Bodenerosion in Semien-Äthiopien

Autor(en): **Hurni, Hans**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Geographica Helvetica : schweizerische Zeitschrift für Geographie = Swiss journal of geography = revue suisse de géographie = rivista svizzera di geografia**

Band (Jahr): **30 (1975)**

Heft 4

PDF erstellt am: **10.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-53404

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Bodenerosion – Soil Erosion

1:25 000

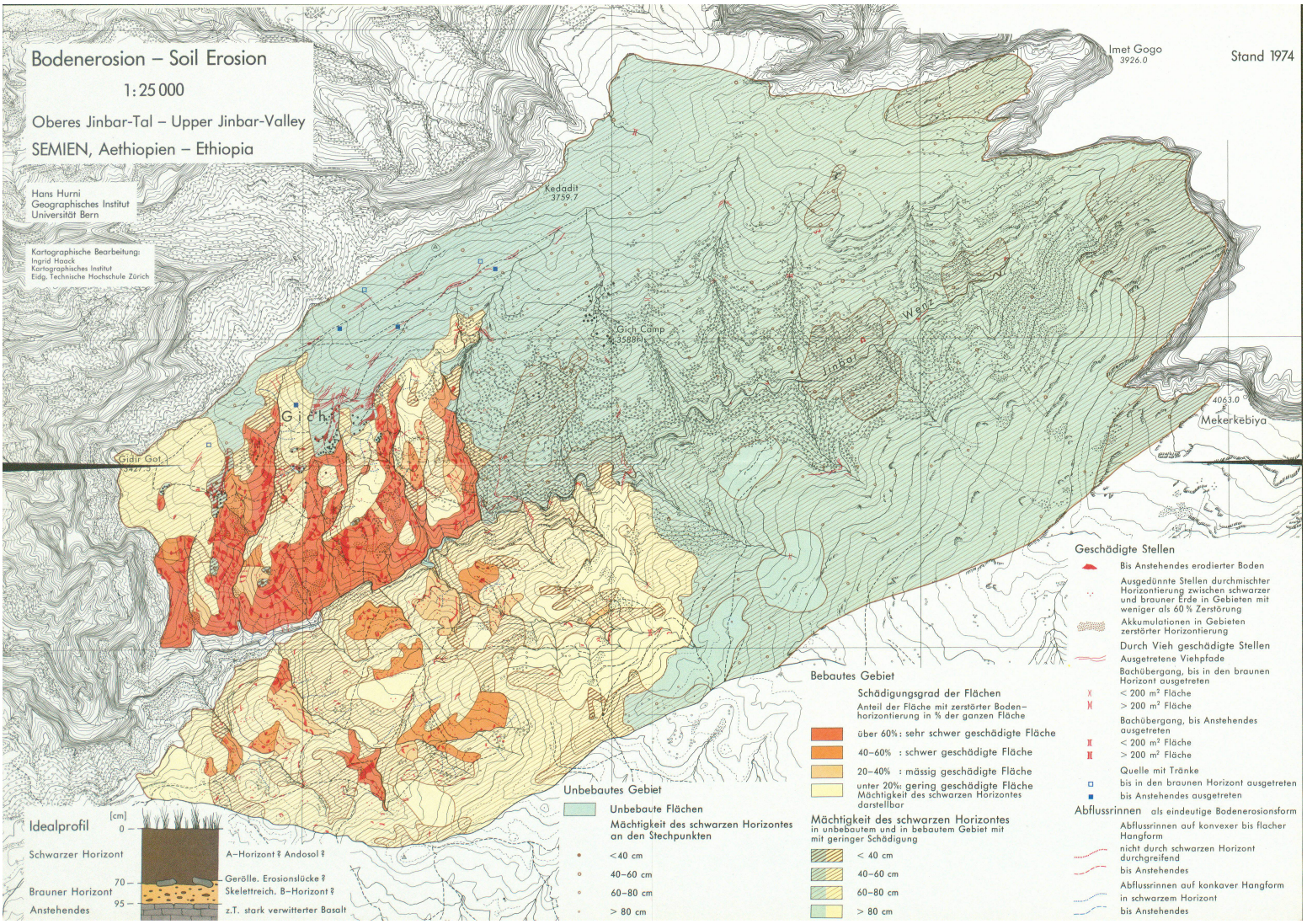
Oberes Jinbar-Tal – Upper Jinbar-Valley

SEMIEN, Aethiopien – Ethiopia

Hans Hurni
Geographisches Institut
Universität Bern

Kartographische Bearbeitung:
Ingrid Haack
Kartographisches Institut
Eidg. Technische Hochschule Zürich

Stand 1974



Geschädigte Stellen

- Bis Anstehendes erodierter Boden
- Ausgedünnte Stellen durchmischter Horizontierung zwischen schwarzer und brauner Erde in Gebieten mit weniger als 60 % Zerstörung
- Akkumulationen in Gebieten zerstörter Horizontierung

Durch Vieh geschädigte Stellen

- Ausgetretene Viehpfade
- Bachübergang, bis in den braunen Horizont ausgetreten
  - < 200 m² Fläche
  - > 200 m² Fläche
- Bachübergang, bis Anstehendes ausgetreten
  - < 200 m² Fläche
  - > 200 m² Fläche
- Quelle mit Tränke
- bis in den braunen Horizont ausgetreten
- bis Anstehendes ausgetreten

Abflussrinnen als eindeutige Bodenerosionsform

- Abflussrinnen auf konvexer bis flacher Hangform
  - nicht durch schwarzen Horizont durchgreifend
  - bis Anstehendes
- Abflussrinnen auf konkaver Hangform
  - in schwarzem Horizont
  - bis Anstehendes

Bebautes Gebiet

Schädigungsgrad der Flächen

Anteil der Fläche mit zerstörter Boden-horizontierung in % der ganzen Fläche

- über 60%: sehr schwer geschädigte Fläche
- 40–60% : schwer geschädigte Fläche
- 20–40% : mässig geschädigte Fläche
- unter 20%: gering geschädigte Fläche

Mächtigkeit des schwarzen Horizontes darstellbar

Mächtigkeit des schwarzen Horizontes

in unbebautem und in bebautem Gebiet mit mit geringer Schädigung

- < 40 cm
- 40–60 cm
- 60–80 cm
- > 80 cm

Unbebautes Gebiet

Unbebaute Flächen

Mächtigkeit des schwarzen Horizontes an den Stechpunkten

- <40 cm
- 40–60 cm
- 60–80 cm
- > 80 cm

Idealprofil

- Schwarzer Horizont — A–Horizont ? Andosol ?
- Brauner Horizont — Gerölle, Erosionslücke ? Skelettreich. B–Horizont ?
- Anstehendes — z.T. stark verwitterter Basalt

Leere Seite
Blank page
Page vide

Bodenerosion in Semien-Äthiopien

(mit Kartenbeilage 1 : 25 000)

Zusammenfassung

Zusammen mit der Zoologie und der Botanik ist die diesem Artikel beigelegte Bodenerosionskarte in einen interdisziplinären Arbeitskreis integriert, der sich mit den Problemen eines äthiopischen Nationalparkes im Hochgebirge von Semien befaßt. Weite Teile der von Trapp-Basalten gebildeten Hochflächen zwischen 3200 und 4000 m ü. M. sind durch Bodenerosion geschädigt. Um wirksame Maßnahmen gegen die irreversible Schädigung in diesem potentiellen Katastrophengebiet treffen zu können, wurde in einer ersten Phase im Herbst 1974 der aktuelle Zustand kartiert:

1) Die bestehenden Formen der Abspülung wurden kartiert.
2) Anhand zahlreicher Bodenprofile wurde der Aufbau des Bodens untersucht und in einem Idealprofil typisiert. Die Mächtigkeit des obersten, schwarzen Horizontes konnte mit 500 katasterartig verteilten Bodenproben gemessen, ausgewertet und flächenhaft dargestellt werden.
3) Bei den Ackerflächen wurde unterschieden zwischen 4 Schädigungsklassen: Sehr schwer bis gering geschädigte Flächen.

Die aufgenommene Karte zeigt, daß Bodenerosion vor allem im bebauten Ackerland auftritt. Tendenzen der Schädigung nach Exposition, Form und Neigung des Hanges werden deutlich. Eine Genese der Bodenerosionsformen ist erkennbar. Möglichkeiten für Schutzmaßnahmen gegen die Bodenerosion sind vorhanden, obschon sie bis heute kaum genutzt wurden.

Summary

The soil erosion map in hand is integrated in an interdisciplinary work with zoology and botany which deals with the problems of an Ethiopian National Park in the High Semien Mountains. Wide areas of the high plains between 3,200 and 4,000 metres above sea level formed by Trapp-Basalt are damaged by soil erosion. In order to take effective measures against the irreversible damage in this potential disaster area, the present situation was mapped in a primary phase in the autumn of 1974:

1) The present forms of erosion were mapped.
2) Based on numerous profiles, the structure of the soil was investigated and typified in an ideal profile. The thickness of the upper black horizon was measured by 500 different samples, evaluated and presented areawise.
3) On arable areas differentiation between 4 classes of damage was made: heavily to negligibly damaged areas.

The map established shows that soil erosion occurs principally on ploughed land. Tendencies to damage according to exposure, form and incline of the slope are clearly shown. An evolution of the forms of soil erosion can be derived. Possibilities for protective measures against soil erosion are available, but have not been used until today.

Überblick und Einleitung

Der Semien-Nationalpark in Nord-Äthiopien, der 1969 zum Schutze der Tierwelt und zur Bewahrung der Naturlandschaft gegründet worden ist, umfaßt neben einem gewaltigen, 1500 m hohen Steilabfall ein Stück Hochland zwischen 3200 und 4000 m ü. M.: Das Obere Jinbar-Tal (vgl. Farbkarte). Wie im übrigen Hochland werden auch in diesem Tal große Teile unter 3600 m ü. M. für den Gerstenanbau gepflügt. Der hintere und obere Teil ist bis auf eine Höhe von 3600 m, vereinzelt bis 3800 m, mit Erika-Wald bewachsen (erica arborea). Die Weide oberhalb der Wald- und Gerstengrenze ist eine Gebirgssteppe mit vielfältiger Flora.

Das Klima ist wechselfeucht – tropisch, aber durch das Hochgebirge geprägt: Gemäßigte Temperaturen mit geringen jahreszeitlichen, aber beträchtlichen tageszeitlichen Schwankungen (etwa zwischen 5 und 15° im Mittel). Der größte Teil der Niederschläge fällt im Sommerhalbjahr (über 1200 mm). In dieser Zeit ist die Siedlung Gich meist von Vormittag an im Nebel.

Die Bevölkerung lebt vorwiegend von der im Tal angebauten Gerste. Es wird pro Jahr immer nur eine Talseite bearbeitet, während die andere brach liegt. Gepflügt wird (Holzpflug mit Eisenspitze und zwei

Hans Hurni, Geographisches Institut, Universität Bern, Hallerstraße 12, 3012 Bern.

Zugochsen) an Hängen bis maximal 40° Neigung ohne Rücksicht auf Bodenerosion. Weite Teile der Anbauflächen weisen denn auch bereits *sehr große Schädigungen* auf.
Bodenerosion wird im Gegensatz zur natürlichen Erosion durch den Menschen und seine Wirtschaftsweise verursacht. Der Mensch wirkt, oft durch zusätzliche Faktoren verstärkt, in das natürliche Verhältnis zwischen Bodenneubildung und Bodenverminderung ein und ruft dadurch einen gewaltig beschleunigten Prozeß der Bodenumlagerung hervor. Erscheinungsformen der Bodenerosion sind *Denudation* (flächenhafte Abtragung), (lineare) *Erosion* und *Akkumulation,* bewirkt durch Wasser und Wind (SCHULTZE, 1952: 4 und RICHTER, 1965: 2). Ungünstige Faktoren wie große Ackerflächen mit Brache, steile Hänge, große und intensive Niederschläge kommen besonders in den *Gebirgsräumen* oft zusammen vor. Die Bodenschicht wird abgetragen und nicht wieder ersetzt, Ernteerträge fallen aus, die Ackerflächen müssen weiter ausgedehnt werden in noch ungünstigere Lagen; es beginnt ein Prozeß, der in absehbarer Zeit zu einer Lawine wechselwirkender Zerstörung anwächst.
In Semien ist durch die Gesetze des Nationalparkes eine Ausdehnung der Ackerbauflächen in noch unbebaute Wald- und Weidegebiete, wie das in früheren Jahren stets der Fall war, nicht mehr möglich. Wenn bei gleichbleibender oder zunehmender Bevölkerung in Zukunft eine Hungersnot vermieden werden will, ist es die dringlichste Aufgabe des Parkes, den irreparablen Schäden der Bodenerosion Einhalt zu gebieten, sei es durch eine Aussiedlung der Bevölkerung aus dem Obern Jinbar-Tal oder durch geeignete Schutzmaßnahmen.
Die vorliegende Bodenerosionskarte des kleinen, klar umgrenzten Gebietes (30 km²) hält die bestehenden Schäden fest, analysiert die bestehenden Bodenerosionsformen, zeigt die Probleme der Lebensgrundlagen bei weiterhin zunehmender Bevölkerung und dient eventuellen Maßnahmen zur Bekämpfung der Bodenerosion als Grundlage.

Bodenerosion

Zum Verständnis der Bodenerosion ist es wichtig, die funktionalen Zusammenhänge zwischen Geologie, Bodenaufbau, Topographie, Klima und den bestehenden Bodenerosionsformen aufzuzeigen. Der Übersicht halber werden hier einzelne Faktoren nacheinander aufgeführt, obschon sie die Bodenerosion trotz unterschiedlicher Prägnanz simultan beeinflussen.

Geologie

In der im Kartengebiet B aufgeschlossenen Ashangigruppe der Trapp-Serien kommen Laven aus porphyrischen Basalten und dazwischenliegende Tuffhorizonte vor. Die basischen Magmen sind das Produkt von vulkanischen Spaltergüssen, die schon während des Aufstiegs zu kristallisieren begannen (MOHR, 1971: 132–133). Die maximale Mächtigkeit der gesamten Trapp-Serie beträgt in Semien etwa 3000 bis 3500 m. Tektonische Störungen und Bruchlinien, die die fast horizontal liegenden Basaltplatten durchziehen, haben das landschaftliche Relief vorgezeichnet: Flache Gipfelflächen fallen einerseits treppenartig ab in einer Reihe von Schichtstufen mit ca. 5 bis 15 m Sprunghöhe, andererseits können sie auch in die fast 2000 m hohe Steilwand des Escarpments (Steilabfalls) münden (Fig. 2).

Bodenaufbau

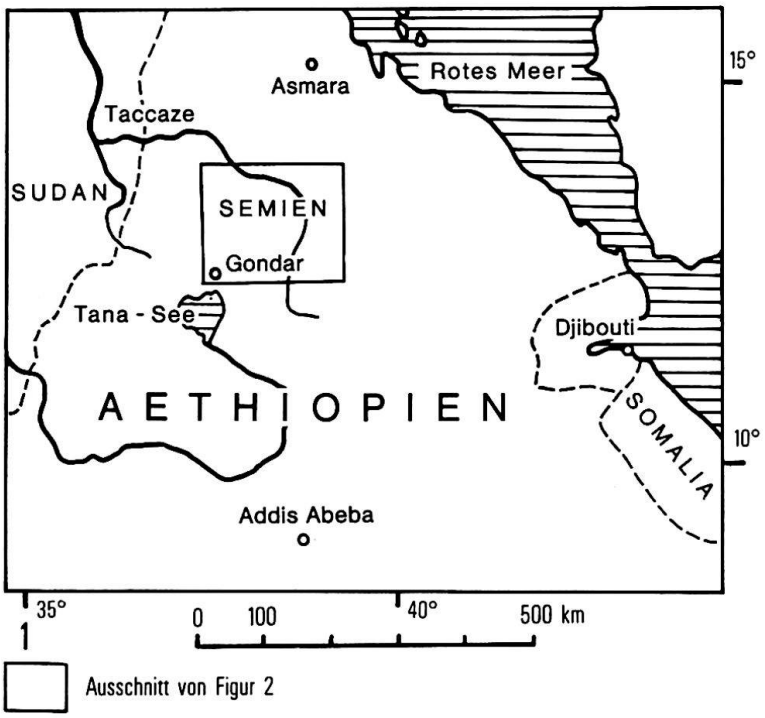
Das ganze Obere Jinbar-Tal hat einen einheitlichen Bodenaufbau, wenn man von den durch Bodenerosion zerstörten Ackerflächen, von den flächenmäßig nur einen geringen Anteil ausmachenden Steilstufen der Basaltschichten und den Bachgräben absieht. Da im hintern Teil des Tales keine wesentliche Schädigung durch Bodenerosion augenfällig ist, konnte dort der Bodenaufbau anhand zahlreicher *Bodenprofile* untersucht werden. Die Ergebnisse einer *Mineralanalyse* des Mineralogischen Instituts der Universität Bern (Prof. T. Peters) nach Bodenproben von Prof. B. Messerli (Geographisches Institut) standen zur Verfügung. Der Bodenaufbau im Obern Jinbar-Tal kann mit geringfügigen Einschränkungen durch das folgende *Idealprofil* in Fig. 3 typisiert werden (vgl. auch Bodenerosionskarte):

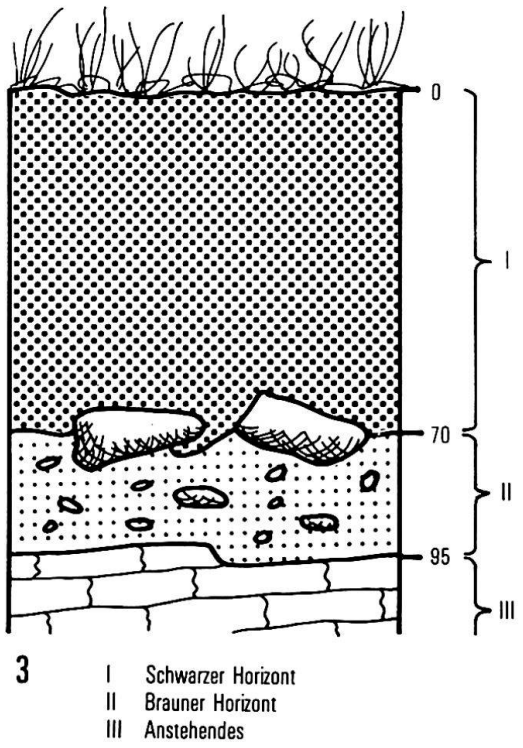
I *Schwarzer Horizont:* Sehr feinkörnige, humose schwarze Erde, die im Trockenhalbjahr von oben her ziemlich rasch ausbräunt. Mineralanalyse: Viele stark eckige und abgerundete Quarz- und Feldspatkörner deuten auf eine sekundäre Zufuhr von Material hin. Vermutlich wurde vulkanischer Staub eingeweht. Als

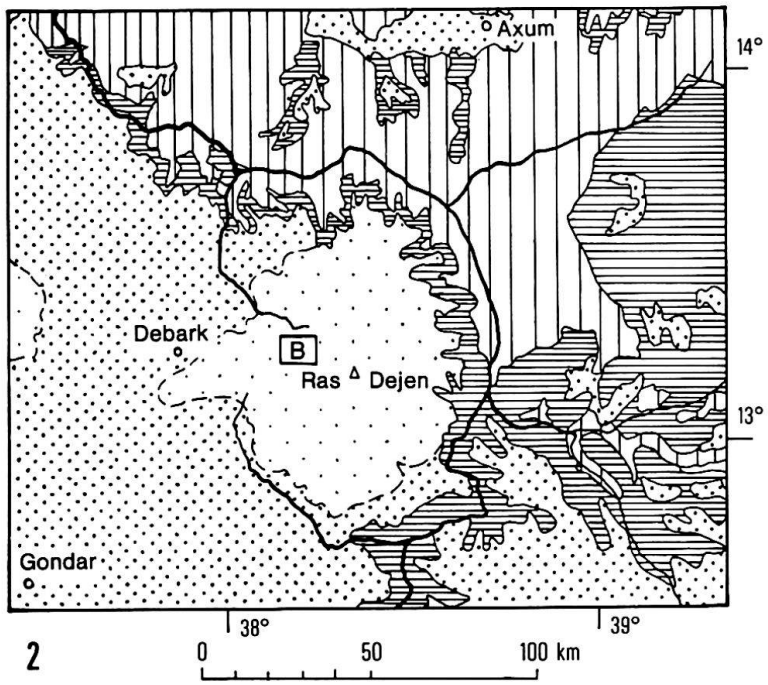
Fig. 1: Übersichtskarte von Äthiopien

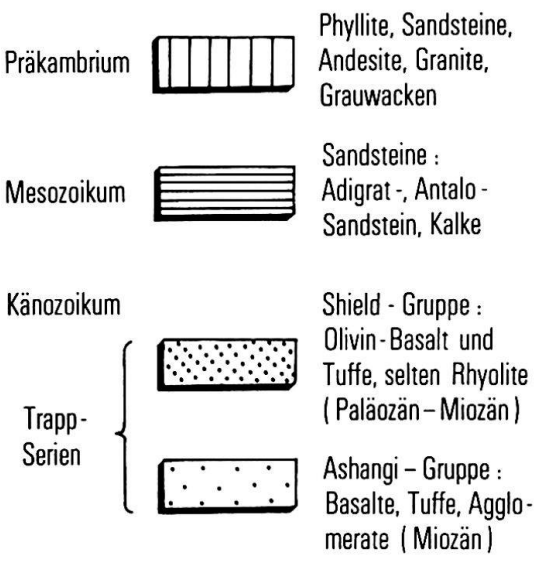
Fig. 2: Geologische Übersicht (generalisiert nach «Geological Map of Aethiopia», KAZIM, 1973)

Fig. 3: Idealprofil









B: Gebiet der Bodenerosionskarte

Herkunftsort könnte unter anderem das Gebiet des Tana-Sees in Frage kommen, wo heute junge Vulkanstöcke anstehen. Die Mächtigkeit des schwarzen Horizontes ist schwankend, im Durchschnitt etwa 70 cm mit geringen Abweichungen.

II *Brauner Horizont:* Rot- bis gelbbraune, tonig-schluffige Matrix mit großem Skelettanteil (ø in der Regel 1–10 cm). Das Vorkommen von Quarz- und Feldspatkörnern (wie im schwarzen Horizont) deutet darauf hin, daß I und II pedogenetisch zusammenhängen. Die Mächtigkeit des braunen Horizontes ist - wenn überhaupt vorhanden - sehr stark schwankend. An der Grenze zum schwarzen Horizont ist meist eine scharfe Grenzschicht, der oft große Gerölle aufliegen. Diese Schicht ist keineswegs eben, vielmehr sind Taschen der schwarzen Erde in die braune hineingebildet. Es scheint sich hier um einen *Erosionshorizont* zu handeln, wobei die ehemaligen Abflußrinnen durch nachträgliche Bodenbildung aufgefüllt worden sind (HURNI, 1975: 23). Während die schwarze Erde ziemlich locker aufliegt, ist die braune fest und sehr kompakt. Auf Solifluktion hinweisende Einregelung der Komponenten konnte bis jetzt noch nicht eindeutig nachgewiesen werden.

III *Anstehendes:* Es besteht aus teilweise sehr stark verwittertem ehemaligem Basalt. Die ursprüngliche porphyrische Textur ist erhalten, aber sowohl die Porphyrkristalle wie die Grundmasse sind vollkommen in Tonmineralien und amorphe Substanz umgewandelt. Dieses Idealprofil ist typisch für große Teile des Tales, welche bodenerosiv nicht stark geschädigt sind (vor allem Weide- und Waldland). Ausnahmen bilden (außer den Schädigungen) die unmittelbare Nähe von Bächen, Quellen oder ehemaligen Entwässerungsrinnen, wo heute der braune Horizont II fehlt; sowie natürliche nackte oder nur wenig mit schwarzer Erde bedeckte Felsbänder des anstehenden Basaltes.

Klimagenetischer Deutungsversuch: Vor oder während der letzten Kaltzeit kann der braune Horizont auf das mehr oder weniger verwitterte Anstehende (evtl. mit Reliktboden) gebildet worden sein. Stark explosive saure Vulkanauswürfe reicherten den Horizont mit fremdem Material an (Asche, Kies). In einer erosiven Phase verstärkter Niederschläge wurde der braune Horizont reduziert (Erosionslücke). Später entwickelte sich darauf der schwarze Horizont, auch dieser angereichert durch (diesmal feinere) Vulkanasche gleichen Ursprungs.

Bodenerosionsformen

Durch Mensch oder Tier verursachte *Abspülungen* und *Auswehungen* sind im vordern Teil des Tales im Bereich der Gerstenfelder (bebautes Gebiet) und Siedlungen in mannigfaltiger Form vorhanden. Für ihre Klassifikation bieten sich mehrere Möglichkeiten an. Anhand der *Abflußrinnen* läßt sich zeigen, daß ein größerer Teil der Formen auf Abspülung zurückzuführen ist. Die Wichtigkeit der Auswehung kann ohne Messungen noch nicht abschließend beurteilt werden, obschon ihr schon jetzt eine bedeutende Rolle in der initialen Phase der Schädigung zugesprochen werden kann.

Abspülungsformen können verschieden klassifiziert werden. Nach BENNET (1955: 59–70) gibt es drei Hauptformen:

- Sheet erosion (Flächenerosion)
- Rill erosion (Rinnenerosion)
- Gully erosion (Schluchterosion).

Nach RICHTER (1965: Abb. 10) und SCHMITT (1952: Tafel 1) werden die Abspülungsformen in Abhängigkeit von Hangneigung und Menge des Oberflächenwassers dargestellt. Dies erlaubt eine differenziertere Unterscheidung, beginnend mit Verspülung, über Rillen- und Rinnenspülung bis zum Graben- und Schluchtenreißen.

Für die Kartierung in Semien drängte sich eine dritte, *selbständige Unterteilung* auf, die sich einerseits an BENNET (1955) anlehnt und andererseits den bestehenden Formen möglichst gerecht wird (Fig. 4).

In dieser Form sind die verschiedenen Elemente in die Karte aufgenommen worden und werden in den folgenden Erläuterungen zur Karte genauer erklärt.

Bodenerosionskarte

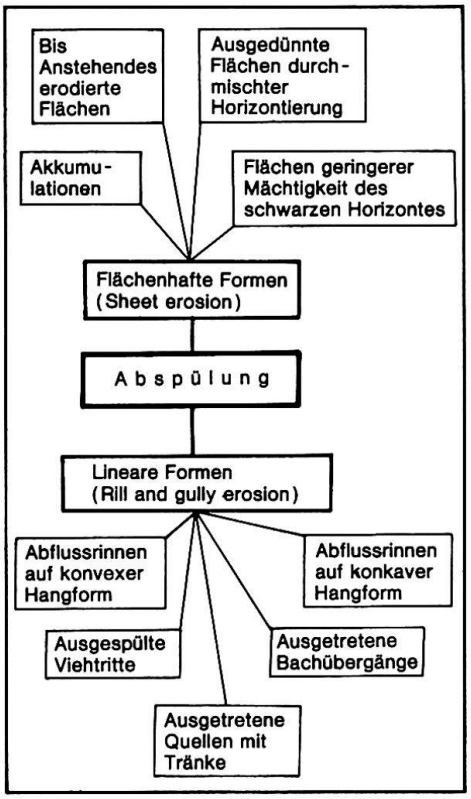
Da Bodenerosionskarten in diesem Raum bis heute noch fehlten, wurde versucht, möglichst unabhängig von der bestehenden Literatur eine eigene Legende, zugeschnitten auf unser spezifisches Gebiet zu schaffen und so eine mögliche Arbeits- und Diskussionsgrundlage für weitere Untersuchungen zu erhalten. Die vorliegende Karte soll also als Versuch gewertet werden, eine Kartierung der bestehenden Schäden so zu vollziehen, daß gleichzeitig Tendenzen der Schädigung durch Bodenerosion sichtbar werden, nach denen

Fig. 4: Formen der Abspülung in Semien

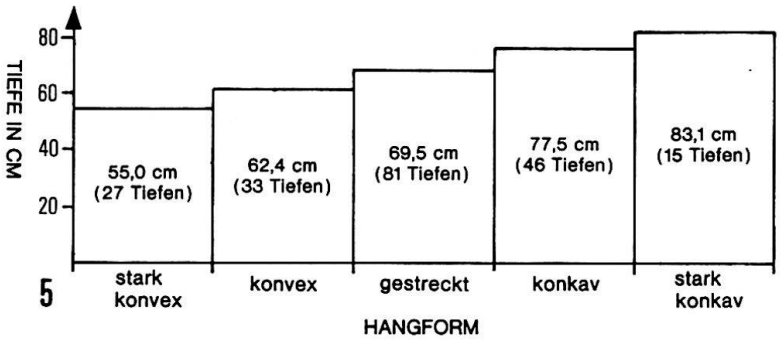
Fig. 5: Zusammenhang zwischen mittlerer Tiefe des Schwarzerdehorizontes und der Formen des Hanges

Fig. 6: Schema der Ausbräunung von konvexen Stellen

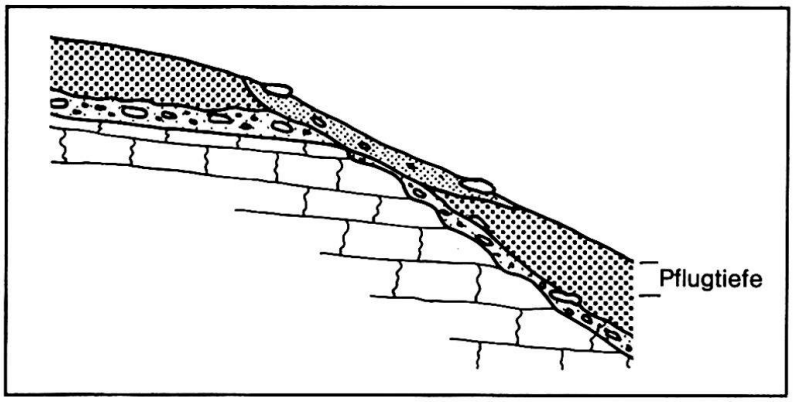
Fig. 7: Zusammenhang zwischen Tiefe des schwarzen Horizonts im bebauten Gebiet und Exposition



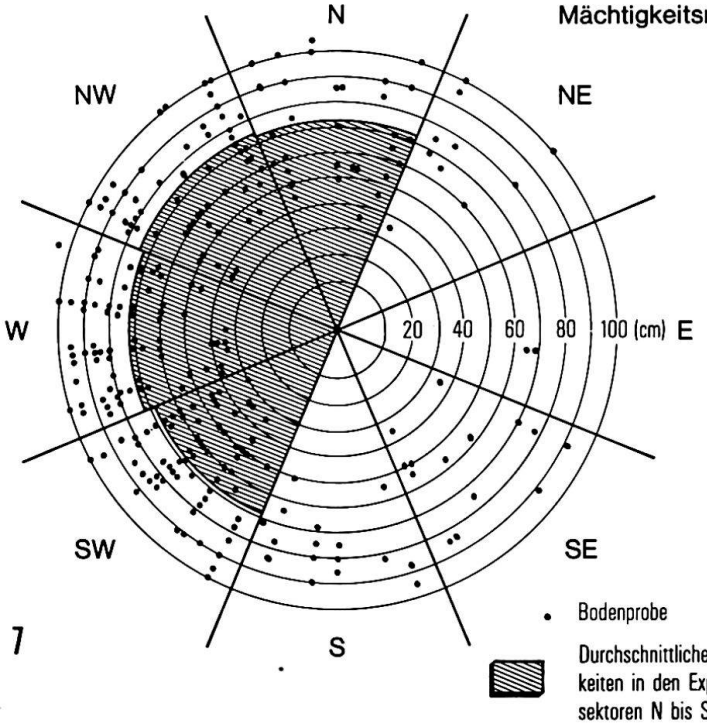
4



5



6



7

Abb. 1: Typischer Osthang im Jinbar-Tal. Sehr starke Zerstörung mit bis zum Anstehenden erodierten Stellen und Abflußrinnen im sehr geringmächtigen, vom Pflug durchmischten Boden. Aufnahme 22. 10 1974

Abb. 2: Büsche halten mit ihren Wurzeln einen Erdstock zurück und trotzen der Erosion. Daneben Abflußrinnen, die bis ins verwitterte Anstehende (Grus) hineingreifen. Aufnahme 1. 11. 1974

Abb. 3: Gewaltige Schluchterosion im bebauten Gebiet. Der steilere linke Rand zeigt an, daß das abfließende Wasser seitwärts nach links erodiert und Einstürze der Bodenschicht verursacht. Aufnahme 4. 9. 1974

wirksame Gegenmaßnahmen im Gelände getroffen werden können.

Neben der naturgetreuen *Kartierung der Abspülformen* wurde versucht, einerseits den *Schädigungsgrad einer Flächeneinheit* zu finden, andererseits die *Mächtigkeit des schwarzen Horizontes* flächenhaft darzustellen.

Zur Feststellung des Schädigungsgrades einer Fläche wurde von der Tatsache profitiert, daß für das ganze Untersuchungsgebiet eine einheitliche Bodenhorizontierung in schwarzen und braunen Horizont vorhanden war. Ein ähnliches Verfahren, das sich auch auf die Bodenhorizontierung stützt, verwendete z. B. STEINMETZ, 1956 nach einer von KURON und JUNG entwickelten Methode (JUNG, 1953) zur Herstellung einer Nutzungshorizontkarte und einer Bodenerosionsgefahrenkarte. Die Mächtigkeit des schwarzen Horizontes flächenhaft darzustellen, war ein wichtiges Ziel der Bodenerosionskarte. Damit kann direkt festgestellt werden, ob im bebauten Gebiet (Gerste-Ackerflächen) eine flächenhafte Abnahme der Mächtigkeit der obersten Bodenschicht stattgefunden hat oder nicht.

Mit diesen drei Elementen:
- Kartierung der Abspülformen
- Schädigungsgrad der Hangflächen im bebauten Gebiet
- Mächtigkeit des schwarzen Horizontes

ist eine Möglichkeit gegeben, sämtliche Formen der linearen und flächenhaften Bodenerosion (Fig. 4) aufzuzeigen und ebenso die Dringlichkeiten für Schutzmaßnahmen zu differenzieren.

Unbebautes Gebiet

Als unbebautes Gebiet werden diejenigen Flächen bezeichnet, die nicht durch den Pflug bearbeitet werden; es sind also die Wald- und Weidegebiete im hintern Teil des Obern Jinbar-Tales.

Außer einigen *Viehtritten,* ausgetretenen *Bachübergängen* und *Quellen* ist in diesem Teil des Untersuchungsgebietes keine Bodenerosion sichtbar, da schädigender Einfluß von Mensch und Haustier zu gering ist. Eine dichte Vegetationsdecke (Gebirgssteppe und Erika-Wald) schützt die bestehende Bodenschicht. Hier muß demzufolge die Mächtigkeit des obersten, schwarzen Horizontes noch natürlich sein, kann also als Referenz dienen, um festzustellen, ob im vordern, bebauten Gebiet eine Reduktion dieses Horizontes stattgefunden hat.

Eine genaue Kenntnis der Mächtigkeit der schwarzen Erde im unbebauten Gebiet soll Abhängigkeiten von der Höhe ü. M., Exposition des Hanges, Hangform, Neigung und Vegetationsbedeckung aufzeigen. Zu diesem Zwecke wurden mit einem halboffenen, dünnen Stechzylinder *(Bohrstock,* modifiziert nach Geobot. Institut ETHZ) an möglichst repräsentativen Stellen etwa 200 Bodenproben genommen und die Tiefe des schwarzen Horizontes gemessen (vgl. Kartenlegende: Stechpunkte). Diese Werte wurden dann in einer Reihe von Diagrammen mit den obgenannten mitgemessenen Faktoren ausgewertet (vgl. HURNI, 1975: 30–36).

Resultate:

Zusammenhang zwischen Tiefe des schwarzen Horizontes und der *Höhe ü. M.:* 175 der 200 Bodenproben haben Tiefen zwischen 50 und 100 cm, 100 davon liegen zwischen 60 und 80 cm Tiefe. Zwischen 3400 und 3800 m ü. M., wo fast alle Proben genommen wurden, ist *keine* Abhängigkeit der Tiefe von der Höhe ü. M. feststellbar. Im arithmetischen Mittel ergibt sich für das unbebaute Gebiet eine Tiefe von 68 cm.

Zusammenhang zwischen Tiefe des schwarzen Horizontes und der *Exposition des Hanges:* Die Hänge wurden in acht Expositionssektoren (N, NW, W usw.) unterteilt. NE-Hänge sind im Obern Jinbar-Tal wenig vertreten, so daß nur eine der zufällig verteilten Bodenproben in diesen Sektor fällt. Abhängigkeit der Bodentiefe von der Exposition ist *keine* feststellbar, die arithmetischen Mittel der Tiefen in den einzelnen Sektoren weichen höchstens um 3 cm von 68 cm (Gesamtmittel) ab.

Zusammenhang zwischen mittlerer Tiefe des schwarzen Horizontes und der *Form des Hanges:* Die Form eines Hanges wurde nach 5 Gruppen klassiert (Fig. 5):
- Stark konvexe Hangform im Längs- und/oder Querprofil (Hügel, Rippen, Kanten)
- Konvexe Hangform im Längs- und/oder Querprofil
- ± gestreckte Hangform
- Konkave Hangform im Längs- und/oder Querprofil
- Stark konkave Hangform im Längs- und/oder Querprofil (Mulden, Dellen).

Eine *Abhängigkeit* der Bodentiefe von der Hangform ist unzweifelhaft in großer Ausgeprägtheit vorhanden, variieren doch die Mittelwerte zwischen stark konvexer und stark konkaver Hangform um mehr als 28 cm.

Zusammenhang zwischen Tiefe des schwarzen Horizontes und *Neigung des Hanges:* Bis zu 15° Neigung ist *keine* Abhängigkeit feststellbar. Bei größerer Steil-

1

2

3

heit (16-31°) nimmt die senkrecht zur Bodenoberfläche gemessene Tiefe natürlicherweise langsam ab. Mittelwerte: 0-15°: 71 cm; 16-31°: 61 cm.
Zusammenhang zwischen Tiefe des schwarzen Horizontes und der *Vegetation:* Es wurde nur unterschieden zwischen Waldgebiet und offenem Grasland. Für beide Gebiete ergibt sich das gleiche Mittel von 68 cm (71 und 125 Bodenproben).

Bebautes Gebiet

Im untern Teil des Tales, unterhalb der Siedlung Gich (vgl. Karte: Rundhäuser, dargestellt durch schwarze Punkte) und auf der gegenüberliegenden Talseite wird die *gesamte Fläche* als Äcker für Gerstenfelder gepflügt. Dieses bebaute Gebiet ist in der Karte durch die vier Farbstufen gelb bis rot dargestellt.
Wie zu Beginn dieses Kapitels gesagt worden ist, wurde versucht, den Schädigungsgrad von einzelnen Flächen gesamtheitlich zu beurteilen. Eine bis ins kleinste detaillierte Kartierung der Schäden war unmöglich, da die zerstörten Flächen oft nur sehr klein waren und bunt durchmischt mit Flächen normalen Bodenaufbaus vorkamen. Das bebaute Gebiet wurde darum in Flächeneinheiten eingeteilt, die in ihrer Struktur möglichst gleichmäßig aufgebaut und mindestens 600 m² groß waren. Jede dieser Flächeneinheiten sollte dann einzeln nach ihrer Schädigung durch Bodenerosion (vor allem lineare Formen wie Abflußrinnen und Schluchten, erodierte Flächen) beurteilt werden. Als beste Lösung bot sich die Methode an, festzustellen, wie groß der Flächenanteil derjenigen Stücke einer Flächeneinheit war, in denen die *Bodenhorizontierung* zwischen schwarzer und brauner Erde noch unzerstört (weder erodiert noch umgelagert), der Bodenaufbau also noch natürlich war (abgesehen von einer Reduktion des schwarzen Horizontes von oben her). Dieser Anteil an unzerstörter Horizontierung konnte - wie auch der übrige, zerstörte Anteil - in Prozenten der gesamten beurteilten Flächeneinheit geschätzt werden. Beispiel:
Betrug der Anteil an natürlicher Horizontierung weniger als 40% der gesamten Flächeneinheit, mit andern Worten: War über 60% der Fläche in ihrem natürlichen Bodenaufbau zerstört, so wurde die ganze Fläche als *sehr schwer geschädigt* eingestuft. Analog die andern Schädigungsklassen: schwer, mäßig und gering geschädigte Flächen.
In dieser Weise wurde das gesamte bebaute Gebiet in Einheiten eingeteilt, die jede für sich klassiert wurde. Auf der Karte wurden dann diejenigen Flächen zusammengefaßt, die in der gleichen Schädigungsklasse waren und nebeneinander lagen.
In Gebieten geringer Schädigung (gelbe Flächen), wo höchstens ein Fünftel des natürlichen Bodenprofils zerstört war, konnte zudem die Mächtigkeit des schwarzen Horizontes flächenhaft dargestellt werden, da dort noch große zusammenhängende Flächen ohne Schädigung vorkommen. Die 300 gemessenen Bodenprofile wie im unbebauten Teil auf der Karte einzeln einzutragen, war kartographisch nicht möglich (Überbelastung der Karte).

Mächtigkeit des schwarzen Horizontes

Bodentiefen wurden im unbebauten hintern Teil und in den gering geschädigten Flächen des bebauten vordern Teils in repräsentativer Verteilung gemessen. Messungen in den mäßig bis sehr schwer geschädigten Flächen (dunkelgelb bis rot) des Gerstengebietes konnten nicht gemacht werden, da die natürliche Bodenhorizontierung, die Voraussetzung für Messungen des schwarzen Horizontes, nur sehr kleinflächig und unterschiedlich mächtig vorkommt und die schwarze Erde zudem oft nicht von Akkumulationen unterschieden werden kann.
Gesetzmäßigkeiten über die Mächtigkeit des schwarzen Horizontes wurden für den unbebauten Teil des Tales anhand von Diagrammen festgestellt. Sie besagen, daß die Mächtigkeit des schwarzen Horizontes *nicht direkt* zusammenhängt mit der Höhe über Meer, der Exposition des Hanges, der Vegetation und *nur gering* zusammenhängt mit der Hangneigung, *wohl aber* mit der *Hangform.*
Mit Hilfe dieser Messungen und deren Auswertung konnte die Bodentiefe der schwarzen Erde für die gesamte obgenannte Fläche *interpoliert* und in vier Stufen: Über 80 cm, 40-60 cm und unter 40 cm, dargestellt werden.
Im Gegensatz zum unbebauten Gebiet, wo die einzelnen Meßwerte z. T. recht weit auseinanderliegen (etwa 200 Stechpunkte total), liegen sie im gering geschädigten Teil des bebauten Gebietes etwa dreimal so dicht (300 Stechpunkte auf halber Fläche) und liefern so auch eine größere Genauigkeit für die Interpolation in Flächen.

Geschädigte Stellen

Die Schädigung des Bodens erfährt dort ein Maximum, wo das ganze Profil bis zum anstehenden Gestein abgetragen wurde. Aus diesem Grunde erhielten die Stellen, die *bis zum Anstehenden erodiert* worden waren, die stärkste Farbe und wurden flächentreu kartiert. Breite Schluchten sind mit gleicher Farbe als dicke Linien eingetragen.
Nur im bebauten Gebiet, das durch den Pflug bearbeitet wird, kommen *ausgedünnte Stellen durchmischter Horizontierung zwischen schwarzer und brauner Erde* vor. Ausgedünnt deshalb, weil die Mächtigkeit des schwarzen Horizontes bis auf ca. 30 cm abnimmt, um dann in eine braun-schwarz gefärbte Erde mit kleinen Geröllen aus dem braunen Horizont überzugehen (Fig. 6).
Solche Stellen variieren zwischen 100 und 400 m² Fläche und treten meist auf konvexen Kuppen, Rippen und Kanten auf. Eine Erklärung ist einfach:
An konvexen Stellen ist die Bodenmächtigkeit schon primär gering gewesen. Auch die Austrocknung ist hier gegenüber den konkaven Formen größer und bewirkt dadurch eine schnellere und tiefere Lockerung der Bodenstruktur. Dies wiederum erleichtert einen Abtrag durch Wind und Wasser. Oftmals konnten an solchen Stellen an trockenen Tagen feine Staubwolken beobachtet werden, die vom Wind aufgewirbelt worden waren. Die gelockerte Bodenstruktur förderte auch den Abtragungsprozeß bei Regenfällen. Sinkt die Mächtigkeit des schwarzen Horizontes unter 25 cm, so greift der Pflughorizont bis in den braunen Horizont und zuletzt bis ins Anstehende. Mit der Vermischung der Horizonte gelangt das Bodenskelett des braunen Horizontes bis an die Oberfläche. Solchen Stellen kommt als Auslöser von Bodenschädigungen große Bedeutung zu. In den sehr schwer geschädigten (roten) Flächen auf der Karte erübrigt sich die Kartierung dieser Stellen, da ohnehin der größte Teil der Fläche durchmischt ist.
Unterhalb der großen Abspülflächen, meist an Stellen, wo die konkave Hangform überwiegt, liegen große, flächenhafte *Akkumulationen* des Materials, das oben abgetragen wurde. Je nach dem Grad der Abspülung sind die Akkumulationsprofile gegliedert in schwarze, braune und steinige Horizonte mit allen Mischformen sowohl vertikal wie lateral. Die Mächtigkeiten sind unterschiedlich und bewegen sich zwischen 10 cm und 3 m. Manchmal konnten an der Basis der Profile Spuren der ursprünglichen Bodenbildung vermutet werden. Viele Akkumulationsflächen sind durchzogen von schluchtartigen Abflußrinnen, die sich rückwärts einerodieren. Andere Abflußrinnen von oben münden auf den Flächen aus und sind nicht weiter verfolgbar. Auf der Karte werden die Akkumulationen durch braune Punkte charakterisiert und flächenhaft dargestellt.
Ausgetretene Viehpfade wurden nur dort eingetragen, wo sie als Wassersammler oder Abflußrinnen für die Bodenerosion von Bedeutung sind.
Bachübergänge und *Quellen mit Tränke* sind durch die Rinder bedingte Ansatzstellen für Bodenerosion. Die Größe der Schädigung wird einerseits durch die in den Boden eingetretene *Tiefe* (bis brauner Horizont oder bis Anstehendes), andererseits durch ihr flächenmäßiges *Ausmaß* charakterisiert. Es wird in späteren Jahren einmal interessant sein, zu vergleichen, ob sich die Bachübergänge oder Quellen vertiefen oder vergrößern. Mit 200 m² Fläche wurde darum ein Maß gewählt, das für viele Bachübergänge bald einmal zum Grenzwert werden kann, da sie ihn heute schon fast erreichen.

Interpretation der Karte

Wichtiger Faktor für das Auftreten von Bodenerosion ist der Mensch mit seiner Feldbautechnik und Viehhaltung. Im Bereich der Äcker tritt eine große Konzentration von Schäden auf. Im Weidegebiet verursacht das Vieh lineare Bodenerosionsschäden von geringerer Bedeutung.
Die Bodenerosionskarte von Semien soll vielen Forderungen genügen:

- Die bisher entstandenen Schäden werden möglichst genau festgehalten, um in späteren Jahren mit dem *Stand 1974* vergleichen zu können.
- Die Karte zeigt funktionale Zusammenhänge von einzelnen Faktoren mit Bodenerosion, wie z. B. Exposition, Neigung, Vegetation, Hangform, Abflußrinnen, woraus die *Anfälligkeit* eines Hanges für Bodenerosion geschätzt werden kann.
- Werden größere Gebiete mit dem *Luftbild* auf Bodenerosion untersucht, so dient für Semien die bestehende Karte als Vorbild und Vergleichsmaßstab.

- Sie ist wichtige Grundlage für *Schutzmaßnahmen* gegen die Abspülschäden.

Zu diesen Forderungen trägt jeder der drei Themenkreise: *Abspülformen, Mächtigkeit des schwarzen Horizontes, Schädigungsgrad der einzelnen Flächen* etwas bei.

Abspülformen

Geschädigte Stellen, die bis zum Anstehenden erodiert sind, können für sich ein Maß für die gesamte Schädigung darstellen. Betrachtet man nur die dunkelrote Farbe, so ist deutlich eine Konzentration in den sehr schwer geschädigten Flächen abgezeichnet. Solche im Gelände helle Flecken können aber auch ziemlich gut im Luftbild (Maßstab ca. 1 : 50 000) abgegrenzt und vom natürlich anstehenden Basalt unterschieden werden. Es besteht also die Möglichkeit, mit Hilfe des Luftbildes die Schädigung durch Bodenerosion festzustellen und zu unterscheiden.

Überall dort, wo Abflußrinnen auf konvexer bis gestreckter Hangform vorkommen, befinden sich geschädigte Flächen. Das Auftreten von solchen Rinnen allein genügt also bereits, ohne detailliertere Untersuchungen geschädigte Flächen auszumachen.

Das bebaute Gebiet südlich des Jinbar-Flusses weist weniger Schädigungen auf. Vermutlich ist eine wesentlich kürzere Bearbeitungszeit als auf der andern Seite die Ursache, weil hier das Bedürfnis nach Ackerflächen später auftrat. Die Bodenerosionsformen sind also noch jünger und teilweise erst in der Entstehung begriffen. Eine morphogenetische Entwicklung ist also direkt aus der Karte ablesbar. Es entstehen der Reihe nach:

1. Ausbräunungen: An konvexen Stellen entstehen wegen der geringeren Mächtigkeit des schwarzen Horizontes, der schnelleren Austrocknung und dem fortwährenden Durchpflügen *Flächen durchmischter Horizontierung.*
2. Mit der Zeit entstehen dort kleine Flecken, die bis zum Anstehenden erodiert sind. Bei Niederschlägen nimmt das anstehende Gestein nur noch sehr wenig Wasser auf. Mit der Menge Oberflächenwasser nimmt auch dessen Bewegungsenergie wegen der größeren Masse stark zu. *Kräftige Erosion* ist die Folge.
3. Liegt die ausgebräunte Stelle an einer mehr oder weniger horizontalen Hangkante, so weitet sich die Erosionsstelle lateral auf beide Seiten stark aus, es entsteht wegen der zusammenfassenden Abflußrinnen eine *Trichterform.*
4. In konkaven Hängen verlangsamt sich der Abfluß, das mitgeführte Bodenmaterial wird abgelagert, es bilden sich, zusammen mit der Erosion im obern, *Akkumulationen* im untern Hangteil.
5. Wo der Boden tiefgründig genug ist, vor allem in Akkumulationsgebieten, beginnen sich vor- oder rückschreitend *Schluchten* einzufressen.

Mächtigkeit des schwarzen Horizontes

Wir kennen die durchschnittliche Bodentiefe im unbebauten und *nicht geschädigten* Gebiet: 68 cm. Abhängigkeiten existieren dort nur in Bezug auf die Hangform. Um festzustellen, ob im gering geschädigten Teil des bebauten Gebietes *Denudation,* d. h. flächenmäßige Reduktion der obersten Bodenschicht vorkommt, genügt die Karte nicht ganz. Um eine so differenzierte Abnahme der Mächtigkeit festzustellen, benötigt man die Messungen der Bodenprofile und ihrer beeinflussenden Faktoren.

Ein Diagramm mit der Tiefe des schwarzen Horizontes und der Exposition zeigt interessante Zusammenhänge (Fig. 7).

In den Expositionen S, SE, E und NE treten sehr wenige Messungen auf. S-, SE- und E-Hänge, die im Gelände häufig vertreten sind, haben also fast keine Flächen mit geringer Schädigung, sind also *extrem erosionsgefährdet.*

Die Verteilung der Bodentiefen in den übrigen Sektoren zusammen mit der mittleren Tiefe von 71 cm zeigt, daß aus diesem Diagramm für die Expositionen SW bis N *keine Denudation* ablesbar ist. Ob die Schlußfolgerung stimmt, daß nur lineare Erosion vorkommt, nicht aber flächenhafte, können nur genaue Abschwemm-Messungen während der Regenzeit zeigen.

Schädigungsgrad der Flächen

Der größte Teil der Flächen, die über 20% zerstört sind, sind S- bis E-orientiert. Besonders auffällig ist diese Tatsache in den Seitentälern, die von Gich her nach Süden entwässern: Die W-Hänge sind von flächenhafter Zerstörung verschont geblieben, während die E-Hänge fast völlig mit Abflußtrichterformen und -rinnen bedeckt sind. Auslösende Faktoren sind meist *horizontale Hangkanten,* an denen entlang die Erosion einsetzt: *Neigungsänderungen* in den Hängen fallen

meist zusammen mit Grenzen zwischen Flächen unterschiedlicher Schädigung.
Flachere Hänge sind meist weniger stark zerstört als steile. Oft wirken auch Wege und Viehtritte als Auslöser eines stark erodierten Hanges.

Schutzmaßnahmen

Bis jetzt eingeleitete Maßnahmen

Die Bevölkerung von Gich hat begonnen, sich in einigen Hängen mit ganz primitiven Mitteln recht wirkungsvoll gegen die Bodenerosion zu schützen:

- Wasserfangfurchen:
  In einigen Feldern wird das Oberflächenwasser in schräg abwärts laufenden Furchen gesammelt und zur nächsten Abflußrinne geführt. Diese primitive Maßnahme ist in Gebieten höheren Schädigungsgrades nicht mehr durchführbar, da die senkrecht zum Hang verlaufenden Abflußrinnen zahlreich und dominant sind.
- Büsche:
  Sehr stark geschädigte, nicht mehr gepflügte Flächen werden natürlich überwachsen mit Büschen, die mit ihrem Wurzelwerk im Boden sofort stabilisierend wirken und weitere Schädigungen verkleinern. Bis jetzt findet man sie aber nur an Stellen, wo eine Bebauung gar nicht mehr möglich war.

Möglichkeiten für Schutzmaßnahmen

Die aufgezählten Maßnahmen sind unvollständig und sollen nur als Anregung dienen.

- Wasserfangfurchen:
  Wenn sie zahlreich genug sind, so können sie einen großen Teil der Energie des Oberflächenwassers auffangen.
- Buschreihen:
  Ein häufiger Wechsel zwischen Buschreihen und Ackerflächen verhindert lange, energiereiche Erosionsrinnen. Vor allem sollten sämtliche konvexen Stellen, die am stärksten anfällig sind, mit Büschen bepflanzt werden.
- Terrassierung:
  Wegen des steilen Geländes wäre eine enge Terrassierung notwendig, die aus Mauern aufgeschichteter Steine besteht. Dies ist sehr arbeitsintensiv, aber auch erfolgversprechend.
- Dämme:
  Abflußschluchten können mit Steindämmen (wie Wildbachverbauungen) in ihrer Erosionskraft gebremst werden.
- Wegkorrektur:
  Vielbegangene Wege, die meist fast senkrecht über Hänge hinunterführen, müßten wie die Abflußrinnen Stufen erhalten, um das abfließende Wasser zu bremsen.

Literaturverzeichnis

BENNET, H. H., 1939: Soil Conservation. New York, London

BENNET, H. H., 1955: Elements of Soil Conservation. New York, Toronto, London (1. Aufl. 1947)

BUEDEL, J., 1954: Klimamorphologische Arbeiten in Äthiopien im Frühjahr 1953. Erdkunde VIII: 139–156

HURNI, H., 1975: Bodenerosion in Semien, Äthiopien (Oberes Jinbar-Tal). Karte 1 : 25 000. Bibliothek Geogr. Inst., Bern (unpubl.): 74 S.

JUNG, L., 1953: Zur Frage der Nomenklatur erodierter Böden. Mitt. aus dem Inst. für Raumforschung Bonn, H. 20: 61–72

KULS, W. und SEMMEL, A., 1965: Zur Frage pluvialzeitlicher Solifluktionsvorgänge im Hochland von Godjam (Äthiopien). Erdkunde XIX: 292–297

MESSERLI, B., STAEHLI, P. und ZURBUCHEN, M., 1975: Eine topographische Karte aus dem Hochgebirge Semiens, Äthiopien. Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik, H. 1: 27–30

MINUCCI, E., 1938: Ricerche geologiche nella regione del Simien. Vol. 1, R. Acc. Italia, Roma

MOHR, P., 1962: General Report on an Expedition to the Simien Mountains. Bulletin of the Geophysical Observatory, Addis Ababa, 6: 155–167

MOHR, P., 1971: The Geology of Ethiopia. Haile Selassie University Press, Addis Ababa: 268 S.

NILSSON, E., 1940: Ancient Changes of Climate in British East Africa and Abyssinia. Geog. Ann., Stockholm, Vol. 22

NILSSON, E., 1952: Pleistocene Climatic Changes in East Africa. Proc. Pan-African Cong. Prehistory, 1947, Sect. 1, Oxford

RICHTER, G., 1965: Bodenerosion. Schäden und gefährdete Gebiete in der Bundesrepublik Deutschland. Bundesanstalt f. Landeskunde und Raumf., Bad Godesberg

SCHMITT, O., 1952: Grundlagen und Verbreitung der Bodenzerstörung im Rhein-Main-Gebiet mit einer Untersuchung über Bodenzerstörung durch Starkregen im Vorspessart. Frankfurt a. Main, Rhein-Mainische Forschungen, H. 33

SCHULTZE, J. H., 1952: Die Bodenerosion in Thüringen. Gotha. Erg.-Heft Nr. 247 zu Petermanns Geogr. Mitteilungen

SCOTT, H., 1956: Biogeographical Research in High Semien (Northern Ethiopia), 1952–1953. Proc. Linn. Soc. London, 166, 12–13: 90 S.

STEINMETZ, H. J., 1956: Die Nutzungshorizontkarte. Mitt. aus dem Inst. für Raumforschung, H. 20, 2. erweit. Auflage

STUEBNER, K., 1953: Das Luftbild im Dienste geomorphologischer Feinanalyse, insbesondere der Bodenerosionsforschung. Diss. Jena

TROLL, C., 1947/70: Die Formen der Solifluktion und die periglaziale Bodenabtragung. Klimatische Geomorphologie 1947/70: 171–205

TROLL, C.: Das «Backbone of Africa» und die afrikanische Hauptklimascheide. Klimatologische Forsch., H. 17, Bonner Meteo. Abhandl.: 209–222

WERDECKER, J., 1955: Beobachtungen in den Hochländern Äthiopiens auf einer Forschungsreise 1953/54. Erdkunde, H. 4

Kartenverzeichnis

KARTE HOCH-SEMIEN 1 : 50 000: WERDECKER, J., 1967, Erdkunde XXII, 1., Beilage II. Deutsche Forschungsgemeinschaft, München

TOPOGRAPHISCHE KARTE 1 : 25 000: ZURBUCHEN und STAEHLI, 1975

GEOLOGICAL MAP OF ETHIOPIA 1 : 2 000 000: KAZIM, 1973, Ministry of Mines, Addis Ababa