

ISSN 0077-6025 Natur und Mensch	Jahresmitteilung 1989	Seite: 15-24	Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e.V. Gewerbemuseumsplatz 4 · 8500 Nürnberg 1
------------------------------------	--------------------------	-----------------	--

**Der folgende Beitrag ist die überarbeitete Fassung des Festvortrages anlässlich der 100-Jahrfeier der Abteilung für Geologie. Eine Serie eindrucksvoller Dias, Grafiken und Tabellen dienen der Veranschaulichung der Thematik. Dem Bewußtwerden der Situation geht das Bewußtmachen von Zusammenhängen voraus. Die Naturhistorische Gesellschaft setzt mit der Veröffentlichung dieser Bestandsaufnahme ihre Tradition fort, über Kenntnisse und Erkenntnisse zu informieren.**

**Armin Skowronek**

## **Unsere Erde - unerschöpfliche Quelle für unbegrenztes Wachstum?**

### **Begrenztheit irdischer Naturgüter**

Spätestens seit der ersten Ölkrise im Herbst 1973 und den Modellrechnungen des Club of Rome ist einer breiten Öffentlichkeit - wenn auch nur für kurze Zeit - bewußt geworden, daß unser Planet Erde natürliche Grenzen besitzt. Das gilt sowohl für erneuerbare Rohstoffe und Energien als auch besonders für nicht regenerierbare Ressourcen. Selbstverständlich ist auch die ökologische Belastbarkeit der Erde begrenzt, diese kann deshalb auch nur einer begrenzten Anzahl von Menschen ein menschenwürdiges Leben garantieren.

### **Zweifelhafter Fortschrittsglaube**

Umso erstaunlicher ist daher das Verhalten der entwickelten Länder der 1. und 2. Welt, die mit ungebrochenem Fortschrittsglauben materielles (wirtschaftliches) Wachstum als die einzige Möglichkeit eines glücklichen Daseins propagieren und das auch weltweit durchsetzen. Einfache Berechnungen, daß sich die Gesamtproduktion bei einem jährlichen Wirtschaftswachstum von 3 % in 100 Jahren verneunzehnfachen würde, bei 7 % die Produktion schon 870 mal und bei 10 % Steigerungsrate 13 800 mal so groß werden müßte wie heute, schrecken offenbar niemanden. Abgesehen davon, daß der aus der biologisch-organischen Welt entlehnte Begriff Wachstum für industrielle Produktion toter Gegenstände nicht zutrifft, verdrängen wir offensichtlich auch - noch mit Erfolg - die Konsequenzen unserer Aktivität und träumen vielleicht sogar zusammen mit Fortschrittsfanatikern davon, uns ggf. auf einem anderen Stern einzurichten, wenn die Erde erst einmal ausgeplündert ist. Doch dies wird nicht gelingen, denn die Existenz von mittlerweile 5 Mrd. Menschen ist fest an das Schicksal unseres Planeten gekoppelt.

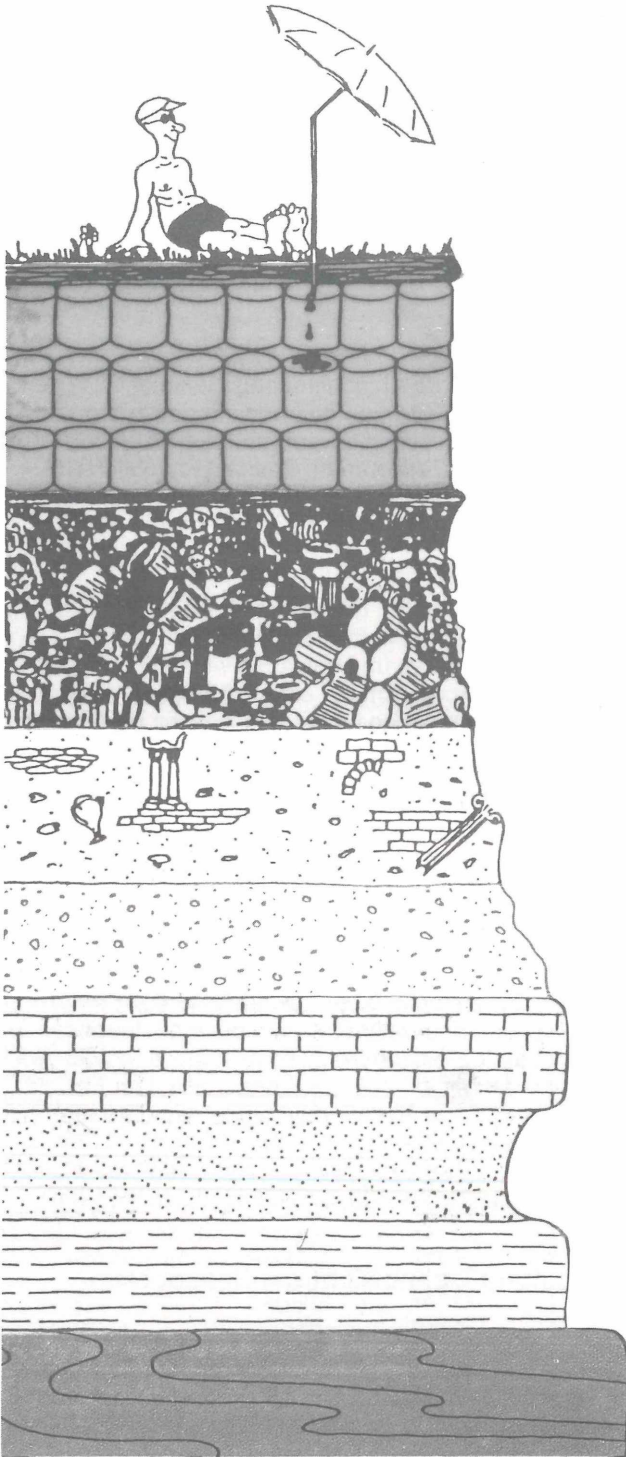
Geologen pflegen die Zivilisationsrückstände bisweilen in eine stratigraphische Abfolge einzubauen, ich will aber nicht solange warten, bis die Dokumente unseres Tuns fossilisiert sind, sondern anhand von ausgewählten Beispielen demonstrieren, wie die Industriegesellschaft dabei ist, die Lebensgrundlagen der gesamten Biosphäre zu gefährden, zu schädigen und zu erschöpfen. Als Erdwissenschaftler und derzeit an einer landwirtschaftlichen Fakultät tätiger Bodenkundler möchte ich auf drei lebenswichtige Ressourcen eingehen, die in der Lithosphäre, also dem ureigensten Betätigungsfeld der Geologie, lokalisiert sind und die zugleich unsere Existenz garantieren. Es sind dies: Das Grundwasser, der Boden als wichtigster Faktor der Nahrungsmittelproduktion und Energierohstoffe, ohne die industrielle Wirtschaftssysteme zusammenbrechen müßten.

## **Gefährdung, Schädigung und Erschöpfung lebenswichtiger Ressourcen**

### **Grund- und Trinkwassergefährdung**

#### **Nicht einmal 1% allen Wassers ist trinkbar**

Für den Genuß unseres kostbarsten Lebensmittels, des Trinkwassers, stehen weltweit 8,8 Millionen Kubikkilometer Süßwasser zur Verfügung. Das ist zwar eine unvorstellbar große Menge, doch nur ca. 0,65 % der gesamten Wassermasse. Es besteht aus 230 000 km<sup>3</sup> (= 0,017 %) Oberflächenwasser (Flüsse, Seen) und 8 595 000 km<sup>3</sup> Grundwasser, d.h. der überwiegende Teil (0,632 %) füllt Hohlräume der obersten Lithosphäre zusammenhängend aus und unterliegt nur der Schwere (hydrostatischer Druck). Das Grundwasser nimmt über den Abfluß am Wasserkreislauf teil, es verbleibt aber wegen des hohen Fließwiderstands der



# HEUTE



DEPONIAM  
10  
Jahre



ALTLASTIAM  
100  
Jahre



ANTIQUITÄTIAM  
1000  
Jahre



NEOZOIKIAM  
65 Mio.  
Jahre



MESOZOIKIAM  
225 Mio.  
Jahre



PALÄOZOIKIAM  
570 Mio.  
Jahre

Unheilvolle Entwicklung der Lithosphäre: Auch geordnete Deponierung ist kein Grund zum Ausruhen!  
Darstellung aus STOLPE (1989): Deponien von Morgen - Altlasten von Übermorgen;  
mit freundlicher Genehmigung von AHU: Büro für Hydrogeologie und Umwelt GmbH  
Dr. H. G. Meiners - Dr. H. Stolpe, Bachstraße 62-64, 5100 Aachen

Gesteine einige Zeit (10 bis 300 Jahre) im Untergrund. Fossile (jungpleistozäne) Grundwässer kommen in - heute ariden - Gebieten dort vor, wo die geologische Struktur es zuläßt. So enthält das südwestägyptische Becken 50 000 km<sup>3</sup> Grundwasser, das ist so viel wie bisher für die gesamte Sahara angenommen wurde und entspricht etwa 2000 Jahre Nilabfluß bei Kairo. Diese Vorräte stellen eine Lagerstätte dar, sind also endlich. Trotz des traditionell sparsamen Wasserverbrauchs in Trockengebieten steht aber zu befürchten, daß viele Vorräte infolge des Nutzungsdrucks bald ausgebeutet werden.

### **Unsere Wasservorräte werden rar**

In humiden Gebieten, wo der Niederschlag im Jahresmittel höher ist als die Verdunstung und deshalb ein Abfluß entsteht, kommt es aufgrund von Raubbau, Absenkung, Flächenversiegelung u.a.m. vielerorts zu einer Verknappung des erneuerbaren Grundwassers. Wenn man dabei berücksichtigt, daß z.B. in der Bundesrepublik Deutschland Quell- und Grundwasser 72 % des Trinkwasserbedarfs decken (Stand 1983), dann wird deutlich, daß wir damit sehr haushälterisch umgehen müssen, zumal der Wasserbedarf steigt. Fast 150 Liter täglich verbraucht der Deutsche im Durchschnitt. Darin eingeschlossen sind natürlich die Wassermengen für Kochen, Körperpflege, Wohnungsreinigung, Toilettenspülung usw.. Weiterhin ist zu bedenken, daß die regionale Verteilung der Wasserförderung sehr unterschiedlich sein kann: So ist der prozentuale Anteil von Grund-, Quell- und Oberflächenwasser in Bayern 66,8 % zu 27,2 % zu 6,0 %, in Nordrhein-Westfalen ist der Grundwasseranteil erheblich niedriger (39,0 %, 2,0 %, 59,0 %) und im Stadtstaat Hamburg extrem hoch (99,2 %). Die im wesentlichen geologisch bedingten Unterschiede werden von der öffentlichen Wasserversorgung durch Fernleitungen ausgeglichen, deren Netz mittlerweile mehr als 3000 km umfaßt. Am bekanntesten ist die Versorgung Südwestdeutschlands aus dem Bodensee. Um Nürnberg bewirken die flächig verbreiteten Diluvialsande mit ihren zahlreichen Grobporen eine hohe Grundwasserneubildung. Anders ist die Situation im trockenen Mainfranken, wo mächtige Lößdecken mit mehr Mittel- und Feinporen das Niederschlagswasser gegen die Schwerkraft zurückhalten und die Sickerwasserrate nur gering ist. Hier soll der steigende und für das Jahr 2020 prognostizierte mittlere tägliche Trinkwasserbedarf von 270 (!) Litern je Einwohner durch eine Trinkwassertalsperre an der Hafenhöhe gedeckt werden.

Außer der öffentlichen Wasserversorgung (Anteil der Wasserförderung 1981: 12,2 %) sind teilweise auch die Wärmekraftwerke für die öffentliche Versorgung (61,6 %) und die Industrie (26,2 %) auf Trinkwasserqualität angewiesen, weil z.B. an Kesselspeisewasser höchste Anforderungen gestellt werden, oder weil Lebensmittelverarbeitung und Arzneimittelherstellung entsprechend sauberes Wasser benötigen.

Eigentlich würden unsere Fließgewässer und Seen vollkommen zur Bedarfsdeckung ausreichen, aber wir haben diese natürlichen und am leichtesten zugänglichen Quellen durch unsere zivilisatorischen Aktivitäten derart verschmutzt und eutrophiert, daß ihr Genuß oder ein Badeaufenthalt darin sicherlich gesundheitliche Konsequenzen hätte. Deshalb kann Trinkwasserqualität nur über aufwendige und teure Aufbereitung erreicht werden. Aber auch unser Grundwasser, die letzte Reserve, ist bedroht. Nach Art des Stoffeintrags unterscheidet man Verschmutzungen durch

- Infiltration aus Oberflächenwässern (Bäche, Flüsse, Seen, Speicherbecken)
- flächigen, "diffusen" Eintrag (Niederschläge, Deposition, Landwirtschaft, undichte Abwasserkanäle) und
- lokale, "punktförmige" Stoffeinträge (industrielle Standorte, Altstandorte, Altablagerungen, Umgang mit und Transport von wassergefährdenden Stoffen).

### **Die Überdüngung und ihre gefährlichen Folgen**

Das Beispiel Landwirtschaft verdeutlicht am besten die Langzeitgefährdung und -schädigung des Grundwassers, weil 54,5 % der Gesamtfläche des Bundesgebietes, das sind rund 13,5 Mill. ha, von dieser Nutzung eingenommen werden. Trotz höchsten Produktionsniveaus steigt der Einsatz von mineralischen Düngemitteln ("Kunstdünger") weiter an. Beim Stickstoff hat er sich je Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche seit 1950/51 verfünffacht, von 25,6 kg auf 131,5 kg. Hinzu kommt der Stickstoffanfall aus der Viehhaltung, welcher regional erhebliche Mengen ausmacht und als Wirtschaftsdünger (Gülle, Jauche, Festmist) auf den Boden

gelangt. Der als Amid-, Ammon- oder Nitratdünger verabreichte Stickstoff wird durch den Prozeß der Nitrifikation zu Nitrat, der wichtigsten Aufnahmeform, umgesetzt. Kann es zu diesem Zeitpunkt von der Pflanze nicht verwertet oder nicht denitrifiziert werden, gelangt es über das Sickerwasser in den Grundwasserbereich. Nach EG-Richtlinien sind derzeit 50 mg Nitrat/l erlaubt, dieser Wert wird in vielen Gegenden z.T. weit überschritten (z.B. mehr als 300 mg  $\text{NO}_3/\text{l}$  in hochintensiven Spezialkulturen Süddeutschlands). Die Gesundheitsrisiken bestehen darin, daß in Trinkwasser oder Gemüse aufgenommenes Nitrat durch Bakterien in das giftige Nitrit umgewandelt werden kann. Dieses reagiert mit dem roten Blutfarbstoff (Hämoglobin) und behindert den Sauerstofftransport durch Bildung von Methämoglobin. Das ist besonders für Säuglinge gefährlich, die dann an Blausucht (Methämoglobinämie) erkranken. Deshalb sollte Wasser für Säuglingsnahrung nicht mehr als 10 mg  $\text{NO}_3/\text{l}$  enthalten. Darüber hinaus können sich beim Menschen im Magen-Darm-Trakt aus Nitrit und Aminen die stark krebserzeugenden Nitrosamine bilden.

### **Unverantwortlicher Chemieeinsatz vergiftet unser Grundlebensmittel**

Noch gefährlicher erweisen sich Pflanzenschutzmittel (besser: Pflanzenbehandlungsmittel) in Grund- und Trinkwasser. Zu den nach Wirkstoffen bzw. Einsatzbereichen (Insektizide, Herbizide, Fungizide u.a.) unterschiedenen Pestiziden (Bioziden) gehören auch chlorierte Kohlenwasserstoffe (CKW) wie z.B. das DDT oder Lindan, und organische Phosphorsäureverbindungen, aus welchen übrigens auch die chemischen Kampfstoffe Tabun, Sarin und Soman hergestellt werden. Die von der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Braunschweig zugelassenen Pflanzenschutzmittel erreichten 1984 mit 1823 Präparaten ihren bisherigen Höchststand. 1986 wurden bei uns 18 630 t Unkrautbekämpfungsmittel ausgebracht, das entspricht 59 % aller Pestizide. Darunter befindet sich auch das krebserverdächtige Herbizid Atrazin. Dieser Wirkstoff wird überwiegend im erosionsfördernden Maisanbau eingesetzt, während im Getreideanbau (70 % der Ackerfläche) auch andere (kulturspezifische) Pflanzenschutzmittel Verwendung finden.

Die Gefährlichkeit von Pestiziden besteht weniger in einer akuten Toxizität als vielmehr in ihrer Langlebigkeit (Persistenz) und der damit verbundenen Möglichkeit zur Anreicherung in Organismen (Bioakkumulation). Bei CKWs fand man Halbwertszeiten von 9 bis 116 Jahren im Boden. Dazu muß man wissen, daß Substanzen, die nicht innerhalb von 2 Tagen zur Hälfte aus dem Organismus ausgeschieden werden (biologische Halbwertszeit), bereits zu den schwer abbaubaren Stoffen zählen. Das wohl bekannteste Insektizid DDT (**D**ichlor**d**iphenyl**t**richlorethan) ist das klassische Beispiel für den bedenkenlosen Einsatz neuer Technologien ohne Folgenabschätzung: Man findet die äußerst stabile Substanz überall in der Umwelt, in Leichen wurden 10 mg/kg nachgewiesen und 95 % aller Muttermilchproben dürften nach geltendem Recht nicht mehr als Lebensmittel verkauft werden. Obwohl schon 1974 in der Bundesrepublik verboten, wurden 1980 noch weltweit 96 000 t DDT auf die Felder versprüht, meist in Ländern der Dritten Welt. Zum Größenvergleich: Im gleichen Jahr produzierte die deutsche chemische Industrie über 150 000 t Pflanzenschutzmittel und führte mehr als 140 000 t aus. Da sich der Pestizidverbrauch in den unterentwickelten Ländern zwischen 1975 und 2000 voraussichtlich vervierfachen, wenn nicht gar versechsfachen wird, ist mit schweren Gewässerschäden zu rechnen, verbunden mit einem Verlust hochwertiger Proteine, weil z.B. Fische in Reisfeldern schon jetzt durch Pestizide getötet werden.

Aber auch bei uns sind die Zahlen alarmierend und erschreckend:

Legt man die seit dem 1. Oktober 1989 gültigen EG-Trinkwasserrichtlinien zugrunde, so müßten 10-20 % der 6400 westdeutschen Wasserwerke schließen, weil der Einzelgrenzwert von 0,1  $\mu\text{g}/\text{l}$  bzw. der Summengrenzwert von 0,5  $\mu\text{g}/\text{l}$  nicht eingehalten werden kann. Auch eine Sanierung kontaminierter Grundwasserleiter erscheint ausgeschlossen, da Pflanzenschutzmittel weitflächig in Wassereinzugsgebieten ausgebracht werden und man nicht den verschmutzten Boden einschließlich der grundwassergängigen Schicht überall ausbaggern und behandeln kann. Hinzu kommt, daß man über das Verhalten von Pestiziden und ihrer - von keiner Trinkwasserverordnung erfaßten - Zusatzstoffe viel zu wenig weiß, so können z.B. Abbauprodukte (Metabolite) wesentlich giftiger sein als die Ursprungssubstanz (z.B. E 605).

## Bodendegradierung (= Minderung von Funktionen und Fruchtbarkeit)

### Unser Boden erfüllt wichtige Funktionen

Die Kontamination des Grundwassers wird möglich, wenn die Filter- und Pufferkapazität der hangenden Gesteinsschichten und besonders der Böden erschöpft ist, so daß potentielle Schadstoffe mit dem Sickerwasserstrom nach unten transportiert werden können. Mit den genannten Funktionen wird die herausragende Bedeutung des Bodens als Mittler zwischen Atmosphäre und Lithosphäre deutlich, denn der Boden ist nicht nur Quelle für Wasser und Pflanzennährstoffe, sondern letztlich auch - neben den Meeren - großflächige Senke für alle Emissionen, seien diese nun natürlichen Ursprungs (z.B. Vulkanausbrüche) oder von modernen Industriegesellschaften produzierte gasförmige, flüssige und feste Schadstoffe.

Der geologische Körper Boden unterscheidet sich von dem liegenden Ausgangsgestein dadurch, daß er infolge Umwandlung mineralischer und organischer Substanzen im Laufe einer längeren Entwicklung (mehrere tausend Jahre) eine ihm eigene morphologische Organisation erhält, die ihn in die Lage versetzt, höheren Pflanzen als Standort zu dienen. Damit bildet er zugleich die Lebensgrundlage für Tiere und Menschen, denn bekanntlich gehören auch unsere Kulturpflanzen zu den Kormophyten, welche sich in Blätter, Sproß und Wurzel gliedern und daher ein geeignetes Substrat zur Aufnahme von Wasser und Nährstoffen benötigen. 97 % der Erdbevölkerung leben von den Produkten des Ackerbaus. Auch etymologisch wird die fundamentale Bedeutung des Bodens offenbar: So hat die lateinische Bezeichnung für Mensch "homo" (ahd. gomo) und das lateinische Wort für Erdboden "humus" dieselbe indogermanische Sprachwurzel, denn auf hebräisch heißt "adam" Mensch und "adamah" Ackerboden. Außerdem leitet sich der Begriff Kultur von lat. *colere* (pflegen) ab, was im ursprünglichen Sinne Bodenpflege bedeutete, also eine Tätigkeit, ohne die arbeitsteilige Gesellschaften nicht existieren könnten.

### Eingespielte Kreisläufe sichern unsere Lebensgrundlage

Durch die bodenbildenden Prozesse der Verwitterung und Humifizierung, der Mineral- und Gefügebildung und ggf. der Stoffverlagerung entstehen an der Erdoberfläche horizontierte und belebte Räume, die spezifische Filter- und Puffereigenschaften besitzen. Für biologische Kreisläufe z.B. ist entscheidend, daß der Bestandesabfall im Boden abgebaut bzw. umgebaut (transformiert) wird. Dabei ist die Filterkapazität unbegrenzt. Nicht abbaubare Substanzen dagegen können nur so lange aufgenommen (gebunden) werden, wie Platz vorhanden ist. Das gilt es zu beachten, wenn man Böden mit verschiedenartigen Abfällen (z.B. Gülle oder Klärschlamm) belastet.

Die Pufferung (Abfangen) gelöster Stoffe erfolgt mittels Adsorption an den mineralischen und organischen Bodenkolloiden, so daß z.B. durch  $\text{SO}_2$ - oder  $\text{NO}_x$ -haltige Regen entstandene Säuren gar nicht in das Grundwasser gelangen, weil die  $\text{H}^+$ -Ionen (Protonen) vorher abgefangen werden. Analog dem Bild eines Eisenbahnpuffers schützt der Boden in unserem Fall das Grundwasser vor atmosphärischen Säureeinträgen. Die Pufferkapazität ist begrenzt, und weil es in Böden verschiedene Puffersysteme mit unterschiedlicher Reaktionsgeschwindigkeit gibt, kann bei Protonenzufuhr der pH-Wert auch unterschiedlich lange auf einem bestimmten Niveau gehalten werden: zunächst puffern Carbonate unter Auswaschung von  $\text{Ca}^{2+}$ , daher irreversibel, dann Austausch an variablen (= pH-abhängigen) Ladungen von Huminstoffen, Tonmineralen und Oxiden, danach Silikate (irreversibel) unter Bildung von phytotoxischem  $\text{Al}^{3+}$  (unterhalb pH 5) und schließlich Hydroxide des Aluminiums und Eisens.

### Der Mensch stört das Gleichgewicht

Obwohl im Boden durch Atmung, Austausch an Wurzeln, Humifizierung und Oxidation intern Säure produziert wird, und obwohl deutliche geologische Dispositionen für eine Boden- und Gewässerversauerung vorhanden sind, läßt sich der niedrige pH-Wert vieler Waldböden bis in den Aluminium- und Eisenpufferbereich hinein nur durch anthropogen bedingte Bodenversauerung erklären. So stieg die Emission von Stickstoffoxiden ( $\text{NO}_x$  als  $\text{NO}_2$ ) in der Bundesrepublik zwischen 1966 und 1986 von 1,95 auf 2,95 Mio. t pro Jahr. Davon entfielen 31,4 bzw. 52,4 % auf den Straßenverkehr. Atmosphärische Stickstoffeinträge von 10-30 kg N/ha x Jahr und Schwefeldioxidimmissionen von 10-100 kg S/ha x Jahr wirken sich im Wald stärker aus als auf Freiflächen. Je nach Vegetationsform und Lage beträgt die gesamte H-Ionenzu-



Bodenversalzung im ägyptischen Niltal:  
Sie wird sichtbar an den Salzausblühungen in zur Bewässerung vorbereiteten Beeten.

fuhr in Mitteleuropa zwischen 0,8 und 3,0 kmol H/ha x Jahr. In niederländischen Waldböden hat man sogar eine Säurebelastung von bis zu 6 kmol H/ha x Jahr festgestellt. Angesichts dieser progressiven Bodenversauerung in den gemäßigten Zonen der Nordhalbkugel sind Schutzmaßnahmen dringend erforderlich, zumal die Bodenversauerung als eine Hauptursache des Waldsterbens angesehen wird. Kompensationskalkungen können allerdings die Not nur lindern, nicht beseitigen, außerdem gilt es dabei auch Risiken wie z.B. Nitratauswaschung in das Grundwasser einzukalkulieren.

### **Statt Bodenverbesserung zunehmende Bodenschädigung**

Während in humiden Klimaten Böden auch unter natürlichen Bedingungen versauern müssen, kommt es in ariden Gebieten zur Anreicherung auch primär geringer Mengen basisch wirkender Kationen. Ebenso werden wasserlösliche Salze durch oberflächennahes Grundwasser oder bei künstlicher Bewässerung, weniger durch atmogene Einträge, im Boden angereichert. Dies erschwert die Wasseraufnahme der Pflanzen sehr, manche Elemente (z.B. Cl, B) wirken toxisch. Angesichts der enormen Bedeutung des Bewässerungsfeldbaus für eine wachsende Bevölkerung - im Nahen Osten umfaßt der Beitrag der Bewässerung am Gesamtproduktionspotential etwa 80 % - ist die Boden- und Gewässerversalzung ein ernstzunehmendes Problem. Das Beispiel Ägypten mit ca. 50 Mio. Einwohnern belegt, wie der massive Eingriff in eines der größten Flußökosysteme der Welt auch zu einer großflächigen Bodenverschlechterung führte. Der - sozial- und innenpolitisch motivierte - Bau des Hochdammes bei Assuan hatte ehrgeizige Ziele, unter anderem die Ausdehnung der Kulturlfläche um 546 000 ha, also etwa um 25 % des damaligen Kulturlandes. Abgesehen von den Schwierigkeiten, das engbegrenzte Niltal auch auf höheren Terrassen zu bewässern, ist heute die Versalzung ein bodenverschlechternder Prozeß größten Ausmaßes geworden, weil der Grundwasserspiegel vielerorts zu hoch ansteht. Aber auch sorglose Überbewässerung und der drastische Anstieg des Verbrauchs von Handelsdünger dürften eine Rolle spielen: 664 000 t im Jahr 1981 gegenüber 321 000 t 1969. Zahlreiche andere Schäden sind bekannt, nicht zuletzt die Desertifikation und Erosion.



Bodenerosion in Mexiko: Fortschreitende Bodenzerstörung vernichtet unersetzbares Ackerland. - Fotos: A. Skowronek

Bodenerosion durch Wasser und Wind bedeutet in allen Ackerländereien meist einen irreversiblen Verlust von den Bodeneigenschaften, welche die Bodenfruchtbarkeit bedingen. In erster Linie ist damit das Sorptionsvermögen für Wasser und Nährstoffe gemeint. Bodenerosion zerstört Böden und verursacht auch weiter vom Ort des Abtrags entfernt Schäden, so z.B. Verschlammung der Wasserläufe und Talsperren oder Gewässerkontaminationen mit chemischen Stoffen (bes. Phosphate, Schwermetalle, Pestizide). Ökonomisch macht sich Bodenerosion zunächst durch Ertragsausfälle oder Ertragseinbußen bemerkbar. Selbst in den fruchtbaren Lößlandschaften Mainfrankens ist das so, wie das Beispiel einer Erosionskatastrophe zeigt: auf der geringmächtigen Pararendzina in Erosionslage werden nur 50 dt/ha Winterweizen geerntet gegenüber 60 dt auf der Parabraunerde oder dem Kolluvium, bzw. nur 550 dt Zuckerrüben gegenüber 650 dt. Das entspricht einer Ertragseinbuße von 16,6 % bzw. 15,3 %.

### **Katastrophen sind vorprogrammiert**

Die sich in zahlreichen Formen dokumentierende Bodenerosion ist in allen Klimazonen anzutreffen, auch in den Tropen und Subtropen. Hier haben breite Bevölkerungsschichten darunter zu leiden, da die Landwirtschaft oft den wichtigsten Wirtschaftsfaktor darstellt und Millionen Menschen mangels ausreichender Nahrungsmittelproduktion hungern. Diese Situation wird in vielen Ländern der Dritten Welt noch dadurch verschärft, daß auf ihren wertvollsten Böden Futtermittel u.a.m. zum Export in die Europäische Gemeinschaft erzeugt werden, mit all den sozialen und ökologischen Folgen. Bodenerosion ist eine davon. Darüber hinaus trägt auch eine falsche Entwicklungspolitik zur Bodendegradierung bei, wie die sog. Sahelkatastrophe der 70er Jahre in Afrika beweist. Wären die Viehherden nicht infolge zahlloser Brunnenerschließungen unzulässig angewachsen, hätte das Ausmaß der mehrjährigen Dürre wesentlich kleinere Dimensionen gehabt, und weite Bodenareale hätten noch ihre schützende Vegetationsdecke behalten.

Sollten die Prognosen richtig sein und sich 95 % des Weltbevölkerungsanstiegs in diesen Klimazonen ergeben - bei einer für das Jahr 2110 erwarteten Gesamtbevölkerung von ca. 10,5 Mrd. Menschen - dann wird dort eine Verdoppelung bis Verdreifachung der landwirtschaftlichen Erzeugnisse nötig sein. Auch wenn, oder gerade weil in den Entwicklungsländern erst 54 % der potentiell bebaubaren Landfläche in Nutzung sind, muß jeder Form der Bodendegradierung entgegengewirkt werden und der Bodenerhaltung höchste Priorität eingeräumt werden.

### Verbrauch von Energierohstoffen

Ein wesentliches Kennzeichen von Industriegesellschaften ist ihr hoher Energieverbrauch. Dieser wird nötig, weil natürliche und nur von der Sonnenenergie abhängige, sich selbst regulierende Ökosysteme (Beispiel tropischer Regenwald) in künstliche Nutzökosysteme überführt und damit vom Menschen völlig abhängig wurden. So ist eine Steuerung der Funktionen von Agrar- und Forstökosystemen oder von Stadt- und Industrielandschaften ohne Energiezufuhr von außen nicht möglich. Als Beispiel seien die Düngung von Acker- und Waldböden oder die Versorgung der Städte und verarbeitenden Betriebe mit Wasser und Strom genannt.

### Steigender Energiebedarf erschöpft unsere Vorräte

Der geologische Untergrund enthält verschiedene fossile Energierohstoffe wie Erdgas und Erdöl, Uran, Braun-, Pech- und Steinkohle sowie Ölschiefer. In der Wertordnung rangiert das Erdöl (1977: 700 Mrd. DM) weit vor der Steinkohle, dem Erdgas, dem Uran und der Braunkohle. Zur Zeit sind rund 90 Mrd. t Erdöl nachgewiesen und förderbar, ca. 200 Mrd. t wurden geortet, sind aber nur mit zusätzlichen Aufwendungen abbaubar, zumal der größte Teil davon tief unter dem Meeresboden liegt. Weitere 200-300 Mrd. t werden in Form von Ölschiefern und Ölsanden vermutet, wobei noch längst nicht geklärt ist, ob sie jemals gewonnen werden können. Da in den letzten Jahren mehr Erdöl gefördert wurde als neue Ölquellen erschlossen wurden, bedeutet unser Verhalten einen Raubbau an diesen Energiereserven. Bedenkt man weiterhin, daß nach einer Berechnung der 14. Weltenergiekonferenz in Montreal (17. - 22. 9.1989) der Erdölbedarf innerhalb von 35 Jahren von 2,5 Mrd. t (1985) auf 3,2 bzw. 3,5 Mrd t (2020) pro Jahr ansteigen wird, dann werden bis dahin die jetzt verfügbaren Vorräte erschöpft sein. Vor allem der steigende Bedarf in den Entwicklungsländern schlägt hier zu Buche.

### Energieverschwendung belastet die Umwelt

Angesichts des geringen Wirkungsgrades von ca. 34 % bei der Energieumwandlung und angesichts der Emissionsrelevanz ist der Einsatz von Mineralölen ökonomisch und ökologisch geradezu unverantwortlich. Diese Verschwendung wird überdeutlich, wenn man z.B. den Primärenergiebedarf und die Emissionen des Verkehrs einmal auf Personenkilometer umrechnet und nach Verkehrsmitteln gliedert:

	Pkw	Pkw 3WKat	Flug	Bus	Bahn	Einheit
Primärenergie	90,0	90,00	365,0	27,0	31,00	gSKE/Pkm
CO <sub>2</sub>	200,0	200,00	839,5	59,0	60,00	g/Pkm
Stickoxide	2,2	0,34	6,4	0,2	0,08	g/Pkm
Verschmutzte Luft	38 000,0	5 900,00	95 000,0	3 300,0	1 200,00	m <sup>3</sup> /Pkm

Vor dem Hintergrund steigender Pkw- und Lkw-Neuzulassungen und eines boomenden Flugverkehrs ist nicht mehr abzusehen, wie Luft, Wasser und Boden die kommenden Umweltbelastungen einer automobilhörigen Freizeitgesellschaft noch verkraften sollen.



## **Fragwürdigkeit unserer Wirtschaftsweise**

### **Folgekosten wurden bisher kaum beachtet**

Die Gefährdung, Schädigung und Erschöpfung lebenswichtiger Ressourcen wie Wasser, Boden und Energierohstoffe bei wachsender Erdbevölkerung muß direkt zu der Frage nach der Ökonomie unserer Wirtschaftsweise führen. Dabei ist zunächst festzuhalten, daß die Folgeschäden für die Umwelt bisher in keiner Wirtschaftstheorie eine Rolle spielten, die entstehenden Kosten wurden externalisiert, d.h. auf die Allgemeinheit abgewälzt. Erst allmählich beginnen wir zu begreifen, mit welchen Dimensionen wir es da zu tun haben und noch zu tun bekommen. Ökonomen versuchen auch schon ökologische Schadensbilanz zu ziehen: soweit überhaupt bezifferbar, werden vorsichtig 200 Mrd. DM jährlich für die Bundesrepublik angesetzt (Personenschäden im Verkehr 70, Lärm 40, Verschmutzung der Luft 30-53, der Gewässer 20 und des Bodens 10, sonstiges 25).

Auch haben industrielle Entwicklung und veränderte Ernährungsgewohnheiten die Landwirtschaft dazu gezwungen, Natur und Landschaft wie eine Fabrik zu behandeln, obwohl der Agronom sehr wohl weiß, daß hier vernetztes Denken langfristig viel ökonomischer wäre als lineares, gewinnmaximierendes Wirtschaften. Zumindest so manche Schäden des Bodens und teilweise des Wassers kann er nämlich nicht externalisieren, er muß sie selbst kompensieren. Unbegreiflich sind auch die Subventionsmilliarden, mit denen erst gewaltige Überschüsse produziert werden, welche dann wieder mit Steuermilliarden "denaturiert", d.h. vernichtet werden. Kaum anderswo wird die Unvereinbarkeit einer unsinnigen Wirtschaftsweise mit der ökologischen Belastbarkeit der Erde so deutlich wie im flächenwirksamen Agrarsektor. Doch das ökologische Gefährdungspotential der anderen Bereiche (Industrie, tertiärer Sektor, Individualverkehr, Tourismus) ist nicht eben kleiner.

### **Menetekel Tschernobyl**

Was die Ausbeutung von Lagerstätten, also endlicher Rohstoffe, angeht, so muß eine langfristig vorausschauende und planende Denkweise Platz greifen, die alternative und erneuerbare Energien einschließt. Besonders im Energiesektor bedarf es eines sparsamen Umgangs, denn das Vertrauen auf die "saubere" Kernenergie kann ein tödliches Risiko für die Biosphäre bedeuten. Die Kernschmelze am 26. April 1986 in Tschernobyl sollte zum Umdenken zwingen, denn die angebliche Wahrscheinlichkeit eines GAUs von 1:1 000 000 (Betriebsjahren) verringert sich ja bei derzeit etwa 425 in Betrieb befindlichen Reaktoren auf 1: 2350, bei 1000 Kraftwerken auf 1:1000! Angesichts der Ausdehnung radioaktiver Verstrahlung - am Großen Arber wurden im Mai 1989 noch 68 300 Bq pro m<sup>2</sup> Boden (= 9 % der Primärdeposition) gemessen - wäre eine Weiterverfolgung dieser Energiepolitik unverantwortlich. Im Zusammenhang mit der ebenfalls nicht gelösten Frage der sicheren Endlagerung radioaktiven Mülls ist die Überlegung einiger Geologen interessant, die bei der Beurteilung von Salzkavernen in Norddeutschland sogar eine nächste Eiszeit einkalkulieren, welche möglicherweise mit hohen Eisauflasten das Salz im Untergrund verformen und strahlendes Material dann in die Ökosphäre bringen könnte.

Wir sehen, daß unsere Wirtschaftsweise sich nach den ökologischen und geologischen Grenzen dieses Planeten ausrichten muß und Umweltschutz nicht einem selbstmörderischen Fortschrittsglauben untergeordnet werden darf. Nötig ist ein ökologischer Umbau der Industriegesellschaften.

### **Angst als Motiv für vernünftiges Handeln?**

Da alle Appelle an die Vernunft und die Verantwortung bisher zu keinen durchgreifenden Konsequenzen geführt haben, bleibt die Frage, wie ein ökologischer Umbau herbeigeführt werden kann. Wir sollten uns dabei erinnern, daß nach den schrecklichen Erfahrungen des Zweiten Weltkriegs eine natürliche, gesunde Angst den Dritten, letzten und alles vernichtenden Krieg bis jetzt verhindert hat.

Angst, nicht blinde Panik, kann auch bei der Bewältigung der nahenden ökologischen Katastrophe ein hilfreicher Ratgeber sein. Es verwundert zutiefst, daß wir unsere eigenen Lebensgrundlagen vor aller Augen zerstören, ohne dabei Angst um unser Leben und das unserer Nachkommen zu haben. Angesichts der zahllosen, sich immer mehr häufenden Unfälle, der vom Menschen verursachten Katastrophen und angesichts der bereits 50 Mio. Ökoflüchtlinge müssen wir uns viel mehr für die drohenden Gefahren sensibilisieren, um vernünftig und verantwortungsvoll die Zukunft unseres Planeten zu gestalten. Verschließen wir nicht die Augen vor den selbstverschuldeten Problemen. Wir haben die Pflicht, auch gegenüber den anderen Lebewesen, unsere Erde bewohnbar zu halten.

## Ausgewählte Literatur

### **BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT**

(Hrsg.) (1978): Das Mainprojekt. Hydrogeologische Studien zum Grundwasserhaushalt und zur Stoffbilanz im Main Einzugsgebiet. - Schriftenreihe Bayer. Landesamt f. Wasserwirtschaft H.7, XII. 315 S., 198 Abb., 105 Tab., 8 Beilagen; München.

### **BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT**

**UND VERKEHR** (Hrsg.) (1978): Rohstoffprogramm für Bayern. Programm zur Erschließung und Sicherung der Vorkommen mineralischer Rohstoffe und ihrer Gewinnung. - 129 S., Anhang; München.

**BRAUNBEK, W.** (1973): Die unheimliche Wachstumsformel. - 174 S., 30 Fig., 10 Tab.; München (List).

**BRUCKMEIER, K., TEHERANI-KRÖNNER, P. & W. UKA** (1989): Nitratbelastung des Grundwassers - die Entwicklung eines umweltpolitischen Problems in der Bundesrepublik Deutschland. - Zeitschrift für angewandte Umweltforschung **2** (2): 153-166; Lüdenscheid (Analytica Verl.).

**DUDAL, R.** (1988): Die Bedeutung der Tropen und Subtropen als Standort für die landwirtschaftliche Produktion - ihre Rolle bei der Welternährung - Potential und Probleme ihrer Nutzung. - Kali-Briefe (Büntehof), **19** (2): 107-116, 8 Tab..

**FISCHER, J.** (1989): Der Umbau der Industriegesellschaft. Plädoyer wider die herrschende Umweltlüge. - 157 S.; Frankfurt am Main (Eichborn).

**GRUHL, H.** (1975): Ein Planet wird geplündert. Die Schreckensbilanz unserer Politik. - 376 S., zahlr. Abb. u. Tab.; Frankfurt am Main (S. Fischer).

**GRUHL, H.** (1986): Der atomare Selbstmord. - 190 S.; München (Herbig).

**KOBUS, H.** (1988): Grundwasserbelastungen, Sanierungsbeispiele und Schutzmaßnahmen. - Die Geowissenschaften **6** (11): 330-336, 10 Abb.; Weinheim (VCH Verlagsgesellschaft).

**LEIPERT, C.** (1989): Die heimlichen Kosten des Fortschritts. Wie Umweltzerstörung das Wirtschaftswachstum fördert. - 343 S., 63 Tab.; Frankfurt am Main (S. Fischer).

**MEADOWS, D., MEADOWS, D., ZAHN, E. & P. MILLING** (1973): Die Grenzen des Wachstums. Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit. - 180 S., 48 Abb., 5 Tab.; Reinbek (Rowohlt).

**MESAROVIC, M. & E. PESTEL** (1974): Menschheit am Wendepunkt. 2. Bericht an den Club of Rome zur Weltlage. - 184 S., zahlr. Abb. u. Tab.; Stuttgart (Deutsche Verlags-Anstalt).

**NIEMANN, L., JAHNKE, S. & G.B. FEIGE** (1989): Radioaktive Kontamination von Pflanzen und Boden nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl. - Verh. Ges. f. Ökologie **18** : 873-882, 5 Abb., 1 Tab.; Göttingen.

**ÖKOLOGISCHE BRIEFE** (1989): Nr. **36** : 3-5; Nr. **37** : 3 u. 9-18; Nr. **39** : 11-17; Nr. **40** : 5 u. 11-12; Nr. **42** : 7-8 u. 15-17; Nr. **45** : 6 u. 15-18; Nr. **49** : 6-7 u. 11-14. - Frankfurt am Main (Ökologische Briefe).

**SCHROEDER, D.** (1984): Bodenkunde in Stichworten. - 160 S., 58 Abb., 22 Tab.; Unterägeri (Hirt).

**STOLPE, H.** (1989): Deponien von Morgen: Altlasten von Übermorgen? Standortauswahl und Risikoabschätzung für zukünftige Deponien. - Forum Wissenschaft, Studienheft Nr. **7** : 40-42, 3 Abb.; Marburg (AG Kritische Ökologie des BdWi).

**STROHM, H.** (1979): Politische Ökologie. Arbeitsmaterialien und Lernmodelle für Unterricht und Aktion. - 398 S., zahlr. Abb. u. Tab.; Reinbek (Rowohlt).

**SUNKEL, R.** (1983): Zur Nitratbelastung des Trinkwassers durch die Landnutzung. - Z. f. Kulturtechnik und Flurbereinigung **24**: 180-185; Berlin und Hamburg (Parey).

**UEXKÜLL, H.R. & E. MUTERT** (1988): Umwandlung von tropischem Regenwald in Plantagen- und Ackerland unter Berücksichtigung von Ökologie und Ökonomie. - Kali-Briefe (Büntehof) **19** (3): 185-198, 5 Abb., 1 Tab..

**UMWELTBUNDESAMT** (1989): Daten zur Umwelt 1988/89. - 613 S., zahlr. Abb. u. Tab.; Berlin (E. Schmidt).

Anschrift des Verfassers:

**Prof. Dr. Armin Skowronek**  
Institut für Bodenkunde  
Nußallee 13  
5300 Bonn 1

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Natur und Mensch - Jahresmitteilungen der naturhistorischen Gesellschaft Nürnberg e.V.](#)

Jahr/Year: 1989

Band/Volume: [1989](#)

Autor(en)/Author(s): Skowronek Armin

Artikel/Article: [Unsere Erde - unerschöpfliche Quelle für unbegrenztes Wachstum? 15-24](#)