

PHYSIOGEOGRAPHIE

STUDIEN ÜBER TERRASSEN, LÖSSE UND BÖDEN DES KASHMIR-BECKENS, EIN BEITRAG ZUR QUARTÄRGESCHICHTE DES HIMALAYA

Herbert FRANZ, Mödling

(Mit 4 Bildern auf den Tafeln I und II)

Bodenkundliche und quartärgeologische Untersuchungen im Zentralhimalaya Nepals von FRANZ und KRAL (1975), FRANZ (1976), ferner BOESCH (1968, 1974), DOLLFUS und USSELMAN (1971), HORMANN (1974), HUBSCHMAN und THOURET (hektographiertes Mansukript), sowie FRANZ und MÜLLER (1978) haben erkennen lassen, daß die quartären Sedimente und Böden im Mittelland Nepals, besonders auch im Kathmandubecken und dessen Randgebieten, wichtige Aufschlüsse über die jüngste geologische Entwicklung und den gleichzeitigen Klimawandel zu geben vermögen.

Neueste, noch unveröffentlichte pollenanalytische Untersuchungen, die KRAL an von FRANZ eingesammelten Proben durchgeführt hat, konnten unsere Kenntnisse vom Wandel des Pollenspektrums innerhalb der jüngsten Sedimente des verlandeten Kathmandusees wesentlich vervollständigen. Sie lassen, ergänzt durch absolute Altersbestimmungen subfossiler Hölzer mittels der C¹⁴-Methode, deutliche Klimaschwankungen im Spätglazial und frühen Postglazial mit entsprechenden Veränderungen in der Vegetationszusammensetzung erkennen. Für das Spätglazial konnte KRAL eine Trockenperiode mit offenbar weiter Verbreitung von Artemisia-Steppen in dem heute unter Monsuneinfluß stehenden Raum von Kathmandu nachweisen.

Im Zuge der Aufwölbung des Himalaya sind, wie schon HAGEN (1964—69) eindrucksvoll dargestellt hat, im Inneren dieses gewaltigsten und zugleich zu den jüngsten der Erde zählenden Gebirges zahlreiche Einbruchsbecken entstanden, so neben dem Kathmandubecken das Pokharabecken im Süden und mehrere weitere Becken im Norden des Hauptkammes des Himalaya.

Im Westhimalaya haben sich ebenfalls junge Einbruchsbecken im Inneren des Gebirges gebildet, so ein bisher kaum untersuchtes Becken im Bereich des Sukali-River östlich der Stadt Mandi im Himashal-Pradesh und das sehr viel besser bekannte, weil verkehrsmäßig besser erschlossene Becken von Kashmir.

Das letztere ist gelegentlich hinsichtlich der Entstehungsgeschichte mit dem Kathmandubecken verglichen worden, exakte Unterlagen, wie sie für einen derartigen Vergleich erforderlich sind, liegen jedoch bisher nicht vor. MAZARI (1975) hat in sehr knapper Form aus dem Kashmirbecken eine Seeterrasse beschrieben, die mit steilen Erosionsrändern zur rezenten Alluvialebene des Jelum-River und seiner Zubringer abfällt. Diese ältere Terrasse erhebt sich nach Angabe MAZARIs im Mittel 27 m über das alluviale Niveau und besteht aus Sedimenten der Karewa-Beds. Diese umfassen blaue, graue und gelbliche Schlick- und Sandschichten, deren

Alter von MAZARI mit Pliozän bis oberes Quartär angegeben wird. Da auch im Kathmandubecken Seeterrassen auftreten, die mit steilen Erosionsrändern zum rezenten Schwemmland abfallen, könnte vermutet werden, daß die geologische Entwicklung beider Becken ähnlich, ja vielleicht sogar synchron verlaufen ist. Dies veranlaßte mich, im Anschluß an die im Herbst 1977 in Nepal durchgeführten Feldarbeiten nach Kashmir zu reisen und dort die quartären Sedimente und Böden zu untersuchen. Obwohl hierfür nur 10 Tage zur Verfügung standen, erwiesen sich die Exkursionen im Kashmirbecken und in dessen Randgebieten als außerordentlich ergiebig. Sie lieferten eine Reihe neuer und überraschender Ergebnisse, über die im folgenden berichtet wird.

Schon beim Anflug von New Delhi nach Srinagar kann man beobachten, daß die alte „Seeterrasse“, die überall durch steile Erosionsränder gegen die junge Alluvialebene abgegrenzt ist, im Kashmirbecken eine weite Verbreitung besitzt und nicht nur vom Jelum-River sondern auch von seinen Zuflüssen durchschnitten und weithin abgetragen worden ist. Während die junge Alluvialebene äußerst dicht besiedelt und intensiv landwirtschaftlich genutzt ist, ist die Besiedlung der alten Terrasse wesentlich schütterer und große Teile derselben unterliegen nur einer extensiven Weidenutzung. Im Herbst hebt sich die alte Terrasse überdies nach der sommerlichen Trockenheit durch ihre fahlgelbe Farbe von der bewässerten und daher weithin mit grünen Pflanzen bewachsenen Flußebene ab. Während im Mittelland Nepals in großer Verbreitung rote Böden auftreten und das Landschaftsbild prägen, stehen im Kashmirbecken den dunkelgrauen Böden des jungen Schwemmlandes hellgelbliche Böden auf der alten Terrasse in scharfem Kontrast gegenüber und auch an den Hängen der Randberge fehlen intensiv rot gefärbte Flächen.

Der Flughafen von Srinagar liegt auf der alten Terrasse und die Fahrt von dort zur Stadt gibt erstmalig Gelegenheit, die obersten Teile des Sedimentpaketes entlang der Straße nahe dem Flughafen aufgeschlossen zu sehen. Diese obersten Terrassensedimente sind ungeschichtet und von einem vielfach erosiv abgetragenen, im trockenen Zustand grauen AC-Boden bedeckt. Durch intensive Regenwurmtätigkeit ist zwischen dem mullhumosen A-Horizont und dem C-Horizont, einem vollkommen grobskelettfreien feinsandig-schluffigen Material von hellgelblicher Farbe, ein ziemlich breiter Übergangshorizont entstanden. Mehrere Meter unter der Oberfläche folgt ein mächtiger bräunlichschwarzer Boden, der sehr viel bindiger ist als das überlagernde Material und eine scharfkantig-blockige Struktur aufweist.

Im Schwemmland der Flußebene finden sich graue, unreife Böden, auf denen vorwiegend Reis angebaut wird. Sie liefern nur eine Ernte, werden wie üblich während der Vegetationszeit mit Wasser überstaut und sind deshalb hydromorph. In der Alluvialebene sind noch heute mehrere Seen vorhanden, die meist nur eine geringe Tiefe aufweisen, der am Rande von Srinagar gelegene Dal Lake etwa 6 m. Der weitaus größte See ist der Wular Lake am Nordende des Kashmirbeckens. Am Dal Lake, auf dem ich in einem Hausboot wohnte, kann man eine rasch fortschreitende biogene Verlandung beobachten, sie wird durch anthropogene Eutrophierung stark beschleunigt. Wo der See besonders seicht ist, hat man Seeboden ausgehoben und auf breite Dämme zusammengehäuft, auf denen verschiedene Gemüsearten kultiviert werden.

Einen ersten bis nahe an das Niveau der Alluvialebene herabreichenden Anschluß der Terrassensedimente konnte ich beim Dorf Homama im Raum von Budgom, wo der internationale Flughafen errichtet werden soll, untersuchen und beschreiben. Es liegt dort die folgende Boden- und Sedimentfolge vor:

A_h 0—60/80 cm schwach humoser, schluffiger Lehm, zur Gänze in Regenwurm-exkrementen umgeprägt, locker gelagert, von fast völlig durch Beweidung zerstörter Rasenvegetation bedeckt, übergehend in

A_hC 60/80—300/400 cm sehr schwach humoser, schluffiger Lehm, wesentlich heller als A_h, zum Teil noch von Regenwürmern strukturiert, daneben aber auch dichte, nicht von Regenwürmern bearbeitete Partien aufweisend, sehr dicht, im trockenen Zustand sehr hart, nicht geschichtet

C₁ 300/400 bis 450/550 cm humusfreier schluffiger Lehm, hellgelb, mit vielen Kalk-konkretionen mit Durchmessern bis zu 1 cm, dicht, ungeschichtet, ziemlich scharf aufsitzend auf

A_{fos1} 450/550—550/650 cm graubrauner, blockiger, schwerer Lehm, sehr dicht, mit blockiger Struktur, Aggregate scharfkantig mit Kalkausscheidungen an den Aggregat-oberflächen. Identisch mit dem bräunlich-schwarzen Boden des Flughafengeländes, übergehend in

A_{fos2} 550/650 — ca. 1500 cm nach unten zunehmend humos, in den tieferen Teilen mit Regenwurmstruktur, war also zeitweilig oberflächennaher Landboden. Man erzeugt aus den tieferen Teilen dieses Horizontes Lehmziegel. Eine Schichtung ist nicht erkennbar, rasch übergehend in

C₂ ab ca. 1500 cm gelbliches schluffiges Material mit Kalkausscheidungen, zum Teil in Form von Konkretionen, die mehrere Zentimeter Durchmesser erreichen. Die Mächtigkeit war mangels eines bis zur Untergrenze reichenden Aufschlusses nicht feststellbar

D Über dem Niveau der Alluvialebene folgt gelblichgraues Material, das unter die jungen Alluvialsedimente untertaucht und am Fuß des Erosionshanges an einer Stelle aufgeschlossen ist.

Die Deutung des Profiles war erst zweifelsfrei möglich, als am Shankracharya-Hill bei Srinagar das Vorkommen von Löß eindeutig nachgewiesen werden konnte. Damit wurde klar, daß der oberste Teil des Profiles einschließlich des C₂ eine Löß-decke darstellt, die den mit dem D-Horizont beginnenden Seesedimenten aufgelagert ist. Der See muß vor der Lößablagerung verlandet sein, so daß sich ein Landboden bilden konnte, der von Regenwürmern besiedelt wurde.

Fährt man auf der Straße, die von Srinagar nach Indien führt, südwärts, so hat man Gelegenheit, zahlreiche Aufschlüsse der alten Terrasse an Erosionsrändern und Straßenanschnitten zu sehen. An diesen ist immer wieder festzustellen, daß der obere Teil der Terrassensedimentfolge ungeschichtet, der tiefer dagegen deutlich geschichtet ist. Südlich von Srinagar sind von der alten Terrasse zunächst nur einzelne Zeugenberge erhalten, um Pampore verläuft die Straße aber auf einer großen, zusammenhängenden Terrassenfläche, auf der unter anderem Safranfelder angelegt sind. Bei Awantipur ist die Terrasse dagegen wieder erosiv in einzelne Zeugenberge zerschnitten, der Ort liegt am Abhang eines solchen.

Zweigt man bei Bijbihar von der Indienstraße ab, um nach Pahalgam zu gelangen, so fährt man zunächst durch die junge Alluvialebene. Bei Ganar überquert man den Ganganhar-River, der an einem steilen Erosionsrand der hohen Terrasse entlangfließt. Die Straße führt in mehreren Serpentinien über diesen Erosionshang zur Höhe der Terrasse empor. Hier ist das vollständigste Profil der alten Terrasse erschlossen, das ich untersuchen konnte. Die tieferen Teile der Sedimentfolge sind auch hier deutlich geschichtet. In einer Erosionsrinne, ca. 3 m über der Straße und höchstens 10 m über dem Bett des Ganganhar-River, findet sich ein plattiges, verhärtetes Sediment, das von Lockersedimenten unter- und überlagert ist. Das ver-

festigte Band ist nur etwa 30 cm mächtig und enthält reichlich Pflanzenreste, vorwiegend von Gräsern, es fand sich aber auch ein Blatt einer krautigen Landpflanze. Das Sediment muß landnah in sehr seichem Wasser abgelagert worden sein. Die Lockersedimente sind teils schllickig, teils feinsandig, und sind vollkommen frei von Kies und Steinen. 30 bis 40 m über dem pflanzenführenden Horizont steht der fossile braunschwarze, blockige Boden an, der von der Flughafenstraße und aus dem Profil bei Homama beschrieben wurde. 8 bis 10 m höher wird die Oberkante der Terrasse erreicht. Die über dem fossilen Boden folgenden Sedimente sind auch hier hellgelblich gefärbt, ungeschichtet und schließen mit einem Humushorizont von im trockenen Zustand hellgrauer Farbe ab. Auch hier liegt also über dem fossilen Boden eine Lößdecke, die mit einem Boden abschließt, den man als humusarmen Tschernosem oder humusreichen Sierosem bezeichnen kann. Die Terrassenoberfläche liegt etwa 50 m über dem Ganganhar-River und fällt westwärts ebenso tief und mit einem ebenso steilen Erosionsrand zum Liddar-River und damit zum Tal von Pahalgam ab. Ihre völlig ebene Oberfläche grenzt etwa ein bis eineinhalb Kilometer nördlich der Straße an die Randberge des Kashmirbeckens, deren Gesteine unter sie untersinken (Abb. 1 und 2). Auf dem anstehenden Gestein sind rötlichbraune Bodenreste erhalten, die der Verfasser leider nur aus der Entfernung sehen konnte. Die Terrassenoberfläche trägt im Bereich der Straße den Namen Woder und ist mit Obstkulturen bedeckt.

Von der Stelle, wo sich die Straße in das breite, von alluvialen Sedimenten eben erfüllte Tal des Liddar-River absenkt, sieht man nordwärts blickend den Erosionsrand einer viel tieferen, sich nur maximal 10 m über den rezenten Talboden erhebenden Terrasse, auf die wir noch zurückkommen. Die alte Terrasse ist über dem Erosionsrand zum Liddar-River neben der Straße etwa 10 m tief eben abgetragen, wodurch ein weiteres Terrassenniveau vorgetäuscht wird. Es handelt sich aber eindeutig um ein Erosionsniveau, das durch Abtragung der Sedimente der alten Terrasse bis unter die jüngste Lößdecke und nachträgliche Überlagerung mit einer Schicht eckigen Schuttes entstanden ist. Beim Ort Mattam erreicht die Straße die alluvialen Sedimente des Talbodens des Liddar-River, bis zu denen hier die Terrassensedimente aufgeschlossen sind. 1 bis 2 m über dem Straßenniveau steht ein stark verfestigter kalkreicher Horizont an, der vielleicht diagenetisch aus Seekreide entstanden ist. Er wird von einem nicht verfestigten, aber dichten und gleyfleckigen Horizont überlagert, der nach oben blockige Struktur annimmt und deutliche Regenwurmdurchmischung zeigt. Das sind offenbar die tiefsten Schichtglieder der alten Terrassenserie, die dem Verfasser in einem Aufschluß zu Gesicht kamen. Wie tief diese Serie unter das Niveau der jungen Alluvialebene hinabreicht, scheint nicht bekannt zu sein. Am Rückflug von Srinagar nach New Delhi konnte vom Flugzeug aus festgestellt werden, daß die eben beschriebene alte Terrasse zwischen dem Liddar-River und dem Ganganhar-River der südöstlichste Rest der alten Terrasse im Kashmirbecken ist.

Die Straße nach Pahalgam folgt von Mattam dem Tal des Liddar-River aufwärts. Die alte Terrasse endet im Raum von Mattam, indem sie sich auch an der Straße an anstehendes Gestein anlehnt. Das Liddartal bildet oberhalb Mattam zunächst einen sehr breiten, völlig flachen Talboden, aus dem einzelne Inselberge aus festem Gestein aufragen. Eine sich etwa 10 m über das Alluvialniveau erhebende junge Terrasse, die von der Höhe der alten Terrasse zu sehen ist, wurde am Talboden in großer Breite ausgeräumt, ihr Erosionsrand verläuft oberhalb von Mattam in beträchtlicher Entfernung von der Straße und konnte deshalb leider nicht untersucht werden. Erst oberhalb des Ortes Mashmankan, bei dem ein Bach mit sehr breitem

Bild 1



Alte Terrasse („Seeterrasse“) mit Abrasionsstufen zwischen Ganar und Mattan mit der Lokalitätsbezeichnung Woder, vorwiegend obstbaulich genutzt (Apfelkulturen). Im Vordergrund künstlicher Geländeaufschluß im Löß einer Abrasionsstufe, im Hintergrund die Terrassenoberkante, am Hang Erosionsanrisse

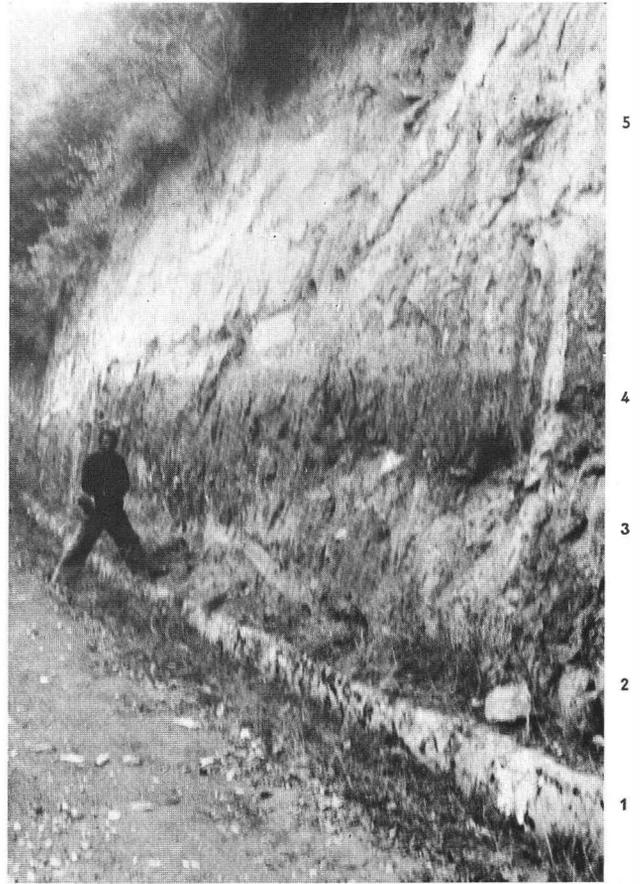
Bild 2



Gleiche Terrasse wie in Abb. 1. Im Vordergrund rechts künstliche Planierung neben der Straße, dahinter tiefer und steilwandiger Erosionsgraben im Löß, rechts im Hintergrund die Terrassenoberkante, links im Hintergrund das Grundgebirge

Bild 3

Aufschluß an der von Srinagar auf den Shankracharya-Hill führenden Straße. Links im Vordergrund das Straßenniveau, 1: künstliche Straßenbegrenzung, 2: fossiler schwarzer Boden aus Löß, 3: Löß, 4: fossiler brauner Boden aus Löß, 5: jüngster Löß überlagert von Kolluvium, das taschenförmig in den Löß eingreift. Der an der Profilwand stehende Mann ist etwa 1,60 m groß



Zum Bild 4: Lößwand beim Parkplatz am oberen Ende der auf den Shankracharya-Hill führenden Straße. Jüngster Löß mit wenig mächtiger, junger, von Steinen durchsetzter Bodenauflage



Bild 4

Schotterbett in den Liddar-River mündet, tritt neben der Straße eine niedere Terrasse auf. Sie überragt das Straßenniveau um 6 bis 8 m und besteht aus Feinsedimenten, die von Bändern eckigen Schuttes durchsetzt sind. Zwischen Sire und Batakut ist eine aus wohlgerundeten groben Schottern, die bis Blockgröße erreichen, bestehende Flußterrasse neben der Straße verfolgbar. Ob sie mit der weiter talab beobachteten, vorwiegend aus Feinmaterial bestehenden Terrasse zusammenhängt, konnte nicht festgestellt werden. Ebenso könnte nur durch eine mehrere Tage in Anspruch nehmende Begehung der Ränder des breiten Liddartales oberhalb Mattam ermittelt werden, ob zwischen dem große Flächen einnehmenden Terrasseniveau zwischen Masmankan und Mattam und den weiter talaufwärts festgestellten Flußterrassen ein unmittelbarer Zusammenhang besteht. Da der rezente Talboden des Liddar-River in das Niveau der Alluvialebene des Jelum-River im Kashmirbecken übergeht, steht aber außer Zweifel, daß es sich bei den beschriebenen jungen Terrassen des Liddartales um jungpleistozäne Terrassen handelt, die, wo ich sie neben der Straße aus der Nähe sehen konnte, nirgends eine Lößdecke tragen. Sie sind daher mit größter Wahrscheinlichkeit der letzten Eiszeit zuzuordnen. Da ich von den ins Kashmirbecken mündenden Tälern nur das Liddartal besucht habe, kann nicht gesagt werden, ob auch in anderen Seitentälern junge Flußterrassen ausgebildet sind.

Für die Festlegung der Boden- und Sedimentfolge des Kashmirbeckens entscheidende Profile sind an der von Srinangar auf den Shankracharya-Hill führenden Straße aufgeschlossen. Diese Profile zeigen nicht nur über dem anstehenden Gestein Reste eines fossilen, tonreichen, sehr intensiv rotbraun gefärbten Bodens, der altersmäßig offenbar den Böden der Rotlehmlandschaft Nepals entspricht, sondern lassen erkennen, daß die Hänge des Berges von geringer Höhe über dem Dal Lake bis zum Fernsehturm nahe dem Hauptgipfel weithin mit Löß überdeckt sind. Der äolische Charakter dieser Feinsedimentdecke steht, da sie weithin autochthon völlig grobskelettfrei und ungeschichtet über den an den Hängen anstehenden festen Gesteinen liegt, außer Zweifel. Insgesamt ist die folgende Sequenz von Gesteinen und Böden zu beobachten:

1. Altes Grundgestein
2. In Gesteinsspalten und stellenweise auch an der Felsoberfläche Reste eines fossilen, rotbraunen Bodens.
3. Rotbraunes Kolluvium mit vielen eckigen Steinen, darunter an einer Stelle Löß, der mit einem schwarzgrauen Boden abschließt. Der Boden enthält reichlich Pseudomyzel.
4. Darüber ein mächtiger brauner Boden aus Löß, völlig steinfrei.
5. Darauf hellgelber Löß, stellenweise mehrere Meter mächtig, steinfrei, an einzelnen Stellen aber auch sporadisch eckige Steine enthaltend, ohne Bodendecke.
6. Junges Hangkolluvium mit reichlich eckigen Steinen mit einer Humusdecke abschließend, jedoch ohne scharfe Horizontausprägung. Das Profil, das mehr oder weniger vollständig an vielen Stellen entlang der Straße aufgeschlossen ist (vergleiche Abbildung 3), läßt folgenden Geschehensablauf erkennen:

Auf dem anstehenden Gestein hat sich ursprünglich ein rotbrauner Boden entwickelt, dessen Bildung ein feucht-warmes Klima und Waldvegetation zur Voraussetzung hat. Er wurde in einer Periode starker Erosion größtenteils abgetragen und von Kolluvium überlagert, was nur möglich war, wenn die schützende Waldvegetation vorher weitgehend verschwunden war. Dann kam es zur Ablagerung eines ersten Lösses, auf dem sich bis heute ein 20 bis 30 cm mächtiger Humushorizont er-

halten hat. Wahrscheinlich war dieser Boden ursprünglich mächtiger, denn nicht nur er sondern auch der älteste Löß, aus dem er hervorgegangen ist, sind am Shankracharya-Hill bis auf wenige Stellen der Abtragung zum Opfer gefallen. Die Ablagerung von Löß hatte ein trockenes Klima und die weitgehende Waldfreiheit des Kashmirbeckens und wohl auch der es umgebenden Berge zur Voraussetzung. Der Ablagerung des ersten Lösses folgte wieder eine Erosionsperiode, in der es zur Ablagerung eines große eckige Steine enthaltenden Hangkolluviums kam. Danach wurde ein zweiter Löß abgelagert, aus dem sich ein mächtiger brauner Boden bildete. Dieser ist von einem dritten Löß in einer Mächtigkeit bis zu einigen Metern überlagert, über dem in den Profilen neben der Straße kein Boden erhalten ist. Es folgt über ihm subrezentem Kolluvium mit einer schwachen Bodenbildung. Dieser Löß entspricht offenbar dem jüngsten Löß der Seeterrasse, auf dem dort ein AC-Boden entwickelt ist.

In der mir zugänglichen Literatur fand ich einen einzigen Hinweis auf das Vorkommen von Löß im Kashmirbecken. Er findet sich in einer humangeographischen Arbeit von Uhlig (1962) und kam mir erst nach meiner Kashmirreise in die Hände. Es wird dort mit Berufung auf eine mir nicht zugängliche Arbeit von DE TERRA und PETERSON (1939) von „rezentem“ Löß gesprochen. Es handelt sich jedoch keinesfalls um rezenten Löß, alle Lößvorkommen im Kashmirbecken sind starker nachträglicher Erosion ausgesetzt gewesen, die steilen Erosionsränder der „Seeterrasse“ gegen die rezente Alluvialebene schließen die mächtige Lößdecke mit ein, die von tiefen Erosionsfurchen durchzogen, und am Rande des Gebirges von grobskelettreichen Kolluvien überlagert ist. Die Löss des Kashmirbeckens sind wie in Europa in kalt-ariden Klimaperioden im periglazialen Raum des Himalaya abgelagert worden. In diesen Perioden war das Kashmirbecken zweifellos waldfrei und der Wald, wenn überhaupt vorhanden, auf geschützte Tallagen in den das Becken umgebenden Gebirgen beschränkt. Im heutigen Klima kommt es im Kashmirbecken, obwohl dieses fast zur Gänze in Kulturland verwandelt ist und auch die angrenzenden Berge weitgehend entwaldet sind, nicht zu einer Flugstaubverwehung in solchem Ausmaß, daß sich rein äolische Sedimente bilden können.

Die eben beschriebene Abfolge von Gesteinen und Böden, die an den Aufschlüssen entlang der auf den Shankracharya-Hill führenden Straße abgelesen werden kann, ergänzt die bei der Untersuchung der Terrassen des Kashmirbeckens gemachten Feststellungen wesentlich. Die ungeschichteten Sedimente, die das Sedimentpaket der alten Terrasse abschließen, stellen, wie schon erwähnt, zweifelsfrei Lößdecken dar, die durch fossile AC-Böden voneinander getrennt sind. Es ist allerdings nur der oberste jüngste Löß, der auf der Terrassenoberfläche mit einem grauen AC-Boden abschließt, weitgehend unverändert. Der unter dem jüngsten Löß folgende schwarzbraune, bindige Boden ist hydromorph beeinflusst, er scheint zeitweilig von Wasser überstaut gewesen zu sein. Der unter ihm folgende Löß weist zahlreiche Kalkkonkretionen auf, wie übrigens solche in viel geringerer Zahl auch schon im jüngsten Löß enthalten sind. Erst viel tiefer treten deutlich geschichtete Sedimente mit schichtweise wechselnder Korngrößenzusammensetzung auf und erst in diesen Schichten wurden von mir an einer Stelle zahlreich eingeschlossene Pflanzenreste gefunden. Erst diese geschichteten Sedimente entsprechen den Karewaschichten, die nach VISHNU-MITRE, SINGH u. SAXENA (1962) sowie VISHNU-MITRE (1963) pliozäne Makrofossilien geliefert haben.

Ob die Lößdecke über den Seesedimenten nur einen oder mehrere fossile Böden aufweist, konnte während der auf wenige Tage begrenzten Feldarbeit nicht geklärt werden, weil alle von mir besichtigten Profile teilweise von jungem Schutt und

Kolluvium verkleidet und/oder nicht bis zur Obergrenze der geschichteten Seesedimente aufgeschlossen waren. Die gemachten Beobachtungen reichen trotzdem aus, um mit Sicherheit feststellen zu können, daß die Seesedimente der Karewaserie auf der „Seeterrasse“ nicht bloß von einem, jedenfalls letzteiszeitlichen Löß überdeckt sind, sondern mindestens von zwei Lössen, zwischen deren Ablagerung sich ein mächtiger und sehr bindiger schwarzbrauner Boden gebildet hat. Die im Liddartal festgestellten Schotterterrassen nehmen ein viel niedrigeres Niveau ein als die von mächtigen Lößablagerungen bedeckte „Seeterrasse“, die Schotterterrassen tragen keine Lößdecke, was für ihre Ablagerung während der letzten Kaltzeit spricht. Die Ablagerung der geschichteten Seesedimente muß spätestens im Mindel-Riß-Interglazial abgeschlossen gewesen sein, zwischen ihr und der Lößdecke sind keinerlei Reste rotbrauner Böden erhalten, wohl aber an den Hängen der das Kashmirbecken umgebenden Berge, wo sie unter die Lößdecke der alten Terrasse untertauchen.

Pollenanalytische Untersuchungen liegen aus dem Kashmirbecken nur von postglazialen Sedimenten vor. VISHNU-MITRE (1967) und VISHNU-MITRE und SHARMA (1967) haben darüber ausführlich berichtet. Keines der untersuchten Profile reicht jedoch über das Präboreal zurück und es zeigen die Profile, die alle am Grunde rezenter Seen entnommen wurden, in Übereinstimmung mit den europäischen Profilen aus der Postglazialzeit eine Waldgeschichte an, die von einer Koniferenzeit über eine Eichenzeit wieder zu einer Koniferenzeit führt. Eine spätglaziale waldfreie Phase, wie sie für die europäischen Pollenprofile typisch ist, wurde bisher in Kashmir nicht aufgefunden. Die Bodensedimente der Kashmirseen wurden aber bisher nur bis zu geringer Tiefe untersucht, so daß in tieferen Schichten noch typisch spätglaziale Pollenspektren angetroffen werden können.

Im Vergleich mit dem Kathmandubecken zeigt das Kashmirbecken bemerkenswerte Unterschiede. Die Verlandung des großen Kashmirsees trat wesentlich früher ein als die des Kathmandusees. Die Karewa-Beds, die alten Seesedimente, wurden nach Trockenlegung des Sees von einer mächtigen Lößdecke überlagert. Durch erosive Ausräumung hat sich eine ausgedehnte junge Alluvialebene gebildet, die bis heute unvollständig entwässert ist, so daß bis heute mehrere seichte Seen bestehen. Die alte lößbedeckte Landoberfläche grenzt mit scharfen Erosionsrändern und bedeutendem Höhenunterschied an das junge Schwemmland. Im Kathmandubecken reicht dagegen die Seesedimentation kontinuierlich bis in die postglaziale Zeit. Typische Lößdecken fehlen dort, es gibt nur engbegrenzte Flächen, auf denen die geschichteten lakustrischen Sedimente von 1 bis 1,5 m mächtigen ungeschichteten Ablagerungen vielleicht äolischer Entstehung überlagert sind.

Der Geschichte des Kathmandubeckens scheint die des Beckens am Sukali-River östlich von Mandi viel ähnlicher zu sein als die des Kashmirbeckens. Auch hier gibt es, wie ich bei der zweimaligen Befahrung mit dem Linienautobus sehen konnte, eine hohe Seeterrasse, die im zentralen Beckenteil weithin ausgeräumt ist und die mit steilen Erosionsrändern an die junge Alluvialebene grenzt. Die hohe Seeterrasse besteht aus graugefärbten Sedimenten, sicherlich nicht aus Löß, es liegt auf ihr nur ein junger, wenig entwickelter Boden. Das Durchbruchstal des Sukali-River gegen Mandi zeigt alle Merkmale einer jungen, unausgereiften Talbildung (unausgeglichenes Gefälle, im Flußbett anstehende, unvollkommen abgeschliffene Gesteine, steile Talflanken). Das Durchbruchstal ist darum sicher jung, die Ableitung des Sees kann erst nach seiner Entstehung erfolgt sein.

Die von Osten gegen Westen stark abnehmende Feuchtigkeit des Himalaya, die sich ungeachtet der Klimaschwankungen auch in der Vergangenheit in Form eines Niederschlagsgefälles von Osten gegen Westen äußerte, spiegelt sich in der

Bodenfauna wider, die in den einzelnen Teilbereichen des Gebirges lebt. Das ist eine Folge des Umstandes, daß viele Bodentiere ein sehr geringes Migrationsvermögen besitzen und deren rezente Verbreitung daher relikthaft Bedingungen widerspiegelt, die vor hunderttausenden von Jahren bestanden haben.

In dem während des gesamten Quartärs monsunbeeinflußten und daher immer ausreichend feuchten östlichen und zentralen Teilen des Himalaya haben in den Bergketten südlich des Hauptkammes offenbar seit dem Jungtertiär ohne Unterbrechung feuchte Wälder bestanden. Hier hat sich eine alte, feuchtigkeitsbedürftige Waldbodenfauna südostasiatischer Herkunft bis heute zu erhalten vermocht. Die Bodenfauna Kashmirs besitzt zwar die gleiche südostasiatische Herkunft, ist aber außerordentlich artenarm. Das ist die Folge der Trockenheit, die hier zu den Zeiten der Lößablagerung geherrscht hat und die weithin weder Wäldern noch der sie besiedelnden Bodenfauna fortzubestehen gestattete. Noch im Kulutal im Himashal-Pradesh muß es zeitweilig so trocken gewesen sein, daß die hygrophile Waldbodenfauna zugrunde ging. Dagegen gibt es in Kashmir oberhalb der alpinen Waldgrenze eine artenreiche heliophile Bodenfauna, deren Vertreter nicht unter die rezente Waldgrenze herabsteigen. Sie ist offenbar alt und konnte sich im waldfreien Areal oberhalb der Waldgrenze über das Pleistozän hinweg erhalten, weil die hohen Gebirgslagen in Kashmir auch während der Kaltzeiten nur in beschränktem Umfang vergletschert waren.

Die Befunde, die man durch Untersuchung der Morphogenese, der Bodenfolge und der Verbreitung der Bodenfauna gewinnt, ergänzen und bestätigen einander somit gegenseitig. Dies kann garnicht anders sein, denn überall beeinflussen einander die im gleichen Raum ablaufenden Prozesse, sie erzwingen, wenn sie gleichzeitig vor sich gehen, einen Gesamtablauf mit streng gesetzmäßigen Wechselbeziehungen, wenn sie aber zeitlich nacheinander vor sich gehen, eine Sukzession, die ebenso streng gesetzmäßig abläuft.

ZUSAMMENFASSUNG

Im Kashmir-Becken sind Lösses in weiter Verbreitung vorhanden. An der von Srinagar auf den Shankracharya-Hill führenden Straße sind Profile aufgeschlossen, die über festem anstehendem Gestein zunächst Reste einer autochthonen rotbraunen Bodendecke erkennen lassen. Darüber folgt Löß, aus dem sich ein schwarzbrauner AC-Boden gebildet hat. Darauf liegt rotbraunes, von vielen eckigen Steinen durchsetztes Kolluvium und auf diesem ein völlig steinfreier, mächtiger, aus Löß gebildeter brauner Boden. Dieser ist von einer mehrere Meter mächtigen Decke hellgelben Lösses überdeckt, auf dem kein autochthoner Boden erhalten ist, vielmehr folgt eine von vielen eckigen Steinen durchsetztes junges Hangkolluvium, das sich diskordant nach stellenweise völliger Abtragung der Lößdecke über dem Untergrund abgelagert hat.

Im Kashmir-Becken selbst wird das alluviale Schwemmland des Jelum-River und seiner Zubringer von einer im Mittel 30 m darüber aufragenden, mit steilen Erosionsrändern gegen den rezenten Talboden abfallenden Terrasse überragt. Diese ist von einem wenig entwickelten, grauen AC-Boden bedeckt und besteht aus einer über 20 m mächtigen, durch fossile schwarze Böden gegliederten Lößdecke, die von geschichteten, Pflanzenreste führenden Seesedimenten unterlagert ist. Den Seesedimenten wird pliozänes Alter zugeschrieben, die limnische Sedimentation hat aber wahrscheinlich bis weit ins Quartär angedauert.

Aus der am Shankracharya-Hill aufgeschlossenen Bodenfolge kann geschlossen werden, daß im Kashmirbecken zunächst ein relativ humides, warmes Klima herrschte, in dem sich unter Waldvegetation ein rotbrauner Boden gebildet hat. Ein zunehmend arider Klimacharakter bewirkte zunächst Entwaldung und in deren Gefolge intensive Erosion. Schließlich wurde Flugstaub abgelagert, wobei die Lößablagerung mindestens dreimal durch Phasen der Bodenbildung unterbrochen wurde. Gegenwärtig wird kein Löß gebildet, vielmehr ist die jüngste Lößdecke im Kashmir-Becken nur auf der hoch über die rezente Alluvialebene des Jelum-River aufragenden Terrasse erhalten. Nach seiner Ablagerung ist es zu einer langen Periode sehr intensiver Erosion gekommen, während welcher die steilen Terrassenränder gebildet wurden.

LITERATURVERZEICHNIS

- BOESCH, H.: Das Kathmandu-Valley. Beiträge zur Morphologie von Nepal. In: *Geographica Helvetica*. 23. Band, 1968. S. 172—179.
- , Untersuchungen zur Morphogenese im Kathmandu-Valley. In: *Geographica Helvetica*. 29. Band, 1974. S. 15—26.
- DE TERRA, H. u. T. T. PETERSON: Studies on the Ice Age in India and Associated Human Cultures. Washington 1939.
- DOLLFUS, O. u. P. USSELMAN: Recherches géomorphologiques dans le centre-ouest du Népal. In: CNRS, Paris 1971.
- FRANZ, H.: Beitrag zur Kenntnis der Bodenlandschaften Nepals. In: Sitzungsber. Österr. Akad. Wiss., math. nat. Kl., Abt. I. Band 185, 1976. S. 23—29.
- , Ökologie der Hochgebirge. Stuttgart, Verlag E. Ulmer, 1979. 495 S., 121 Abb., 75 Tab.
- , u. F. KRAL: Pollenanalyse u. Radiokarbondatierung einiger Proben aus dem Kathmandubecken und aus dem Raum von Jumla in Westnepal. In: Sitzungsber. Österr. Akad. Wiss., math. nat. Kl., Abt. I. Band 184, 1975. S. 9—17.
- , u. H. MÖLLER: Untersuchungen an roten Böden und quartären Terrassen in Zentralnepal. In: Sitzungsber. Österr. Akad. Wiss., math. nat. Kl., Abt. I. 1978. S. 181—221.
- HORMANN, K.: Die Terrassen an der Seti Khola. Ein Beitrag zur quartären Morphologie in Zentralnepal. In: *Erdkunde*. Band 28, 1974, Heft 3. S. 161—176.
- HUBSCHMAN J. u. J. C. THOURET: Premières observations sur le Quaternaire de quelques bassins du Népal central. Hektographiert vervielfältigtes Manuskript, 1977.
- MAZARI, R. K.: A preliminary report on the geomorphological studies around Srinagar, Kashmir Himalaya. In: *Himalayan Geology*. Band 5, 1975. S. 509—513.
- UHLIG, H.: Typen der Bergbauern und Wanderhirten in Kashmir und Jaunser — Bawar. In: Deutscher Geographentag Köln, 22.—26. Mai 1961. Tagungsberichte und wissenschaftl. Abhandlungen. Wiesbaden, F. Steiner, 1962. S. 211—225.
- VISHNU-MITRE: The Ice-Ages and the evolutionary history of the Indian Gymnosperms. In: *The Journal of the Indian Bot. Soc.* Band 42, 1963, Heft 2. S. 301—308.
- , The Plio-Pleistocene Boundary in the North West India. In: *The Palaeobotanist*, Band 12, 1963, Heft 3. S. 270—276.
- , Some aspects concerning Pollen-analytical investigations in the Kashmir Valley. In: *The Palaeobotanist*. Band 15, 1966, Heft 1—2. S. 157—175.
- , u. O. D. K. SHARMA: Studies of postglacial vegetational history from the Kashmir Valley. 1. Haigam Lake. In: *The Palaeobotanist*. Band 15, 1966, Heft 1—2. S. 185—212.

Summary

Studies about Terraces and Soils of the Cashmere Basin. A Contribution to the Quaternary History of the Himalaya

In the Cashmere basin loess exists extensively. Along the street from Srinagar to Shankracharya-Hill exposures present an autochthone red brown soil cover on top of the bedrock. Above this lies loess which has formed a black brown AC-soil. This is covered by a red brown colluvium interspersed with angular rock particles and on top of this a brown soil developed from loess. This soil is covered by a few meters of light yellow loess which has no autochthone soil but is covered again by a young slope colluvium interspersed with many angular rocks. The slope colluvium has been deposited discordant on the base rock in places after a complete erosion of the loess cover.

In the Cashmere basin a terrace with steep erosion rims on the average about 30 m relative height rises above the recent alluvial plain of the Jelum river and its tributaries. The terrace is covered by a weakly developed grey AC-soil and consists of loess 20 m thick stratified by black fossil soils and resting on stratified lake sedi-

ments that include remains of plants. The lake deposits are believed to be Pliocene in age though the limnic sedimentation has probably continued until the Quaternary.

The exposed soil series on Shankracharya-Hill gives evidence of a relatively humid, warm climate in the Cashmere basin where under a forest vegetation a red brown soil could develop. Succeeding arid conditions of climate lead to a deforestation and intensive erosion. At last eolian dust was deposited which was at least three times interrupted by soil formation. At present no loess is formed rather the youngest loess cover in the Cashmere basin is present on the terrace rising above the recent alluvial plain of the Jelum river. After its deposition a long time of erosion must have formed the steep terrace rims.

R é s u m é

Les terrasses, les dépôts de loess et les sols dans le bassin de Cachemire. Etudes à l'histoire quaternaire de l'Himalaya

Dans le bassin de Cachemire, des dépôts de loess sont très répandus. Le long de la route menant de Srinagar vers la colline de Shankracharya, on peut étudier des profils intéressants: Sur la base d'une roche mère massive, on reconnaît d'abord les restes d'un sol autochtone de couleur rouge brun; y suit une couche de loess sur laquelle une terre noir brun (à horizons A—C) s'est formée; cette terre est couverte par des dépôts colluviaux entremêlés de nombreux débris anguleux; les loess superposés portent une épaisse couche de sol brun; des nouveaux dépôts de loess où des terres noires fossiles se trouvent intercalées, et ce complexe de 20 m d'épaisseur repose sur des sédiments lacustres stratifiés et riches en vestiges végétaux. On estime ces sédiments d'âge pliocène, mais on doit supposer que cette sédimentation ait continué jusqu'à l'âge quaternaire.

Dans le bassin de Cachemire lui-même, la nappe alluviale récente de la Jhelum et de ses affluents est surplombée par une terrasse dont le talus, très raide et de 30 m d'hauteur, s'incline vers le fond du bassin. L'étendue de cette terrasse est couverte d'un sol gris (à horizons A—C); son soubassement consiste en dépôts de loess où des terres noires fossiles se trouvent intercalées, et ce complexe de 20 m d'épaisseur repose sur des sédiments lacustres stratifiés et riches en vestiges végétaux. On estime ces sédiments d'âge pliocène, mais on doit supposer que cette sédimentation ait continué jusqu'à l'âge quaternaire.

La série de sols (profilée le long de la route vers la colline de Shankracharya) permet de conclure: durant une période climatique relativement humide, un sol rouge brun s'est développé sous une nappe de végétation forestière. Un climat de plus en plus aride a provoqué le déboisement et, par suite, une érosion intensive. Enfin, des couches pulvérulentes éoliennes se sont déposées, en trois phases probablement, chaque phase de sédimentation étant interrompue par une phase de formation de sol. La couche de loess la plus jeune repose sur l'étendue de la grande terrasse dominant la plaine alluviale de la Jhelum. Actuellement, il n'y a pas de sédimentation de loess; c'est plutôt une période d'érosion très intensive, durant longtemps déjà et ayant disséqué le talus raide de la terrasse.