßig verteilt und zugänglich sind, schafft bereits die Natur die Voraussetzungen für Armut und Reichtum. Diese Unterschiede wurden in den kulturellen Entwicklungen oft noch gesteigert, bedingten die Entstehung von Hochkulturen, die auch mit politischer Macht verbunden waren, dann aber auch wieder zusammenbrachen (DIAMOND 2005). Seit dem 15. Jahrhundert errangen einige Länder West- und Mitteleuropas, also des „westlichen“ Kulturkreises, eine globale Vorherrschaft. Sie entdeckten mit gezielten Erkundungen alle anderen Erdteile, Kulturkreise und Völker, von denen sie die meisten mit Macht und Gewalt eroberten, unterwarfen und ihre Ressourcen aus-

beuteten. Mit diesem Kolonialismus verstärkte das westliche Europa seinen eigenen technisch-kulturellen Fortschritt, wesentlich unterstützt durch den Übergang vom rein durch Erfahrung geleiteten Umgang mit der Natur zu dessen wissenschaftlicher Erforschung und Nutzung. Damit konnte in den westlichen Kolonialmächten im 18. Jahrhundert der vierte große Entwicklungsschritt der Menschheit erfolgen, der Übergang in das städtisch-industrielle Zeitalter mit der endgültigen „Verwandlung der Welt“ (OSTERHAMMEL 2010). Er gründet sich im Wesentlichen auf

- die Umstellung der Brennstoffversorgung auf nicht-erneuerbare (endliche) Quellen
- die Instrumentalisierung von Physik und Chemie für die Modernisierung des Lebens
- die Instrumentalisierung der Biologie zur Manipulation des Lebens.

Vor allem die Ersetzung von Holz als Brennstoff, das nach Menge und Landfläche nur begrenzt nachwachsen kann und vielfach schon im Mangel war (hier liegt der Ursprung der „Nachhaltigkeit“, VON CARLOWITZ 1713!), durch fossilisierte Biomasse aus früher Erdgeschichte (Kohle, Erdöl) ermöglichte einen ungeahnten Aufschwung von Industrie und Verkehr auf maschineller Basis mit der Folge stark zunehmender Verstädterung, weiterem Bevölkerungswachstum, steigenden Ansprüchen, aber auch Bevölkerungsverlagerung vom Land in die Städte. Diese Entwicklung zur „Moderne“ hat Wohlstand gebracht und Armut vermindert sowie auch wesentliche geistig-zivilisatorische Fortschritte wie Aufklärung, Menschenrechte und Sozialgerechtigkeit hervorgebracht.

Unter den Wissenschaften, welche diese Entwicklung trugen und bestimmten, fehlte noch die Ökologie (und ihre Anwendung im Natur- und Umweltschutz). Als sie im 20. Jahrhundert (endlich) aufkam, stellte sie die zunehmenden Schattenseiten, Belastungen und Schäden des „westlichen“ Fortschritts unanfechtbar fest. Sie musste aber auch erkennen, dass er – wie für jede Evolution typisch – nicht umkehrbar war und die ihn tragenden technischen Erfindungen unausrottbar sind. Eben dies bestreiten jedoch die sich ausbreitenden Umweltschutzbewegungen, welche die Ökologie ja, wie erwähnt, als eine Heils- und Glaubenslehre auffassen. Deren Vorstellungen einer „besseren“, der „Natur“ näheren und sie respektierenden Entwicklung, bekleidet mit dem mehrdeutigen Begriff der Nachhaltigkeit, stoßen im Kontext der Globalisierung aber auch auf den Widerstand der Länder und Kulturen, die den westlichen Fortschritt noch nicht erreicht haben und ihn als Vorbild ihrer eigenen Entwicklung sehen. Erst kürzlich von der politischen (aber nicht der wirtschaftlichen) kolonialen Vorherrschaft der Industrieländer befreit, sehen sie in deren Umweltschutz- und Nachhaltigkeits-Maßnahmen eine ihnen auferlegte Beschränkung eigener Entwicklungsabsichten, ja eine neue Art von Kolonialismus (HABER 2011, S. 64).

Dies ist ein schweres Erbe der „westlichen“ Kultur und ihres „Eurozentrismus“, das die weitere Entwicklung der Menschheit mit großen Ungewissheiten belastet und schwere Konflikte geistiger oder physischer Art nicht ausschließt. Dessen ungeachtet wächst die Menschheit an Zahl und Ansprüchen vorerst weiter (Abb. 5), auch wenn dies regional unterschiedlich verläuft und beim jährlichen Zuwachs sogar eine Abnahme zeigt – ein Zeichen der auch hier wirksamen Selbstregelung von Populationen, die aber bezüglich der Dringlichkeit der Problemlösungen zu langsam verläuft.

11. Probleme der Nahrungsversorgung der wachsenden Menschheit

Aus den vielen Problemen greife ich die Nahrungsversorgung unter Betonung ihrer in Abschnitt 9.2 erwähnten ökologischen Notwendigkeit heraus. Die heutige „Masse Mensch“, am eindrucksvollsten in China oder in Indien zu erfahren, will gut und sicher ernährt sein. Das

fordert zwingend eine intensive, hoch produktive Landwirtschaft, vor allem Ackerbau, mit noch weiter zu steigenden Erträgen – auf einer endlichen, nicht vermehrbaren Landfläche, auf der die geeigneten Bodenflächen sogar abnehmen.

Ich nenne nur eines der damit verbundenen, schwerwiegenden Probleme. In der Landwirtschaft, speziell im Ackerbau, ist der für das pflanzliche Wachstum und die lebensnotwendige Eiweißbildung unentbehrliche „reaktive“ Stickstoff (in Form von Ammonium- und Nitratverbindungen) sehr oft ein Mangelfaktor gewesen. Denn der reichlich vorhandene, nicht-reaktive Luft-Stickstoff kann nur, wie schon erwähnt, durch bestimmte Mikroorganismen und -pilze für Lebensprozesse zugänglich gemacht und erhalten werden. Die Erfindung und Einführung der technischen Ammoniaksynthese zu Anfang des 20. Jahrhunderts hat diesen Mangel beseitigt und wesentlich dazu beigetragen, dass seitdem die Weltbevölkerung um 5 Milliarden Menschen zunehmen konnte. Wie aber werden diese 5 Milliarden und ihre Nachkommen ernährt, wenn die sehr energie-intensive Ammoniak-Synthese wegen Energieknappheit oder auch wegen Ablehnung synthetischer Dünger eingestellt wird (ŠMIL 1997)?

Konkret und in jedem Bauernhof geht es um die Frage der Düngung, das heißt den Ersatz der durch Ernte oder Mahd dem Boden entzogenen Nährstoffe. Dabei spielt Stickstoff eine wesentliche Rolle, ist aber mit seiner komplexen Chemie, zu der auch treibhauswirksame Verbindungen gehören, schwierig zu verstehen. Daher wird er, wie überhaupt die Düngung, im Land-Stadt-Dialog sehr widersprüchlich beurteilt. Als Ökologe gehe ich von folgenden Fragen aus: Wieviel Nährstoffe entzieht die Ernte dem Boden? Wieviel davon muss durch Dünger ersetzt werden? Woher kommt dieser Dünger? Wie ist er anwendbar, wie wirkt er? Die Problematik wird dadurch erhöht, dass Dünger nicht nur Ersatz für die entzogenen Nährstoff-

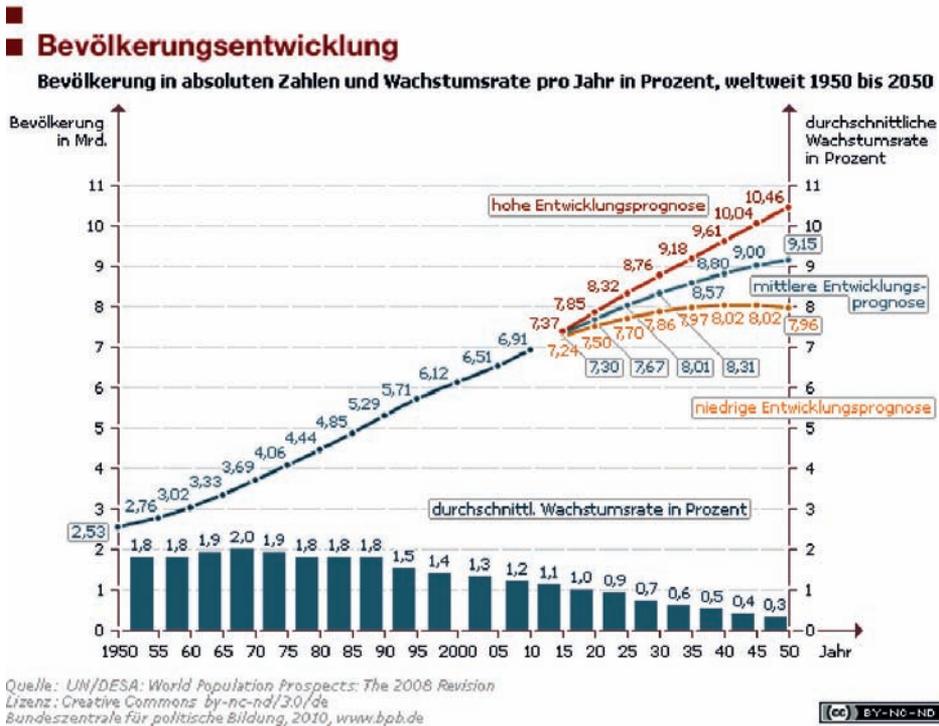


Abb. 5: Wachstum der Weltbevölkerung seit 1950 und Projektion bis 2050, insgesamt (oben) und Abnahme der Wachstumsrate (unten). Aus: Bundeszentrale für politische Bildung.

fe ist (dies ist seine ursprüngliche Rolle!), sondern die Erträge erheblich steigern kann. Dazu tragen gerade Stickstoffdünger – nicht nur synthetisch hergestellte! – wesentlich bei, erhöhen damit also die Erträge und Erlöse der Landwirte als Unternehmer, vermindern zugleich Unterernährung und Hunger, doch bei übermäßiger Anwendung belasten und schädigen sie die Umwelt, Boden, Grundwasser und Gewässer. In welchem Maße und auf welchen Standorten des so heterogenen Landes ist umweltschonende Landwirtschaft möglich? Organischer („ökologischer“) und anorganischer (chemiegestützter) Landbau sind keine Alternativen, sondern hängen von Standort und Bedarf ab.

Die globale Bevölkerungszunahme (auch wenn der Zuwachs pro Dekade sinkt, Abb. 5) erzwingt also eine gesteigerte Nahrungserzeugung mit intensiverer Landwirtschaft. Alle ihr aus Umwelt- oder Nachhaltigkeits-Gründen auferlegten Beschränkungen wie organischer Landbau und Technikverbote dürfen der Ertragssteigerung nicht entgegenstehen – sonst ist die Hungerbekämpfung vergeblich. Zahl und Ansprüche der Menschen wachsen, aber das verfügbare Land ist endlich und wächst nicht mit! Aus dieser Einsicht erwächst die schlimmste ökologische Botschaft: Humanitäre und ökologische Ziele nachhaltiger Entwicklung widersprechen sich, da die begrenzten Ressourcen der Erde nicht ausreichen oder nicht weiter belastet werden können. Auswege aus diesem Dilemma sind nur Geburtenbeschränkung, Senkung des Ressourcenverbrauchs pro Kopf (Lebensstiländerung) – oder Hungerkatastrophen, Elend, Kriege, Migrationen.

Die Grundforderung der Nachhaltigkeit: Nachhaltige Entwicklung befriedigt die Bedürfnisse der gegenwärtig lebenden Menschen, ohne die Bedürfnisse künftiger Generationen einzuschränken oder zu gefährden (vgl. RADKAU 2011, S. 551) – ist entweder nicht erfüllbar, weil künftig mehr Menschen auf der gleichen Landfläche nur unter eingeschränkten Bedingungen leben müssen – oder sie ist schlicht ein Irrtum, weil sie ohne Berücksichtigung des Bevölkerungszuwachses aufgestellt wurde. Allein seit 1986, dem Jahr der Verkündung jenes Leitbildes, hat die Weltbevölkerung um fast 2 Milliarden zugenommen. Noch einmal sei betont, dass es nicht nur auf das Wachstum der Zahl der Menschen, sondern auch ihrer Ansprüche ankommt. Rechnet man diese auf die Zahl um, werden bis 2050 zwölf statt neun Milliarden zu ernähren sein.

12. Ökologische und ethische Widersprüchlichkeiten nachhaltiger Entwicklung

Dabei ist die Doppelbedeutung des Worts „Entwicklung“ zu beachten, nämlich: etwas entwickeln *wollen* (nach Plan), und etwas sich entwickeln *lassen*. Darin steckt auch ein Paradoxon: Viele Menschen wollen, dass sich bestimmte Dinge nicht entwickeln, oder entwickelt hätten – Beispiel Atomenergie oder Gentechnik. Ebenso können, im steten Wandel der Natur, Arten aussterben oder der Ausrottung verfallen, menschliche Ideen oder Erfindungen aber bleiben. In globaler Sicht haben nationale oder von bestimmten Sozialgruppen angetriebene Befindlichkeiten widersprüchliche, kaum überbrückbare Einflüsse. Global denken und lokal handeln kann daher ins Dilemma führen.

Wem es, wie mir, vergönnt ist, über 50 Jahre wissenschaftliches Geschehen zu verfolgen (und ein wenig mitzugestalten), der wundert sich über den Gegensatz von rasch zunehmenden Erkenntnissen und der Langsamkeit ihrer Umsetzung in die Praxis. Bereits Ende der 1960er Jahre hat das erste große, durch Computer ermöglichte Weltmodell von FORRESTER et al. (1971), allgemein bekannt geworden durch die „Grenzen des Wachstums“ von MEADOWS et al. (1972), fünf dynamische Haupt-Triebkräfte der globalen Entwicklung identifiziert und ihre „Stabilisierung“ gefordert, nämlich:

1. Bevölkerung (Zahl und Ansprüche)
2. Nahrungsproduktion (pro Kopf)
3. Industrieproduktion (pro Kopf)
4. Ressourcenvorrat und -verbrauch
5. Umweltverschmutzung.

Bevorzugt seien Nr. 1 und 3 zu stabilisieren, um eine „nachhaltige“ Entwicklung zu erreichen (dieser Begriff wurde damals noch nicht eingeführt, obwohl Meadows das Wort schon verwendete). Diese „alten“ Erkenntnisse sind nach wie vor gültig – aber ihre globale Umsetzung stößt in der Konkurrenz der Nationalstaaten nach wie vor auf große Widerstände. Es reicht auch nicht aus, mit der Vorsilbe „grün“ nur Technologien zu verändern, aber zugleich so zu tun, als könnten wir so weiter leben wie bisher. Andererseits lässt sich mit wachsendem Misstrauen betrachteter technologischer Forscherdrang (Geo-Engineering, Transmutation, künstliche Photosynthese, Kernfusion) auch nicht unterbinden.

Wenn es den Staaten und Kulturen auf der Erde nicht gelingt, die Naturverhältnisse der Menschen und aller anderen Lebewesen auch nur einigermaßen zu regeln, wird dies letztlich „die Ökologie“ – als Organisationsweise des Lebens –, mit ihren Methoden bewirken. Dies ist den Menschen als einzigen Lebewesen intuitiv bewusst: nämlich dass sie als Individuen sterben werden – und als Art aussterben können. Ihr Selbst- und ihr Arterhaltungstrieb, in bewusstes Handeln übertragen, veranlassen sie, den individuellen Tod solange wie möglich hinauszuschieben und jedes Individuum der Art *Homo sapiens* solange wie möglich am Leben zu erhalten – und ihm darüber hinaus noch ein „gutes Leben“ zu ermöglichen. Für diese unbestreitbar humanitäre oder ethische Verpflichtung lassen sich Entwicklung und Anwendung aller Mittel der Technik rechtfertigen. Letztlich laufen aber alle diese Bemühungen und Anstrengungen auf Ernährungssicherung hinaus, die wiederum nur durch Landwirtschaft gewährleistet wird. Daher muss auch sie – bei Abnahme der Bauern! – technisiert und in der Konkurrenz mit anderen Wirtschaftssektoren gestärkt werden. Dafür sorgt die eigens geschaffene staatliche Agrarpolitik, aber vieles wird auch der freien Wirtschaft überlassen, die daraus Monopole aufbaut und Profite macht. Doch auch der einzelne Landwirt ist ein Unternehmer, der mit seiner Arbeit Geld verdienen muss und darf. Eine Selbstversorgungs-Landwirtschaft kann die Stadtmenschen nicht ernähren!

Der Erfolg solcher Entwicklung ermöglicht mehr Menschen die Existenz, die dann wieder mehr Nahrung, Ressourcen und Platz brauchen – eine endlose Spirale auf einem endlichen Planeten. Eigenartig, aber keineswegs unbegründet ist, dass die so leistungsfähig gewordene und gemachte Landwirtschaft den Hunger beseitigen kann und dies in den Industrieländern auch erreicht hat – aber zugleich als einer der Haupt-Umweltsünder angeklagt und (vor-)verurteilt wird! Sie bedient sich jedoch derselben Einstellung und Methoden, welche die städtische Gesellschaft entwickelt und zum Vorbild erhoben hat.

Abb. 6 zeigt anschaulich die unumkehrbare zeitliche Entwicklung der Inanspruchnahme von nicht vermehrbarem Land bei wachsender Bevölkerung. Diese ballt sich „platzsparend“ in den städtischen Siedlungsflächen zusammen und beklagt dort heute, gut ernährt und versorgt dank moderner, intensiver Land- und Forstwirtschaft, die verlorene „Natur“ im Gewand der Biodiversität. Auch das sind unwillkommene Wahrheiten der Ökologie! Man muss solche Statistiken und Globaldarstellungen aber immer auf die geographisch-ökologische Wirklichkeit „vor Ort“ beziehen, und da zeigt sich, dass die Weltbevölkerung am schnellsten in Bereichen von durchschnittlich geringerer natürlicher Produktivität wächst, vor allem in den Tropen. Hier nehmen daher auch Hunger und Armut weit überdurchschnittlich zu. Die Armutsbekämpfung ist ein Hauptziel der Nachhaltigen Entwicklung, und zwar ihrer sozialen Kom-

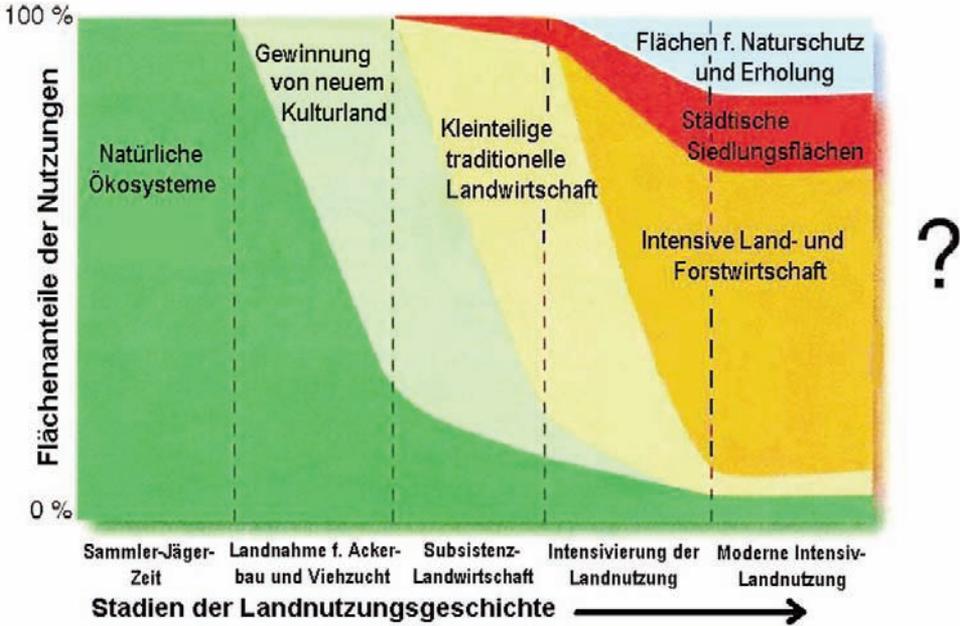


Abb. 6: Stadien der Landnutzungs-Entwicklung. Die Landfläche (senkrechte Skala der Grafik) ist endlich und nicht vermehrbar, muss aber ständig mehr Menschen (siehe Abb. 5) tragen und versorgen. Aus FOLEY et al. 2005, verändert.

ponente. Aber ihr Erfolg steigert den Ressourcenverbrauch und die Landbeanspruchung, weil die Menschen, denen aus der Armut geholfen wird, meist nicht die darin gelernte Bescheidenheit beibehalten. Statt Armut sollten daher Not und Elend bekämpft werden.

13. Ökosystem-Leistungen und ihre Anforderungen

Aus der ökologischen Komponente der Nachhaltigen Entwicklung ist zu Anfang des 21. Jahrhunderts eine globale Bestandsaufnahme mit dem Titel „Millennium Ecosystem Assessment“ hervorgegangen (MEA 2005), mit der die Abhängigkeit menschlichen Wohlbefindens von „Ökosystem-Leistungen“ (ecosystem services) dargestellt und die öffentliche Aufmerksamkeit auf deren Erhaltung gerichtet wurde. Insgesamt werden 28 solcher Leistungen beschrieben und, wie in Tabelle 1 dargestellt, zu vier Gruppen zusammengefasst. Die Wichtigkeit dieser Leistungen musste aber dann wiederum durch den TEEB-Report (2010) ökonomisch untermauert werden. Er bezieht sich aber hauptsächlich auf „natürliche“ Ökosysteme und auch auf die darin enthaltene Biodiversität, berücksichtigt aber zu wenig, dass das menschliche Leben und Wohlbefinden vielfach, oder sogar überwiegend, von anthropogen veränderten, ja „künstlich“ geschaffenen Ökosystemen abhängt. Es wird auch nicht erwähnt, dass die „Regelungsleistungen“ auch die Größe, Vermehrung und Ausbreitung aller Populationen von Lebewesen regeln und insofern auch auf die Menschen bezogen werden müssten. Die kulturellen Leistungen von Ökosystemen lassen auch offen, wo die Grenze zwischen Natur und Kultur zu ziehen ist; letztlich ist Naturschutz eine Kulturaufgabe und eines seiner Haupt-Gegenstände, die Landschaft, das Thema dieses Bandes, ist ein Ergebnis der Kultur.

Auch kommt in den Ökosystemleistungen nicht richtig zum Ausdruck, dass mit dem 21. Jahrhundert das postfossile Zeitalter beginnt und die Energieversorgung auf regenerative

Tab. 1: Die 4 Gruppen der Ökosystem-Leistungen (Ecosystem services) des Millennium Ecosystem Assessment. Aus MEA 2005, übersetzt und ergänzt von W. Haber.

Ökosystem-Leistungen (Ecosystem Services)	
	Versorgung <ul style="list-style-type: none"> • Nahrung • Trinkwasser • Brennstoffe • Holz, Fasern
Allgemeine Lebensgrundlagen <ul style="list-style-type: none"> • Photosynthese • Stoffkreislauf • Bodenbildung • Organisation 	Regelung <ul style="list-style-type: none"> • Klima • Wasserhaushalt • Reinigung (Luft, Wasser) • Gesunderhaltung
	Kultur <ul style="list-style-type: none"> • Ästhetik • Spiritualität • Bildung, Wissen • Erholung

Energieträger verlagert, durch Klimaschutz und (in einigen Ländern) Verzicht auf Atomenergie verstärkt. Damit sind ein zusätzlicher Flächenbedarf und eine erhöhte Flächenbeanspruchung, zum Teil sogar neue Landnutzungen verbunden, z. B. „Felder“ für Windrotoren oder Solarzellen. Ökologisch besonders problematisch ist die Bodennutzung zur Erzeugung von Energiepflanzen, da hierzu die weltweit ohnehin knappen ackerfähigen Böden herangezogen werden und in Konkurrenz zur – lebenswichtigeren – Nahrungserzeugung treten. Treibstoffe aus angebauter Biomasse (statt aus Restbiomassen) zu erzeugen, ist grundsätzlich ein ökologisch falscher Weg, wie auch die Biomassennutzung für Energiezwecke ökologisch und klimabezogen nur bei Verzicht auf Verbrennung zu verantworten ist.

Nicht vergessen werden darf, dass die Intensivierung der agrarischen und forstlichen Landnutzung, sowohl zur Nahrungs- als auch zur Energie-Erzeugung, einen erhöhten Bedarf an einer weiteren knappen Ressource, nämlich Süßwasser verursacht. Schon heute werden 70% des Süßwassers in der Landwirtschaft genutzt. Im Weltdurchschnitt ist Bewässerungs-Landwirtschaft doppelt so produktiv wie die von Regen versorgte, denn sie erzeugt auf etwa 20% des Kulturlandes über 40 % der Nahrung für die Weltbevölkerung. Da 1 Tonne Getreide bis zur Ernte 1000-2000 Tonnen Wasser benötigt, wird sich ein globales Wasserproblem auch als Welternährungsproblem auswirken. Wäre Energie in großen Mengen verfügbar, könnte Meerwasser in großem Umfang entsalzt werden; doch auch dann bedarf es einer gut organisierten Verteilung und Gebrauchslenkung des Wassers.

14. Ausblick auf Prioritäten

Es ist sicher, dass das 21. Jahrhundert die Menschen von der globalen bis zur lokalen Ebene, in ihren kommunalen, nationalen oder auch berufsmäßigen Organisationen und in ihren verschiedenen Kulturkreisen vor harte Entscheidungen stellen wird, die vor allem auch erhebliche Kosten verursachen. Man denke nur an die Sanierung des Finanzwesens, an Klimaschutz und Anpassung an Klimawandel, verbesserte Bildung und Sozialfürsorge, Schutz und Pflege von Naturgütern und anderes mehr. Bei solchen Entscheidungen erscheint es mir zweckmäßig, von diesen drei Grundfragen auszugehen:

- Was ist absolut lebensnotwendig?
- Was ist lebenserleichternd?
- Was ist lebensbereichernd?

Daraus ergeben sich weitere Fragen, z. B.: Welche Auflagen oder Verzichte sind zumutbar? Wen treffen sie am meisten? Wer kann sie durchsetzen? Oder tun sie das von selbst? Ich verhehle nicht, dass diese Fragen aus meiner persönlichen Lebenserfahrung erwachsen sind. Als jugendlicher Kriegsteilnehmer und in mehrjähriger Kriegsgefangenschaft habe ich Not und Hunger unmittelbar erfahren. Später habe ich auf Reisen in alle Erdteile Armut und Elend von Menschen direkt kennen gelernt. Seitdem habe ich, auch als Angehöriger einer Wohlstandsgesellschaft, ein bewusstes Gefühl für das absolut Lebensnotwendige. Aber die Maßstäbe dafür sind weder konstant noch leicht zu vermitteln. Bei der Erfindung des Automobils galt es als lebenserleichternd – aber durch das sich mit ihm entwickelnde Transportwesen wurde es für uns lebensnotwendig. Dennoch: In äußerster Not kann man ohne Auto, nicht aber ohne Nahrung und Wasser leben. Und letztlich gilt, dass alle Kosten aus sicheren wirtschaftlichen Erträgen und Einkommen bestritten werden müssen – also der Primat der Ökonomie weiterhin gilt! Im Grunde folgt ihm auch die Organisation des Lebens, nämlich mit der Ökonomie der Natur (WORSTER 1994; VERMEIJ 2004).

Zusammenfassung

Ökologie, Bestandteil der Nachhaltigkeits-Trias, veranlasst immer mehr Menschen zur „Ökologisierung“ ihrer Lebensstile, um in größerer Harmonie mit der Natur zu leben – statt sie weiter zu schädigen. Sie verkennen jedoch die wesentlichen wissenschaftlichen Erkenntnisse der Ökologie, welche die Organisation des Lebens auf der Erde erforscht und diese als inhuman, äußerst komplex, unberechenbar und riskant erweist. Es gibt in ihr weder Harmonie, Gerechtigkeit noch Ethik, die wir Menschen als Grundlagen und -werte unseres sozialen Lebens betrachten. Der Artikel erläutert die Regeln der ökologischen Funktionen, welche die Menschen in ihrer kulturellen Evolution – im Streben nach besserem, sichererem und längerem Leben – stets zu überwinden versuchten. Sie schufen ihre eigene Umwelt auf Kosten der Umwelten aller anderen Organismen, führten das Feuer als neue Energiequelle ein, erfanden die Landwirtschaft als Ernährungsbasis, und begründeten schließlich die städtisch-industrielle Ära als Gipfel ihrer Kultur. Immer schneller nahm die Weltbevölkerung dabei an Zahl und Ansprüchen zu und vergrößerte ihre ökologischen Fußabdrücke auf der endlichen, nicht vermehrbaren Landfläche der Erde. Und dann begannen sich die Menschen der Natur zu erinnern, ihrer Verwundbarkeit, Vielfalt und Schönheit – welche die Ökologie, ein Spätankömmeling unter den Wissenschaften, gerade erst zu erforschen begonnen hatte. Ihre wesentliche Erkenntnis zeigt jedoch, dass die Evolution zum heutigen Zustand unumkehrbar ist, und dass die ökologischen Wahrheiten die Anwendung der Ökologie als Heils- oder Rettungslehre ausschließen. Sie muss immer gegen ökonomische und soziale Notwendigkeiten abgewogen werden, selbst wenn die Versorgung mit Nahrung, Wasser und Sicherheit die letzte menschliche Priorität behält – die jedoch im Rahmen der Ökonomie der Natur verbleibt.

Literatur

- APPLETON, J. (1975): The experience of landscape. – Wiley, Chichester, U.K.
BOURASSA, S.C. (1988): Toward a theory of landscape aesthetics. – *Landscape and Urban Planning* **15**: 241-252.
DBU (Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Hrsg.), 1996: Nachhaltigkeit 2000 - tragfähiges Leitbild für die Zukunft? (1. Internationale Sommerakademie St. Marienthal.) Bramsche: Rasch.

- VON CARLOWITZ, H. C. (1713): Sylvicultura Oeconomica oder Haußwirthliche Nachricht und Naturmäßige Anweisung zur Wilden Baum-Zucht. – Johann Friedrich Braun, Leipzig. Nachdruck in den Veröffentlichungen der Bibliothek „Georgius Agricola“ der TU Bergakademie Freiberg, Nr. 135, 2000.
- DIAMOND, J. (2005): Collapse. How societies choose to fail or succeed. – Viking Penguin, New York.
- DREISSIGACKER, H.-L. (2010): Sprungpunkt 1800 zum Klimawandel. – Unveröff. Manuskript; Zitat nach C. C. v. WEIZSÄCKER aus FAZ vom 02. 01. 2006.
- ELLENBERG, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. 5. Auflage. – Ulmer, Stuttgart.
- FOLEY, J. A., et al. (2005): Global consequences of land use. – Science **309**: 570-574.
- FORRESTER, J. W. (1971): World Dynamics. – Wright-Allen, Cambridge (USA); Deutsche Fassung: Der teuflische Regelkreis. – DVA, Stuttgart 1971.
- FROMM, J., LAUTNER, S. (2007): Electrical signals and their physiological significance in plants. – Plant, Cell and Environment **30**: 249-257.
- HABER, W. (1993): Ökologische Grundlagen des Umweltschutzes. – Economica, Bonn. (Umweltschutz – Grundlagen und Praxis Band 1.)
- HABER, W. (2007): Energy, food, and land – the ecological traps of humankind. – Environmental Science & Pollution Research **14** (6): 359-365.
- HABER, W. (2008a): Über die heutige ökologische Situation von Erde und Mensch. Eine Betrachtung aus historischer Sicht. – In: HERRMANN, B. (Hrsg.), Beiträge zum Göttinger Umwelthistorischen Kolloquium 2007-2008: 23-44. Universitätsverlag, Göttingen. (Graduiertenkolleg Interdisziplinäre Umweltgeschichte.)
- HABER, W. (2008b): Naturschutz und Kulturlandschaften im Widerspruch. – Berichte der Reinhold Tüxen-Gesellschaft **20**: 23-34.
- HABER, W. (2011): Die unbequemen Wahrheiten der Ökologie. Eine Nachhaltigkeitsperspektive für das 21. Jahrhundert. 2. Auflage. – oekom-Verlag, München.
- HERMLE, S. et al. (2007): Leaf responsiveness of *Populus tremula* and *Salix viminalis* to soil contamination by heavy metals and rain water acidity. – Tree Physiology **27**: 1517-1531.
- KRUMMSDORF, A. (Hrsg., 2007): Ökologie in Landschaftsgestaltung, Tagebau-Rekultivierung und Landeskultur/Umweltschutz. Sax-Verlag, Beucha.
- LAWTON, J. H. (1999): Are there general laws in ecology? – Oikos **84**: 177-192.
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment) (2005): Ecosystems and human well-being. Synthesis. – Island Press, Washington, D.C., USA.
- MEADOWS, D. H. & D. L. et al. (1972): Die Grenzen des Wachstums. – DVA, Stuttgart. Aktualisierungen: Die neuen Grenzen des Wachstums. DVA, Stuttgart 1992. – Grenzen des Wachstums: das 30 Jahre-Update. Hirzel, Stuttgart 2006.
- MITANI, J. C., et al. (2010) : Lethal intergroup aggression leads to territorial expansion in wild chimpanzees. – Current Biology **20** (12): R507-508.
- ODUM, E. P. (1971): Fundamentals of ecology. 3rd edition. – Saunders, Philadelphia.
- OSTERHAMMEL, J. (2009): Die Verwandlung der Welt. Eine Geschichte des 19. Jahrhunderts. – C. H. Beck, München, und Lizenzausgabe für die Bundeszentrale für politische Bildung Bonn, Schriftenreihe Band 1044, 2010.
- RADKAU, J. (2011): Die Ära der Ökologie. Eine Weltgeschichte. – C. H. Beck, München.
- SCHWARZ, A., & JAX, K. (Hrsg., 2011): Ecology Revisited. Reflecting on concepts, Advancing science. – Springer, Dordrecht/Heidelberg.
- ŠMIL, V. (1997): Global population and the nitrogen cycle. – Scientific American, July 1997: 76-81.
- STETTER, K. O. (2003): Hypothermophile Archaeen – von den Wurzeln des Lebens. – In: KÄÄB, G., NAESER, T. (Verband Deutscher Biologen, Hrsg.), Fäden des Lebens, Münchner Wissenschaftstage 2003: 23-30.
- TEEB - The economics of ecosystems and biodiversity (2010): Die ökonomische Bedeutung der Natur in Entscheidungsprozesse einbeziehen – Ansatz, Schlussfolgerungen und Empfehlungen – eine Synthese. In: www.teebweb.org.
- VERMEIJ, G. J. (2004): Nature. An economic history. – Princeton University Press, Princeton u. Oxford.
- WOESE, C.R., KANDLER, O., WHEELIS, M.L. (1990): Towards a natural system of organisms: proposal for the domains Archaea, Bacteria, and Eucarya. – Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS) **87**: 4576-4579.
- WORSTER, D. H. (1994): Nature's economy. A history of ecological ideas. 2nd Edition. – Cambridge University Press, Cambridge (USA) u. New York.

Anschrift des Verfassers:

Prof. em. Dr. Dr. h.c. Wolfgang Haber, Untergartelshäuser Weg 10, D-85356 Freising.

E-mail: wethaber@aol.com.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 2011

Band/Volume: [23](#)

Autor(en)/Author(s): Haber Wolfgang

Artikel/Article: [Ökologie – eine Wissenschaft unbequemer Wahrheiten 7-27](#)