

Positive Aspekte von Erosionsprozessen

Willibald Haffner



Foto: L. Schneider

Foto 1: Das Tiefland des Terai in Nepal (± 110 m ü NN), Teil der nördlichen Ganges-Ebene

Die natürliche Fruchtbarkeit der nährstoffreichen, leicht zu bearbeitenden alluvialen Böden besteht aus erosiven Abtragungsprodukten des sich nur unweit nördlich erhebenden Himalaya. Der Terai Nepals ist wie viele andere Teile der Ganges-Ebene als edaphischer Gunstraum altbesiedelt: Im 6. Jh. v. Chr. wurde hier Buddha geboren.

Die negativen Folgen der Erosion, insbesondere der Bodenerosion, sind in der Fachliteratur vielseitig dokumentiert. Dieser Aufsatz versucht, an Beispielen aus Mitteleuropa, Nepal und dem Jemen der Frage nachzugehen, ob der erosiven Sediment- und Bodenverlagerungen nicht auch positive Aspekte abzugewinnen sind.

Erosionsprozesse lassen sich zwar wertfrei als natürliche morphodynamische Prozesse beschreiben, es wäre jedoch geradezu menschenverachtend, nicht auch auf die Gefahren hinzuweisen, die von erosiven Prozessen ausgehen können. Als besonders katastrophal haben sich z. B. in Hochgebirgstälern plötzliche Ausbrüche von Moränenstauseen ausgewirkt. Erschreckend sind auch die aus vielen Teilen der Welt dokumentierten Folgen exzessiver Flächen- und Grabenerosion wie fast vegetationslose, zerrackelte *badlands* oder bodenzerstörtes, unproduktives Weideland.

Deprimierend muten zudem die von *Wenger* (1978) in Mexiko gemessenen und ebenfalls aus anderen Teilen der Welt (z. B. Nord-Indien, vgl. *Messeri* und *Hofer* 1992) dokumentierten Erosionsraten von über 80 t/ha in einer Regenzeit an. All dies hat nicht unwesentlich dazu beigetragen, die fast ausschließlich negative Bewertung erosiver Prozesse zu verstärken.

Aber auch weniger spektakuläre, allmähliche Abtragsprozesse haben als „schleichende Bodenerosion“ zur Verminderung der Bodenfruchtbarkeit geführt und sind z. B. aus dem Mittelmeergebiet, aber auch aus Mitteleuropa vielseitig dokumentiert. Schließlich enthält auch dieses Heft der GEOGRAPHISCHEN RUNDSCHAU weitere in- struktive Beispiele für die negativen, weil devastierenden Wirkungen der Erosion.

Das Wort „Erosion“ hat mittlerweile sogar im übertragenen, nicht geowissenschaftlichen Sinn häufig negative Bedeutung. Politiker reden von der Erosion des sozialen Netzes. In den Medien ist regelmäßig von der Erosion des Wirtschaftsstandortes Deutschland oder aber von der Erosion der Zahlungs- und Steuermoral die Rede, wobei Erosion auch hier mit allmählichem Zerfall, ja mit Zerstörung gleichgesetzt wird. Ob diese allgemein negative Bewertung von „Erosion“ im geowissenschaftlich-bodengeographischen Bereich wirklich uneingeschränkte Gültigkeit besitzt, oder ob erosiven Sediment- und Bodenverlagerungen nicht sogar positiv zu bewertende Aspekte abzugewinnen sind, soll in dem folgenden Aufsatz diskutiert und nachgeprüft werden. Erste Anregungen, diesen Fragen nachzugehen, entstammen Geländebeobachtungen in Nepal und im Jemen, bestärkt wurden sie durch

die Ausführungen in dem kurzgefaßten Lehrbuch „Bodenerosion und Bodenerhaltung“ von *Breburda* (1983).

Entstehung edaphischer Gunsträume durch Wasser- und Winderosion

Gebirgsbildung, erosive Abtragung und Sedimentation sind synchrone Prozesse. Gebirgsflüsse transportieren Abtragungsmaterial unterschiedlichster Größe (Schotter, Sande, schluffig oder toniges Material) und lagern es ab: partiell bereits als Sediment in die Bach- und Flußtäler des Gebirges selbst, zu einem beträchtlichen Teil in die großen alluvialen Flußtiefen und Deltalandschaften und schließlich, zu einem allerdings schwer quantitativ abschätzbaren Anteil, ins Meer (*Milliman* und *Meade* 1983). Ohne erosive Abtragung in den Gebirgen gibt es keine ständige Nachlieferung von Sedimentmaterial. Oder konkret formuliert: Ohne Erosion in den ostafrikanischen Hochländern fänden sich keine fruchtbaren Nil-sedimente, ohne Himalaya keine alluvialen, edaphisch bevorzugten, siedlungs- und verkehrsgünstigen Flußebenen an Ganges (vgl. *Foto 1*), Brahmaputra und Indus, ohne Alpen keine Poebene.

Nicht nur die fluviale Erosion hat mitbewirkt, große edaphische und morphologische Gunsträume auf dieser Erde zu schaffen, sondern mindestens ebenso sehr die Winderosion. Die erosive Ausblasung von Schluff aus vegetationslosen Gletschervorfeldern und vegetationsarmen, innerkontinentalen Trockengebieten war die Voraussetzung für die Ablagerung von Löß und führte zur Entstehung der edaphisch fruchtbarsten Ackerbauregionen der Erde. Dieser Prozeß, der in den Lößgebieten Europas, Nord- und Südamerikas in die vegetationsarmen, pleistozänen Kaltzeiten verlegt ist, ist in Zentralasien und China wohl auch heute noch nicht abgeschlossen. Ohne Winderosion gäbe es keine natürlichen Hohertragsböden aus Löß – darüber besteht allgemeine Übereinstimmung.

Die Frage nach den die natürliche Bodenfruchtbarkeit fördernden und stabilisierenden Fluß- und Überschwemmungssedimenten wird allerdings z. Z. recht kontrovers diskutiert, exemplarisch am Beispiel des Nils (*Ibrahim* 1984; *Meyer* und *Schmidt-Wulfen* 1990). Seit dem Bau des Assuan-Staudamms bleibt z. B. die regelmäßige Nachlieferung der Nilsedimente aus; dennoch werden im Bereich der Nilstromoase heute landwirtschaftliche Rekorderträge erwirtschaftet, und zwar durch den intensiven Einsatz von Mineraldünger, modernisierten Bodenbearbeitungs-, Bewässerungs- und Schädlingsbekämpfungsmethoden (*Meyer* und *Schmidt-Wulfen* 1990). Eine ähnliche Entwicklung ist für den Indus seit der Errichtung neuer Staudämme zu konstatieren und zeichnet sich möglicherweise auch an den großen chinesischen Strömen Huang He und Jangtsekiang

ab. Es fragt sich jedoch, ob der Einsatz von großen Mineraldüngermengen – vor allem von Stickstoffdünger – auf Dauer das Ausbleiben der Hochwassersedimente wirklich kompensieren kann; ob sich die Abhängigkeit von „chemischer“ Düngung sowohl ökologisch als auch ökonomisch langfristig aufrecht erhalten läßt. Ohne Zweifel führen die Regulierung der Wasserführung und die völlige Eliminierung der Sedimentfracht am Nil bzw. die drastische Reduzierung der Sedimentführung am Indus und zukünftig auch am Huang He zu tiefgreifenden Veränderungen der ökosystemaren Beziehungen zwischen Erosions- und Sedimentationsraum. Den bis in vergangene geologische Zeiten – in der Regel bis ins Tertiär – zurückzufolgenden morphologischen und edaphischen Aufbau der Fluß- und Deltalandschaften wird so in Zukunft die Basis für eine Weiterentwicklung entzogen.

Ökologen und Umweltschützer warnen vor Überregulierung der großen Flußsysteme und prognostizieren großräumige und langfristig irreversible Schäden im gesamten Landschaftshaushalt. Deshalb werden heute von eher technokratisch-ökonomisch denkenden Entscheidungsträgern die Staudamm-Großprojekte zur Stärkung des Wirtschaftspotentials in den bereits überbevölkerten Flußtiefenländern befürwortet. Dies ist ein gutes Beispiel, wie wechselnde Nutzungsansprüche die Bewertung von Erosions- bzw. Sedimentationsprozessen, d. h. von primär natürlichen und damit eigentlich wertfreien Prozessen verändern können.

Seit prähistorischen Zeiten, seit den frühen Hochkulturen der Alten Welt siedelten die Menschen in den Flußtiefen und Deltalandschaften. Die regelmäßige Lieferung von Hochwassersedimenten hat mitgeholfen, die Flächenerträge gewissermaßen kosten- und risikolos auf einem ausreichenden und stabilen Ertragsniveau zu halten. Letzteres allerdings – und dies ist das Dilemma – würde heute keineswegs mehr ausreichen, die in diesen ökologischen Gunstgebieten sich konzentrierende Bevölkerung auch nur hinreichend zu ernähren.

Seit geologischer Vorzeit haben Erosionsprozesse keineswegs nur großräumig die ökologischen Grundlagen des Menschen und seiner Lebensräume auf positive Weise mitgeformt, noch besser nachweisen und bewerten lassen sich die Auswirkungen aktueller Erosionsdynamik im kleinräumigen, agrarökologisch-standörtlichen Bereich.

Bodenerosion als gegenläufiger Prozeß zur Bodenbildung

Bodenerosion ist im engeren Sinn der gegenläufige Prozeß zur Bodenbildung oder Bodenentwicklung. Deshalb wird Bodenerosion in der Regel negativ beurteilt (*Breburda* 1983, S. 21) und gleichgesetzt mit Schädigung, Verlust, ja Zerstörung des für das pflanzliche Wachstum erforderlichen Nährstoff- und Wasserspeichers. Im ökosyste-

maren Zusammenhang von Pflanzen und Boden bedeutet Bodenerosion deshalb Degradation, während Bodenentwicklung eine Aufwertung des Pflanzenstandortes darstellt. Ein Beispiel: Regelmäßig verursachen Starkregen an den steilen Weinberghängen des Moseltales Bodenerosion. Um den bis zum Hangfuß abgeschwemmten Boden nicht endgültig zu verlieren, transportieren die Weinbauern seit jeher das abgeschwemmte Bodenmaterial wieder den Berghang hinauf: in früheren Zeiten mühsam in Kiepen auf dem Rücken, seit der Erschließung der Rebhänge durch Wege mit Trecker und Wagen. Es mag deshalb etwas erstaunen, auch dem Vorgang der Bodenerosion positive Bewertungsaspekte abgewinnen zu wollen. Aber auch dafür fehlt es nicht an Beispielen.

Bodenabtrag im Muschelkalk: Auf- oder Abwertung des erodierten Standortes?

Die Kalk-Trockenrasen oder Kalktriften der Gäulandschaften verdanken ihre heutige Ausdehnung in beträchtlichem Ausmaß anthropogener erosiver Bodenveränderung (Hard 1962). Extensive Nutzung ohne bodenerhaltende Maßnahmen, z. B. in Form einer Landwechselwirtschaft auf sogenanntem Wildland, und die dadurch ausgelöste Bodenerosion bewirkten an steilgeneigten

ten Hängen eine grundlegende Boden- und Standortveränderung. Anstelle der ursprünglich tiefgründigen Waldböden treffen wir heute dort in der Regel auf flachgründige, skelettreiche, kalkhaltige, rendzinaähnliche Böden: ideale edaphische Voraussetzungen für das Gedeihen von artenreichen Kalktrockenrasen mit hohem Naturschutzwert – allerdings um den Preis, daß eine Aufforstung dieser flachgründigen Standorte mit Sicherheit problematisch und eine wirklich ertragreiche Forstwirtschaft unmöglich ist. Die skizzierte erosive Bodenveränderung stellt also aus der Sicht des Arten- und Biotopschutzes eine Standortaufwertung, aus forstwirtschaftlicher Sicht hingegen eine Standortverschlechterung dar. Sie läßt sich deshalb, je nach den standortbezogenen Nutzungsansprüchen und Nutzungszielen, positiv oder negativ bewerten.

Erschließung kalk- und nährstoffreicher Lößhorizonte durch Bodenerosion

Erosiver Bodenabtrag bedeutet zwar in der Regel eine deutliche Verringerung der Bodenmächtigkeit, kann aber keineswegs pauschal mit einer Minderung des land- oder forstwirtschaftlichen Ertragspotentials gleichgesetzt werden. Bodenerosion kann im Gegenteil das Ertragspotential von Böden sogar noch steigern. Ein Lehrbuch-

beispiel sind die für Mitteleuropa typischen Parabraunerden auf Löß (Brebuda 1983). Dieser Bodentyp neigt nämlich bei langjähriger ackerbaulicher Nutzung nicht nur zur Nährstoffverarmung, sondern unter den für diesen Raum typischen humiden Klimabedingungen auch zur Kalk- und Nährstoffauswaschung in den oberen Bodenhorizonten. Eine erosive Abtragung des Oberbodens hat deshalb zur Folge, daß bei der alljährlichen Bodenbearbeitung mit dem Pflug nun tiefer gelegene, kalkhaltige Lößsedimente in den pflanzenbaulich nutzbaren Kulturbodenhorizont mit einbezogen werden. Die Bedeutung der erosiven Erschließung tiefer gelegener Lößhorizonte darf man jedoch auch nicht überbewerten: Bei angemessener Düngung und Bodenbearbeitung liefern jahrhundertlang beackerte und längst entkalkte Lößböden in den altbesiedelten Löß- und Bördenlandschaften Mitteleuropas dennoch Höchstserträge im Getreide- und Zuckerrübenanbau.

Erosionsprozesse und ihre Bedeutung für tropische Gebirgsböden

Von essentieller ökologischer Bedeutung sind Erosionsprozesse, die permanente mineralische Nährstoffe nachliefern – häufig eingeleitet und verstärkt durch die Bodenbearbeitung – allerdings unter tropischen

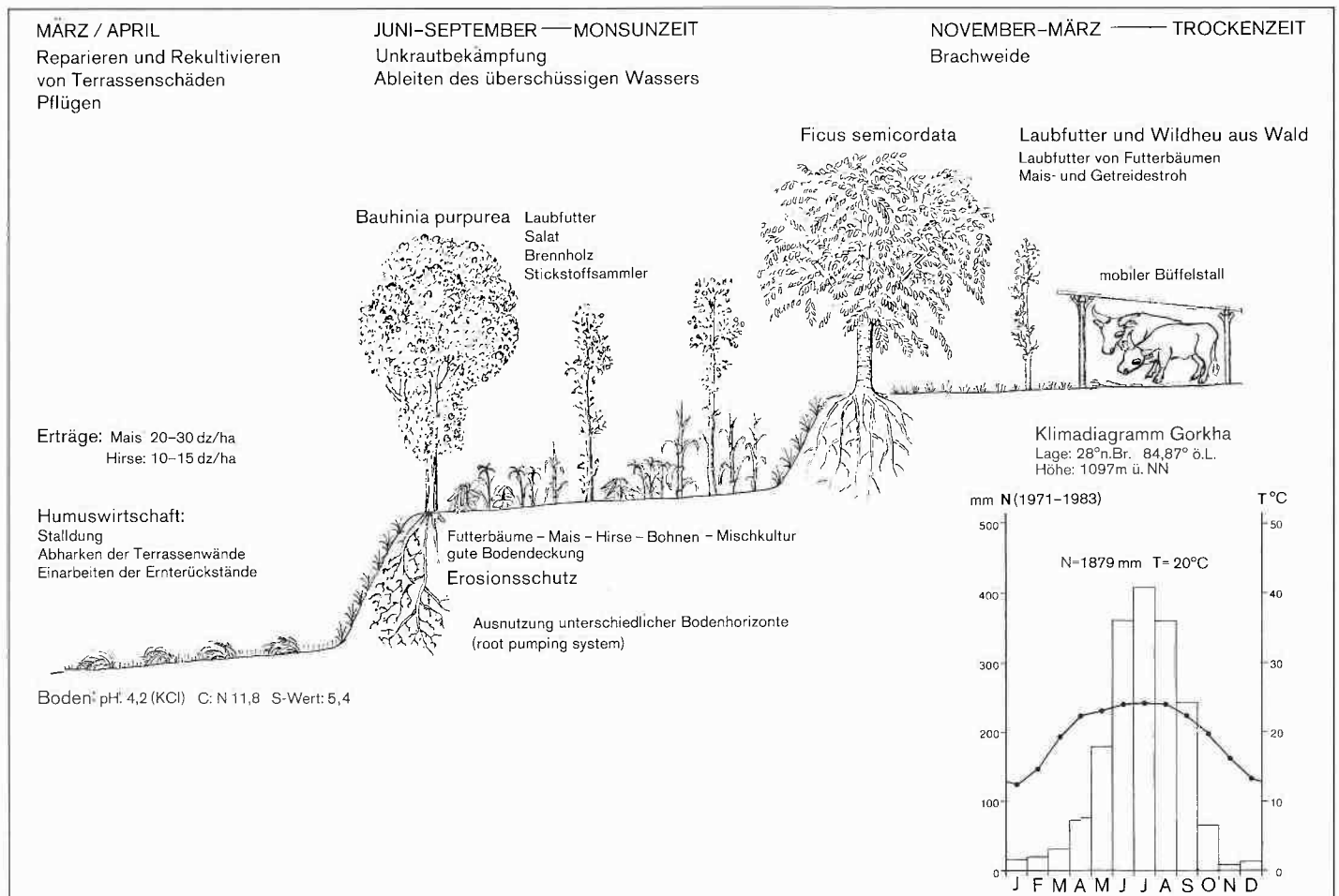
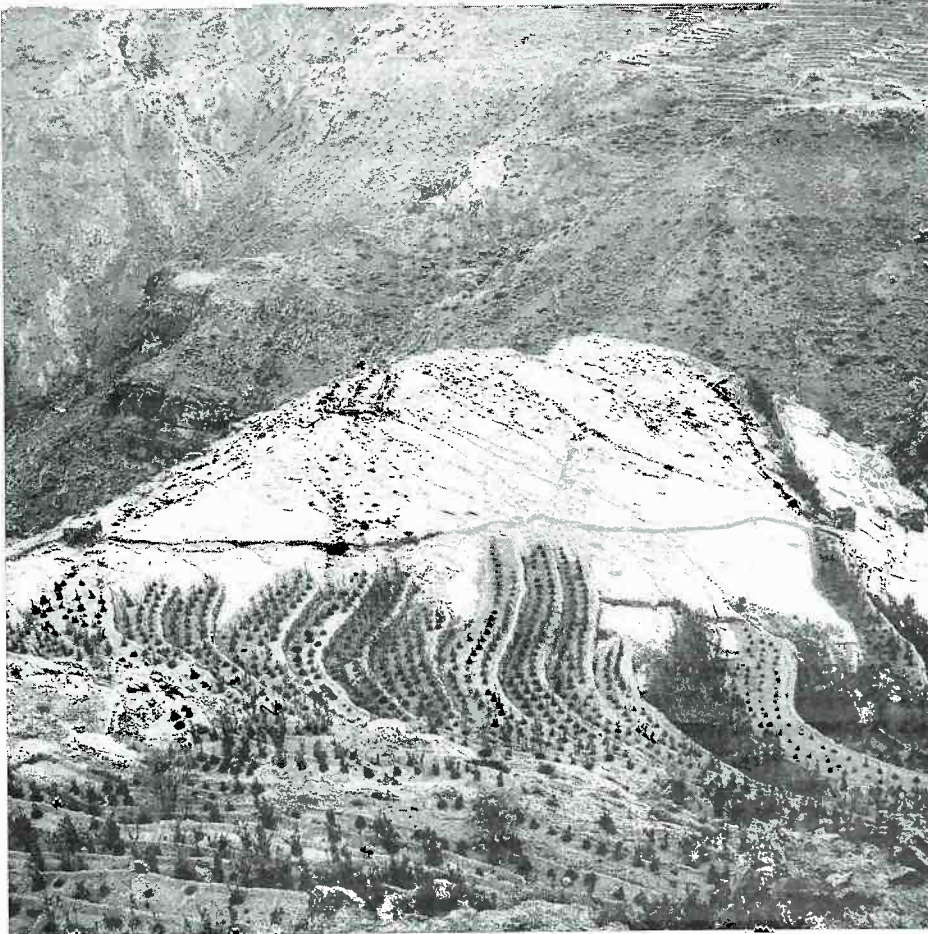


Abb. 1: Der Ackerterrassenfeldbau nepalesischer Gebirgsbauern in der Umgebung von Gorkha

Entwurf Abb. 1-3: W. Haffner

Bei der Entwicklung traditioneller ökologisch angepaßter Formen der Bodennutzung spielen auch im Nepal-Himalaya erosive Prozesse eine nicht zu unterschätzende Rolle: Ein gewisses Maß von Bodenerosion am Hang ist sogar erwünscht; sie transportiert noch unverbrauchtes, wenig verwittertes Material in die ackerbaulich genutzte Kulturbodenschicht.



Fotos 2 und 3: W. Haffner

Foto 2: Terrassenfeldbau und „Regenernteflächen“ im Hochland von Jemen

In der Bildmitte durch anthropogenen Bodenabtrag völlig denudierte Fels- und Gesteinsflächen. Diese Flächen lieferten nicht nur einen wesentlichen Teil des hinter Terrassenmauern im Bereich von Mulden und Hangtälichen abgelagerten kolluvialen Bodenmaterials, sondern entlang von Stein- und Geröllbändern wird von dort aus das Regenwasser in die Feldflur – hier mit Quat-Bäumen bestanden – abgeleitet und zusätzlich bewässert.

Bedingungen. Die vielzitierte bodenökologische Benachteiligung der Tropen, verursacht durch das eingeschränkte Nährstoffspeichervermögen basenarmer, tief verwitterter und ausgelaugter tropischer Böden, wird in Gebirgslagen wenigstens partiell kompensiert durch ständige erosive Nachlieferung von frischer, wenig verwitterter, d. h. mineralreicher Bodensubstanz (Weischet 1977). Dies geschieht insbesondere bei der Anlage, Pflege und der damit einhergehenden sehr allmählichen, aber stetigen Rückverlagerung von Ackerterrassen in den Hang. Beispielfhaft beherrschen die Methoden des Ackerterrassen-Feldbaus nepalesische Gebirgsbauern, die seit Jahrhunderten ein ausgeklügeltes und bewährtes Agrarökosystem entwickelt haben (Haffner 1986 und 1990; Pohle 1986). Trotz der basen- bzw. nährstoffarmen Ausgangsböden ist z. B. im Bereich von Gorkha Ackerbau an einem recht steilen Südhang seit ca. 1 500 Jahren durch Inschriften belegt.

Zu diesem Agrarökosystem (vgl. Abb. 1) gehören die durch den Terrassenfeldbau verursachte allmähliche Umgestaltung des Hangreliefs, die intensive Boden- und Terrassenbearbeitung einschließlich der dadurch ausgelösten erosiven Prozesse. Sie haben für die Nährstoffversorgung der Bö-

den den wichtigen Nebeneffekt der stetigen Nachlieferung von mineralischer Substanz aus tieferen, weniger verwitterten Schichten. Auch die Futterbäume (z. B. *Bauhinia purpurea* und *Ficus semicordata*) liefern nicht nur Laubfutter und Brennholz, sondern manches spricht dafür, daß im kombinierten Anbau mit tief wurzelnden Bäumen und flach wachsenden einjährigen Pflanzen Bodenhorizonte unterschiedlicher Tiefe in den Kreislauf der Nährstoffe einbezogen werden können (vgl. Abb. 1).

Inzwischen liegen für Nepal aussagekräftige Daten über jährliche Erosionsraten bei unterschiedlicher Landnutzung vor. Das Datenmaterial beruht in letzter Zeit immer mehr auf Messungen der Bodenerosionsrate mit Hilfe sogenannter Versuchsflächen (Testplots), zuletzt zusammengestellt von Ries (1994). Trotz keineswegs einheitlicher Meßmethodik erlaubt die Auswertung der Daten aus den unterschiedlichen Testgebieten doch einige generel-

le Schlüsse: Im terrassierten Trockenfeldbau sind die erfaßten Erosionsdaten erstaunlich niedrig (vgl. Tab. 1), sie decken sich aber mit der von Carson (1985) geäußerten Vermutung, daß die Oberbodenverluste (*top soil losses*) in Nepal kaum mehr als 0,5 t/ha/Jahr betragen. Erosionsraten zwischen 0,6 und 3 t/ha/Jahr stützen darüber hinaus die Erfahrung, daß Erosion bei nicht zu starker Hangneigung (< 9°) und dem Einsatz der im traditionellen Terrassenfeldbau üblichen Methoden des Bodenschutzes (sorgfältige Pflege und Nivellierung der Terrassen, intensive Humuswirtschaft, Bedeckung der Bodenoberfläche während der Hauptregenzeite) kein besonders gravierendes Problem darstellt. Erosionsraten von einigen Tonnen pro Jahr und Hektar tragen viel eher in positiver Weise dazu bei, die Ackerterrassenböden mit relativ wenig verwittertem, mineralischem Material zu versorgen. Erst bei stärker geneigten Flächen (13–25°) steigt die Bodenabtragungsrate auf bis zu 14,4 t/ha/Jahr an, während unter Wald auch in sehr steilen Hanglagen (38°) von Ries nur 1,4 t/ha/Jahr gemessen wurden.

Eine Schlüsselrolle bei der Stabilisierung der Hänge kommt neben der für dieses Gebiet typischen Humuswirtschaft dem biologischen Erosionsschutz durch das Pflanzen von Gehölzen zu: Obst- und Futterbäumen auf gedüngtem Terrassenland, Bambus und anderen Gehölzen in den die terrassierten Hänge gliedernden Tälchen (vgl. Abb. 2 und 3). Bei den hohen monsunalen Niederschlägen sorgen diese Hangtälichen für den Abfluß des überschüssigen Hangwassers. Werden hier Fehler gemacht, so kann es zur schluchtartigen Erweiterung dieser Tälchen kommen. Erst dadurch können benachbarte Terrassenkomplexe destabilisiert werden und schließlich die aus Nepal so viel beschriebenen Erdrutsche entstehen (vgl. Abb. 2). Bodenumlagerung und Bodenerosion, einschließlich der allmählichen Umgestaltung des Hangreliefs durch Terrassierung, dürfen eben nie ein gewisses Maß überschreiten, soll der Gebirgshang insgesamt nicht destabilisiert werden.

Das beispielhaft für die mittleren Höhenlagen des Nepal-Himalaya beschriebene Agrarökosystem ist keineswegs nur auf den Himalaya beschränkt. In mancherlei Varianten gibt es diese Form des Terrassenfeldbaus, d. h. diese arbeitsintensive,

Tab. 1: Bodenerosionsraten in Nepal (Versuchsfeldmessungen) bei unterschiedlicher Hangneigung und Landnutzung

Landnutzung	Hangneigung	Erosion in t/ha/Jahr
terrassiertes Trockenfeldland (Mais, Soja, Fingerhirse)	0° - 9°	0,61 - 3
	13° - 25°	9 - 14,39
Feuerholzwald	27°	1,5
Naturwald	38°	1,4

Quelle: zusammengestellt nach Maskey und Joshy 1991; Ries 1994

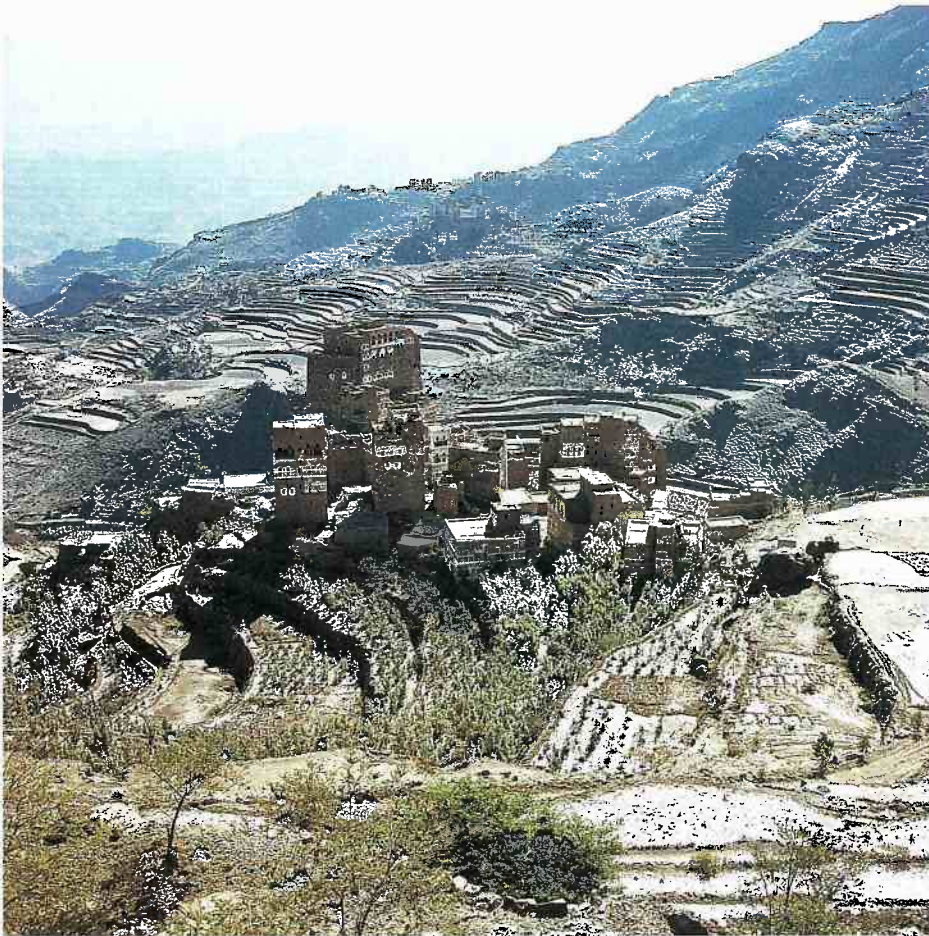


Foto 3: Das Dorf Alh-Tahrah im jemenitischen Bergland und seine Flur nach starkem Regen. Von den „Regenernteflächen“ wurde das Wasser auf die Ackerterrassen geleitet und dort gestaut.

aber doch nachhaltige Bodenbewirtschaftungsform von Gebirgshängen, auch in anderen tropischen und subtropischen Gebirgen. Sie ist immer dort zu beobachten, wo eine relativ hohe Dichte der Gebirgsbevölkerung eine besondere Intensität der landwirtschaftlichen Nutzung, nämlich den Dauerfeldbau erfordert: z. B. in vielen monsunotropischen Gebirgen Asiens, aber auch an der besonders regen- und wolkenexponierten äußeren Abdachung der jemenitischen Gebirge gegen das Rote Meer. Varianten des Dauerfeldbaus auf Hangterrassen sind auch aus Afrika beschrieben worden, z. B. vom Fuß der Virunga-Vulkane in Ruanda und aus Westafrika vom Tula Baule Plateau in Nordost-Nigeria (Fricke, Heinrich, Kaufhold 1993). Schließlich erinnern die Hangterrassen-Kulturen des Mittelmeergebietes in der Form der *cultura mista* von einjährigen Kulturpflanzen und Gehölz-Dauerkulturen durchaus an die aus Nepal beschriebene Anbauform.

Anthropogene erosive Bodenverlagerung und Entstehung von Ackerkolluvien im Terrassenfeldbau

Eine besondere Variante der Anlage von Ackerbau-Hangterrassen ist aus dem semiariden Jemen (Alkämper, Haffner, Matter, Weise und Weiter 1979), aber auch aus Nordost-Nigeria und schließlich auch aus den

Trockengebieten des nördlichen Nepal bekannt geworden (vgl. Titelfoto). Hierbei werden die Terrassen nicht mehr in den anstehenden Hangsedimenten angelegt und im Lauf der Jahre immer weiter bergwärts vorgetrieben, sondern im Bereich von Hangtälichen, Gerinnebetten und auf Schwemmkegeln, also überall dort, wo durch fließendes Wasser Sedimente abgelagert werden.

Bei Kagbeni, einer typischen Schwemmkegelsiedlung im oberen Kali Gandaki-Tal Nepals, lagert über grobblockigem Murenmaterial eine bis zu 4,5 m mächtige, fast steinfreie, sandig-schluffige Sediment- und Bodenschicht. (Eine Korngrößenanalyse enthielt 49,7% Feinsand, 40,1% Schluff, 10,2% Ton.) Dieses intensiv genutzte „Ackerkolluvium“ ist den Erosions- und Abtragungsvorgängen im auch heute noch vergletscherten Einzugsgebiet des Schwemmkegels Dzon Chu zu verdanken, aber auch Windsedimentation mag ihren Teil dazu beigetragen haben. Für die flächenhafte Verteilung der Sedimente scheint heute dem Bewässerungswasser bzw. dem Netz von Bewässerungskanälen, das den Schwemmkegel überzieht, wesentliche Bedeutung zuzukommen.

Optisch an alpine Wildbachverbauung erinnernd, werden im jemenitischen Hochland Trockenstützmauern errichtet und hinter diesen das kolluviale Bodenmaterial

gesammelt und gestaut, Material, das der erosiven Abtragung benachbarter, höhergelegener Hangareale entstammt. Im relativ trockenen jemenitischen Bergland, aber auch in anderen gebirgigen Regionen Arabiens bis hin zur Negev-Wüste, ist von arabischen Gebirgsbauern eine Methode des Boden- und Wassermanagements entwickelt worden, die auch als Sturzbachbewässerung beschrieben wurde (Evenari, Shanani und Tadmor 1971). Von prinzipieller Bedeutung ist das Nebeneinander von häufig, aber keineswegs immer terrassiertem Ackerland mit tiefgründigen, gedüngten kolluvialen Böden und benachbarten, höher gelegenen, unbewirtschafteten (allenfalls etwas beweideten) steinigen, oft feinfreien Flächen. Im Extremfall handelt es sich sogar um das Nebeneinander von terrassiertem Ackerkolluvium und völlig blanken Felsflächen (vgl. Abb. 3 und Foto 2). Auf diesen erodierten Flächen wird bei Regenfällen das Wasser gesammelt und entlang von einfachen, quer zum Hanggefälle konstruierten Steinreihen und Steindämmchen in das tiefer gelegene Ackerland geleitet (vgl. Foto 3). Dieses Bewässerungssystem funktioniert umso besser, je weniger Niederschlagswasser auf den sogenannten „Regenernteflächen“ durch Versickerung in den Boden oder durch Pflanzentranspiration verloren geht, und je besser die Böden der Ackerflächen das zusätzliche Wasserangebot aufnehmen und speichern können.

Die Form der Zusatzbewässerung mit Hilfe von „Regenernteflächen“ ist eine sehr alte Methode und z. B. für die Negev seit prähistorischer Zeit nachgewiesen (Evenari, Shanani und Tadmor 1971). Im jemenitischen Bergland ist auch heute noch diese arbeitsintensive Form des Boden- und Wassermanagements funktionsfähig. Ackerland wird hier sogar mit der dazugehörigen „Regenerntefläche“ nicht nur verkauft, sondern auch vererbt. Sowohl der Prozeß der Hangerosion und Hangdenudation als auch der Prozeß der Bodenakkumulation wurde und wird hier vom Menschen aktiv gelenkt und beschleunigt, in neuerer Zeit sogar gelegentlich durch den Einsatz von großen Baumaschinen. Aus agrarökologischer Sicht und erst recht aus der Sicht der dort lebenden Gebirgsbauern wäre es völlig verfehlt, die oft vollständig von Feinboden denudierten und deshalb auch fast vegetationsfreien Hangflächen ausschließlich als ökologisch zerstört oder devastiert bewerten zu wollen. Denn Erosion bzw. totale Denudation ausgewählter Partien eines Gebirgshanges bilden in diesen semiariden Gebieten erst die Voraussetzungen für erfolgreichen Dauerfeldbau auf Regenbasis. Allerdings, und dies sei einschränkend betont: Es handelt sich hier um eine besonders arbeitsintensive Form der Reliefumgestaltung und des Boden- und Wassermanagements. Werden die Trockenmauerterrassen aus Rentabilitätsgründen (z. B. wegen Abwanderung der Arbeitskräfte, Rückgang der Bevölkerung durch das

Auftreten von Seuchen) nicht mehr sorgfältig gepflegt und ständig repariert, wird das ausgeklügelte System der Wasserverteilung und Wasserführung vernachlässigt, dann können selbst größere, zusammenhängende Terrassenkomplexe durch wenige Starkregenereignisse zerstört werden. Das mühsam, oft mit der Arbeit von Generationen hinter Trockenmauern angesammelte Bodenmaterial, ist dann irreversibel verloren.

Zufuhr von gelöstem und suspendiertem Erosionsmaterial im Naßreisbau

Selbst ohne jede Düngung – wie es im traditionellen asiatischen Naßreisbau noch immer in abgelegenen Gebieten üblich ist – erzielt Naßreis mit 15–17 dz/ha zwar niedrige, aber durchaus noch lohnende und lang-

fristig stabile Erträge. Die Vermutung liegt nahe, daß das über lange Zeiträume gleichbleibende Niveau der Bodenfruchtbarkeit damit zusammenhängt, daß der Reis im Bewässerungsfeldbau kultiviert wird und die im Wasser mitgeführten mineralischen, aber auch organischen Substanzen eine zwar schwache, jedoch stetige „düngende“ Wirkung besitzen. Offensichtlich spielt hierbei der Eintrag von organischer Substanz (als potentieller Stickstofflieferant) sowie das im Bewässerungswasser gelöste Nitrat für die Stickstoffversorgung eine entscheidende Rolle. Dieser erosionsbedingte, natürliche Nährstoffeintrag ist vor allem auch wegen des heute in abgelegenen Berggebieten noch immer zu beobachtenden chronischen Mangels an Dünger von Bedeutung.

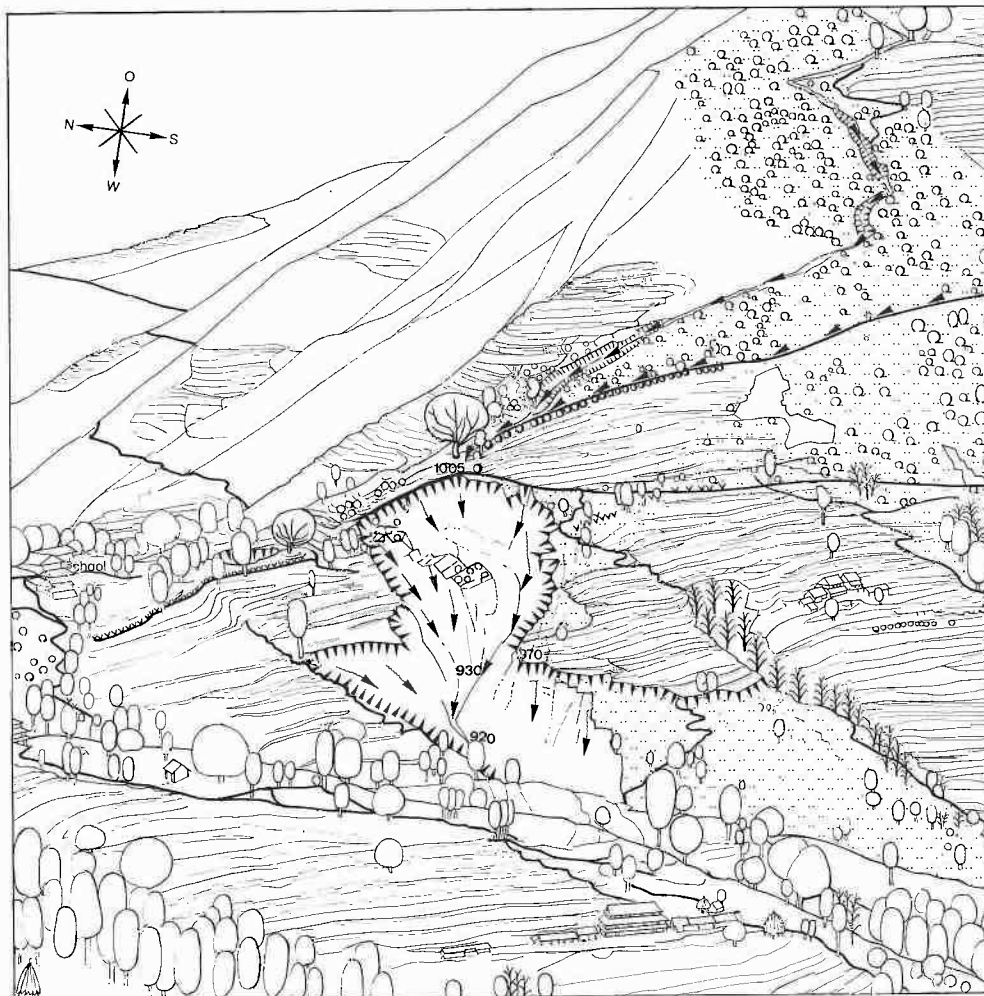
Zusammenfassung

In der Regel führt eine erosiv bedingte Verminderung der Bodenmächtigkeit (Kappung des Bodenprofils) zu einer Degradierung des Pflanzenstandortes – aber es gibt auch Ausnahmen: In den beiden in diesem Aufsatz diskutierten Beispielen bewirkt die erosive Verkürzung des Bodenprofils, daß frisches, relativ wenig verwittertes, mineralreiches Substrat für die oberflächennahe, ackerbaulich genutzte Kulturbodenschicht zur Verfügung gestellt wird. Dies gilt für die im humiden Europa verbreiteten und im Oberboden ausgewaschenen Parabraunerden auf Löß, aber auch für Gebirgsböden der humiden Tropen. Sogar die Bildung von rendzinaartigen Böden an steilen Muschelkalkhängen der europäischen Gäulandschaften kann positiv bewertet werden und zwar dann, wenn den Zielen des Naturschutzes Vorrang eingeräumt wird.

Alle anderen Beispiele versuchen zu belegen, daß erosive Prozesse das verlagerte Bodenmaterial zum Aufbau hochwertiger alluvialer oder kolluvialer Sedimente und Böden zur Verfügung stellen:

- in den alluvialen Flußtiefebene
- in den Lößgebieten der Alten und Neuen Welt,
- in den Trockengebieten Nord-Nepals und des Jemen durch die aktiv vom Menschen geförderte Speicherung kolluvialer Böden hinter Terrassenmauern, im speziellen Fall Arabiens kombiniert mit der „Sturzbachbewässerung“ und den bewässerungstechnisch und oft auch besitzrechtlich dazugehörigen „Regenernteflächen“.

Die vor allem für den Naßreisbau immer wieder zitierte, aber quantitativ kaum untersuchte „düngende Wirkung“ des Bewässerungswassers ist gleichfalls hier einzuordnen. ■



Regenfeldbau mit Futterbäumen (Privatland)	Ableitung des Oberflächenabflusses in aktiven Erdbeben	Bauernhaus und Stall
Bambus (<i>Dendrocalamus</i>) = Erosionsschutz	Erosionsschlucht / aktiver Erdbeben	Futterbäume
<i>Agave americana</i> , <i>Euphorbia royleana</i> = Erosionsschutz	Fossiler Erdbeben, überweidet	Schattenbaum
Hecke = Erosionsschutz	Brachliegende Ackerterrassen, Erdbebengefahr	Fußweg
Degradiertes Wald- und Buschland (Gemeinschaftsland)	Risse und Spalten	
	Kleiner Erdbeben	

Abb. 2: Nepalesische Agrarlandschaft am Ludi Khola im Bereich des Vorderhimalaya bei Gorkha. Typisch ist das Nebeneinander von gepflegten, mit Futterbäumen bestandenen Terrassenkomplexen, übernutzten Waldarealen und einer aktiven Bergbrutschzone im Bereich der Quellläste des Ludi-Baches. Während im traditionellen Terrassenfeldbau ein gewisses Maß an Erosion ökologisch von Vorteil ist, haben rückschreitende Erosion und das monsunzeitliche Ableiten überschüssigen Wassers durch die Bewohner eines höhergelegenen Dorfes die Schlucht des Ludi Khola beträchtlich erweitert und Bergbrutschschäden ausgelöst (Haffner 1986 und 1990).

Literatur

- Alkämper, J., W. Haffner, H.E. Matter, O.R. Weise und M. Weiter: Erosion Control and Afforestation in Haraz, Yemen Arab Republic. Giessen 1979 (Giessener Beiträge zur Entwicklungsforschung, Reihe II, Bd. 2)
- Breburda, J.: Bodenerosion und Bodenerhaltung. Frankfurt 1983
- Carson, B.: Erosion and Sedimentation Processes in the Nepalese Himalaya. ICIMOD Occasional Paper No. 1. Kathmandu 1985
- Carson, B.: The Land, The Farmer, and The Future. A Soil Fertility Management Strategy for Nepal. ICIMOD Occasional Paper 21. Kathmandu 1992
- Evenari, M., L. Shanan und N. Tadmor: The Negev. The Challenge of a Desert. Cambridge, Mass. 1971
- Fricke, W., J. Heinrich und D. Kaufhold: Change in Population and Land Use Intensity Under the Aspect of the Physical Environment and Accessibility. Frankfurt 1993 (Berichte des Sonderforschungsbereichs 268, Bd. 2)
- Haffner, W.: Von der angepaßten Nutzung zur Übernutzung des Naturpotentials – Das Beispiel Gorkha. In: B. Kölver (Hrsg.): Formen kulturellen

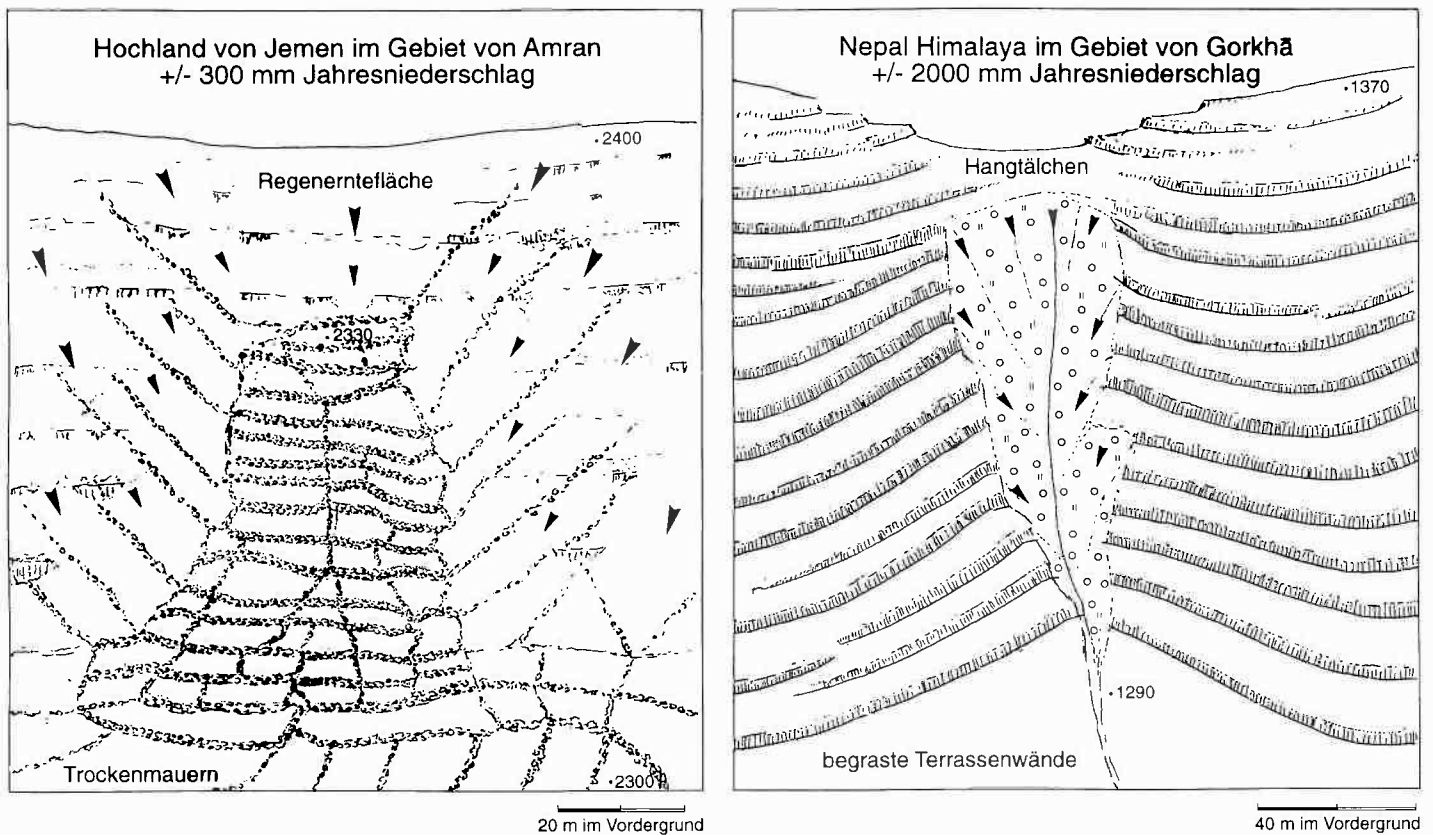


Abb. 3: Jemenitische und nepalesische Bauern sind Künstler im Anlegen von Ackerterrassen an steilen Gebirgshängen und haben Erosion und Bodenumlagerung seit jeher agrotechnisch zu nutzen gewußt

Die linke Abbildung zeigt einen Komplex von tiefgründigen Ackerterrassen im jemenitischen Hochland, umrahmt von völlig denudierten Hangflächen. Die aktiv vom Menschen geförderte Erosion bzw. Bodenumlagerung vom Bereich der Hangvöllformen in die Hangtäler lieferte jedoch nicht nur kolluviales Bodenmaterial, das (für die Ackerterrassen) in den fast wildbachartig mit Trockenmauern verbauten Hangtälern gestaut ist. Entlang von Gesteins- und Geröllbändern wird zusätzlich auch das Niederschlagswasser von diesen bodenarmen bis bodenfreien „Regenernteflächen“ als Zusatzbewässerung in das Ackerland geleitet. Die hohen Abflußraten nach Starkregen von steilen Hängen haben für diese Form der Zusatzbewässerung auch zur Bezeichnung „Sturzbachbewässerung“ geführt.

Die rechte Abbildung zeigt einen terrassierten Hang im Nepal-Himalaya (± 1300 m). Im Unterschied zum trockenen Jemen werden im niederschlagsreichen Nepal die Hangtäler nicht ackerbaulich genutzt, sondern dienen in erster Linie der Ableitung des überschüssigen Wassers. Bambus und andere Gehölze sollen vor allem erosive Gully-Bildung verhindern. Ein gewisser, also nicht zu starker erosiver Bodenabtrag, ermöglicht die Einbeziehung unverbrauchter Sedimentmaterials in die Bodenbildung. Dieser, an sich in Gebirgen natürliche Prozeß, wird durch die Reliefgestaltung und intensive Bodenbearbeitung im Terrassenfeldbau noch verstärkt.

Wandels und andere Beiträge zur Erforschung des Himalaya. *Nepalica* 2 (1986) H. 11, S. 341-364
 Ders.: Statt einer Einleitung: Zur Problematik der Feldforschung. Giessen 1988, S. 1-8 (Giessener Beiträge zur Entwicklungsforschung, Reihe I, Bd. 16)
 Ders.: Sufficient Harvest-Yields Despite Low Soil Fertility - The Special Strategy of Nepalese Mountain Farmers. In: B. Köhler (Ed.): Aspects of Nepalese Traditions. Proceedings of a Seminar held under the auspices of Tribhuvan Univ. Research Division and the German Research Council, Kathmandu, 1990. Stuttgart 1992
 Hard, G.: Kalktriften zwischen Westrich und Metzger Land. Geographische Untersuchungen an Trocken- und Halbtrockenrasen, Trockenwäldern und Trockengebüschen. Saarbrücken 1962 (Arbeiten aus dem Geographischen Institut, Universität des Saarlandes, Bd. 7)
 Ibrahim, F.: Der Hochdamm von Assuan - eine ökologische Katastrophe? GR 36 (1984) H. 5, S. 236-241
 Ders.: 35 Jahre Kontroverse: Sudd El Ali - der Hochstaudamm von Assuan. *PRAXIS GEOGRAPHIE* 20 (1990) H. 9, S. 48-50 (Teil I); H. 10, S. 54-56 (Teil II)
 Kollmair, M.: Futterbäume in Nepal - Räumliche Verteilung und Stellenwert in kleinbäuerlichen Betrieben (*Giessener Geographische Schriften*; in Vorbereitung)
 Maskey, R. B., und D. Joshy: Soil and nutrient losses under different soil management practices in the Middle Mountains of Central Nepal. In: P. B. Shah, H. Schreier, S. Brown and K. W. Riley (Eds.): Soil Fertility and Erosion Issues in the Middle Mountains of Nepal, Workshop Proceedings Jhikhu Khola Watershed, April 22-25, 1991. ISS/UBC/IDRC, Kathmandu, Vancouver, Ottawa 1991, S. 105-120
 Messerli, B., und T. Hofer: Die Umweltkrise im Himalaya. Fiktion und Fakten. GR 44 (1992) H. 7-8, S. 435-445
 Meyer, G., und W.-D. Schmidt-Wulfen: Der Assuan-Hochdamm - eine Neubewertung tut not. In: *PRAXIS GEOGRA-*

PHIE 20 (1990) H. 6, S. 50-52 (Teil I); H. 7-8, S. 83-84 (Teil II); H. 11, S. 48-49 (Teil III)
 Milliman, J. D., und R. H. Meade: World-Wide Delivery of River Sediment to the Oceans. *The Journal of Geology* 91 (1983) H. 1
 Pohle, P.: Landnutzung und Landschaftsschäden - Fallbeispiel Gorkha. In: B. Köhler (Ed.): Formen kulturellen Wandels und andere Beiträge zur Erforschung des Himalaya. *Nepalica* 2 (1986) H. 13, S. 367-391
 Ries, J. B.: Bodenerosion in der Hochgebirgsregion des östlichen Zentral-Himalaya untersucht am Beispiel Bamt/Bhandar/Surma, Nepal. Freiburg 1994 (Freiburger Geographische Hefte, H. 42)
 Schorlemer, D.: Die Al Mahwit Provinz/Jemen. Das natürliche Entwicklungspotential einer randtropischen Gebirgsregion. Giessen 1990 (*Giessener Geographische Schriften*, II. 65)

Wegener, H.-R.: Bodenerosion und ökologische Eigenschaften charakteristischer Böden im Becken von Puebla-Tlaxcala (Mexiko). Dissertation. Giessen 1978
 Weischet, W.: Die ökologische Benachteiligung der Tropen. Stuttgart 1977

Werner, G.: Die Auswirkungen der Bodenzerstörung auf die Ökologie im zentralen Hochland von Mexiko. Giessen 1982 (*Giessener Beitr. zur Entwicklungsf.*, Reihe I, Bd.-8)

Autor

Prof. Dr. Willibald Haffner, geb. 1935
 Geographisches Institut der Universität,
 Senckenbergstraße 1, 35390 Giessen-
 Arbeitsgebiete/Forschungsschwerpunkte:
 Physische Geographie, Hochgebirgsforschung

Summary: Positive Aspects of Erosion

by Willibald Haffner

The negative aspects of erosion, especially of soil erosion, are well documented from around the world. In contrast, this paper suggests that we can describe erosion in a more positive way, at least in some special cases. The following examples to underline this thesis will be discussed in the paper:

- Fertile alluvial plains and loess areas initiated by water and wind erosion;
- Soil erosion on lime-stone slopes, amelioration or deterioration?
- The opening of subsurface loess layers rich in lime and plant nutrients by soil erosion;
- Tropical mountain soils: the input of relatively unweathered sediment matter in the top soil layers by erosion;
- Man induced soil erosion and the accumulation of fertile colluvial sediments in combination with rain water collecting areas;
- The input of dissolved and suspended matter by irrigation water in wet rice cultivation.