

- REID, V.H., HANSEN, R.M. and A.L. WARD: Counting mounds and earth plugs to census mountain gophers. *J. Wildlife Management* 30, 1966, 327–334
- RODER, K.: Die polare Waldgrenze. Dresden, 1895
- RONCO, F.: Shading and other factors affect survival of planted Engelmann spruce seedlings in central Rocky Mountains. U.S. Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Exp. Stat., Res. Note RM 163, 1970
- TEVIS, L.: Pocket gophers and seedlings of red fir. *Ecology* 37, 2, 1956, 379–381
- TRANQUILLINI, W.: Climate and water relations of plants in the subalpine region. in: RUTTER, A. J. and F. H. WHITEHEAD (Eds.) *The water relations of plants*. Blackwell Scientific Publ. Oxford, 1963, 153–167
- : Der Einfluß von Seehöhe und Länge der Vegetationszeit auf das cutikuläre Transpirationsvermögen von Fichtensämlingen im Winter. *Ber.Dtsch.Bot.Ges.* 87, 1974, 175–184
- : Water relations and alpine timberline. *Ecological Studies* 19, 1976, 473–491
- : Physiological Ecology of the Alpine Timberline, *Ecological Studies* 31, 1979
- TROLL, C.: Rasenabschälung (Turf Exfoliation) als periglaziales Phänomen der subpolaren Zonen und der Hochgebirge. *Z.f. Geomorphol., N.F., Suppl. Bd. 17*, 1973, 1–32
- WARDLE, P.: A comparison of alpine timberlines in New Zealand and North America. *New Zealand J. of Bot.* 3, 2, 1965, 113–135
- : Engelmann Spruce (*Picea engelmannii* Engelgl.) at its upper limits on the Front Range, Colorado, *Ecology* 49, 3, 1968, 483–495
- : An explanation for Alpine Timberline. *New Zeal. J. of Bot.*, 9, 3, 1971, 371–402
- WILLARD, B.: Phytosociology of the Alpine Tundra of Trail Ridge, Rocky Mountain National Park. Ph. D. thesis, Univ. of Colorado at Boulder, 1963

## ÜBER DIE BEDEUTUNG DES HUMUS FÜR BODENEROSION UND HANGSTABILITÄT IN DEN FEUCHTEN UND WECHSELFEUCHTEN TROPEN VON PAPUA NEUGUINEA

Mit 3 Abbildungen und 6 Photos

WENDELIN KLAER und MANFRED KRIETER

*Summary:* Concerning the significance of humus for soil erosion and slope stability in the humid and periodically humid tropics of Papua-New Guinea

When assessing the risk of erosion in a given area, the factor of slope inclination, intensity of precipitation and soil utilization are generally held to be of great importance. This would permit the conclusion that the effect of erosion must assume catastrophic proportions in those places where these factors themselves that contribute to the process have extremely negative dimensions.

But, surprisingly enough, the steeply inclined slopes in the highlands of Papua-New Guinea, though exposed to the most violent tropical thunder showers, do not show any soil erosion worth mentioning in their exposed agricultural areas. Even the cultivation savannas with but few species are not prone to erosion. The decisive factor in this totally unexpected, extraordinary stability of slopes against erosion in the humid tropics of Papua-New Guinea, is the regulatory role played by the top-soil, which – against all normal expectation – quite untypically owes its high degree of permeability and structural stability to its high humus content. When the organic substance is missing, as is the case in the sub-soils or in the overall soil profile of the marginally tropical and periodically humid zone of Papua-New Guinea, devastating soil erosion is part of the normal inventory of morphodynamics. Together with the frequency of humus layers on the island, slope stability and erosion decrease sharply from the zone of the periodically humid tropics as a result of increased oxidization processes during the dry season, which extends over several months. In future considerations of the improvement of soil fertility control importance will also have

definitely to be accorded to the outstanding position of humus in soil stability.

Papua Neuguinea liegt im Norden Australiens zwischen Äquator und 10° südlicher Breite. Es trägt in seiner Insellage ein ausgeprägt ozeanisches feuchttropisches Klima. Die jährlichen Niederschläge erreichen in besonders exponierten Lagen bis zu 8000 mm, unterschreiten andererseits nur in wenigen Landschaftsarealen die 1000-mm-Grenze. Das hat zur Folge, daß Papua Neuguinea überwiegend von tropischen Regenwäldern eingenommen wird. Savanne und Monsunwälder breiten sich nur dort aus, wo der jährliche Niederschlagsgang von einer 3–4 Monate währenden Trockenzeit unterbrochen wird. Dies trifft lediglich für Bereiche an der Südküste zu, in besonderem Maße für einen schmalen küstennahen Saum um Port Moresby.

Papua Neuguinea ist auch heute noch relativ dünn besiedelt. Die Bevölkerung konzentriert sich besonders auf einzelne Küstenhöfe und auf das klimatisch begünstigte, verkehrsabgelegene Hochland über 1500 m Höhe. Dagegen erstrecken sich weite unberührte Areale von echten primären Regenwäldern über die anderen Regionen. Sie bedecken fast 70% der Insel. Die Hochlandbevölkerung, die überwiegend erst zwischen 1930 und 1940 in einer absoluten Steinzeitkultur entdeckt worden ist, konzentriert sich heute im Hochland z. T. in Bevölkerungsdichten von mehr als 200 E/qkm.

Es verwundert daher nicht, daß in diesen Landschaften auf ehemaligen Regenwaldarealen sehr intensiver Feldbau betrieben wird. Daneben breiten sich aber auch in potentiellen Regenwaldgebieten ausgedehnte Grasfluren aus, die um ein Vielfaches größer sind als das eigentliche Kulturland. Es steht ganz außer Frage, daß es sich hier um Kultursavannen handelt, die in ihrer Entwicklung aus dem Regenwaldstadium stammen, über eine uns unbekannte Zeitdauer ackerbaulich im Hackbau genutzt worden sind und heute praktisch der Anökonomie zugeschlagen werden müssen.

Aus diesem an und für sich sehr komplexen Problemkreis soll hier die Frage nach der Bodenstabilität an Steilhängen in Regenwald, Savanne und Kulturland besonders herausgestellt werden. Sie ist geomorphologisch, kulturgeographisch sowie auch in übergreifender landschaftsökologischer Sicht von erheblicher Bedeutung. Der Sachverhalt wird dadurch etwas erschwert, daß es in dem natürlichen Ökosystem des immerfeuchten tropischen Regenwaldes Erosions- und Denudationsformen gibt, die nur allzu leicht als anthropogene Erscheinungen gedeutet werden, besonders dann, wenn sie auch im Kulturland und in den Kultursavannen auftreten.

Über die aktuelle Morphodynamik in tropischen Gebirgsländern – und hier speziell auf Papua Neuguinea – möchten wir auf die Arbeiten von E. LÖFFLER (1977) verweisen, die in der vorzüglichen Monographie „Geomorphology of Papua New Guinea“ zusammengefaßt sind. Unsere diesbezüglichen Feldbeobachtungen decken sich voll mit diesen Forschungsergebnissen. Zum besseren Verständnis unserer Untersuchungen seien einige diesen Fragenkreis betreffende grundsätzliche Bemerkungen vorweggestellt:

1. Die fluviale Erosion ist zumindest in den tropischen Berg- und Gebirgsländern die bestimmende morphologische Kraft. Trotz intensiver chemischer Tiefenverwitterung sind alle Bach- und Flußläufe mit Schottern und Geröllen gefüllt, die dem Wasser als Einschneidungswerkzeuge dienen.
2. Bergstürze und großflächige Hangabrisse sind für das tropische Waldland geradezu charakteristisch. Hierfür sind die große Tiefenverwitterung, tiefgründige Durchfeuchtung und das hohe Gewicht der Biomasse pro Flächeneinheit verantwortlich.
3. Bodenfließen und oberflächenhaftes Hanggrutschen ist auf wasserstauenden tonhaltigen Unterböden besonders häufig zu beobachten.
4. Es gibt die unterschiedlichsten Formen der Bodenabspülung, die sich allerdings im Kronendach des schwer zugänglichen Regenwaldes nur unzureichend widerspiegeln.

Die oben genannten Erosions- und Denudationserscheinungen sind in den feuchten Tropen weit verbreitet und müssen ohne Frage als dem natürlichen Ökosystem zugeordnete Abtragungsformen gedeutet werden. Diese Erscheinungen haben in ihrem Ursprung mit der Inkulturnahme dieser Areale durch den Menschen nichts zu tun. Man kann sich des Eindruckes nicht erwehren, daß sie im Kulturland zumindest nicht häufiger vorkommen als anderswo. Wer einmal einen Blick in die Hackbaufluren der Eingeborenen-Bevölkerung vom Chimbudistrikt (Zentrales Hochland von Papua Neuguinea) geworfen hat, der ist zutiefst beeindruckt von den ausgedehnten sehr gepflegten Süßkartoffelfeldern

auf Steilhängen, die denen der Rebhänge an Rhein und Mosel um nichts nachstehen (Photo 1). Die Felder auf den bis zu 50° geneigten Hängen zeichnen sich überraschenderweise durch eine extrem hohe Stabilität der Böden aus. Wenn man bedenkt, daß die äußerst heftigen tropischen Gewitterniederschläge 100 mm und mehr Regen in einem Gewitterguß zu bringen vermögen, dann überrascht es um so mehr, daß auf diesen entwaldeten Steilhängen überhaupt Anbau betrieben werden kann. In den äußerst eng parzellierten Fluren sind kaum Einrichtungen gegen die Einwirkung der Boden-erosion zu erkennen. Leichte Terrassierungen mit quergelegten Baumstämmen – Lesesteine gibt es in den feuchten Tropen nur selten – scheinen zu genügen, um die Felder vor schwerwiegenden Schäden durch Bodenerosionen zu schützen. Eine derart primitive Form der Bodenbefestigung würde vergleichsweise in unseren Breiten wie auch im mediterranen Raum zu einer schnellen Abtragung der Böden mit tiefgreifenden Folgen für die Landwirtschaft führen. Diese Gefahren scheinen in unserem Untersuchungsraum nicht zu bestehen, andernfalls wäre das seit vielen Generationen bewirtschaftete Ackerland längst zerstört und vernichtet.



Photo 1: Süßkartoffelfeldbau an Steilhängen im oberen Chimbutal in ca. 2000 m Höhe

Sweet potato cultivation on steep slopes in the upper Chimbu Valley at about 2,000 m above sea-level

Es gilt also zu klären, worauf die zu beobachtende Hangstabilität an Steilhängen im Hochland von Papua Neuguinea zurückzuführen ist. Dazu soll aber auch die Frage gestellt werden, ob die Degenerierung der Regenwälder, d. h. die Savannisierung der potentiellen Regenwaldareale zwangsläufig zur Bodenzerstörung durch Bodenerosion führen muß, wie das häufig angenommen wird.

Zur Lösung dieser Problematik wurden die nachstehenden Areale in Papua Neuguinea ausgewählt und untersucht:

#### I. Primärer tropischer Regenwald

1. Tiefland bei Madang (10–100 m ü. NN) auf alluvialem Untergrund; jährliche Niederschlagssumme ca. 3000 mm
2. östliches Hochland bei Wau (1000–1500 m ü. NN) mit Böden auf metamorphen Gesteinen; Jahresniederschlag ca. 1800 mm
3. tropischer Bergwald ebenfalls bei Wau (ca. 2300 m ü. NN); Jahresniederschlag ca. 3100 mm

#### II. „Shifting Cultivation“-Feldbauflächen

1. a) jüngster Brandrodungsfeldbau im ersten Jahr der Kulturnahme; Areale im Tiefland bei Madang  
b) jüngster Brandrodungsfeldbau (1. Jahr) im östlichen Hochland bei Bulolo-Wau
2. a) Feldbau-Graslandflächen mehrmaliger Nutzung nach frischem Brennen des Savannengrases kurz vor erneuter Inkulturnahme bei Wau  
b) Feldbauflächen mehrmaliger (bzw. oftmaliger) Nutzung im 5.–8. Jahr ihrer Inkulturnahme
  - bei geringer und mittlerer Hangneigung von 5–15° (östliches Hochland bei Goroka; 800–1500 m ü. NN; ca. 2200 mm Jahresniederschlag; Böden auf Intrusivgesteinen
  - bei starker Hangneigung von 15–35° (östliches Hochland bei Wau
  - bei extremer Hangneigung über 35° mit traditionellem Feldbau (Chimbutal) im östlichen Hochland bei Kundiawa 1500–3000 m ü. NN; 2500–3000 mm Jahresniederschlag; Böden auf Metamorphiten, vulkanischem Material, Kalksteinen)

#### III. Kultursavannen bzw. Grasländer

1. junge Grasländer als Brache nach Kulturperiode in verschiedenen Teilen des östlichen Hochlandes (Shifting Cultivation)
2. alte ungenützte Grasländer außerhalb der rezenten Nutzflächen (östliches Hochland bei Wau)

#### IV. Savannen im Monsunwaldbereich der wechselfeuchten Klimazone (bis ca. 1200 mm Jahresniederschlag) im Hügelland 100–400 m ü. NN südöstlich von Port Moresby

Da die Erosionsstabilität bzw. -labilität wesentlich von den obersten Bodenhorizonten gesteuert wird, galt zunächst ein besonderes Augenmerk dem Oberboden bei den o. g. Profilen, die vom Regenwald über die Shifting-Cultivation-Flächen bis hin in die Kultursavannen aufgenommen wurden.

Im tropischen Regenwald finden wir zwar unterschiedlich aufgebaute Bodenprofile in vorwiegender Abhängigkeit von der Art des Ausgangsgesteins, jedoch allgemein sehr deutlich ausgeprägte Humushorizonte (Photo 2). Diese Feststellung



Photo 2: Tropischer Regenwald, Humushorizont (60 cm) auf tonig-lehmigem Unterboden in ca. 1400 m Höhe bei Wau

Tropical rain forest, the humus horizon (60 cm) over a clay-loam sub-soil, near Wau at an altitude of about 1,400 m

hat ihre Gültigkeit sowohl für die Bergwälder wie aber auch für die Wälder im Tiefland von Papua Neuguinea. Die viel beschriebenen extrem hohen Zersetzungsraten der organischen Substanz mit resultierendem Ausbleiben der Ausbildung eines Humushorizontes können für unseren Untersuchungsraum nicht bestätigt werden (MOHR, VAN BAAREN and SCHUYLENBORGH 1972). Durchschnittlich weisen die Böden C-Gehalte von 6% auf, die damit deutlich über den Werten aus anderen kerntropischen Räumen liegen. FASSBENDER (1972) gibt als Durchschnittswert der amazonischen Tieflandsböden 1,8% C an, und NYE and GREENLAND (1960) errechnen einen für die gesamten immerfeuchten Tropen ihrer Auffassung nach gültigen Mittelwert von 2,8% C.

Der Humushorizont ist auch in den frisch gerodeten und gebrannten Shifting-Cultivation-Feldern noch vorhanden (Photo 3) und wird erst recht in den Gartenbauarealen mit permanentem Anbau fortwährend durch Anreicherung mit Fäkalien und Laub besonders gepflegt.

Die weite Verbreitung der oben erwähnten sehr beachtlichen Humushorizonte ist mit den bestehenden bodenkundlichen Anschauungen nur schwer vereinbar (zusammengefaßt bei WEISCHET 1977). Selbst in den Kultursavannen der potentiellen Regenwaldgebiete kommen sie regelhaft vor (Photo 4); allerdings unterscheiden sich diese durch stabile Huminstoffe dunkelgrau bis schwarz gefärbten biologisch trägen Oberböden in ihrer chemischen und mikrobiellen Ausstattung ganz wesentlich von den sehr aktiven Böden der Regenwälder. Bei mehreren Messungen von Mineralisationsraten der organischen Substanz erbrachten die Böden der



Photo 3: Süßkartoffelanbau im Shifting-Cultivation-System an Steilhängen in ca. 1100 m Höhe bei Wau (40 cm Humusschicht auf lehmig tonigem Unterboden)

Sweet potato cultivation under shifting cultivation on steep slopes at an altitude of about 1,100 m near Wau (40 cm humus layer on a clay-loam sub-soil)



Photo 4: Kultursavanne (bei Wau in ca. 1200 m Höhe); Humusdecke (40–50 cm) auf tonigem Unterboden

Cultivation savanna (near Wau at about 1,200 m above sea-level); humus cover (40–50 cm) on clayey sub-soil

Savannen lediglich 80 bis 170 mg, die der Regenwälder ca. 500 mg und die Gartenböden bis zu 750 mg  $\text{CO}_2 \cdot \text{h} \cdot \text{m}^2$ . Die veränderte chemische Struktur der Humushorizonte in den Savannen ist dadurch verständlich, daß hier alljährlich bewußt – zumeist aus sehr dubiosen Gründen – gebrannt und damit die Erneuerung der organischen Substanz durch Zufuhr zersetzbarer Biomasse unterbunden wird.

Dennoch sind auch die Böden der Kultursavannen sehr erosionsstabil. Nach unseren Untersuchungen in den immerfeuchten Tropen von Papua Neuguinea müssen Hangabtragungen und Erosionen nicht zwangsläufig als Folge des Rodungsprozesses ausgelöst werden, wie es z. B. PEREIRA et al. (1967) aus Afrika berichtet. Die Entblößung des Bodens von der schützenden Vegetationsdecke scheint in diesem Raum als prozeßbeteiligter Faktor der Bodenerosion an Gewicht zu verlieren. Dagegen kommt dem organisch angereicherten Oberboden gleichsam die Funktion einer Schutzschicht zu; sie unterbindet Bodenerosionen weitgehend unabhängig von der Nutzung, Hangneigung und Niederschlagsintensität.

Andererseits gibt es auch in dieser Zone sehr wohl Bodenerosionserscheinungen, die in ihrem spezifischen Auftreten unsere Auffassung über die immense Bedeutung der Humusdecke nur bestätigen können. Bodenabträge kommen nämlich nur dort vor, und das mitunter in ganz verheerendem Ausmaß, wo keine Humusdecke vorhanden ist oder sie – aus welchen Gründen auch immer – in ihrer Struktur beeinträchtigt oder gar zerstört wurde (Photo 5). Hier gilt dann wieder der alte Grundsatz: je steiler die Hänge, je höher die Niederschläge und je spärlicher die Vegetationsbedeckung der Böden, desto kräftiger sind die Wirkungen der Bodenerosion.

Die Erosionsstabilität des Humushorizontes ist im wesentlichen durch zwei Eigenschaften gegeben:

1. durch eine hohe Infiltrationskapazität; d. h. durch die Fähigkeit, auch hohe Niederschlagsintensitäten rasch aufzunehmen und der weiteren Versickerung zuzuführen und
2. durch eine gute Bodenstruktur, also einen hohen Anteil des Porenvolumens in einem stabilen Aggregatgefüge.



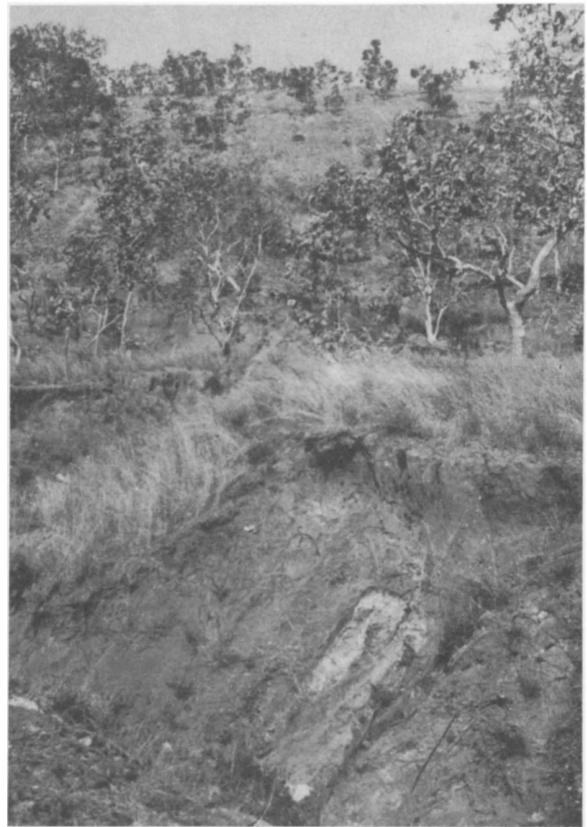
*Photo 5:* Straßenaufschluß bei Kundiawa. Durch Abräumung der Humusschicht (Oberboden) an einer Straßenböschung kommt es zu spontanen kräftigen Bodenerosionserscheinungen, während die dahinterliegenden steiler geböschten Areale im Schutze einer 30 cm mächtigen Humusdecke sich durch eine ausgeprägte Hang- und Bodenstabilität auszeichnen

Road exposure near Kundiawa. The removal of humus cover (top-soil) from a road cutting had led to immediate severe soil erosion, whereas the more steeply sloping areas behind it, protected by a 30 cm thick humus layer, are characterized by a marked stability of slope and soil

Die Bestimmungen der „Aktuellen Infiltrationsrate“ wurden von uns mit dem Doppelring-Infiltrimeter sowie vergleichend mit kf-Geräten (Stechzylinderproben) vorgenommen und sind mit ihren Ergebnissen in der Abb. 1 unten dargestellt. Zur besseren Übersicht werden in der Folge alle Einzelergebnisse für die jeweils zugehörige Nutzung (Regenwald/Shifting Cultivation/Savanne) gemittelt.

Nach den bisher bekannten Veröffentlichungen wurden für Böden dieser Klimazone Infiltrationsraten von 10–50 cm/h festgestellt (PEREIRA et al. 1964; SEUBERT, SANCHEZ and VAL VERDE 1977), unter günstigen Bedingungen in Einzelfällen bis 200 cm/h (LAL et al. 1978). Im Vergleich dazu zeigen die Werte der Oberfläche des Regenwaldes, der Feldbauflächen wie auch der Kultursavannen auf Papua Neuguinea extrem hohe Infiltrationskapazitäten. Die sonst allgemeine Beobachtung der Verminderung der Wasseraufnahmefähigkeit durch den Rodungs- und Kultivierungsprozeß scheint für unseren Raum sich sogar in das Gegenteil zu kehren.

Betrachtet man nun die Kulturlfläche unter dem Kriterium ihrer Nutzungsdauer, gliedert sie also in eine Initial-, Mittel- und Endphase, so fällt auf, daß die Infiltrationskapazität besonders im mittleren Zeitabschnitt (3–5 Jahre) eine nochmalige außerordentliche Steigerung erfährt. Als Ursache hierfür sind sicherlich die Maßnahmen der Eingeborenen zu sehen, die ständig frisches organisches Material zur Humus- und damit zur Bodenstrukturpflege einbringen. Auch nach dem endgültigen Brachfallen behalten die dann aufgelassenen Flächen, die sich allmählich zu Kultursavannen entwickeln, ihre hohe Wasseraufnahmefähigkeit und somit ihre Erosionsstabilität bei.



*Photo 6:* Wechselfeuchte Tropen; Bodenerosionserscheinungen auf strukturschwachen Skelettböden in degenerierten Monsunwäldern im SE von Port Moresby

Periodically humid tropics; soil erosion on structurally weak skeletal soils in degenerated monsoon forests south east of Port Moresby

Die Wasserdurchlässigkeit des nicht humosen Unterbodens ist dagegen mit ca. 1 cm/h gering. Daraus wird verständlich, welche entscheidende Bedeutung dem Oberboden für die Hangstabilität zukommt und wie – nach seiner Beseitigung – der entblößte Unterboden zwangsläufig mit Oberflächenabfluß, also mit Bodenerosionen reagieren muß (Photo 6).

Der obere Teil der Abb. 1 läßt erkennen, daß der immense Unterschied der Infiltrationskapazität zwischen dem Ober- und Unterboden in der Verteilung der Porengrößen begründet ist. Während beim Unterboden mit einem geringen Anteil an Grobporen und einem um so höheren Anteil an Feinporen der Sickerprozeß stark gehemmt ist, geht die hohe Wasserdurchlässigkeit im Oberboden (Humushorizont) mit einer sehr ausgeprägten Zunahme des Grobporenanteiles auffällig parallel. Hiermit wird unzweideutig die hohe Bedeutung des Humushorizontes für die Bodenstabilität in den feuchten Tropen von Papua Neuguinea bestätigt.

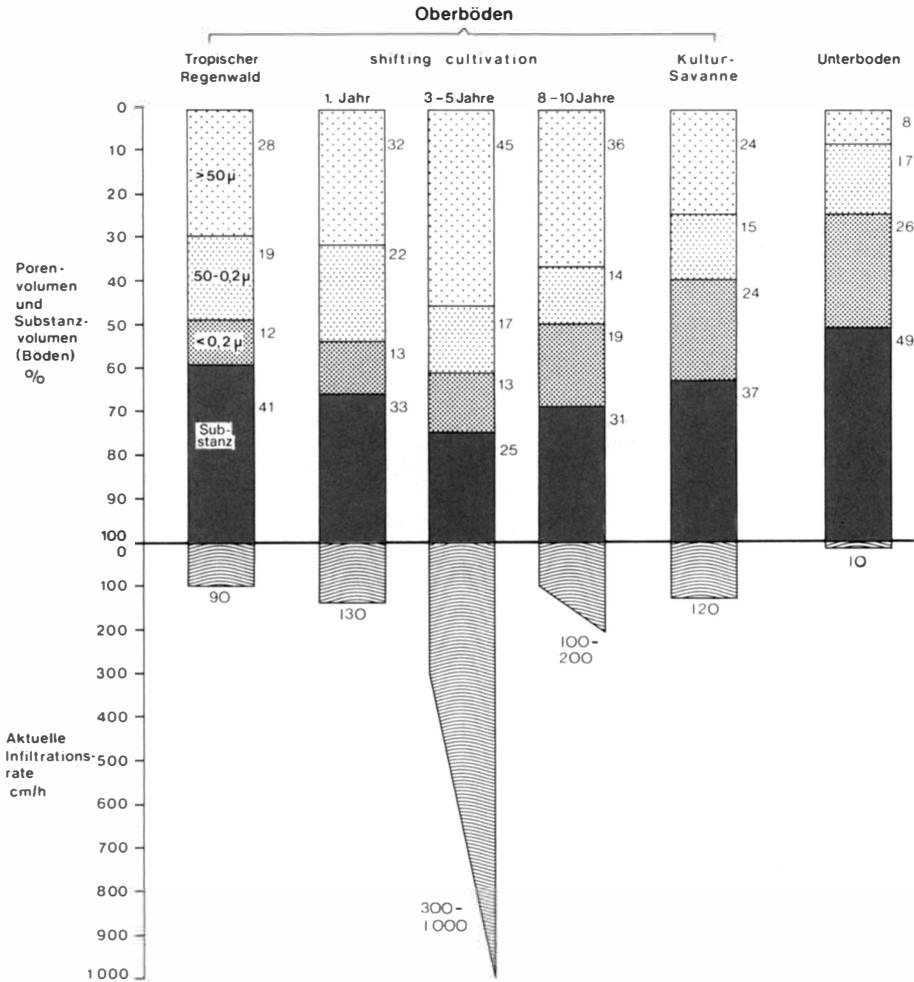


Abb. 1: Porengrößenverteilung und aktuelle Infiltrationskapazität der Untersuchungsböden  
Distribution of pore sizes and actual infiltration capacity of soils under investigation

Die Existenz eines hohen Anteiles an Grobporen und damit gekoppelt die hohe Infiltrationskapazität ist jedoch für die Begründung der Erosionsstabilität nicht allein ausreichend. Auch Sandböden mit Einzelkornggefüge weisen aufgrund ihres großen Korndurchmessers ein Maximum des mittleren Porendurchmessers im Grobporenbereich auf. Entscheidend muß also zu den hohen Grobporenteilen die Stabilität der festen Bodensubstanz hinzukommen, es muß also der Grad der Verbindung zwischen den Bodenpartikeln groß sein. Die organische Substanz übt allgemein den größten Einfluß auf die Bildung und Beständigkeit solcher Aggregate aus, wie dies u. a. durch Untersuchungen von LUGO-LOPEZ und JUAREZ / 1959) belegt wird. Die Messung erfolgt nach einer Methode, bei der ein Teil des Probematerials trocken gesiebt, der andere Teil mit den selben Maschenweiten in einem wassergefüllten Behälter untergetaucht, geschüttelt und gesiebt, getrocknet und gewogen wird. Die mit der Trockensiebung gewonnenen Fraktionen werden als

„Aktuelle“, die trotz der Wasserbehandlung beständig gebliebenen als „Stabile Aggregate“ bezeichnet. Ihre Größenverteilungen, also ihre gewogenen mittleren Durchmesser sind in der Abb. 2 dargestellt.

Für die drei zum Vergleich stehenden Ökosysteme kann gelten, daß ihre Böden alle eine sehr hohe Aggregatstabilität besitzen. Besonders deutlich wird dies im Vergleich zu einem ausgesuchten mitteleuropäischen Ackerboden (SE), dessen aktuelle Aggregatgrößenverteilung der der Savanne entspricht. Dagegen ist die Abweichung von seiner gestrichelt markierten stabilen Verteilungskurve und damit die Fläche zwischen beiden Kurven enorm groß und zeigt das hohe Maß der Strukturinstabilität dieses außertropischen Ackerbodens.

Auf Grund unserer Untersuchungen können wir für den großen immerfeuchten Teil von Papua Neuguinea feststellen, daß die Boden- und Hangstabilität ein typisches Merkmal der hier herrschenden Morphodynamik ist. Der unmittelbare Zusam-

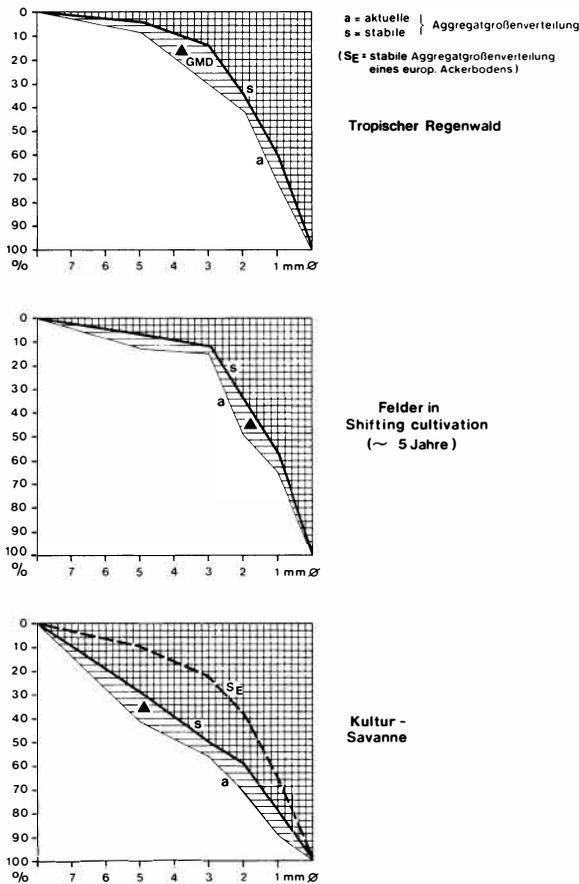


Abb. 2: Aggregatgrößenverteilung der Untersuchungsböden  
Distribution of aggregate sizes in soils under investigation

nenhang mit den hohen Gehalten an organischer Substanz (Humus) konnte durch unsere Untersuchung eindeutig nachgewiesen werden. In Papua Neuguinea ist klar zu erkennen, daß die Ausbildung der organisch angereicherten Oberböden sich auf den immerfeuchten innertropischen Bereich beschränkt.

Dort, wo es unter dem Einfluß des SE-Passates im SE der Insel von Juni bis Oktober zu einer ausgeprägten Trockenzeit kommt, tritt an die Stelle des Regenwaldes ein offener Monsumwald. Die hier weitverbreiteten fersialitischen Böden sind weniger tiefgründig und weisen auch in den oberen Horizonten einen hohen Skelettanteil auf. Vor allem aber fehlt dem Oberboden die organische Komponente – meist unter 1% organische Substanz – und damit die stabilen Bodenaggregate. Die in der Regenzeit gebildete Humusauflage unterliegt hier in der nachfolgenden Trockenzeit der vollständigen Oxydation.

Im Formenschatz deuten gegenüber dem Hochland merklich flachere Hänge mit konkavem Fuß und Mittelteil – das widerspricht übrigens der Auffassung BÜDELS (1977) über die Morphodynamik in der randtropischen „Flächenbildungszone“ – sowie konvexem Oberhang eine hier sehr viel wirk-

samere Hangabtragung an. Sicherlich ist in diesem Zusammenhang die geringe Entwicklungstiefe der Böden und ihr hoher Skelettanteil auch als Folge der während der Regenzeiten wirksamen Bodenerosionen mit Abspülungen der feineren Fraktionen zu sehen.

Die Messungen der aktuellen Infiltrationskapazität im SE der Insel zeigen dennoch hohe Anfangs-Aufnahmeraten mit Werten zwischen 100–500 cm/h. Dieses gute Sickerverhalten wird den Böden aber nicht durch einen ausgeprägten Humushorizont, sondern ausschließlich durch den hohen Skelettanteil verliehen. Dabei handelt es sich aber keinesfalls um eine stabile Aggregatsstruktur wie bei den organisch reichen Oberböden des immerfeuchten Bereiches. Nach Durchfeuchtung der obersten Profileile zu Beginn der Regenzeit wird die aktuelle Stabilität durch Aufschlammung zerstört, dann die Aufnahmekapazität für weitere Niederschlagsmengen durch Verschlämmung des Feinmaterials stark vermindert und so kommt es hier besonders durch den „Splash“ zu erheblichen Hangabtragungen.

Da in der randtropischen wechselfeuchten Zone sich offensichtlich keine Humushorizonte bilden können, tritt hier an die Stelle der aus den immerfeuchten Tropen beschriebenen Hangstabilität eine nachhaltige Hanglabilität. Die Hangstabilität nimmt in Papua Neuguinea also vom immerfeuchten innertropischen Raum zu den Randtropen hin ab und damit die Anfälligkeit für Bodenerosionserscheinungen sehr deutlich zu.

Die für die morphologisch wirksamen Prozesse so wichtige Ausbildung eines erosionsstabilen organisch angereicherten Oberbodens ist aber von gleichbedeutender Tragweite auch für die ökologischen Standortbedingungen im Sinne der Bodenfruchtbarkeit und auch der Produktivität.

	TROPISCHER REGENWALD		ASCHE	SHIFTING CULTIVAT		KULTUR-SAVANNE
	OBER-BODEN	UNTER-BODEN		1-2 JAHRE	8-10 JAHRE	
Si O <sub>2</sub>	20,94	43,98	42,90	39,60	34,26	41,98
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,76	16,26	0,76	20,00	25,53	21,37
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,35	7,56	0,30	14,75	14,81	11,11
Ca O	1,06	0,26	7,97	1,03	0,64	0,14
Mg O	0,49	0,26	3,50	1,13	0,23	0,30
Na <sub>2</sub> O	0,04	0,28	0,10	1,07	0,15	0,17
K <sub>2</sub> O	0,34	0,13	9,34	0,50	-0,08	0,09
Mn O	0,01	0,05	0,11	0,21	0,30	0,15
Ti O <sub>2</sub>	0,25	0,83	0,01	1,50	1,25	0,92
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,19	0,12	3,00	1,16	0,31	0,22
Glühverlust	69,03	30,26	31,86	19,84	22,26	20,60
pH	4,9	3,1	9,8	5,4	5,2	4,2
C	6,6	1,3		5,50	4,05	5,29
N				0,36	0,30	0,46
C N				15,40	13,50	11,50
Kationenaustauschkapazität	77	38	54	44	29	27
Nährstoffe mg/100g Boden	Ca O			580	180	100
	Mg			600	105	92
	K <sub>2</sub> O			96	16	21
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			17	13	4
Verfügbare Nährstoffe mg/100g Boden	Mg O	26	3	54	42	23
	K <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	47	7	7850	66	13
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	8	4	282	16	3
Gewichtsanteil in %	Schluff			50,59	55,69	
	Ton			10,67	27,60	

Abb. 3: Chemische Zusammensetzung der Untersuchungsböden  
Chemical composition of soils under investigation

Über sie sollen hier zum Schluß noch ein paar Bemerkungen angefügt werden.

Aus der Abb. 3 wird insbesondere deutlich, daß mit der Erhaltung der stabilen Bodenstruktur vom Regenwald über das Kulturlandstadium bis hin zur Savanne eine deutliche Verschlechterung der Bodenfruchtbarkeit einhergeht. Die Nährstoffgehalte und die Kationenaustauschkapazität des Oberbodens im Regenwald liegen beim Mehrfachen des Savannenbodens und stimmen mit den Daten anderer Autoren gut überein (NYE and GREENLAND 1960). Ganz besonders deutlich wird aus der Zusammenstellung der Analyseergebnisse, welchen Einfluß das Feuer und damit die Aschenauf-lage für den Nährstoffhaushalt haben. Sie bedeuten aber nur einen kurzlebigen Nährstoffstoß. Denn infolge der sehr hohen Auswaschung verarmen die Kulturlächen fortlaufend – trotz ständiger Humuspflge – bis das Nährstoffpotential jene Grenze überschritten hat, die auch für eine Subsistenzwirtschaft nicht mehr ausreicht.

Die Bodenverarmung ist lediglich ein Teilprozeß eines grundlegenden Landschafts- und Ökosystemwandels, der in Papua Neuguinea seit langem stattfindet. Die Kultursavannen vergrößern sich ständig und zehren mehr und mehr an den Regenwäldern, wobei als „Hauptkampfzone“ das schmale Band des Brandrodungsfeldbaus im Shifting-Cultivation-System anzusehen ist.

Will man diese Entwicklung bremsen, dann gilt es, das Kulturland länger fruchtbar zu erhalten. Unserer Auffassung nach gelingt das nur, wenn das Naturpotential des Humus in seiner vielfältigen ökologischen Wirkung erkannt, erhalten und darüber hinaus noch gefördert wird.

#### Literatur

BONNET, J. A., and M. A. LUGO-LOPEZ: Relative erosiveness of Puerto Rico soils. *J. Agr. Univ. P. R.*, 34, 1950, 294–307

- : The rate of infiltration of lateritic soils. *J. Agr. Univ. P. R.* 36, 1952, 161–166
- BÜDEL, J.: Klima-Geomorphologie. Stuttgart, 1977
- FASSBENDER, H. W.: Chemisches Verhalten der Hauptnährstoffe in Böden der Tropen, insbesondere in Lateinamerika. *Göttinger Bodenkundliche Berichte* 23, Göttingen, 1972
- HURAU, J.: The erodibility of overgrazed soils in the Ademowe high plateaux (Cameround): Infiltration studies, *Bull. Assoc. Fr. Etude Sol*, No. 1, 1971, 23–56
- JONES, M. J.: The organic matter content of the savanna soils of West Africa. *J. Soil Sci.*, 24, 1973, 42–53
- LAL, R., G.F. WILSON and B.N. OKIGBO: No-till farming after various grasses and leguminous cover crops on a tropical Alfisol. I. Crop performance, *Field Crops Research*, 1, 1978, 71–84
- LÖFFLER, E.: Geomorphology of Papua New Guinea, CSIRO, Canberra, 1977
- LUGO-LOPEZ, M. A. and J. JUAREZ, Jr.: Evaluation of the effects of organic matter and other soil characteristics upon the aggregate stability of some tropical soils. *J. Agric. Univ. P. R.*, 43, 1959, 268–272
- MOHR, E. C. J., VAN BAREN and J. VAN SCHLYLENBORGH: *Tropical Soils*, The Hague, 1972
- MONNIER, G.: Effect of organic matter on soil structural stability. *African Soils*, 10, 1965, 29–42
- MOORE, A. W.: Changes in soil moisture and organic matter under different covers at Ibadan. *Plant and Soil*, 27, 1967, 463–467
- NYE, P. H. and GREENLAND: *The Soil under Shifting Cultivation*. Commonwealth Agricultural Bureaux, Reading, 1960
- PEREIRA, H. C., M. DAGG and P. H. HOSEGOOD: A tillage study in Kenya Coffee. IV. The physical effects of contrasting tillage treatments over thirty cultivation seasons. *Emp. J. Expl. Agric.*, 32, 1964, 31–34
- PEREIRA, H. C., H. HOSEGOOD and M. DAGG: Effects of tied ridges, terraces, and grass leys on a lateritic soil in Kenya. *Expl. Agric.*, 3, 1967, 89–98
- QUIRK, J. P. and B. G. WILLIAMS: The disposition of organic materials in relation to stable aggregation, Xth Internat. Congress of Soil Sciences, Moscow, 1, 1974, 165–171
- WEISCHET, W.: *Die ökologische Benachteiligung der Tropen*. Teubner, Stuttgart, 1977

## DIE ROLLE KARL HAUSHOFERS FÜR ENTWICKLUNG UND IDEOLOGIE NATIONALSOZIALISTISCHER GEOPOLITIK

PETER SCHÖLLER

*Summary:* Karl Haushofer's role in the development and ideology of national socialist geopolitics

The image of the personality of the founder of German geopolitics, the Bavarian general and professor, Karl Haushofer, has gained in clarity and detail thanks to the biography written by H.-A. JACOBSEN. This contribution gives fresh emphasis to some aspects of the critical analysis of geopolitical ideology and its development. Thus Japan's central importance is presented as "original experience" for

Haushofer's spatial conceptualization. It led to the model of national socialist *Geopolitik* – to continuing imperialist notions of population pressure, *Lebensraum* policies and directions for annexation, with racial ideology, a consciousness of mission and the principle of leadership.

Another aspect which reveals the influence of geopolitic's image of Japan, takes up Haushofer's antipathy towards large cities and his inability to recognize economic-industrial structures and their