

Rezente Solifluktionböden in den Anden

(Zur Frage der Erhaltungsfähigkeit fossiler Solifluktionböden
in prähistorischen Siedlungsschichten, insbesondere in Star Carr)

von Gert Schröder, Arequipa (Peru)

mit Tafel XII

Das Thema „Solifluktion und Strukturböden“ wurde von Troll¹, Büdel² u. a. erschöpfend behandelt, in deren Arbeiten man anhangsweise auch ausführliche Literaturverzeichnisse findet. Zweck dieses Aufsatzes soll deshalb nicht sein, die entsprechenden Vorgänge erneut zu beschreiben, sondern es sollen an Hand einiger auf Tafel XII wiedergegebenen Photos rezente Strukturböden gezeigt und die Möglichkeit ihrer Erhaltung in Horizonten urgeschichtlicher Grabungen erörtert werden.

Während meiner vierjährigen Tätigkeit als Geologe in den Andenhochländern Boliviens und Perus hatte ich mehrfach Gelegenheit, aktive Solifluktionböden, d. h. noch in Bildung und Bewegung befindliche Böden, zu beobachten, und später fiel mir beim Studium der Urgeschichte auf, daß in der Beschreibung von Brodenprofilen steinzeitlicher Siedlungsschichten manche Horizonte, die aus Grobschutt, gemischt mit einer feinkörnigeren Bodenart bestehen, verschiedentlich als ehemalige Solifluktionböden bezeichnet werden. Die Frage, ob es sich dabei wirklich um solche Böden handelt, wäre nicht so entscheidend, wenn nicht gleichzeitig Rückschlüsse auf das Klima der Bildungszeit solcher Schichten geknüpft würden. Mir scheint, daß manche solcher Schlüsse nicht zutreffen, weil man annehmen darf, daß wir im europäischen Raum, von Gebirgsstationen abgesehen, im allgemeinen keine fossilen Strukturböden *in situ* antreffen werden. Wir müssen diese Feststellung allerdings insofern einengen, als sie nur für die oberflächennahe Fließzone gilt, also für Schichten von 10 bis 30 cm Mächtigkeit, nicht aber für tiefer gefrorene sogenannte Würgeböden oder z. B. für einen Löß mit Eiskeilen.

Als Beispiel für eine solche Fehlbewertung eines Horizonts sei das Profil der Grabung der mesolithischen Siedlung von Star Carr³ in England angegeben. Diese Sied-

¹ C. Troll: Strukturböden, Solifluktion u. Frostklimate der Erde. Geolog. Rundschau 34, S. 546—672.

² J. Büdel: Die morphologischen Wirkungen des Eiszeitklimas im gletscherfreien Gebiet. Ebenda, S. 482—519.

³ J. E. D. Clark: Excavations at Star Carr, Cambridge 1954.

lung lag am Rande eines Glazialsees in einer Moränenlandschaft Mittelenglands etwa 5 km westlich der Ostküste in einer Höhe von 30 Meter ü. d. M. Vor der Grabung wurden durch eine Reihe von Bohrungen Profile in verschiedenen Richtungen durch das ehemalige Seebecken gelegt. Als typisches Profil sei hier das der Bohrung A 16, Transect A noch einmal wiedergegeben:

- 0— 25 cm: Gestört.
- 25— 50 cm: Bröckeliger, dunkelbrauner Torf mit wenigen Holzresten.
- 50— 94 cm: Schwarzer, bröckeliger und holziger Torf.
- 94—134 cm: Gelbbrauner Verwitterungslehm mit vielen Stengeln von *Phragmites* und gelegentlichen Holzresten.
- 134—150 cm: Dunkelbrauner, holzreicher Verwitterungslehm mit Samen von *Menyanthes* und Birkenholz.
- 150—215 cm: Dunkelbrauner Lehm mit Holzresten und kleinen *Carices*. Frucht von *Cladium mariscus* bei 170 cm und Samen von *Nymphaea alba* bei 195—215 cm.
- 215—228 cm: Ziemlich feiner grünlicher Schlamm mit *Potamogeton natans*, *Carex* und Früchten von *Schoenoplectus lacustris* und Rhizome und Früchte von *Cladium mariscus*.
- 228—250 cm: Lederbrauner, kalkiger Schlamm mit wenigen kurzen Schilffresten, Resten von *Potamogeton* und Bruchstücken von Muschelschalen.
- 250—270 cm: Lederbrauner, kalkiger Schlamm mit zahlreichen Pflanzenfäden und gelegentlichen Insektenresten.
- 270—282 cm: Grauer Schlamm mit feinem Sand und einigen Pflanzenfäden.
- 282—290 cm: Grobsandiger Ton mit kleinen Kieselsteinen (pebbles).
- 290—296 cm: Blau-grüner sandiger Schlamm mit einem Kieselstein.
- 296—300 cm: Brauner, schlammiger und kalkiger Ton.
- 300—345 cm: Brauner, kalkiger Ton, undeutlich geschichtet.
- 345—386 cm: Fester, blauer und kalkiger Ton.
- 386—396 cm: Blauer Ton mit Muschelschalenresten.
- 396—400 cm: Fester, brauner, schlammiger Ton.
- 400— : Grober Sand und Kies.

Die Bezeichnung der einzelnen Schichten ist nicht sehr genau. Das meistgebrauchte Wort ist einfach „mud“, was sowohl Lehm als auch Schlamm heißen kann. Dies ist aber nicht so wichtig, da die uns interessierende Schicht von 282—290 cm, die „Solifluktionsschicht“, eindeutiger beschrieben wird. Wörtlich heißt es: „Coarsely sandy clay with small pebbles.“ Die Grundmasse ist also ein Ton mit Sand. Ungenau ist dabei nur das Wort „pebbles“. Eigentlich bedeutet es „Kieselsteine“. Handelte es sich aber wirklich um Kieselsteine, dann wäre damit die Solifluktionsschicht schon widerlegt, denn in einer Fließerde wären Kieselsteine durch den Frost in kantige Bruchstücke zerlegt. Das wird später (S. 36) auch durch die Untersuchung des Geologen Penny festgestellt, der aussagt: „Der Kies (also die ‚pebbles‘) besteht aus sehr eckigen Flint- und weniger eckigen Sandsteinen, die alle von lokalem Ursprung sein können.“ Nach dieser Richtigstellung könnte also der Grobschutt, wie die richtige Bezeichnung wohl lauten müßte, recht gut zu einer Solifluktionsschicht gehören. Auch die Schichtdicke von 14 cm, die sich ergibt, wenn wir die darunterliegende Schicht: „Blau-grüner,

sandiger Schlamm mit einem Schuttstück“ noch dazunehmen, paßt dabei. Aus den verschiedenen Bohrprofilen ergibt sich, daß die Schicht nicht überall gleich dick und von derselben Zusammensetzung ist, sondern etwa in Seemitte besteht sie aus Sand und wird dem Ufer zu grobkörniger, es gesellt sich Grob- und Feinschutt hinzu und die Schicht wird dicker. Clark schreibt Seite 35 wörtlich: „Diese Schicht (nämlich die angebliche Solifluktionsschicht) kann die Seeufer hinauf verfolgt werden, wo sie beträchtlich an Dicke zunimmt und sich deutlich unter dem archäologischen Horizont von Star Carr ausprägt. Hier besteht sie aus sehr sandigem Ton mit großen Kreide- und Flintstücken. Obwohl es also möglich gewesen wäre, das schmale Sandband nahe der Seemitte für ein fluviatiles Sediment zu halten, kann die äquivalente Schicht am Seerand nicht auf diese Weise erklärt werden. Sie erscheint daher als eine unsortierte Solifluktionserde, die hangabwärts geschlämmt wurde als das Resultat von alternierendem Frieren und Auftauen, dann dünn über den zugefrorenen See ausgebreitet wurde, um beim Tauen zu Boden zu sinken und gleichmäßiger verteilt zu werden. Dieser Ursprung würde auch die abnehmende Mächtigkeit nach der Seemitte erklären.“

Das dem Horizont entsprechende Pollendiagramm wird mit der Epoche III von Blytt-Sernander gleichgesetzt, es zeigt ein Überwiegen der Kräuter über die Bäume. Unter den Kräutern findet sich *Empetrum*, *Ulmaria* und *Polemonium*, bei den Bäumen überwiegt *Pinus* vor *Betula*. Das Vorkommen von *Nymphaea alba* soll auf eine randliche Zone des Sees beschränkt gewesen sein, außerdem kommt auch *Urtica dioica* vor. Schon das Überwiegen von Kiefer vor Birke zeigt uns ein wärmeres Klima an und könnte nicht der Klimaverschlechterung am Ende der Allerödzeit entsprechen, in die der Solifluktionshorizont gestellt wird. Dies Überwiegen wird aber durch ein Zusammenschwemmen der leichten Kieferpollen erklärt, die also nur eine relative Häufung darstellen. Das mag stimmen, aber Pflanzen wie *Urtica dioica* (Brennnessel) und *Nymphaea alba* (weiße Wasserrose) passen auf keinen Fall ans Ende der Allerödzeit. Grundsätzlich muß hier festgestellt werden, daß der Polleninhalte einer allochthonen Bodenschicht über das Klima gar nichts aussagt, da er mit der Bodenschicht von einer anderen Stelle eingeschwemmt sein kann. Er zeigt uns also nicht das Klima an, das der Ablagerungszeit des Horizontes entspricht, sondern das Klima zur Zeit der primären Ablagerung der Schicht, die in den Horizont eingeschwemmt wurde. Das ist natürlich nicht dasselbe.

An Hand einiger Bilder möchte ich nun erklären, weshalb wir annehmen müssen, daß eine Tonschicht mit Grob- und Feinschutt kein Solifluktionshorizont, sondern eine allochthone Schicht ist. Die Photos: Tafel XII stammen von Schutthalden im subnivalen Bereich der peruanischen Anden in der Gegend des Titicacasees aus einer Höhe von 4900 Metern. Bild 1 wurde vormittags etwa um 9 Uhr aufgenommen. Wir sehen Streifen von Kammeis, die Teilchen der Bodenkrume aufgehoben haben. Das Bild 2 zeigt dieselbe Stelle, etwa um 11 Uhr vormittags. Jetzt ist das Kammeis geschmolzen, die vorher hochgehobenen Teilchen sind zurückgesunken, aber nicht mehr an die alte Stelle, sondern sie wurden um verschiedene Beträge hangabwärts bewegt, je nach dem Grad der Hangneigung. Größere Gerölle von 1 bis mehreren Zentimetern Länge

werden vom Kammeis allmählich zur Seite gewälzt und ordnen sich in einer Linie zwischen zwei Feinerdestreifen an. Durch fortgesetzte Wiederholung dieses Vorgangs entstehen die Streifenböden. Die Bewegung des Bodens besteht also aus drei Komponenten: 1. dem Druck des Kammeises, der die Bodenteile hebt; 2. der Schwerkraft, die die Teilchen zurückfallen läßt und 3. dem Grad der Hangneigung, der die Richtung der 2. Komponente vergrößert, um so mehr, je steiler der Hang ist. Bei einem flacheren Hang entsteht eine andere Struktur, der Girlandenboden. Bei seiner Entstehung wird der Schutt in breiten Streifen quer zum Hang weitergeschoben. Auf ebener Erde entstehen die sogenannten Polygonböden, die eine Struktur ähnlich jener von Trockenrissen auf Tonböden ergeben und wahrscheinlich dadurch entstehen, daß sich die Gerölle in den durch den Frost aufgerissenen Spalten anordnen, die Feinerde aber im Innern des Polygons bleibt. Hier fällt die Komponente der Hangneigung weg, die Bewegung besteht nur aus dem Aufrichten und Umfallen der Kammeisnadeln. Da Wasser seine geringste Ausdehnung bei + 4 Grad hat, entsteht beim Gefrieren ein Druck, der ja auch die Frostverwitterung bewirkt, der aber auch das seitliche Verschieben gröberer Gerölls verursacht.

Unter seichter Wasserbedeckung, am Rand von Moränenseen oder an flachen Stellen der Nordatlantikküste entstehen die sogenannten Steinpackungen, eine Struktur, bei der meist schiefrige Gesteine rosettenförmig steil gestellt und sehr eng gepackt sind.

Was man auch im gegenwärtigen mitteleuropäischen Klima beobachten kann, sind sogenannte Auffrierböden. Sie unterliegen dem täglichen Frost im Spätherbst und Vorfrühling und sind örtliche und sehr kurzlebige Formen, denn der erste Frühjahrsregen zerstört sie. Es findet dabei auch keine Materialsonderung statt. Der Vollständigkeit halber seien schließlich noch die Blockströme oder Felsenmeere unserer Mittelgebirge erwähnt, die ihre Entstehung zum Teil auch der Solifluktion verdanken.

Es ist uns nun klar geworden, warum die erwähnte Tonschicht mit Grobschutt aus dem Profil von Star Carr kein Solifluktionshorizont sein kann, der sich über den See ausgebreitet hat. Ein Strukturboden schiebt sich wohl unendlich langsam einen Hang abwärts, selbst noch bei einer Hangneigung von nur 4 bis 5 Grad, aber er kann nicht über eine ebene Fläche hinweggeschoben werden unter dem Druck des nachfolgenden Materials. Auf keinen Fall kann sich aber eine solche Schicht auf einem zugefrorenen See bilden, denn wir haben gesehen, daß zu dem Bewegungsvorgang ein dauernder Wechsel von nächtlichem Gefrieren und täglichem Auftauen notwendig ist. Bei diesen Temperaturverhältnissen kann ein See keine feste Eisdecke bilden, bestenfalls entsteht nachts ein Eisrand, der am Tage wieder schmilzt.

Der angebliche Solifluktionshorizont von Star Carr muß also eine andere Ursache haben, er ist nicht autochthon, sondern allochthon, von einer anderen Stelle in den See geschwemmt. Der Bach, der durch das Tal floß und der in dem See sonst nur feine Tontrübe absetzte, war periodisch so angeschwollen, daß er Grobschutt transportieren konnte. Dies geschah wahrscheinlich dadurch, daß an einer Stelle flußaufwärts das Tal durch einen Moränenriegel abgesperrt war, hinter dem sich ein anderer See auf-

staute. Eines Tages wurde dieser Riegel durchbrochen und ein Schuttstrom wurde mitgerissen, der sich in den tieferliegenden See ergoß. Das braucht kein katastrophales Ereignis gewesen zu sein. Um eine Schichtdicke von 10 bis 15 cm zu erzeugen, bedarf es bei dem kurzen Transportweg keiner riesigen Schuttmenge. Solche Vorgänge ereignen sich auch heute noch nicht selten in unverfestigten Moränenlandschaften wie in den Hochtälern der Kordillere. Nur diese Art der Ablagerung erklärt auch die Verringerung der Korngröße und der Schichtmächtigkeit vom Ufer zur Seemitte. Am Rand wurde der Grobschutt abgelagert, während der leichtere Sand bis zur Seemitte getragen werden konnte.

Wir haben in dem Profil also keinen Solifluktionshorizont vor uns, sondern einen Geschiebelehm aus einer Moräne am zweiten Ort seiner Ablagerung, es ist ein sekundäres Sediment. Das Material der Schicht ist wohl glazialen oder zumindest periglazialen Ursprungs, aber im Profil von Star Carr ist die Schicht nicht der Ausdruck einer Klimaverschlechterung, da ihr Transport in jedem Klima erfolgt sein kann. Wahrscheinlich war es ein feuchtes Klima, das durch erhöhten Niederschlag den Moränensee zum Überlaufen brachte. Nur dort, wo wir einen fossilen Strukturboden in situ antreffen, können wir einen Rückschluß auf eine Klimaverschlechterung ziehen.

Die letzte Klimaperiode, in der sich im europäischen Flachland Strukturböden noch bilden konnten, war die jüngere Dryaszeit, die nach der schwedisch-finnischen Geochronologie von 8800 bis 8100 anzusetzen ist. Obwohl die Strukturböden während der Dryaszeit von der Gletschergrenze bis weit ins Vorland hineinreichten, werden wir sie heute wohl nur selten bei Ausgrabungen erfassen können. Das gilt um so mehr, als den im Feld tätigen Prähistorikern häufig jede geologische oder bodenkundliche Einsicht abgeht, wofür hier ein charakteristisches Beispiel aufgezeigt wurde. Selbst Würgeböden, bei denen der Einfluß der Vereisung viel tiefer reichte als bei den Solifluktionsböden, wo sich die „Struktur“ nur an der Oberfläche bildet, können übersehen werden, wenn man sich nicht endlich dazu entschließt, der kürzlich in diesem Jahrbuch erhobenen Forderung⁴ gerecht zu werden, mindestens diluvialprähistorische Forschungen und Ausgrabungen nur mit einem Team zu betreiben.

Fossile Strukturböden wird man indes im allgemeinen deshalb nicht in situ antreffen, weil sie durch Schmelzwässer und Regenfälle der Postglazialzeit verwischt und verlagert wurden. Sie blieben auch nach der Vereisung „Fließerde“, d. h. leicht beweglich, da sie durch das Kammeis aufgelockert waren. Kammeis wirkt auf Feinerde wie Hefe in einem Teig, es bläht sie auf; sie ist während des Tauvorgangs um die Mittagszeit geradezu blasig. Schmelz- oder Regenwasser wird daher zuerst die lockere Feinerde aufnehmen und wegschwemmen, der schwerere Schutt bedarf einer erhöhten Transportkraft und folgt hinterher. Nach Regen, bei seiner sekundären Ablagerung, ist der ursprüngliche Streifenboden nicht mehr als solcher zu erkennen. In situ kann sich ein Strukturboden nur dann fossil erhalten, wenn er noch während der Kälteperiode durch angewehten Löß überdeckt wird. In einer solchen Lagerung müßte er

⁴ Vgl. Quartär 7/8, 1956, S. 1 ff.

daran kenntlich sein, daß wir eine rhythmische zonare Trennung von Feinerde und Grobschutt finden. Auf nahezu ebenem Gelände müßten Anzeichen von Polygonstruktur, auf geneigtem Streifenstruktur festzustellen sein. Nur solche Kennzeichen in Verbindung mit einer ausgesprochenen Pollenarmut niedriger Gewächse könnten auf einen wirklichen Fließerdehorizont hindeuten. Man könnte nun einwenden, daß es eine Frage untergeordneter Bedeutung wäre, ob ein Strukturboden in situ oder in Umlagerung angetroffen wird, denn in beiden Fällen zeige er ein Eiszeitklima an. Zwischen der primären Lage des Strukturbodens und dessen Transport an den Ort seiner zweiten Ablagerung brauche ferner keine ganze Klimaperiode verstrichen zu sein. Ein solcher Einwand wäre aber nur dann richtig, wenn der Nachweis des Erkennens eines umgelagerten Strukturbodens erst einmal erbracht wäre. Dieser unterscheidet sich aber in nichts von einem gewöhnlichen Fanglomerat, einer Mure, oder dem Schuttstrom aus einem Moränendurchbruch. Alle diese Erscheinungen haben aber bekanntlich nichts mit einer Vereisung zu tun.



Cerro Condoriquiña, Peru, 4900 m ü. d. M.

1. Streifen von Kammeis haben die oberste Krume gehoben. 9.00 Uhr vormittags.

2. Das Kammeis ist geschmolzen. Dieselbe Stelle um 11.00 Uhr vormittags.



Streifenboden am Chucapaca in Südperu, 5000 m ü. d. M.