

Bodenabschwemmungen in der Savanna von Bogotá

Mit 5 Abbildungen *

Von WALTER J. SCHMIDT

Der Begriff Bodenerosion (soil erosion) umfaßt sowohl die lineare Abtragung durch fließendes Wasser in einzelnen Gerinnen (lineare Erosion) als auch die flächenhafte Abtragung durch Überspülung, als mehr oder weniger unmittelbare Folge von Niederschlägen (Bodenabschwemmung, Flächenspülung). Naturgemäß greifen beide Vorgänge, lineare und flächenhafte Erosion weitgehend ineinander¹.

Während aber die lineare Zerschneidung auch in kleineren Ausmaßen immer deutlich in Erscheinung tritt, ist die flächenhafte Bodenabschwemmung unmittelbar meist nicht deutlich sichtbar, oft überhaupt nur an Sekundärererscheinungen² oder erst bei ganz zielbewußter, länger andauernder Beobachtung.

Eine Ausnahme davon machen manche Bereiche der Savanna von Bogotá, wo die Bodenabschwemmungen mitunter ein solches Ausmaß erreichen, daß förmlich eine Schälung der Erdoberfläche auftritt, besonders deutlich in den Anfangsstadien durch die völlige Entfernung der Vegetationsdecke, einschließlich des Mutterbodens. Es entstehen dann Formen, wie sie die Abbildungen 2—5 zeigen. Die vollständige Entfernung der Pflanzendecke und des Mutterbodens ist deshalb leicht möglich, weil es sich meist nur um eine sehr dünne Rasenschicht handelt und bereits in wenig mehr als 1 Dezimeter Tiefe der Untergrund kaum mehr von der Bodenbildung erfaßt ist. Es deutet letzteres — abgesehen von den allgemeinen für die Vegetation und Bodenbildung nicht gerade günstigen Verhältnissen — darauf hin, daß auch dann, wenn die Flächenspülung kein so unmittelbares sichtbares Ausmaß wie bei der völligen Zerstörung der Pflanzendecke erreicht, sie dennoch ständig mit beträchtlicher Intensität am Werke ist.

Bei der Savanna von Bogotá handelt es sich um ein zwischen 2500 und 3000 m Seehöhe liegendes Hochland innerhalb der kolumbianischen Ostkordillere, größtenteils bedeckt mit überaus mächtigen (bis zu einigen hundert Metern) quartären Ablagerungen, hauptsächlich aus Tonen und Sanden bestehend. Es ist nicht verwunderlich, daß bei den noch zu erörternden klimatischen Verhältnissen die Abtragung in den mächtigen Lockermassen ein extremes Ausmaß erreicht, wobei besonders in Gebieten mit vorherrschender Wechsellagerung von Mischtonen und Sanden oft geradezu bizarre Landschaftsformen entstehen (siehe Abb. 1 oder die Abbildungen bei W. J. SCHMIDT 1955 b, 1956).

* Die Klischees wurden vom Verf. z. T. selbst beigelegt.

¹ H. WILHELMY (1954) berichtet aus den Trockengebieten am Nordrand Südamerikas, daß die Flächenspülung gegenüber der linearen Erosion allgemein vorherrsche. Infolge der zu kurzen Beobachtungszeit (3 Monate) ist mir eine Stellungnahme diesbezüglich für das doch auch klimatisch sehr unterschiedliche Gebiet der Savanna von Bogotá nicht möglich. Es sprechen jedoch manche Anzeichen dafür, daß es sich hier zumindest in manchen Bereichen ähnlich verhält.

² Z. B. an dem scheinbaren Stillstand der Bodenentwicklung, schön sichtbar an vielen niederösterreichischen Lößhängen, wo sich Lößbrohböden dauernd erhalten. Dies ist dadurch bedingt, daß die in Veränderung begriffenen obersten Bodenschichten an den meist als Weingärten genutzten und daher weitgehend ohne Vegetationsschutz befindlichen Hängen ständig weggespült werden.

Der Mensch ist übrigens auch hier, in diesen landwirtschaftlich nur wenig genutzten Gebieten (heute bestenfalls Viehweiden) an den entstehenden Schäden nicht unschuldig, da die ursprünglichen Waldbestände meist durch Brandrodung weitgehend vernichtet wurden. Denn es zeigt sich ganz deutlich, daß die Schäden nur auf Rasenflächen auftreten und schon vereinzelt Buschwerk jeweils eine Widerstandsinsel darstellt. Die vielfach übliche Branddüngung schafft überdies heute noch immer wieder neue, leicht verwundbare Stellen.

Von bedeutendem Einfluß ist die Art der Niederschläge, die vielfach in Form heftiger Regengüsse³, niedergehen. Dazwischen liegen Trockenzeiten, die für die Vegetation ebenso hinderlich sind (eine extreme Austrocknung erfolgt in diesem Höhenbereich allerdings kaum, da fallweise immer wieder Feinregen, Schauer oder zumindest Nebel auftreten). Die Grasnarbe wird stellenweise bei einem einzigen solchen Regenguß vollkommen zerrissen und weggeführt. Es zeigt sich also, daß die durch den Menschen veränderte Vegetationsdecke zum Schutz vor Flächenspülung nicht ausreicht. Wohl aber kann dies für das ursprüngliche Waldkleid, die „montes“, angenommen werden.

Die Entstehung bzw. das Fortschreiten der Vegetationszerstörung kann während eines heftigen Platzregens mit dem Auge verfolgt werden. Den Anstoß gibt immer eine Verletzung der Grasnarbe, sei es eine schon vorhandene oder neu entstehende: als Folge der linearen Erosion, einer Rutschung, von Stein-schlag, von durch Tiere hervorgerufenen Beschädigungen oder auch nur an einer Schwächestelle der Vegetation. Die weitere Abschwemmung des Untergrundes ist allerdings nur mehr messend zu erfassen. Die Abtragungswerte schwanken außerordentlich, je nach den örtlichen Gegebenheiten. Während einer zweimonatigen Beobachtungszeit (Juli—August 1953, relativ trockene Monate) betrug die extremste beobachtete Abtragung durch reine Flächenspülung 12 cm (bei Mosquera, auf reinem Illit. Hangneigung 20° nach Nordost). Die meisten Werte lagen allerdings wesentlich niedriger, im Durchschnitt bei 2 cm. Allgemeine Schlußfolgerungen möchte ich aus diesen Messungen nicht ziehen, weil sie sowohl zeitlich zu kurz als auch räumlich zu wenig systematisch verteilt waren.

Bezeichnenderweise bleiben auch nach der Zerstörung der Vegetationsdecke durch Flächenspülung die Oberflächenformen gerundet; scharfe Formen lassen sich immer auf lineare Erosion zurückführen. Allerdings macht sich wohl auch etwas der Einfluß der Materialeigenschaften des Untergrundes bemerkbar.

Die extremsten Erscheinungen der Bodenabschwemmung sind überhaupt auf bestimmte Sedimente beschränkt und zwar vor allem auf illitische und lateritische Tone⁴, während sich in den übrigen Gesteinen auch die lineare Erosion deutlicher bemerkbar macht (siehe z. B. Abb. 2 und 3).

³ Feinregen, der in den höheren Bereichen mehr über das ganze Jahr verteilt ist, wirkt sich in Übereinstimmung mit den Beobachtungen von H. WILHELMY (1954) aus den nördlichen Küstengebieten, hinsichtlich der Bodenerosion kaum unmittelbar aus.

⁴ Bei den Illiten handelt es sich um sog. „Glimmerähnliche Tonminerale“, d. h. um solche, die in Zusammensetzung, Bau und Eigenschaften sowohl an die eigentlichen Tonminerale als auch an Glimmer erinnern, bzw. die auch tatsächlich die Übergangsglieder sowohl in auf- als auch in absteigender Richtung zwischen den Tonmineralen und den gesteinsbildenden Silikaten darstellen. Letztere Gruppe darf meiner Meinung nach keineswegs auf Glimmer allein beschränkt werden, sondern umfaßt zumindest auch Feldspate, wahrscheinlich noch Hornblenden, Chlorite, Augite und ähnliche Silikate. Die Entwicklung dürfte dabei keineswegs zwangsläufig und in allen Fällen über die tatsächliche Ausbildung von Glimmer führen. Ungeklärt scheint noch die Art und die Ursache der Aufspaltung in die (bzw. der Herkunft von den) beiden großen Gruppen der Tonminerale, Zweischichtminerale (Montmorine) und Dreischichtminerale (Kaoline). Verbindungen zu beiden Gruppen scheinen vorhanden zu sein.

In ihren Eigenschaften, vor allem hinsichtlich Ionenumtauschvermögen und Quellvermögen, stehen die Illite zwischen den Kaolinen und Kalziummontmorinen, jedoch näher den ersteren.

Für die Herkunft der Illite in der Savanna von Bogotá gibt es zwei Möglichkeiten. Entweder die Ableitung von vulkanischen Aschen, deren Umwandlung zu den eigentlichen Tonmineralen nicht genügend weit fortgeschritten ist oder von in aufwärtssteigender Umwandlung befindlichen schlammigen, hauptsächlich kaolinischen Sedimenten. Die Lagerungsverhältnisse (vielfach von der Horizontalen in einer solchen Weise abweichend, daß die Annahme nachträglicher Verstellungen ausgeschlossen ist) und der häufige allmähliche Übergang in noch wenig veränderte tuffitische Ablagerungen scheinen dabei mehr auf die erstere Möglichkeit hinzuweisen, aber sicher gibt es bei manchen Vorkommen zumindest Kombinationen, sodaß jedenfalls ein einheitlicher Entstehungsvorgang nicht angenommen werden kann. Dazu ist auch die geologische Position der einzelnen Vorkommen zu unterschiedlich.

Für die vorliegenden Ausführungen ist von den Eigenschaften der Illite besonders wichtig das Quellvermögen, das (Methode ENSLIN) bei allen Vorkommen zwischen 100 und 110% liegt, ein Wert, der auch bei österreichischen Illiten (Fehring, W. J. SCHMIDT u. P. WIEDEN 1956; Ischl, W. J. SCHMIDT 1955 c) gefunden wurde. Praktisch bedeutet dies, daß sich bei genügender und genügend langer Wasserzufuhr das Volumen gegenüber der trockenen Substanz auf etwa das Doppelte vergrößert. Allerdings ist für die zur Diskussion stehenden Gebiete, wie erwähnt, niemals eine vollständige Austrocknung der gesamten Horizonte anzunehmen, daher können auch die Volumschwankungen kein solches Ausmaß erreichen (vor allem in den oberflächenferneren Teilen mit gleichmäßigem Wassergehalt ist mit einem konstanten Volumen zu rechnen). Aber zumindest in den obersten und dem Wechsel der Witterung ausgesetzten Partien muß man doch mit erheblichen Unterschieden rechnen, die sich beim Austrocknen im Entstehen zahlreicher, allgemein verteilter Trockenrisse bzw. in den Gebiete, wie erwähnt, niemals eine vollständige Austrocknung der gesamten einer allgemeinen Auflockerung äußern, verstärkt durch eine mechanische Zermürbung als Folge der raschen und bedeutenden Temperaturschwankungen, wodurch dann wieder bei der Durchfeuchtung ein rasches und gleichmäßiges Eindringen des Wassers und damit ein rascher und völliger Zerfall des Bodens eintritt.

Trockene Illitproben, in Form kleinerer oder größerer Brocken, mit Wasser übergossen, zerfallen rasch und vollständig, ohne daß eine mechanische Nachhilfe nötig wäre.

Niederschläge auf einem illitischen Untergrund werden daher weder versickern — auch weil die Trockenrisse ja nicht tief reichen — noch oberflächlich abfließen, sondern von den obersten Partien aufgesaugt werden und dort eine mehr oder weniger völlige Auflösung in einzelne Mineralpartikelchen bewirken, unter entsprechender Volumsvermehrung. Bei weiterer Feuchtigkeitszufuhr bildet sich dann ein sehr beweglicher Brei, der auch entlang kleinster Neigungen abfließt.

Bei einer folgenden Austrocknung entsteht nicht etwa ein loses, der Windabtragung leicht zum Opfer fallendes Mineralpulver, sondern die einzelnen Teilchen vereinigen sich wieder zu größeren Komplexen. Auch dieses Verhalten steht in deutlichem Gegensatz zu sandigen oder kaolinischen Horizonten, wo Deflationserscheinungen häufig auftreten.

Leider sind größere Gebiete mit reinem oder doch vorwiegend bentonitischem Untergrund, die zum Vergleich herangezogen werden könnten, in der Savanna von Bogotá bisher nicht bekannt. In Konsequenz der mitgeteilten Beobachtun-

gen und ihrer Deutung, müßte die Flächenspülung bei diesen Materialien jedoch eine noch stärkere Auswirkung zeigen.

Wahrscheinlich handelt es sich auch bei den lateritischen Tonen um veränderte Illite, wobei die Veränderungen im Wesentlichen durch Einflüsse der Verwitterung und Bodenbildung bzw. damit zusammenhängende Umlagerungsvorgänge bedingt wären. Auffallend ist, daß solche lateritische Horizonte keineswegs immer eine horizontale oder der Oberfläche parallele Lagerung aufweisen. Es deutet dies darauf hin, daß auch das Grundwasser selbst und seine Bewegungen bzw. die dadurch bedingten Lösungsvorgänge und Umlagerungen einen maßgeblichen Einfluß haben ⁵.

Die rezente Bodenbildung in diesem Bereich weist übrigens vorwiegend eine podsolige Dynamik auf ⁶, unter Ausbildung eines meist tiefschwarzen A_1 -Horizontes und eines intensiv gebleichten A_2 -Horizontes, während die B-Horizonte oft nur recht undeutlich in Erscheinung treten.

Daß es sich bei den lateritischen Horizonten um ein prinzipiell und schon primär unterschiedliches Sediment handelt, ist nicht wahrscheinlich, da sich sowohl kontinuierliche Übergänge zu den meist unterlagernden Illiten ergeben, als auch innerhalb der lateritischen Horizonte normale Illitpartien (ebenfalls kontinuierlich übergehend) vorhanden sind.

Zusätzliche Tonminerale ließen sich neben dem Illit nicht nachweisen, jedoch ist immer ein größerer oder kleinerer Anteil von Gibbsite vorhanden. Der Eisengehalt findet sich vor allem in Form von Goethithäutchen.

Eine stärkere Verkittung gegenüber den reinen Illiten ist nicht festzustellen, im Gegenteil, es ist häufig ein intensiverer, bröckeliger Zerfall zu beobachten. Während man bei den Illiten schon sehr nahe der Oberfläche größere feste Brocken entnehmen kann, ist dies bei lateritischem Material nicht so leicht möglich. Es steht dies vielleicht auch im Zusammenhang mit der meist etwas stärkeren Durchfeuchtung der lateritischen Horizonte.

Alle Anzeichen deuten jedenfalls darauf hin, daß eine relative Anreicherung und Isolierung der Tonerde durch Wegfuhr der Kieselsäure erfolgte und eine absolute Anreicherung der Eisenoxyde (verbunden mit einer Aufoxydierung) durch Zufuhr aus benachbarten, meist hangenden Horizonten.

Es ergibt sich somit zusammenfassend, daß die extremen Formen der reinen Bodenabschwemmung (flächenhafte Erosion), beginnend mit der vollständigen und gleichmäßigen Abschälung der Vegetationsdecke und unter Beibehaltung der gerundeten Oberflächenformen auch bei weiterem Fortschritt der Abspülung, besonders auf illitischem Untergrund auftreten. Bei Sanden, Kieselgur, unverändertem, auch gröberem tuffogenem Lockermaterial, Tonen aus der Kaolin-Gruppe oder starken Beimischungen solchen Materials treten steile und scharfe Erosionsformen sehr rasch in den Vordergrund. Das heißt, die Gesamtmenge des weggeführten Materials ist bei den Illiten demnach zweifellos geringer, sie besitzen einen stärkeren Zusammenhalt (abgesehen von den durch die Vegetation — Bodenbildung — aufgelockerten und veränderten obersten Schichten). Ande-

⁵ Interessante Vergleiche hinsichtlich der Entstehung lateritischer Horizonte erlauben die Verhältnisse in Belgisch-Kongo, worüber kürzlich Prof. Dr. Ing. H. FRANZ im Rahmen eines Vortrages vor der österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft in Wien (26. Jänner 1955) berichtete. Danach handelt es sich bei den dortigen lateritischen Horizonten (von denen in einem Profil mehrere übereinander auftreten) keineswegs um ein allgemeines Endstadium tropischer Böden, sondern um hydromorphe Böden, die ihre Entstehung den Folgeerscheinungen der periodischen Grundwasserstände verdanken.

⁶ Allerdings nicht gerade häufig zu beobachten, denn in den meisten Fällen geht die Entwicklung über einen Rohboden nicht hinaus.

rerseits kommt es aber gerade dadurch zu den besonderen Auswirkungen der flächenhaften Abspülung mit der Herausbildung der auffallenden Oberflächenformen, eben auch, weil die lineare Erosion einen relativ größeren Widerstand vorfindet.

Die Neigungsverhältnisse spielen dabei innerhalb gewisser Grenzen nur eine quantitative Rolle. Erst an Hängen mit über 45° Neigung gewinnt die vom Hangfuß her wirksame lineare Erosion das Übergewicht (Hanganschnitte, Nachstürze, Sackungen). Hingegen treten die beschriebenen flächenhaften Zerstörungen auch an nahezu horizontalen Hängen auf.

Kolumbianische Regierungsstellen sind bemüht, durch eigene Aufforstungen (hauptsächlich Eukalyptus), durch Unterstützung privater Besitzer und entsprechende Aufklärung der Bevölkerung die Schäden so weit als möglich einzudämmen (siehe W. J. SCHMIDT 1955 b).

Literaturhinweise

- GAINES S. H.: Bibliography on soil erosion and soil and water conservation. — Misc. Publ. U. S. Dep. Agric., 312, Washington 1938.
- JACKS G. V. & WHYTE R. O.: Erosion and soil conservation. — Techn. Com. Imp. Bur. Soil Sc., 36, Harpenden 1938.
- KURON H.: Stand und Ziele der Bodenerosionsforschung. — Forschungsdienst (Org. Deutsch. Landwirtschaftswiss.), 2, Neudamm 1936.
- SCHMIDT R. D.: Die Niederschlagsverteilung im andinen Kolumbien. — Bonner Geogr. Abhandl., 9, Bonn 1952.
- SCHMIDT W. J.: Lagerstättenkundliche und geologische Forschungen in Kolumbien. — Mitt. Geol. Ges. Wien, 47, Wien 1955 a.
— Die Bodenzerstörung in der Savanna von Bogotá (Kolumbien). Universum (Nat. u. Techn.), 10, Wien 1955 b.
- Untersuchungen an dem zum Abdämmen verwendeten Leist (Rückstandston) des Ischler Salzbergwerkes. Jahrb. O.-Ö. Musealver., 100, Linz 1955 c.
- Beobachtungen über Erosion und Standfestigkeit im Quartär bei Bogotá. — Wien 1955 c (i. Dr.).
- u. WIEDEN P.: Der Illit von Fehring (Oststeiermark). — Tscherms. Min. Petr. Mitt. (3), 6, Wien 1956.
- VILA P.: Nueva Geografía de Colombia. — Bogotá 1945.
- WILHELMY H.: Die klimamorphologische und pflanzengeographische Entwicklung des Trockengebietes am Nordrand Südamerikas seit dem Pliozän. — Die Erde (Zschr. Ges. Erdkd. Berlin), 6, Berlin 1954.

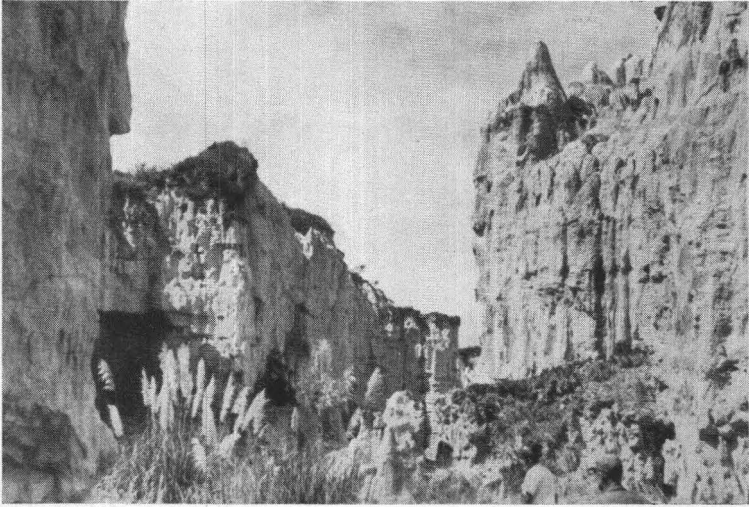


Abb. 1. Erosionsformen bei Santa Lucia. Wechsellagerung von Quarzsand und Mischtonen. Vorherrschen der linearen Erosion.



Abb. 2. Vorherrschende Flächenspülung auf lateritischen Tonen, dahinter lineare Erosion auf sandigem Untergrund. Umgebung von Barroblanco.

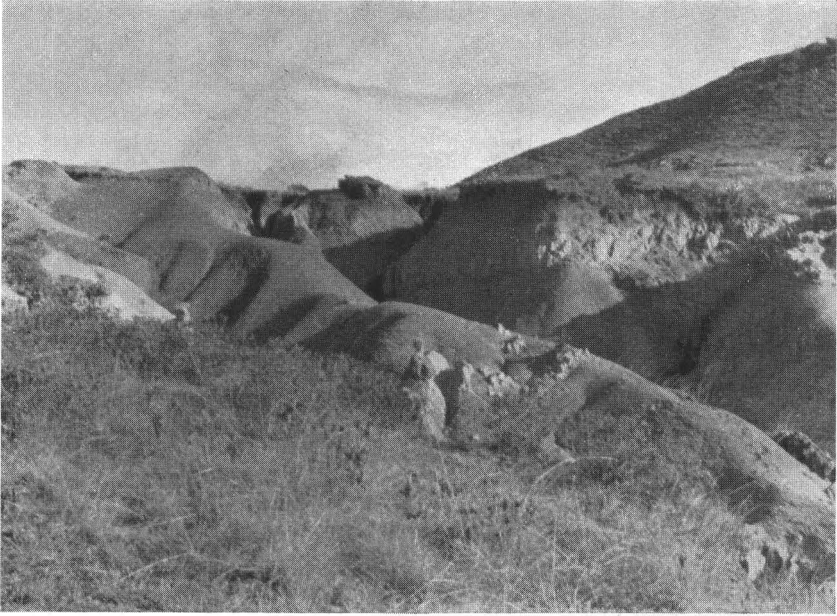


Abb. 3. Vorherrschende Flächenspülung und gerundete Oberflächenformen auf lateritischen Tonen, scharfe Erosionsformen in der überlagernden Serie aus Mischtonen, Quarzsanden und Kieselgur. Umgebung von Barroblanco.



Abb. 4. Flächenspülung auf illitischen Tonen bei Mosquera.

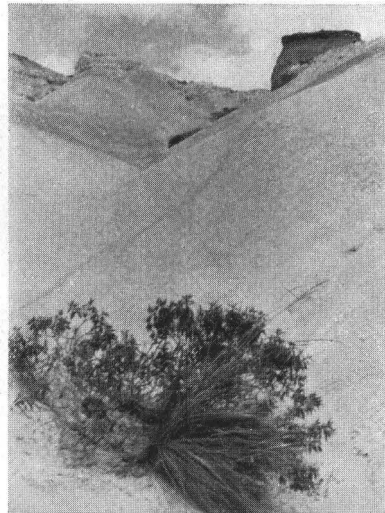


Abb. 5. Extreme Bodenabschwemmung auf reinem Illit bei Mosquera.