

SP
56



Erosion – eine globale Gefahr

1

Franz Kollmannsperger



Versorgung durch den Tau biologisch notwendig wird, auf sonnenexponierten, durch Erosion nackt oder vegetationsarm gewordenen Hängen der Wassermangel nur noch von wenigen Pflanzen mit spezieller Anpassung ertragen werden kann.

7.2.3. Auch die *Verdunstung* ist über vegetationsfreier oder vegetationsarmer Erde beträchtlich größer als über bewachsenem Boden. Die Werte erhöhen sich an sonnenexponierten Schräglächen. 1974 stellte ich in Kathmandu auf ebenem Gelände fest, daß die Verdunstung über nackter Erde um 18–40% höher lag als über Grasboden. Auf einem sonnenexponierten Hang von 32° Neigung über nackter Erde lag die Verdunstung bis zu 191% höher als über Gras. Das sind beträchtliche Unterschiede. Büsche und Baumreihen verlangsamen die Luftbewegung und hemmen die Verdunstung. Böden ohne ausreichenden Vegetationsschutz, wie sie unter dem Einfluß der Erosion entstehen, sind gekennzeichnet durch höhere Verdunstung und wesentlich niedrigere Taubildung. Erosion hat progressive Austrocknung der Böden zur Folge.

7.2.4. Die Zerstörung der Wälder und die Schaffung lichter Gehölze durch unkontrollierte Holznutzung, Waldweide, Schneiteln der Bäume und Brände und die Anlage von Ackerfeldern bis zur Entwicklung nackter Erosionsflächen ist gleichbedeutend mit einer *Änderung des Temperaturverlaufs im Boden*. Auf ungeschützter Erde dringt die Wärme schneller und tiefer in den Boden ein. Die Temperaturgegensätze zwischen Tages- und Nachtmaxima, im Walde recht gedämpft, wirken sich auf ungeschütztem Boden biochemisch ungünstig aus. Das Maximum des Humusaufbaus liegt bei etwa 22–30 °C, also niedriger als das Maximum des Abbaus bei etwa 31–40 °C. Anomal schnell sich erwärmende Böden in den Subtropen und Tropen bauen daher die Humusstoffe rasch ab. Auch ohne Erosion entarten ungeschützte Böden, vor allem bei südlichen Hanglagen. Nur die Nordhänge nehmen weniger Wärme auf.

Die Wärmeverteilung im Boden hängt auch von der Leitfähigkeit des Bodens ab. Diese wird vom Wassergehalt, der Bodendichte, von der Struktur und der Zusammensetzung des Bodens bestimmt. Der tägliche und jahreszeitliche Temperaturwechsel im Wurzelraum bestimmt die Dauer und Intensität der Mineralisa-

tion und das Zahlenverhältnis von Bakterien und Pilzen und damit die Wirksamkeit des Edaphon. Der Wurzelraum ist für die Pflanzen ebenso wichtig wie der Luftraum. Von der Temperatur unmittelbar abhängig sind die Viskosität des Bodenwassers und die biochemische Umsatzgeschwindigkeit (RGT-Regel). Hohe Temperaturschwankungen bedeuten Schwankungen der Umsatzintensität, wobei die Abbauwerte des Humus überwiegen. Eine Messung des Temperaturverlaufs im Boden und der Verdunstung sowohl auf nackter Erde als auch unter Grasbedeckung im Mai 1974 in Kathmandu (Abbildung 8) bestätigte die empfindliche Reaktion des nackten Bodens. Die Erwärmung ist auf nacktem Boden bis in 50 cm Tiefe nachweisbar. Das Diagramm läßt erkennen, daß der Wurzelraum als biologisch wichtigster Teil des Bodens bei fehlender oder nicht ausreichender Vegetationsbedeckung in einer Tiefe von 5–20 cm täglich 5–6 Stunden lang Temperaturen im Bereich des Optimums für den Humusabbau ausgesetzt ist. Das Edaphon ist stenotherm und verträgt größere Temperaturschwankungen nicht. Vegetation dämpft die Einstrahlung, so daß weder der Wasserhaushalt noch die Tätigkeit des Edaphon beeinträchtigt werden. Der Humusverzehr wird zumindest kompensiert.

7.2.5. *Das Licht* ist ein Faktor, der das Leben der Pflanzen und die Struktur des Bodens über die Erwärmung der Bodenoberfläche mitbestimmt. Auf einer Wiese in unseren Breiten beträgt der Lichtenergiewert in 1 m Höhe etwa 1 cal/cm²/min, am Boden einer Wiese jedoch nur noch 20%. So groß ist die Strahlungsfiltration durch das Gras. Der Energieumsatz findet in den Kronen der Bäume und in den Blattspreiten der Grasfluren statt. Auf erodierten Böden vollzieht er sich an der Bodenoberfläche und setzt die tieferen Bodenschichten höherer Wärme und größerer Trockenheit aus.

Erodierte Böden unterliegen einem völlig veränderten Mikroklima: maximale Insolation, die an sonnenexponierten Hängen nur noch Xerophyten eine Lebensmöglichkeit gewährt, hohe Erwärmung und hohe Verdunstung, keine Taubildung. Der biologisch aktive Oberboden verliert die Erosionsresistenz. Die Wasserspeicherung nimmt ab bis zur völligen Austrocknung. Die Böden degenerieren zu Ödland.

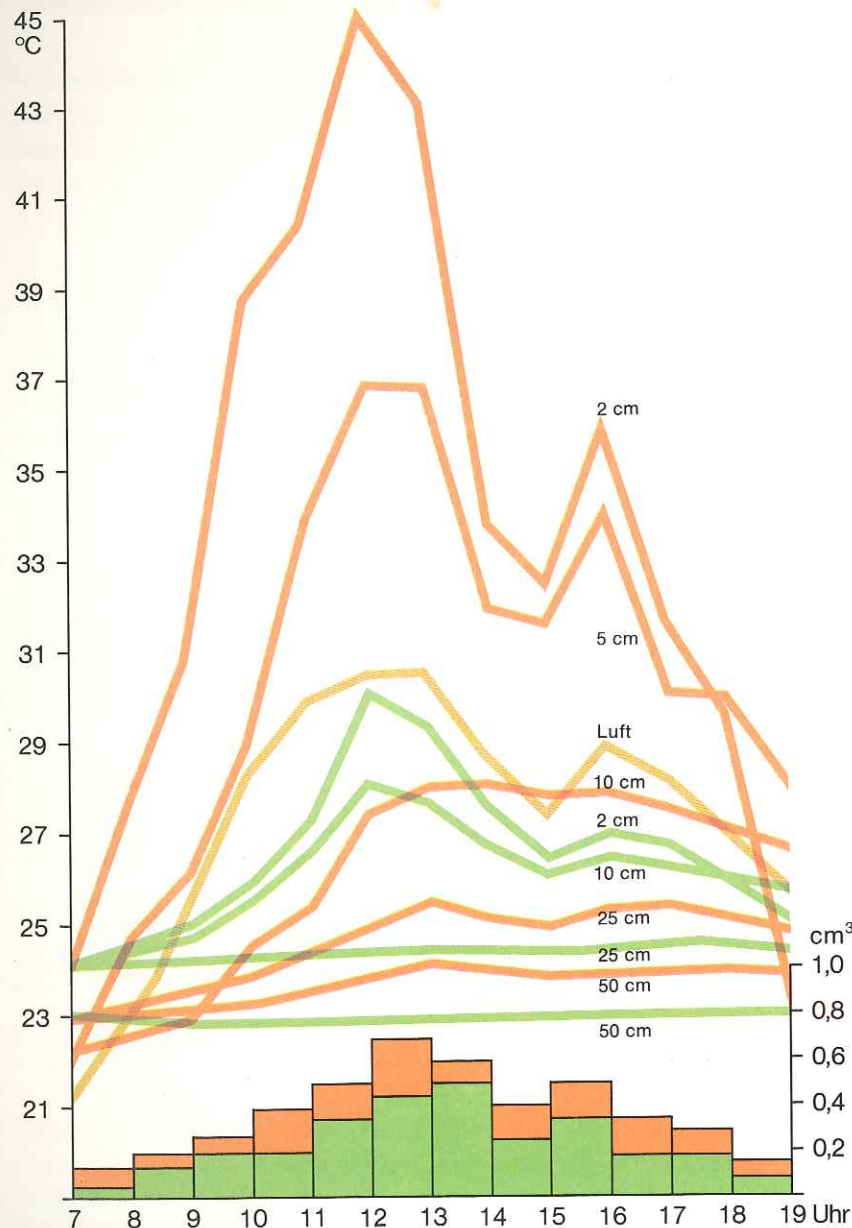


Abb. 8: Temperaturverlauf im vegetationsfreien Boden — und unter Grasbedeckung — in verschiedener Tiefe im Kathmandubecken am 29. 5. 1974 auf ebenem Gelände; gleichzeitig gemessene Verdunstungswerte in cm^3 über Gras \square , über nackter Erde \square . Temperaturverlauf der Luft in 2 m Höhe --- . Infolge Wolkenbildung zwei Temperaturspitzen.

7.3. Mineralogische Faktoren

Unter »Boden« versteht man das Mineralgefüge, das vom Unterstein aufwärts zur Oberfläche hin durch chemisch-physikalische Prozesse und in Oberflächennähe unter Mitwirkung des Edaphon sowie durch Vermischung mit organischen Substanzen im A-Horizont zerkleinert und umgewandelt wird. In vielen Gebirgen mit metamorphem, verwitterungsaktivem Gestein, so in weiten Teilen des Himalaya, oder mit lockeren Sedimenten wie in den Siwalikbergen Indiens und Nepals, haben die Hänge besonders erosionsanfällige Böden. Die leicht spaltbaren Glimmerschiefer verwittern an der Bodenoberfläche durch Quellung und Hydrolyse, so daß in ungestörten Lagen ein tiefgründiger B-Horizont mit hohem Anteil erosionsanfälliger Feinmaterialien entsteht. Die Vegetationszerstörung oder die Vegetationsbeeinträchtigung durch unkontrollierte Land- und Weidewirtschaft an solchen Hangböden führt zu besonders schneller Ausdehnung der Erosionsflächen.

Eine absolute Erosionsresistenz gibt es nicht. Hartes Kalkgestein löst sich unter der Einwirkung von CO_2 -haltigem Regenwasser auf, verschrattet auf nackten Felsböden und neigt zur Verkarstung. Solange eine dichte Vegetation und ein tiefer intakter Boden den Kalk überlagern, wird das Regenwasser vom Boden absorbiert. Bei Vegetationszerstörung versickert das Wasser im klüftigen Kalk. Vegetationsarme Kalkböden sind trocken. Die Entwicklung zu Ödland ist für Kalkbergländer typisch, wie die Verkarstung der entwaldeten Mittelmeerinseln und -bergländer beweist.

7.4. Biologische Aspekte

Man kann den Grad der Erosion auch pflanzensoziologisch definieren. Von der originären autochthonen Vegetation eines bestimmten Standorts bis zu der durch Erosion verursachten Degradationsphase lösen Sukzessionen im Verlaufe der progressiven Austrocknung und Verarmung des Bodens einander ab. Die Zusammensetzung der jeweiligen Pflanzengesellschaft, die sich den veränderten Umweltbedingungen anpaßt, ist zugleich auch Ausdruck der erosionsbedingten Standortveränderung. In allen tropischen und subtropischen Gebieten verdrängen auf erodierten Böden weltweit verbreitete, trockenheitsresistente Pflanzen mit

großer ökologischer Valenz die einheimische Flora. Auf degenerierten Weiden, Ödflächen, aber auch auf abgeernteten Anbau-terrassen in den Midlands des Himalaya habe ich 55 Pflanzenarten (23 Familien) gefunden. Nur 30% dieser Arten stammen aus dem Himalaya vom tropischen bis zum alpinen Bereich, 70% dagegen sind fremder Herkunft: sie stammen aus Indien, Südost-asien, Australien, Europa, Amerika und Afrika. Die Artendichte ist sehr gering:

17 Familien stellen je 1 Gattung mit je 1 Art,
4 Familien stellen 6 Gattungen mit insgesamt 8 Arten,
die *Labiatae* stellen 3 Gattungen mit insgesamt 5 Arten,
die *Compositae* stellen 15 Gattungen mit insgesamt 25 Arten
(45%).

Von den 16 Himalayapflanzen sind nur 10 bodenständig (62,5%), die übrigen 6 stammen aus dem westlichen trockenen Himalaya, bzw. aus dem alpinen Gebiet.

Nach der Entwaldung und der fortgesetzten Degradierung der Böden und der Nachfolgevegetation entsteht eine biologische Lücke, in die einheimische Pflanzen nicht ohne weiteres eindringen können. Sie ist mit Fremdpflanzen besetzt, die seit der Zeit des portugiesischen Welthandels eingeschleppt wurden. Diese zeichnen sich durch überlegene ökologische Eigenschaften aus: starke Vermehrung, schnelle Verbreitung, hohe Keimfähigkeit, Schnellwüchsigkeit der Keimlinge und hervorragende Anpassung an Wärme und Trockenheit.

Kompositen, Gramineen und Labiaten gehören in diesem durch Erosion geschaffenen, starker Bestrahlung ausgesetzten trockenen Makroklimabereich zu den wohl am besten angepaßten Pflanzen. Das ehemalige Mikroklima der Waldböden ist verschwunden. Das Makroklima wirkt jetzt ungedämpft und begrenzt die Arten- und Individuenzahl in dieser »Lücke«. In einer originären Steppe wären Hunderte von Pflanzenarten zu finden. Die Zusammensetzung der Kurzgrasflora mit 70% Pflanzen fremder, darunter 30% nicht-asiatischer Herkunft, ist Folge der bioklimatischen Umweltveränderung.

Auf den so degenerierten Böden tritt ein neues Konkurrenzverhältnis auf. Es kommt zu einer Artenänderung, zur Neubesiedlung mit Adventivpflanzen, die je nach dem Erosionsgrad des

Standortes oft xerophytische Sukzessionen, immer aber un stabile Gesellschaften bilden. Die Konkurrenzbedingungen werden mit progressiver Bodenentartung immer härter. Das Eindringen von Fremdpflanzen in eine geschlossene stabile Klimaxgesellschaft ist nur sehr schwer möglich. Vegetationsarme Böden stehen dagegen allen Bewerbern offen, die genetische Konkurrenzvorteile mitbringen.

Mitentscheidend bei diesem Vorgang ist das Edaphon. Auch die Kleinlebewelt des Bodens wird von zunehmender Erwärmung und Trockenheit des Bodens in ihrer Zusammensetzung und Individuenzahl beträchtlich verändert. Das Zahlenverhältnis von Bakterien und Pilzen wird zugunsten der Pilze (bis 90%) verschoben. Da Bakterien im Unterschied zu Pilzen relativ wenig organische Substanz für den eigenen Stoffwechsel verbrauchen, den Stickstoffkreislauf beschleunigen und die übrigen von den Pflanzen benötigten Nährstoffe bei der Humuszersetzung freigeben, werden nackte, bakterienarme Böden auch ohne Auswaschung schnell nährstoffarm. Zudem werden die Keimlinge auf erodierten Böden hoher Hitze, schneller Austrocknung und Abschwemmung ausgesetzt. Nur Schnellkeimer mit rascher Tiefbewurzelung können sich durchsetzen. Bei der Krümelbildung des Oberbodens helfen vor allem Bakterien, die Bodenpartikel durch Verkittung mit ihren Stoffwechselprodukten zu festigen und die Krümelung zu erhalten. Erodierte edaphonarme Böden verbakken schnell und erzeugen harte Krusten, die nur langsam Wasser aufnehmen. Sie begünstigen somit den Abfluß des Oberflächenwassers und beschleunigen die Erosion.

Wichtig für das Leben im Boden ist die Masse der Wurzeln, vor allem der kurzlebigen, einzelligen Wurzelhaare. Sie stellen einen wesentlichen Nährstoff des Klein-Edaphon dar. Erodierte Böden sind arm an Wurzeln. Auch Moose fehlen den durch Erosion degradierten Waldböden. Nach GERWIG kann der Moosrasen unserer Gebirgswälder bis zu 1 m³ Wasser je Ar aufsaugen und halten. Ihre Kleinheit erlaubt es den Moosen, sich in den Lücken zwischen den Bodenpflanzen einzunisten. Zudem sind sie weitgehend unabhängig vom Mineralgehalt der Unterlage. Sie beschleunigen den Kreislauf von Wasser und Nährsalzen im Boden. Auch Regenwürmer sind an der Regeneration der Bodenfruchtbarkeit beteiligt. Sie legen an der Erdoberfläche Exkrementhäuf-

chen ab, die aus durchgearbeiteter, mit pflanzlichen Nährstoffen angereicherter Feinerde bestehen. Ich konnte in der Bundesrepublik Exkrementgewichte bis zu 30 t/ha/Jahr nachweisen. Das entspricht einer Aufschüttung von etwa 1,8 mm Erde pro Jahr. In den feuchten Tropen können diese Werte um ein Vielfaches ansteigen. Regenwürmer pflügen die Erde und erhalten sie durch ihr Röhrensystem für Luft und Wasser durchgängig. Sie verteilen aber auch mit ihrer Wühlarbeit die Bakterien, Pilze und Protozoen im Boden. Voraussetzung für diese Tätigkeit ist eine dichte Vegetationsdecke, die einen Humusboden bildet und vor Boden-erhitzung bewahrt.

In den Waldböden, die durch Untervegetation und eine Streuschicht gegen Verdunstung geschützt sind und einen normalen Nährstoffumlauf haben, kommen sie bis zur Waldgrenze vor. Ich fand im Himalaya in 3000 m Höhe noch 14 Tiere je m². Die Arten- und Individuenzahl je m² gibt einen guten Anhalt für die Beurteilung der Böden und des Vegetationszustandes. Degradierete Böden sind regenwurmfrei. In einem normalen Boden ist das Regenwurmgewicht größer als das Gewicht der auf ihm lebenden Menschen und Weidetiere.

Die schnelle Vermehrung der bäuerlichen Bevölkerung ist mit einer Ausdehnung der Viehhaltung verbunden. Die Erosion aber steht in direktem Zusammenhang mit der Zahl der Weidetiere. Am Südrand der Sahara, wo die Ausdehnung der Wüste am größten ist, wurden durch Entwicklungsprojekte große Weideflächen, die aus Mangel an Tränkwasser nicht genutzt werden konnten, durch künstliche Brunnen erschlossen, um den Lebensraum der Nomaden zu erweitern. Bis dahin hatte ein Gleichgewicht zwischen dem Nahrungsangebot der kargen Steppe, der Menge des Tränkwassers und der Zahl der Weidetiere bestanden. Nach dem Bau der Brunnen vermehrten sich die Tiere dagegen unkontrolliert. Die Übernutzung der Weiden, vor allem aber das Zertrampeln und das völlige Abweiden der Vegetation im Umkreis der Brunnen, haben die Winderosion und die Ausdehnung der Wüste seitdem merklich beschleunigt.

Der Bau neuer Straßen ermöglicht eine Ausdehnung der Waldweide, des Schneitelns der Bäume zur Blattfutttergewinnung und der Holznutzung. Diese täglichen Kleinaktionen summieren sich im Laufe weniger Jahre zur unaufhaltbaren Zerstörung der Wäl-

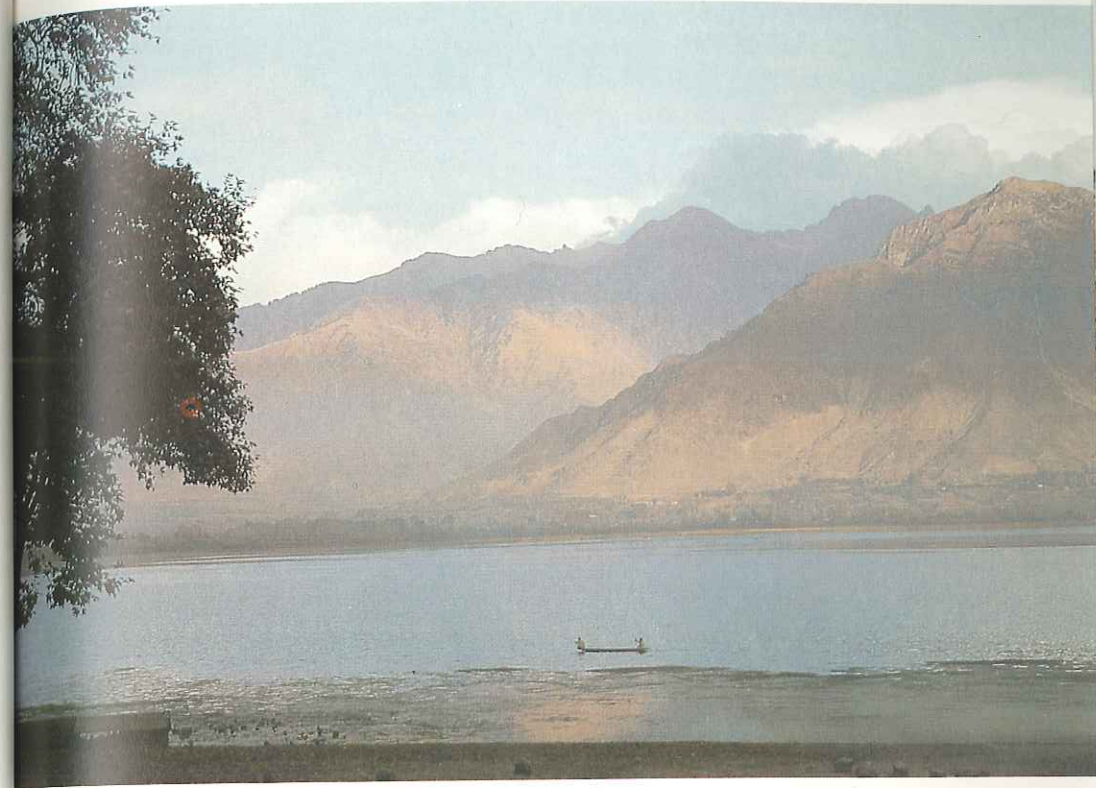


Abb. 9: Der Srinagar-See in Nordindien lag noch vor einigen Jahrhunderten inmitten eines fruchtbaren Waldgebirges. Heute sind alle Berge in diesem Gebiet abgeholzt und als Folge davon erodiert.



Abb. 10: Termitenhügel am heute vegetationslosen Rand der Südsahara bezeugen, daß hier noch im Wüstensand begrabene Baumstämme existieren müssen, von denen die Insekten sich unterirdisch ernähren können.



Abb. 11: Hier kreuzt in der Sahara ein jüngerer Flußlauf ein älteres Flußbett. Wasser führt er nur noch während der seltenen Regenfälle.



Abb. 12: Die große Zahl von Tumuli in der Südsahara bezeugt das schnelle Wandern der großen Wüste nach Süden.

der. Auf den asphaltierten, die Waldgebiete durchschneidenden High Ways erkennt man die Nähe bäuerlicher Siedlungen schon lange im voraus an der zunehmenden Verdünnung und Zerstörung des Waldes beiderseits der Straßen. Jungwuchs und Unterholz fehlen. Sie sind der Dauerbeweidung zum Opfer gefallen. Mit dem Rückgang des Vegetationsschutzes aber beginnt auch hier die Bodenentartung.

Die landschaftsökologische Analyse zeigt, daß ein immer größer werdendes Bündel von Problemen im Zusammenhang mit der Entwaldung auftritt. Der deutsche Forstmann F. HESKE hat schon vor 40 Jahren die Situation in Indien, beispielgebend für alle anderen Länder, klar erkannt: »Wehe den Landstrichen, wo der Wald vernichtet wurde! Hier herrscht immerwährende Not, und auf kahlen Hängen wandert halbverhungertes Vieh. Der Dünger muß Brennstoff sein, anstatt aufs Feld hinausgeschafft zu werden, und der Wassergehalt der Flüsse im entwaldeten Gelände schwankt periodisch zwischen zerstörenden Überflutungen, die nach der Regenzeit das arme Land wie die Rache des zehnarmligen Shiwa heimsuchen, und völliger Trockenis in der ganzen langen regenlosen Zeit, so daß keine Bewässerung der ausgedörrten Kulturen möglich ist«.

8. Landwirtschaftliche Aspekte

Das Ernährungsproblem in den Entwicklungsländern, so dringend geworden durch die Geburtenexplosion, wird durch die Naturwidrigkeit des Ackerbaus in den Tropen außerordentlich erschwert. Außer den USA, Kanada, Australien, Neuseeland, Argentinien und Thailand sind alle Nationen heute noch Nahrungsmittelimporteure. Das wird sich so schnell nicht ändern. Bis zum Beginn des neuen Jahrtausends müssen 6 Milliarden Menschen ernährt werden. Das setzt die Verdoppelung der Nahrungsproduktion voraus. Weil eine Ausdehnung der Anbauflächen in den meisten Ländern nur noch in beschränktem Maße möglich ist, muß die Produktion auf den bereits bearbeiteten Flächen zwangsläufig erheblich gesteigert werden. Das bedeutet aber, daß der Energiebedarf für die Landwirtschaft sich nahezu verdreifachen wird.

Schon jetzt müßte eine Produktionssteigerung auf den ertragrei-

cheren Böden der Entwicklungsländer einsetzen. Die Ausdehnung in ungeeignete Flächen muß aufgegeben werden. Es gibt keinen anderen Weg. Ein größerer Aufwand ist unvermeidbar. Der Boden ist ein lebendiges Substrat, das Edaphon will gefüttert werden: »Eine Kuh lebt auf dem Acker, zehn Kühe im Acker«. Die Übertragung unserer traditionellen Ackerbaumethoden auf die Verhältnisse in den Entwicklungsländern hat eine negative Kehrseite, die nicht mehr länger übersehen werden kann. Eine dieser Methoden ist unter dem Namen der »grünen Revolution« bekannt geworden. Auch das ist die Verpflanzung einer industriell entwickelten Agrartechnologie in Entwicklungsländer. Sie erzielt auf guten Böden hohe Erträge, ist auf die Dauer jedoch bodenbelastend und verlangt mit der Übernahme industrieller Technologien auch ein hohes Maß sozialer Anpassung an die veränderten Produktionsbedingungen, unter anderem die Mitübernahme der Produktionsverhältnisse mit fremden Lebens- und Denkweisen. Sie versagt weitgehend auf den nur während der Regenzeit feuchten Normalböden mittlerer Qualität und ganz und gar auf den Extremböden. Die allermeisten Böden in der Dritten Welt gehören aber diesen Kategorien an. Für sie sollten bioökologisch ausgewogene Methoden der Wiederherstellung von Grünlandschaften vorgezogen werden.

Bei grundsätzlicher Erhaltung der traditionellen Lebensführung sollten adäquate Techniken aufgrund ökologischer Erfahrung angewandt werden. Wir wissen, daß die Anbauflächen nur ein Teil der Grünlandschaft sein dürfen. Es gibt bereits ökologische Anbaumethoden unter Verwendung bodenverbessernder Pflanzen. Eine Synthese dieser Methoden mit dem Wissen der einheimischen Bauern, das eine Erosionsverhütung und eine Verbesserung des Wasserhaushaltes etwa durch Bodenbedeckung (Polykultur, Mulchen, Unkrautnutzung) auf nährstoffarmen Böden zu handhaben versteht, müßte entwickelt werden.

Kosten sparend und ohne fremde Hilfsmittel könnten so langfristige Ertragssteigerungen möglich werden. Nicht die Bauern der Entwicklungsländer sollen sich auf unsere Technologien umstellen. Die Aufgabe kann mit darin bestehen, unsere Hilfsmaßnahmen an ihre Situation anzupassen und in enger Zusammenarbeit mit den staatlichen und lokalen Behörden und mit den Forschungsinstituten dieser Länder Vorschläge zu machen, die den

Bedürfnissen der Bevölkerung entsprechen und willig aufgenommen werden. Sonst kommen zu dem Riesenausmaß der Landschaftsschäden in Zukunft noch immer größer werdende Störungen im sozialen Bereich dazu.

Andererseits setzt die unaufschiebbare Rettung der Wälder auch eine Änderung der Erwerbsstruktur voraus. Der ständig wachsende Druck der Bevölkerung auf Wald und Boden kann wirksam nur mit neuen Erwerbsmöglichkeiten aufgefangen werden. Diese Bemühungen müssen parallel mit der Intensivierung der Landwirtschaft erfolgen. Sie sind ebenso wichtig wie die Erhaltung der Wälder und der Schutz der Einzugsgebiete der großen Ströme. Man kann diese Aktionen nicht voneinander trennen. Auch eine soziale Neuregelung des Rechts an Grund und Boden ist anzustreben. Meist sind die erodierten Hänge und die zu sehr geschneitelten Laubwälder im Kommunal- oder im Staatsbesitz. Die gepflegten Terrassen und Hänge sind ebenso wie die richtig geschneitelten Futterbäume fast immer im Privatbesitz.

Wir haben in den Industrieländern inzwischen gelernt, daß bei den modernen Fragen der Landschaftsgestaltung, wie Straßen- und Kanalbau, Neuanlage von Industrien, Ausdehnung der Siedlungen, Nutzung der Wälder, heute die ökologischen Aspekte gleichrangig behandelt werden müssen mit den ökonomischen. Die einseitige Berücksichtigung ausschließlich wirtschaftlicher Gesichtspunkte würde bei der Enge unseres Lebensraums sonst sehr bald zu Störungen im ökologischen Bereich führen, deren Beseitigung alle ökonomischen Vorteile zunichte machen muß. In den Entwicklungsländern kommen noch die tribalen, religiösen, sozialen und sozio-psychischen Probleme dazu. Sie stehen noch vor den ökonomischen und ökologischen Aspekten. Der Mensch hat die Landschaftsschäden verursacht, der Bevölkerungsdruck beschleunigt die destruktive Entwicklung. Wir können nur helfen, wenn wir die Situation der Menschen in den Entwicklungsländern kennenlernen, begreifen und von ihr ausgehen, anstatt von den bei uns herrschenden Verhältnissen.

9. Ist die globale Austrocknung Folge einer Klimaänderung?

Der französische Klimatologe H. ERHART behauptet, noch im Neolithikum habe $\frac{2}{3}$ der Erdoberfläche Wald getragen. Mag

diese Zahl auch zu hoch gegriffen sein, fest steht jedenfalls, daß der postneolithische Rückgang der Wälder ein katastrophales Ausmaß erreicht hat. Zweifellos haben auch klimatische Änderungen zur Einengung der Wälder, zur Ausdehnung der Steppen und zur Bildung von Ödflächen beigetragen. Andererseits läßt sich für den nordafrikanischen Raum nachweisen, daß eine Änderung des Klimas hier seit der Römerzeit keine wesentliche Rolle gespielt haben kann.

Die Asphaltstraße von Alexandria nach Kairo in Ägypten führt durch eine scheinbar »echte« Wüste. Wie ich feststellen konnte, ist die Mehrzahl der dort wachsenden Gräser und Kräuter jedoch nicht saharischen, sondern mediterranen Ursprungs. Aus römischen Berichten wissen wir, daß das heute verödete *Wadi Natrun* einst wegen seiner Weinberge und der von prächtigen Gärten umgebenen Villen berühmt war. Für rein saharische Pflanzen ist die relative Luftfeuchtigkeit in Küstennähe noch zu hoch. Überbeweidung durch die aus den vorderasiatischen und nordafrikanischen Steppen- und Küstengebieten in die reichen Kulturoasen im Nildelta vordrängenden Nomaden hat in weniger als 2 Jahrtausenden die labile mediterrane Vegetation im Grenzgebiet ihres Vorkommens unwiderbringlich zerstört.

Schon 1948 schrieb J. P. HARROY in seinem Buch mit dem bezeichnenden Titel »Afrique, terre qui meurt – la dégradation des sols africains sous l'influence de la colonisation«, daß sich der Grundwasserspiegel südlich der Sahara bedrohlich senke, daß die Trockensavanne in die Feuchtsavanne eindringe, daß der Urwald immer mehr Baumarten der Feuchtsavanne übernehme und daß die Vegetationszonen jetzt Defensivcharakter anzunehmen begännen.

Eine sich selbst überlassene degradierte Landschaft regeneriert sich wieder. TH. MONOD ließ das Bergland der Adrar des Iforas in der Sahara für den Durchgang aller Weidetiere (Kamele, Schafe, Ziegen) sperren. Bereits nach wenigen Jahren begann die Wüste »grün« zu werden. Auch dieses Wüstengebiet ist in der jetzigen Form *man-made*. Wohl die meisten Erosionsgebiete würden, sich selbst überlassen, also von jeder menschlichen Einwirkung befreit, über Pionierpflanzen eine neue Vegetationsbedeckung entwickeln, neuen Boden bilden und über verschiedene sich ablösende Sukzessionen am Ende wieder Savanne oder Wald tragen.



Abb. 13: Zementierte Brunnen sollen in der Sahelzone südlich der Sahara Tränkwasser für das Vieh gewinnen. Sie konzentrieren die Herden jedoch in ihrer Nähe, führen zur Überweidung und bewirken so auf lange Sicht eine Beschleunigung der Vegetationszerstörung in diesem erosionsgefährdeten Gebiet.



Abb. 14: Brandrodung in Indonesien.

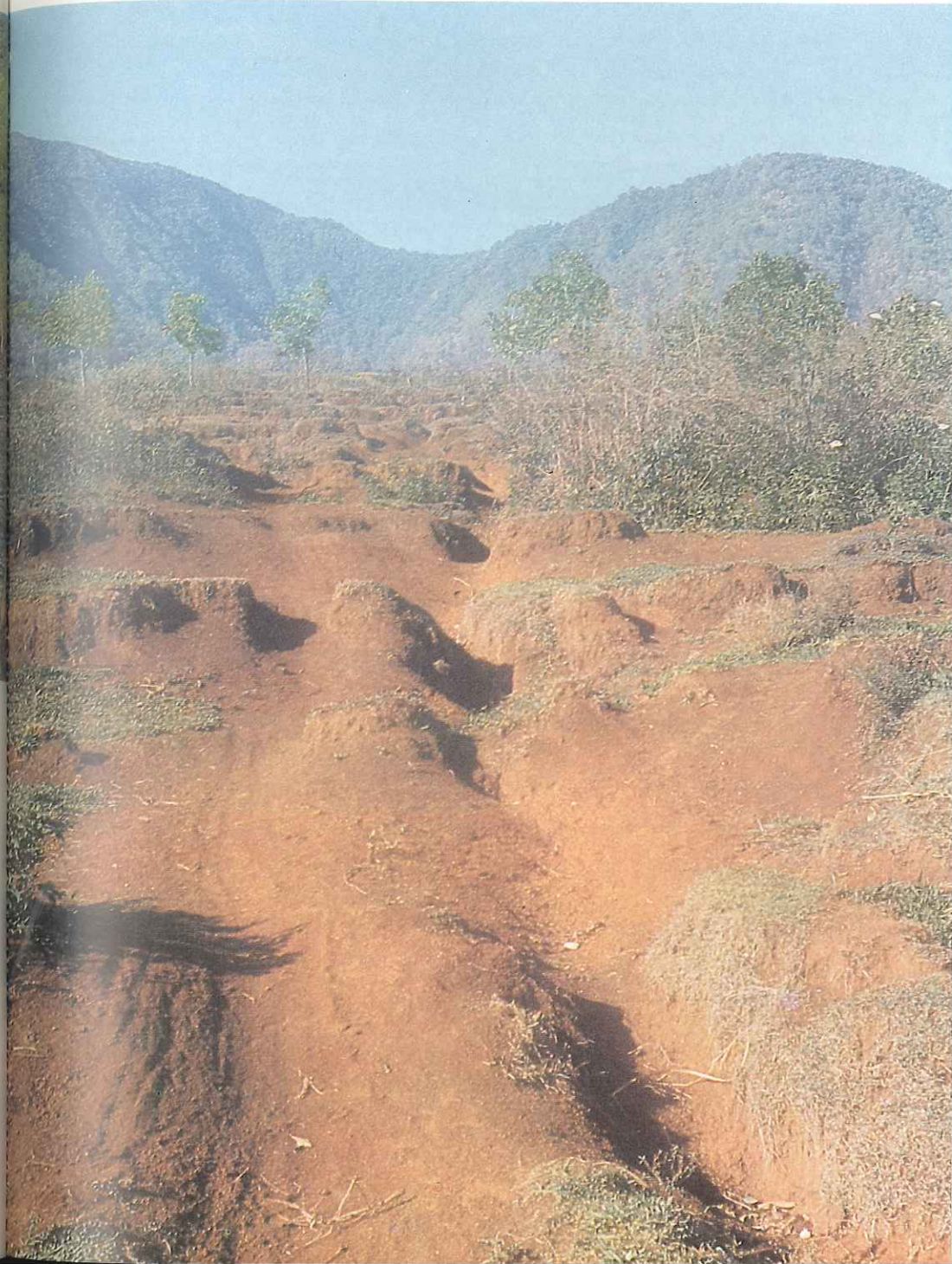


Abb. 15: Hangerosion auf der Insel Flores (Indonesien).



Abb. 16: Entwaldung und Zerstörung der Bodendecke durch Brände hat hier in den Hochtropen (Sundainsel Sumba) zu schon weitgehender Verkarstung einer ehemaligen Waldregion geführt: »man made desert«!

Doch dazu wären bis zu 200 Jahre notwendig. Die Möglichkeit einer Selbstregulation ist damit nur ausnahmsweise gegeben. Optimisten rechnen mit mindestens 30 Jahren, bis die Familienplanung in den Entwicklungsländern wirksam wird. Nicht vor dem kommenden Jahrtausend kann bei günstiger Entwicklung das Bevölkerungswachstum in ein Gleichgewicht mit der Produktion der Nahrungsmittel gebracht werden. In dieser Zeit wird die Lawine der Wald- und Bodenzerstörung weiter rollen. Zugleich muß das Wunder der Eindämmung der Erosion und der Wiederaufforstung in einer überfüllten Welt vollzogen werden. Das Problem erkennen, bedeutet noch nicht, daß es gelöst werden kann. Es bestehen zwei Tatsachen nebeneinander: eine weltweite Erwärmung und eine anthropogene Beschleunigung von Austrocknungsprozessen durch Zerstörung der natürlichen Wald- und Steppengürtel der Erde und der Wälder in den Gebirgen. E. P. STEBBING sieht als Grund für die Verschärfung der Trockenheit im südsaharischen Raum das Zusammentreffen mit einer langsam auftretenden Klimaänderung, die durch den Eingriff des Menschen in die Vegetation der Wüste und des begrenzenden Steppenraumes katastrophal beschleunigt wird. Das gilt aber nicht nur für die Sahara. In Nyassaland sind die Highlands, die noch in den achtziger Jahren dicht bewaldet waren, durch Boden- und Vegetationszerstörungen zu nackten Felslandschaften geworden. Sieht man das Phänomen der Austrocknung in einem weltweiten Rahmen, dann läßt sich nachweisen, daß die gleichen Erscheinungen in allen Kontinenten zu beobachten sind.

Der von SVEN HEDIN im Versickerungsgebiet des Tarim in Ostturkestan entdeckte chinesische Handelsposten Lou-lan war vom Sande verweht. Die uralte Seidenstraße, auf der schon die Römer Seide aus China erhielten, verlief am Nord- und Südrand des Tarimbeckens mit einer Abkürzung über Lou-lan. Sie war früher leichter zu begehen als heute. Auch Zentralasien wird trockener.

Die ältesten Klöster Tibets, alle erst nach dem 7. Jahrhundert n. Chr. entstanden, haben einheimisches Pappelholz verbaut. Heute gibt es dort Pappeln nur noch in Restbeständen. Daß die Wüste Tharr zwischen Indien und Pakistan *man-made* ist, wurde bereits erwähnt.

Die Austrocknung ist ein komplexes Problem. Sie hat mehrere

Gründe. Da ist neben dem schnellen Bevölkerungswachstum auch ein geographischer Grund zu nennen: die morphologische und hydrographische Veränderung der Erdoberfläche. Zentralasien trocknet in dem Maße aus, wie der Himalaya und die meridionalen Gebirge östlich des oberen Saluen und Mekong sich emporheben (Reliefwüste). Die fruchtbare Indus-Ganges-Ebene, die zwischen dem Hochland des Dekkan und dem Himalaya liegt, ist auf die Bewässerung durch die Himalayaflüsse angewiesen. Die Abflusssmengen müßten wegen des zunehmenden Wolkenstaus größer werden und die landwirtschaftliche Situation verbessern. Doch die Wälder fehlen, die das Regenwasser speichern könnten. Der Abfluß verteilt sich nicht mehr über das Jahr. Er erfolgt in Hochwassersprüngen während des Sommermonsuns. In Zentralasien verkürzen sich die Oberläufe der großen ost- und südostasiatischen Flüsse aus Wassermangel. Das stellte SVEN HEDIN schon im Anfang dieses Jahrhunderts fest.

Auf der alten paläozoischen Kontinentscholle *Afrika* mit steilem Abfall zum Meer, auf deren ebenen Hochflächen sich auf Hunderten und sogar Tausenden von Kilometern Klima- und Vegetationsveränderungen, der geographischen Breite entsprechend, nur langsam und unauffällig vollziehen, sind große, ursprünglich abflußlose Becken eingebettet: das Nigerbecken, das Tschadseebecken, das Weißnilbecken, das Kongobecken, das Viktoriaseebecken und das Kalaharibecken. Die großen Flüsse fallen über Stromschnellen von den Hochflächen zum Meer hinab. Das heutige afrikanische Flußsystem ist verhältnismäßig jung. Die Ober- und Unterläufe hingen früher nicht zusammen. Die Oberläufe entwässerten in die abflußlosen Becken. Nur die Unterläufe flossen ins Meer.

Wegen des großen Gefälles und der damit verbundenen größeren Strömungsgeschwindigkeit verlagern sich die peripheren Flüsse ständig rückwärts und zapfen das Flußsystem der Becken an. So kam es mehrmals auf den innerafrikanischen Hochflächen, auf denen sich die Niederschläge der Regenzeit in großen abflußlosen Seen sammeln, zum Abfluß und damit sprunghaft zu einer Austrocknung weiter Gebiete. Der obere Niger floß einst in das »Sahara-Meer«, ein gewaltiges Seengebiet am Südrand der Sahara. Noch sind Deltaarme und Strandterrassen erkennbar. Die über die heute nahezu relieflose Ebene verstreuten Schalen von Mu-

scheln, die man im strömungsfreien, sandigen Untergrund des Flusses noch lebend antrifft, geben einen Begriff von der Größe des alten abflußlosen Sees.

Das abflußlose Kalaharibecken wird jetzt vom Sambesi angezapft. Den Ngamisee, den D. LIVINGSTONE 1850 noch als weite Wasserfläche sah, bezeichnen die neuen englischen Karten als »dry«. Auch der obere Sambesi war zuvor abflußlos in die Kalahari geflossen. Viktoriasee (1134 m) und Tanganjikasee (776 m) waren früher abflußlose Binnenseen mit höherem Wasserstand als heute. Anzapfung durch den Bahr-el-Djebel (oberer Nil) und den Lukuga, einen Nebenfluß des oberen Kongo, führten zu einer Senkung des Wasserspiegels. Ebenso wurde das riesige zentralafrikanische Becken, in dem der Kongo die äquatorialen Regenwasser sammelt, nach Durchnagung der westlichen Schwelle angezapft. Die zahlreichen Wasserfälle von Matadi bis Kinshasa bezeugen den unausgeglichenen Lauf des Flusses. Die Entleerung des Beckens ist noch nicht beendet. Sie vollzieht sich in dem Maße, wie sich die Stromschnellen vertiefen. Noch steht der äquatoriale Urwald in unübersehbarer Weite unter Wasser.

Klimaänderungen wirken langsam, sie lassen sich nur in relativ langen Zeiträumen feststellen. Die weltweiten, im großen und ganzen auf unser Jahrhundert beschränkten oder zumindest offenbar werdenden Austrocknungserscheinungen lassen sich ohne die Annahme einer Klimaänderung verstehen. Afrika mit einer Wüste, die auf einer Breite von 5000 km und einer Tiefe von 1500 km ($\frac{3}{4}$ der Fläche Europas – Abb. 17) das Klima bis zu den Regenwäldern mitbestimmt, ist durch die Anzapfung der wasserspeichernden Binnenseen empfindlich gegen Vegetationszerstörungen geworden. Ich habe 1957 im Nilsudan am Djebel Marra, einem Vulkangebirge, das 3000 m hoch aus Savannenwäldern emporragt, in 2700 bis 2900 m Höhe Rasen mit europäischen Pflanzen angetroffen, bunt wie eine Alm im Frühsommer, 2600 km von der Südgrenze ihres heutigen Verbreitungsgebietes entfernt. Diese mediterranen Pflanzenrelikte, wie sie auch in den Gebirgen Hoggar (Zentralsahara), Tibesti und Ennedi (am Rande der Sahara) vorkommen, sterben aus. Die nachpluviale klimatogene Austrocknung hat Restbestände in geschützten Lagen von Gebirgen mit Sommerniederschlägen erhalten. Doch die Überbeweidung der Grasflächen durch Kamele, vor allem Zie-

gen, die vollständige Entwaldung des Djebel Marra und die landwirtschaftliche Nutzung bis 2900 m verurteilen die Restbestände zum Aussterben.

Ich sah 3 typische Saharavögel: den Wüstenraben *Corvus ruficollis*, die Hausammer *Emberiza striolata* und den Weißbürzelsteinschmätzer *Oenanthe leucopyga* an aufgegebenen Terrassen in Gipfelnähe. Die Eroberung dieses Vulkanmassivs mitten in der Savanne durch Wüstenvögel ist ein alarmierendes Zeichen dafür, wie sehr der schwarzafrikanische Kontinent trotz seiner noch 30% betragenden Waldbedeckung (1960) von der Austrocknung bedroht ist. Der Wald am Djebel Marra ist von landsuchenden Bauern, die vor langer Zeit unter dem Druck kriegerischer Stämme die Gipfelregion besetzten, vernichtet worden. Intensive Landwirtschaft und Überbeweidung haben die Böden zerstört. Für eine natürliche Regeneration ist der Boden zu trocken geworden. So verödet das Land.

In Asien mit dem breiten semiariden Gürtel von Anatolien bis China, dessen hoch gelegenes, von gewaltigen Gebirgen abgesperrtes Zentrum seit dem Ende des Tertiärs immer trockener wird, wo die Landwirtschaft in Indien und China zu einem großen Teil vom Regenfall in weit entfernten Gebirgen abhängt, müssen die Wälder in den Bergregionen geschützt und erhalten werden. ALEXANDER DER GROSSE konnte sein Heer in Persien und Afghanistan auf Straßen ernähren, die heute größtenteils in Halbwüsten liegen. In den anatolischen Bergen zwischen Ankara und dem Schwarzen Meer lag die hethitische Hauptstadt Hattura vor 4000 Jahren noch in Wäldern. Heute lebt dort in waldlosen, trockenen, erodierten Bergen eine dünne Bevölkerung ärmlicher Bauern.

Es ist nicht ganz auszuschließen, daß in den letzten 4000 Jahren das Klima trockener geworden ist. Doch ist das nicht der Grund dafür, daß das asiatische Steppenband zur Halbwüste wurde und die Wüsten sich immer schneller ausdehnen. Unangepaßter Ackerbau und Überbeweidung haben vor allem die Bergländer zerstört. Am Khyberpaß, dem berühmten Einfallstor nach Indien, sah ich in verwüsteter, größtenteils nackter Gebirgslandschaft in Rinnen steiler Berghänge an Nordhängen noch Baumbestände, die nur an den der Sonnenbestrahlung abgewandten Hängen zu existieren vermochten. Zweifellos könnten diese Bergländer, soweit noch Boden vorhanden ist, wieder einen Waldmantel ent-

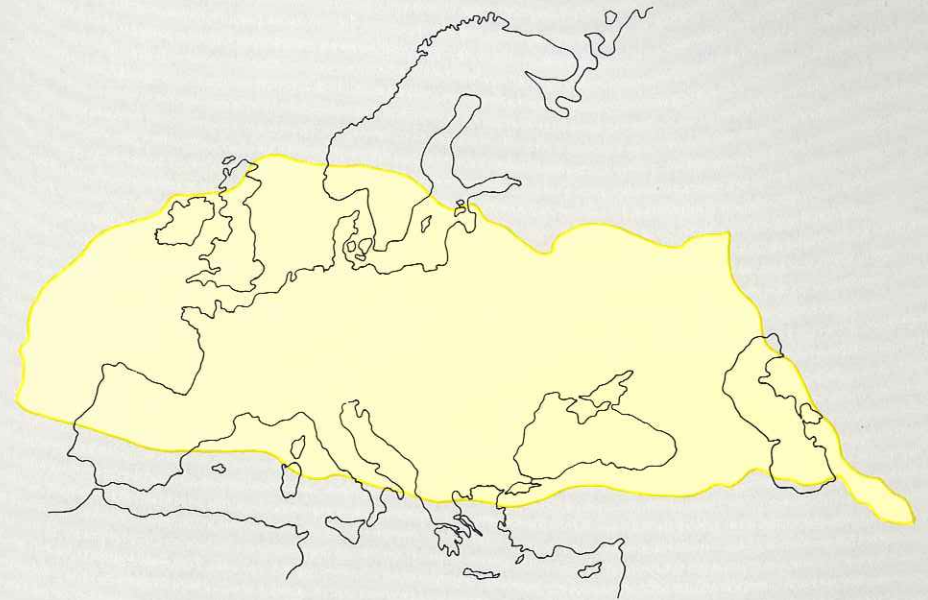


Abb. 17: Europa/Sahara mit Randzonen im gleichen Maßstab übereinanderprojiziert. In diesem Raum extremer Trockenheit gibt es nur oasenhaft-punktförmig fruchtbare Böden (aus: R. GANSSE, Trockengebiete, 1968).

wickeln, wenn die pflanzlichen Sukzessionsgesellschaften nicht sofort wieder der unkontrollierten Überbeweidung zum Opfer fielen.

In *Australien* mit der großen Ausdehnung von originären Wüsten und Halbwüsten hat die weiträumige, wenn auch extensive Haltung von Rindern und Schafen durch Vegetationsänderung und -zerstörung zu progressiver Austrocknung geführt, ohne daß einer Klimaänderung die Mitverursachung zugeschrieben werden muß.

In *Südamerika* gibt Brasilien ein Musterbeispiel für Landschaftsaustrocknung: Wälder weichen den Kaffeeplantagen, Urwälder am Amazonas werden mit modernster Technik großflächig gerodet. Zurück bleiben erschöpfte Böden, denen zur Selbstregeneration weder Zeit noch Ruhe gelassen wird. Dasselbe passierte den Maya mit dem Maisanbau.

In den *USA* hat die Emporhebung der Rocky Mountains das Land bis zum 100. Längengrad vom Einfluß des Meeres abgeschnitten und in Steppe verwandelt unter Einschaltung wüstenhafter Teilgebiete. Im Verlauf der letzten 200 Jahre sollen 60 Millionen Hektar Anbaufläche durch Erosion verloren gegangen sein. Das heißt: diese Böden sind jetzt durch menschliche Einwirkung ausgetrocknet und nur noch für extensive Weide nutzbar.

In allen Defensivräumen und Defensivbiotopen wirken Land- und Weidewirtschaft landschaftsdestruktiv. Es müssen besondere Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden, damit das bioökologische Gleichgewicht erhalten bleibt und die Agrarwirtschaft ohne Landschaftsschäden befriedigende Dauerernten erzielen kann. Dazu aber gehören Einsichten, die wir in den von der Wissenschaft aufgeklärten Industrieländern jetzt auch für die Gebiete außerhalb unserer humiden gemäßigten Breiten erarbeiten sollten.

10. Entwicklungshilfe als geistiger Prozeß

Erosion, Austrocknung und Fruchtbarkeitsverlust sind Sozialschäden, die Summe bzw. Resultate individuellen Mißbrauchs. Man kann sie nicht durch Einzelmaßnahmen reparieren oder verhüten. Die Bauern, die die Bedrohung ihrer Lebensgrundlage durchaus erkennen, müssen Erosionsschutz als Gemeinschafts-

aufgabe verstehen lernen. Vorerst fehlen dazu noch das kommunale Gemeinschaftsbewußtsein und das Gefühl der Verantwortung jedes einzelnen der Gesamtheit gegenüber. Doch wer mit seiner Familie am Rande der Existenz lebt, kann den ersten Schritt in neue Verhaltensweisen noch nicht leisten. Er muß nämlich nicht ohne Grund befürchten, daß er traditionell gesicherte Rechte zugunsten seiner Nachbarn aufgibt. Das gilt für nahezu alle Entwicklungsländer und erschwert die Einflußnahme übergeordneter Stellen. Das Leben verläuft noch unflexibel in traditionellen Bahnen.

Die Gedankenlosigkeit hinsichtlich der zukünftigen Folgen ihrer land- und forstwirtschaftlichen Aktivitäten, die Nichtbeachtung des Rohstoffwertes bei der Weiterverarbeitung, der Mangel an jeglichem Gemeinsinn und das Fehlen von Verantwortungsgefühl gegenüber öffentlichem Eigentum lassen die Handlungsweise der bäuerlichen Bevölkerung in der Dritten Welt ohne Logik und Verantwortung erscheinen. In Wirklichkeit ist ihr Verhalten aus der individuellen Perspektive gesehen absolut logisch. Der Blickwinkel ist nur ein anderer. Die aus ihm abgeleiteten Folgerungen sind durchaus konsequent, wenn auch für uns, die wir in einem wissenschaftlich-technischen Weltbild leben, nicht immer sofort einsichtig.

Das bedeutet unter anderem, daß Entwicklungshilfe geistig vollzogen werden muß. Sie ist erst in zweiter Linie eine Übermittlung von technischem »know-how«. Kollektive Rationalität hat im Bewußtsein der Bevölkerung der Dritten Welt noch keine Grundlage. Das traditionelle Denken ist in den Entwicklungsländern zudem religiös fundiert und damit rationaler Belehrung weitgehend entzogen.

Jeder Mensch lebt aus bestimmten Glaubenshaltungen und Vorstellungen. Bei uns herrscht der Glaube an die absolute Überlegenheit von Wissenschaft und Technik mit allen sich daraus ergebenden ideologischen Konsequenzen. Unsere Aufgabe besteht darin, diese eigenen Voreingenommenheiten und ideologischen Voraussetzungen zu erkennen, nicht darin, sie ohne weitere Überlegung auf andere Kulturen zu übertragen.

P. R. HOFSTÄTTER definiert Kultur als die »Summe der Selbstverständlichkeiten in einem Gesellschaftssystem«. Unsere Selbstverständlichkeiten stimmen nicht mit denen der Menschen einer

Subsistenzwirtschaft überein. Anstatt uns darum zu bemühen, die Selbstverständlichkeiten fremder Kulturen zu verstehen, verabsolutieren wir unsere eigenen. Sehr treffend hat das N. SILBERSCHMIDT formuliert: »Es mutet seltsam an, daß Europa die Kraft zur Ordnung im eigenen Bereich nicht aufbringt, sich hingegen in echatologischer Hoffnung umwälzende Erfolge von einer als wirtschaftliche Rettungsaktion aufgezogenen Hilfe an die Entwicklungsländer verspricht«.

11. Prognose

Wir haben gesehen, daß die in allen Kontinenten schnell zunehmende Erosion und Austrocknung eine für die Weltbevölkerung verhängnisvolle Kettenreaktion herbeizuführen beginnt: abnehmende Fruchtbarkeit der Böden führt in immer stärkerem Maße zum Versuch eines Ausgleichs durch Ausdehnung des Anbaus in ungeeignetes Gelände. Die Folgen für die Vegetation, die Struktur des Bodens und das Klima haben wir ausführlich erörtert. Der Mensch ist heute im Begriff, das natürliche Grundgefüge der Landschaft global und irreversibel zu verändern. Der Wendepunkt ist überschritten. Die Gefahr ist akut.

An diesem Punkt drängt sich die Frage auf, ob die große Kulturwende im Neolithikum, die Sammler und Jäger zu Bauern machte, womöglich den Beginn einer Fehlentwicklung eingeleitet hat. Damals begann der Mensch, durch den Anbau monokotylter Getreidegräser sich immer weiter ausdehnende »Kultursteppen« zu schaffen. Damals begann die anthropogene Versteppung der Erde, die in knapp 10 000 Jahren aus langsamen Anfängen das Gesicht der ganzen Erde verändert hat. F. HESKE wies 1937 in Britisch-Indien mit damals noch 25 % Waldbedeckung nach, daß die Bauern auf den Wald als Ernährungsgrundlage angewiesen sind. Allein den Wert der Gerbstoffe und des Schellack schätzte HESKE auf mehr als 110 Millionen Reichsmark pro Jahr. Die Nebenprodukte übertreffen in ihrer Bedeutung für die bäuerliche Bevölkerung den Holzwert (Brenn- und Nutzholz).

In den Tropen ist die pflanzliche Produktion nicht unterbrochen: Die Sonnenenergie steht während des ganzen Jahres gleichmäßig zur Verfügung. Nach H. RUTHENBERG (1976, Abbildung 18) erbringen Ölpalmpflanzungen 30–60 dz, Maniok 200–400 dz mit

Abb. 18: Anbau-Leistungsvergleich pro Hektar und Jahr in den Tropen und in den gemäßigten Breiten (frei nach H. RUTHENBERG, 1976).

Kulturpflanzen	Tropen	gemäßigte Breiten
Öl aus Palmpflanzungen	30–60 dz	
Raps		5–12 dz
Reis	80 dz bei 3 Ernten 120 dz	
Maniok	200–400 dz (70–130 dz reine Stärke)	
Kartoffeln		30–50 dz reine Stärke
Futtergräser (Trockenmasse)	100–150 dz (maximal: 500 dz)	40–50 dz

33 % Stärke, Reis 80 dz, bei 3 Ernten 120 dz, Futtergräser 100–150 dz, maximal bis 500 dz je Hektar und Jahr. Die Leistungen der meist einmaligen Ernten in den gemäßigten Zonen werden also weit übertroffen. Die tropischen Böden sind jedoch nach der Zerstörung der schützenden Pflanzendecke sehr empfindlich. Der Humus, aufgebaut in Jahrhunderten, ist nach wenigen Jahren verbraucht.

Die Mineraldüngung wiederum hat bei abnehmender Fähigkeit des Bodens zur Wasserspeicherung abnehmende Wirkung. Die Böden sind schnell erschöpft und erfordern bei richtiger Behandlung hohe Aufwendungen. Wenn Wasser fehlt, was sehr oft der Fall ist, ist ein Anbau nur in der Regenzeit möglich.

Die genannten Maximalleistungen kommen nur auf guten, intensiv gepflegten Böden vor. Der Kern des Ernährungsproblems liegt nach H. RUTHENBERG nicht am Leistungspotential, sondern an der Naturwidrigkeit und den destruktiven Begleiterscheinungen des Ackerbaus in den Tropen. Baumpflanzungen sind im Durchschnitt leistungsfähiger und leichter zu handhaben. Dazu kommt der landschaftsökologische Nutzen dieser Kulturwälder. Kulturbaumpflanzungen sind in den Tropen naturgemäßer. Sie

bieten höhere Hektarerträge als die Kultursteppe der gemäßigten Breiten. (Außerhalb der Tropen dagegen liefert die »Kultursteppe« mehr Nahrung.) Sie könnten bei einem angemessenen Größenverhältnis von Land- und Forstwirtschaft zu Nahrungsquellen werden und auch die Belieferung mit den Nebenprodukten gewährleisten – wenn sich die Entwicklung umkehren ließe. Doch der bisher eingeschlagene Weg läßt sich nicht ohne weiteres umkehren. Es sollte jedoch wenigstens erreicht werden, daß dem »tree-farming« größere Bedeutung zuerkannt und die Entwaldung durch Anlage von Kulturbaumpflanzungen, etwa Öl- und Kokospalmdäner, aufgehalten wird.

In diese Richtung zielt das neue Aufforstungs- und Walderhaltungsprogramm der indischen Forstverwaltung, das erstmalig im Himalayastaat Himachal Pradesh erprobt wird. Bisher verfolgten die indischen Forstbehörden vorwiegend ökonomische Gesichtspunkte ohne Berücksichtigung der vitalen Interessen der bäuerlichen Bevölkerung. Deshalb wurde auch kein dauerhafter Erfolg erzielt. Die Bevölkerung war nicht in die staatlichen Programme integriert.

Seit 1976 ist ein entscheidender Wandel eingetreten. Es wurde eine Konzeption erarbeitet, die den Wald und seine Erhaltung mit den Interessen und Bedürfnissen der Bauern verbindet. Kommunale Land- und staatliche Forstwirtschaft wurden zum ersten Male integriert: Wiederaufforstung, Schutz der noch bestehenden Wälder und Verjüngung der übermäßig genutzten Wälder in Zusammenarbeit mit den Dörflern.

Das Ziel ist die Beendigung der bisherigen unkontrollierten Ausbeutung der Bestände und die Herbeiführung einer geregelten Nutzung. Dem dienen folgende Maßnahmen:

1. Gewinnung von Brenn- und Nutzholz für die Dorfgemeinden in eigens zu schaffenden Baumbeständen in Dorfnähe mit schnell wachsenden und rasch regenerierenden Baumarten.
2. Gewinnung von Laubfutter und von Streu für das Vieh durch Schneiteln bestimmter Laubbäume, ferner Gewinnung von Gras als Viehfutter, Pflanzen einer möglichst großen Zahl verschiedener Arten von Futterbäumen und gleichzeitiges Verdichten der bisher zu sehr geschneitelten Eichenwälder.
3. Förderung der Landwirtschaft durch Anlage von Bewässe-

rungskanälen und Hilfe bei der Erosionsbekämpfung, Sicherung der Einzugsgebiete der größeren Flüsse, um den Wasserhaushalt zu regulieren.

Das Programm sieht ein Bündel von Bedingungen vor, die die Dörfler zu ihrem Vorteil annehmen müssen:

- Verbot der Waldweide,
- Mithilfe bei der Anlage von Zäunen, die dem frei weidenden Vieh den Zugang zum Wald verwehren, und beim Bepflanzen der Hänge.
- Aufteilung der Schneitelwälder auf die Familien, so daß die zu starke Laubnutzung in Dorfnähe, die zum Absterben der Futterbäume und der dorfnahen Eichenwälder führte, unterbunden wird.

Das riesige Nahrungspotential der Wälder für das Vieh soll so genutzt werden, ohne daß die Gefahr einer weiteren Entwaldung heraufbeschworen wird.

Es gibt kein universales Konzept für die Wiederherstellung des ökologischen Gleichgewichts. Eines ist sicher: Der neue Versuch der indischen Behörden unter Einbeziehung von Land- und Forstwirtschaft ist wegweisend. Wichtig ist aber auch zu wissen, daß es bei Fragen dieser Art niemals um die grundsätzliche Entscheidung für die eine oder die andere Alternative gehen kann. Der traditionellen Hochleistungslandwirtschaft mit ihrer starken Abhängigkeit von der Belieferung mit industriellen Chemikalien, deren aufwendiger Einsatz nur auf guten, bewässerungsfähigen Böden lohnt (und der dort auch gefördert werden soll) steht die agrarökologische Methode nicht als Alternative, sondern als Methode der Wahl zur Versorgung mittlerer und ärmerer Böden zur Seite.

Man weiß, daß die Böden der bewässerten Reisfelder (sawahs), die auf Java jährlich bis zu 3 Ernten liefern, von Blaualgen mit Nährstoffen versorgt werden, wenn man sie richtig behandelt. Man weiß auch, daß die Wurzeln der meisten unserer Waldbäume in Symbiose mit *Mykorrhizapilzen* leben und ihren Stickstoffbedarf auch auf armen Böden mit Hilfe der Pilze decken. Knöllchenbakterien vermitteln den Leguminosen Stickstoff in gebundener Form. Stickstoffversorgung und Erosionsbekämpfung sind damit Schlüssel zur Lösung der Welternährungskrise.

Die Getreideerträge stehen im direkten Verhältnis zum Stickstoffgehalt der Böden. Die steigenden Kosten für den Energieaufwand zur Herstellung von Kunstdünger machen es den Entwicklungsländern jedoch unmöglich, sich dieser Methode zu bedienen, ohne immer mehr in finanzielle Abhängigkeit von den Industrieländern zu geraten. Gelänge es dagegen, eine biologische Bodenverbesserung durch Anreicherung von Luftstickstoff mit Hilfe von Bakterien oder Pilzen auch für Getreidegräser zu entwickeln, dann könnte eine schnelle Steigerung der Nahrungsproduktion für die wachsende Menschheit die Wälder entlasten. Das Diagramm der Abbildung 19 zeigt die Ursachen und Wege der Entwicklung originärer Klimaxgesellschaften zum Ödland über degenerative und regenerative Stadien in den Tropen. Je primitiver die Zivilisation ist und je größer die Bevölkerungsdichte, um so größer ist auch die Erosionsgefahr und um so schneller kommen die lebensnotwendigen Kreisläufe von Wasser und pflanzlichen Nährstoffen im Boden zum Erliegen. Eine Rückkehr zu den Klimaxformen von Wald und Steppe (Stadium I) und eine Regeneration von Ödland (Stadium IV) ist überall dort unmöglich, wo der Bevölkerungsdruck weiter wirkt.

Regenerative und degenerative Kreisläufe kommen nur zwischen den Stadien II und III vor. Hier muß der Hebel zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit ansetzen: Daueranbau mit hohem Ernteertrag und Verhinderung, daß die Sekundärwälder und die sekundären Grasfluren durch Überbeweiden, unkontrolliertes Schneiteln, illegale Holzentnahme und Brände progressiv degradieren. In Deutschland sind Wälder Baumpflanzungen auf meist ärmeren Böden, die bei landwirtschaftlicher Nutzung unzureichende Erträge bringen. Ihre Ökonomie wird längst biologisch, landschafts- und agrarökologisch gewertet. Die Gesamtfläche, das »grüne Viertel« der deutschen Landoberfläche, bleibt erhalten. Intakte Kulturwälder und Kultursteppen bestimmen das floristische Bild der mittel- und westeuropäischen Landschaft. Die Industrieländer erhalten mit großem finanziellem Aufwand das Kapital der hohen Fruchtbarkeit ihrer Böden. In Berlin sind sogar sterile Dünenlande zu fruchtbarem Gartenland geworden.

Hier liegt ein ruhender Pol gegenüber der beunruhigenden Tatsache, daß immer größere Teile der Erde dem Raubbau an Wald und Boden ausgesetzt sind. Noch können die über große Agrar-

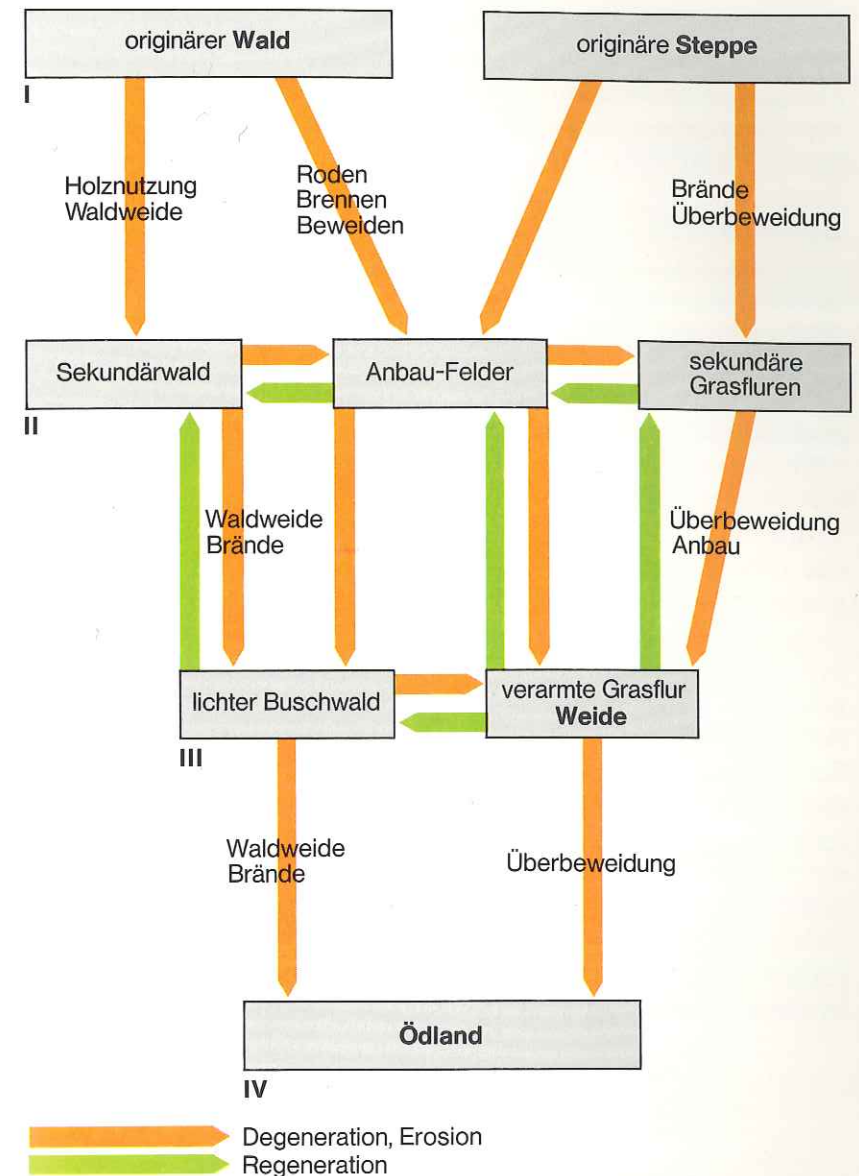


Abb. 19: Degenerative und regenerative Stadien der Entwicklung der ursprünglichen Wald- und Steppenformationen zu Ackerland, zu sekundären Klimax-Gesellschaften und zur Endphase »Ödland«. Die Entwicklung von I zu IV vollzieht sich über die Kreisläufe II/III. Sie entscheiden über die Erhaltung der Nutzbarkeit oder über das Ausscheiden als Ödland.

flächen verfügenden Länder Australien, Kanada und die USA den Weltgetreidemarkt beliefern und die Menschheit vor akuten Hungersnöten bewahren. China, mit 850 Millionen Menschen der volkreichste Staat der Erde, hat den Hunger beispielgebend besiegt, und zwar nicht durch eine bloße landwirtschaftliche Produktionssteigerung, sondern zugleich durch Dämpfung des Bevölkerungswachstums, Familienplanung, Aufforstung und Entwicklung der Landwirtschaft zeitigen hier rasche Erfolge, die durch gelegentliche klimabedingte Mißernten zwar erschwert, aber nicht grundsätzlich aufgehoben werden.

Schon 1957 habe ich in meinem Buch »Drohende Wüste« auf die Gefahren der fortschreitenden Austrocknung hingewiesen. Jetzt sind sie weltweit erkannt. Im August/September 1977 legte die »Wüstenkonferenz« der UNO in Nairobi/Kenia einen Situationsbericht und ein Aktionsprogramm vor. Danach ist $\frac{1}{3}$ der Erdoberfläche arid oder semiarid. 630 Millionen Menschen (16% der Weltbevölkerung) leben in Trockenräumen, die sich auf der ganzen Erde ausdehnen. Jetzt weiß man, daß in diesen Trockenräumen bei steigender Bevölkerungszahl alle Anbau- und Weidegebiete überbeansprucht sind. Jede Unregelmäßigkeit des Regens führt zwangsläufig zu Erntekatastrophen (ein typisches Beispiel sind die regelmäßig wiederkehrenden Hungersnöte in der afrikanischen Sahelzone).

Afrika mit der größten Wüste der Erde (Abbildung 17) ist am stärksten betroffen. Die afrikanischen Staaten haben in der UNO ein besonderes Gewicht. Daher ist vielleicht die Hoffnung berechtigt, daß der wachsende Druck der UNO und die Einsicht der Industrieländer die Durchführung der 1977 in Nairobi international konzipierten und kontrollierten Aktionsprogramme im Interesse der ganzen Welt durchsetzen werden.

Weiterführende Literatur:

- ANDREAE, B.: Räumliche Grenzen des Nahrungsspielraumes – der Landbau im Spannungsfeld zwischen Extension und Intension. Naturw. Rundschau 1976, 11.
- EGGER, K.: Ausbeutung oder Kooperation, Landbau in ökologischer Verantwortung. Scheidewege, E. Klett Verlag, Stuttgart, 1976, 2.
- HOENNINGER, H.: Manual of reforestation and erosion control for the Philippines. Ges. für technische Zusammenarbeit, Eschborn, 1975.
- KOLLMANNSPERGER, F.: Man-made landscape changes in the Himalayas and change in microclimate and biotopes. Ges. für technische Zusammenarbeit, Eschborn, 1977.
- RIEGER, H. Chr.: Himalaya-Wasser – Literaturanalyse über die Frage der Auswirkungen von Entwaldung, Erosion und sonstigen Störungen im Einzugsgebiet des Ganges und des Brahmaputra; Südasien-Institut, Heidelberg, 1976. Himalaya ecosystems research mission: Nepal Report – India Report; Südasien-Institut, Heidelberg, 1976.
- RUTHENBERG, H.: Das Welternährungsproblem – Erfolge, Schwierigkeiten und Aufgaben. Stimmen der Zeit, 1976.
- WALTER, H.: Vegetationszonen und Klima. Ulmer Verlag, 1971.