

Ein Lößprofil bei Moravany in Mähren

von

Robert Lais †

Mit fünf Abbildungen

Vorbemerkung: Unter den neueren Gesichtspunkten der Klimaentwicklung des Jungpleistozäns hat es ROBERT LAIS vor fast zwanzig Jahren unternommen, eine große Zahl von Lößprofilen des östlichen Mitteleuropas in die Gliederung der Würm-Eiszeit einzuordnen. Diese Arbeiten konnten erst posthum erscheinen¹. Die in den letzten Jahren verstärkte Bearbeitung der östlichen Lößprofile durch andere Forscher² bestätigte den Charakter des von R. LAIS nachgewiesenen würmeiszeitlichen Klimaablaufs. Nun fand sich im Nachlaß von R. LAIS noch das vorliegende Manuskript, das ursprünglich als Beitrag zu der von L. F. ZOTZ geplanten Monographie über seine Ausgrabungen in Moravany gedacht war. Da diese Monographie jedoch nicht mehr erscheinen kann³, legen wir das Untersuchungsergebnis von R. LAIS hier vor, weil es an einer neuen Fundstelle die Datierung der begrabenen Böden und der Löße im östlichen Mitteleuropa ermöglichte. ELISABETH SCHMID

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung	92
2. Der Karbonatgehalt	93
3. Der Humusgehalt	96
4. Die Farbe	99
5. Der Korngrößenaufbau	102
6. Der Bestand der Schneckenschalen	111
7. Zusammenfassung und Ergebnis	116

¹ LAIS, R., Über den jüngeren Löß in Niederösterreich, Mähren und Böhmen. Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br., 41, 1951, 119 ff. — LAIS, R., Über den Löß von Unterwisternitz (Mähren). Palaeohistoria II, Groningen 1954, 135 ff.

² SCHOENHALS, E., Über fossile Böden im nichtvereisten Gebiet. Eiszeitalter und Gegenwart 1, 1951, 109 ff. — FINK, J., Die fossilen Böden im österreichischen Löß. Quartär 6, 1954. — MUSIL, R., und K. VALOCH, Über die Erforschung der Löße in der Umgebung von Brünn (Brno) in Mähren. Eiszeitalter und Gegenwart 6, 1955, 148 ff. — BRANDTNER, F., Lößstratigraphie und paläolithische Kulturabfolge in Niederösterreich und in den angrenzenden Gebieten. Eiszeitalter und Gegenwart 7, 1956, 127 ff.

³ ZOTZ, L. F., Quartär 7, 1956.

1. Einführung

Östlich des Dorfes Moravany endigt die schräge, von Äckern bedeckte Lößtafel, hinter der der bewaldete Teil des Inovec-Gebirges rasch emporsteigt, mit einem steilen Abbruch über der Waagaue. Hier ist südlich der alten, auf einer Anhöhe stehenden Dorfkirche der Löß auf eine ansehnliche Strecke hin in senkrechten Wänden aufgeschlossen. An ihrem Fuß wird an

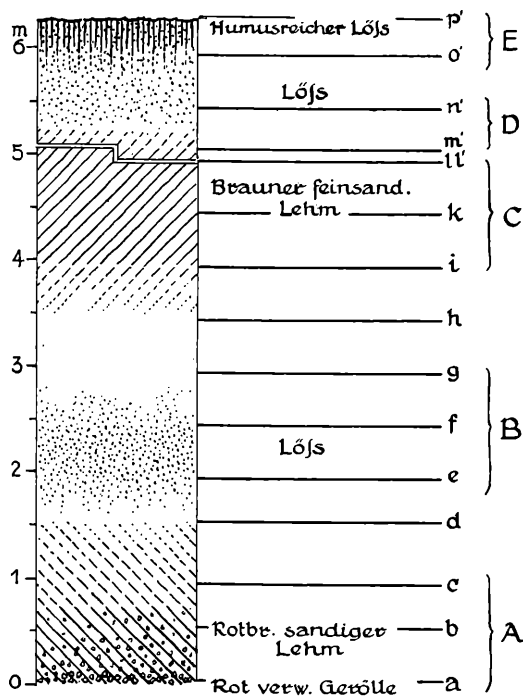


Abb. 1. Das Lößprofil bei Moravany

manchen Stellen eine lebhaft rot gefärbte Verlehmungszone, über ihr, gelbem Löß eingelagert, eine zweite bräunliche sichtbar, der in einem gewissen Abstand die dünne Humusdecke der heutigen Oberfläche folgt. Diese Schichtenfolge wurde an mehreren Stellen genauer untersucht.

39 m nördlich einer kleinen in den Löß eingeschnittenen Erosionsschlucht, die zwischen der alten Kirche und dem Südende des Dorfes in die Waagaue mündet, wurden der senkrechten Lößwand in Abständen von je 50 cm Gesteinsproben entnommen. Nach unten hin wurde dieses Profil durch Abgraben des in jüngster Zeit herabgefallenen Schuttes ergänzt. Hier fand sich

unter dem Löß eine aus wenig gerundeten stark verwitterten Geröllen und rotem Verwitterungslehm bestehende Schicht. Sie liegt etwa 11 m über der auf der Waagaue verlaufenden Dorfstraße. Da die obersten Teile dieser Wand nicht erreichbar waren, weil in Moravany eine mehr als 5 m hohe Leiter nicht beschafft werden konnte, mußte das Profil nach oben hin durch Proben ergänzt werden, die 3 m weiter südlich an einer zugänglichen Stelle der Wand entnommen wurden. Die obere bräunliche Verwitterungszone ließ sich in dieses zweite Profil hinein ohne weiteres verfolgen, so daß der Anschluß völlig gesichert ist. Die Proben der linken (unteren) Reihe sind mit a bis l, die der rechten (oberen) mit l' bis p' bezeichnet. Dabei entspricht l' etwa l, und unmittelbar darüber liegt m'; in größeren Abständen folgen dann n', o' und p'. Dem im ganzen 6,4 m hohen Profil wurden 16 Proben entnommen (Abb. 1). Untersucht wurden

der Karbonatgehalt,
 der Humusgehalt,
 die Farbe,
 der Korngrößenaufbau,
 der Bestand an Schneckenschalen.

2. Der Karbonatgehalt

Der Karbonatgehalt wurde mit dem Apparat von WILL-FRESENIUS aus der Gewichtsmenge des mit verdünnter Salzsäure ausgetriebenen Kohlendioxyds bestimmt. Es wurde abgeseibtes Material von weniger als 0,2 mm ϕ untersucht.

In der Geröllschicht a ist entsprechend dem erheblichen Anteil an Kalkgesteinen auch im feinen Material der Karbonatgehalt groß: er beträgt 23,6%. In der darüberliegenden fast ganz aus Verwitterungslehm bestehenden Schicht b nimmt er auf 2,6% ab, steigt dann aber in den folgenden Proben stetig bis auf 30,8% in e an. Weiter oben findet eine Abnahme bis auf 1,3% in l' statt, dann wieder eine Zunahme auf 16,5 und 16% in den beiden obersten Schichten (Abb. 2).

Die wechselnden Kalkgehalte der Schichten über c sind zum Teil auf die mit der Verwitterung verbundene Entkalkung ehemals kalkreicherer Löße zurückzuführen. Den wohl ursprünglichsten Zustand zeigt Probe e mit einem Kalkgehalt von nahezu 31%, wie er für völlig unverwitterte Löße auch anderer Gebiete häufig festgestellt worden ist. Die stärkste Entkalkung innerhalb der Lößschichten hat in i, k und l' stattgefunden. Daß von o' nach p' hin ein leichter Rückgang des Kalkgehaltes festgestellt werden mußte, ist damit zu erklären, daß durch die Oberflächenverwitterung eine wenn auch offenbar geringe Entkalkung erfolgt ist.

Die Entkalkung ist überall die Folge der Auflösung des Kalks durch die von der jeweiligen Oberfläche her eingedrungenen kohlenensäurehaltigen Nie-

derschlagsgewässer. Der gelöste Kalk hat sich dann in den tieferen Schichten in Form von Kalkschrot, Wurzelröhrchen und kleinen Konkretionen wieder ausgeschieden. Da die Analysen auf sehr feines Material beschränkt wurden, ist der Gesamtgehalt der Proben, in denen konkretionsartige Bildungen vorkommen, etwas größer als die angegebenen Werte.

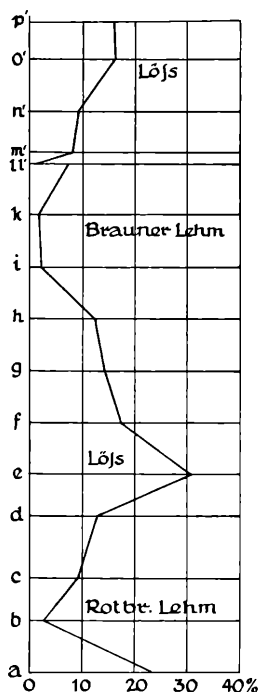


Abb. 2. Der Karbonatgehalt

Wichtig erscheint die Tatsache, daß die Bildung ausgesprochener Löß-kindel h o r i z o n t e in diesem ganzen Profil unterblieben ist; sie hätte vor allem auf Grund der starken Entkalkung der Proben k und l' in einer der darunter liegenden Schichten erwartet werden müssen. Ihr Fehlen kann nur damit erklärt werden, daß entweder zugleich mit der Ablagerung der löß-artigen Staubmassen auch deren Verwitterung erfolgt ist oder aber schon durch Verwitterung mehr oder weniger stark entkalktes Material angeweht wurde. Wahrscheinlich hat beides stattgefunden. Denn das Vorkommen kleiner Konkretionen und Wurzelröhrchen in allen Teilen des Profils über d beweist einmal, daß an Ort und Stelle Verwitterung stattgefunden hat. Zum andern wäre die starke Entkalkung, die in den Proben i, k und l' nach-

gewiesen wurde, ohne die Bildung eines Lößkindelhorizontes undenkbar, wenn hier ursprünglich etwa Material vom Kalkgehalt der Schichten e oder f mit 30,8 und 17,7% Kalk abgelagert worden wäre.

Tabelle 1

Probe	Kalkgeh. in %	Wurzelr. u. Konkr.	Verwitterung	Pflanzendecke	Niederschläge
p'	16,0	Von d bis p' überall geringe Mengen kleiner Wurzelröhren und Konkretionen	Heutige Oberflächenverwitterung (stärker als vorher)	Heutige Pflanzendecke: Trockenrasen und Sträucher	Reichlich
o'	16,5				
n'	9,4		↑		sehr gering
m'	8,6		abnehmend	dünn	
l'	1,3				
l	7,2				
k	1,9		kräftig	dichter	stärker
	2,6				
h	12,3		↑		
g	14,2		zunehmend		
f	17,7				
e	30,8		am schwächsten	ganz dünn und lückenhaft	sehr gering
d	13,1		↑		
	9,5		abnehmend		
b	2,6		kräftig		
a	23,5			stark	reichlich

Die Richtung, in der eine Zu- oder Abnahme erfolgt, ist durch Pfeile gekennzeichnet.

Die Entstehung der Wurzelröhrchen und Konkretionen in allen Teilen unseres Profils setzt das Vorhandensein einer Pflanzendecke voraus. Diese kann allerdings — im ganzen gesehen — nur dünn und lückenhaft gewesen sein, wenn der damalige Boden auch der Auswehung zugänglich gewesen sein soll. Es kann sich also weder um Wald noch um eine zu allen Zeiten und überall geschlossene Rasendecke gehandelt haben. Wir können uns derartige Verhältnisse vor allem verwirklicht denken, wenn das Klima der Bildung eines steppenartigen Pflanzenwuchses günstig war, wenn also einer kurzen sommerlichen Niederschlags- und Vegetationsperiode ein strenger trockener Winter folgte. Die Gegensätzlichkeit dieses Klimas müßte sich dann in der Zeit der stärksten Verwitterung (i, k, l') etwas gemildert haben. (Tabelle 1 gibt eine Übersicht über diese Ergebnisse.)

3. Der Humusgehalt

Der Humusgehalt wurde dadurch ermittelt, daß bei den humusreicheren Proben jeweils 10 g, bei den humusärmeren 20 g des lufttrockenen Materials in 50 cm³ 5%iger Natronlauge 30 Minuten lang gekocht wurden. Nach dem Erkalten wurde das verdampfte Wasser ersetzt und die braune Lösung abfiltriert. Die Filtrate wurden mit der dunkelsten Lösung (Probe p') kolorimetrisch verglichen, deren Humusgehalt in der Abb. 3 gleich 100 gesetzt ist. Da die alkalischen Humuslösungen nach kurzer Zeit farbschwächer werden, wurde der Vergleich unter Zuhilfenahme eines braun gefärbten Glasplättchens möglichst bald nach der Herstellung der Extrakte durchgeführt.

Die gefundenen Werte lassen eine dreimalige Anhäufung des Humusgehaltes erkennen: in der unteren Schicht des roten Lehms, im braunen Lehm und in der Oberflächenschicht. Dazwischen liegen die Ablagerungen der nicht oder schwach verlehmtten Löße mit wesentlich geringeren Humusgehalten, die aber immer noch mindestens 13% vom Humusgehalt der Oberflächenschicht ausmachen. Der Humusgehalt der Oberflächenschicht hat hier nur eine leichte Bräunlichfärbung, nicht aber die sonst feststellbare Dunkel-färbung des Lösses verursacht, ist also verhältnismäßig gering. Bei der Beurteilung der noch geringeren Humusgehalte der beiden Verlehmungshorizonte darf aber die Tatsache nicht außer acht gelassen werden, daß in den porösen Lössen die Humusstoffe mit der Zeit einen gewissen Abbau erfahren können, die gefundenen Werte also vielleicht nicht mehr den vollen ursprünglichen Humusgehalt darstellen.

Daß die Zeiten stärkster Verlehmung (b—c und k—l—l') auch Zeiten stärkster Humusbildung gewesen sind, lehrt, daß diese Verlehmung ohne gleichzeitige starke Auswaschung vor sich gegangen ist. Auch heute noch enthalten die in Mittel- und Südeuropa aus kalkreichen Sedimenten hervorgegangenen rot oder braun gefärbten Böden häufig beträchtliche Mengen von Humussubstanzen. Aufschlußreicher ist die andere Tatsache, daß auch während der Zeiten der kräftigsten Lößbildung (e—f—g und m'—n') die Hu-

musbildung nicht ausgesetzt hat, also eine gewisse Pflanzendecke bestanden haben muß. Der Schluß, daß sie in der Verlehmungsperiode i—k—l' stärker als vorher und nachher gewesen sein müsse, darf aus den Humusgehalten nicht gezogen werden. Wenn damals die Staubanwehung geringer als vorher und nachher war, die Pflanzenbedeckung aber gleich blieb, so reichte dies zu einer stärkeren Konzentration der Humusstoffe völlig aus.

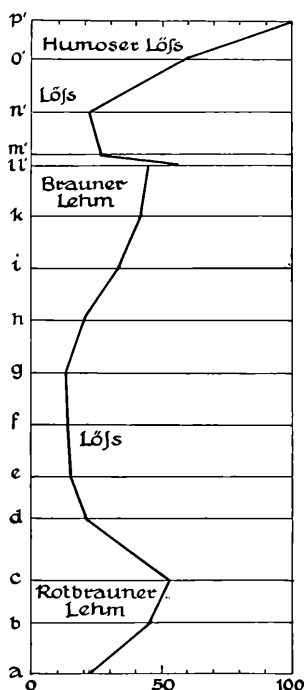


Abb. 3. Der Humusgehalt

Wenn auch das Wirken bodenbildender Vorgänge, wie Entkalkung, Verlehmung und Humusbildung, in allen Teilen unseres Schichtprofils beobachtet werden kann, so ist doch die Feststellung wichtig, daß über dem unteren roten Lehm, der zum Teil von oben her angeschwemmt ist, richtige Böden mit ihren charakteristischen Profilen oder auch degradierte Böden nicht ausgebildet worden sind. Dies ist vor allem für die Beurteilung der Entstehung des braunen Lehms im mittleren Teil unseres Profils wichtig; es besagt, daß die jeweilige Oberfläche den bodenbildenden Vorgängen nie so lange ausgesetzt war, daß sich ein „Boden“ im Sinn der Bodenkunde hätte bilden können. Der allmähliche Übergang von maximalen Humusgehalten

in k—l—l' zu geringeren nach unten wie nach oben hin lehrt vielmehr, daß die Humusbildung nicht von einer längere Zeit hindurch bestehenden Oberfläche ausgegangen ist, sondern von unten nach oben hin zuerst verstärkt, dann abgeschwächt in immer neu angelagertem Material stattgefunden hat. Die Humusgehalte bestätigen also das aus der Untersuchung der Karbonatgehalte gewonnene Ergebnis.

Die helle Färbung und geringfügige Entkalkung der humusreicheren Oberflächenschicht lehrt, daß sie erst seit kurzer Zeit Boden ist. Dies ist in Anbetracht der Steilheit des Hanges über unserem Aufschluß sehr wohl verständlich; die trotz der Trockenrasendecke hier ständig stattfindende Abtragung macht die Ausbildung einer ausgeprägten Humus- und Verwitterungsdecke unmöglich.

Tabelle 2

Probe	Humusgehalt bez. auf p' = 100	Pflanzendecke
p'	100	Von a bis p' ununterbrochen bestehend
o'	58	
n'	22	
m'	27	
l'	56	
l	45	
k	42	
i	33	
h	20	
g	13	
f	14	
e	15	
d	21	
c	53	
b	45	
a	22	

Aus diesen Untersuchungen ergibt sich das ununterbrochene Bestehen einer Pflanzendecke von a bis p' in Übereinstimmung mit dem aus dem Vorhandensein der Wurzelröhrchen und kleinen Konkretionen gefolgerten Ergebnis. Wenn aus dem Wechsel der Humusgehalte überhaupt eine zeitweise Verstärkung der Pflanzendecke erschlossen werden darf, so hat diese in den Schichten a—b—c und k—l—l' stattgefunden. Das Fehlen ausgeprägter Bodenprofile macht es unmöglich, darüber hinausgehend irgendwelche Schlüsse über die Art des Klimas zu ziehen, unter dem diese Pflanzendecke bestanden hat. (Tabelle 2 faßt diese Ergebnisse zusammen.)

4. Die Farbe

Im Freien lassen sich an den Wänden selbst nur die gröberen Farbuunterschiede der einzelnen Schichten erkennen. Feinere verschwinden im hellen Sonnenlicht fast völlig. Auch konnte festgestellt werden, daß Lößwände, die längere Zeit, vielleicht viele Jahre hindurch, den atmosphärischen Einflüssen ausgesetzt waren, an der Oberfläche in einer Schicht von einigen mm Stärke mehr rötlich gefärbt waren als das darunterliegende Gestein. Einwandfreie Farbvergleiche können am leichtesten an Sedimentaufstrichen angestellt werden. Eine durch Absieben hergestellte kleine Menge lufttrockenen Materials von weniger als 0,2 mm ϕ Korngröße wird mit wasserhellem Zaponlack zu einer dickflüssigen Masse verrührt und auf eine geeignete Unterlage gleichmäßig deckend aufgestrichen. Der Aufstrich trocknet in kurzer Zeit völlig glanzlos und fast ohne Veränderung der natürlichen Farbe auf. Diese erscheint höchstens um ein wenig lebhafter.

Nach ihrer Farbe lassen sich die Proben unseres Profils zu mehreren miteinander durch Übergänge verbundenen Gruppen zusammenfassen. Die unterste, A (a, b, c), ist durch einen sehr deutlich hervortretenden Rot-(Kreß-) Gehalt von allen übrigen unterschieden. Die nächste Gruppe, B (e, f, g), hat ausgesprochene Lößfarbe, die dritte, C (i, k, l, l'), ist im ganzen braun getönt, dann folgt D (m', n') mit schwach bräunlicher Lößfarbe, schließlich E (o', p') mit mehr gelbbrauner Färbung.

Träger der Farbe ist in allen Teilen des Profils das feinste tonig-kalkige Material. Je nach seinem Humusgehalt oder den Oxydationsstufen seiner Eisenverbindungen ist es gelb, braun oder rot gefärbt. Entfärbt man die einzelnen Proben durch Kochen in Salzsäure, wodurch die Eisenverbindungen herausgelöst werden, und durch Kochen in Lauge zur Entfernung der Humusstoffe, so hinterbleibt überall der gleiche helle Quarzsand. Da alle Schichten einen gewissen Humusgehalt haben, überdeckt seine je nach der Menge mehr oder weniger stark braune Farbe die Eisenfarben.

In den Proben der Gruppe A kommt trotz des verhältnismäßig hohen Humusgehaltes die Rot-Komponente der Farbe sehr deutlich zum Ausdruck. Rotfärbung der Eisenverbindungen tritt am auffälligsten in den

Roterden und dem Laterit auf, die aus vielerlei Gesteinen, vor allem aber aus kalkreichen entstehen.

Die Entstehungsbedingungen für diese Böden werden von STEBUTT im Einklang mit andern Bodenforschern folgendermaßen geschildert:

Die Roterden und Laterite sind Bildungen der feuchtwarmen Zonen. Sie wurden stets als Bodentypen der tropischen und subtropischen Gebiete beschrieben. Dabei geht die Roterde weiter nach Norden als der Laterit und ist die typische Bodenart des europäischen Mittelmeergebietes. Hier kommt zum Klima als wichtiger Entstehungsfaktor der Kalkgehalt des Muttergesteins. Seine Rolle besteht darin, daß er den Boden gegen die Podsolierung schützt. Die Roterdebildung bedarf einer längeren Periode starker Verdunstung; es müssen regenreiche Zeiten, in denen Zersetzungsprodukte gebildet werden können, mit trockeneren abwechseln, in denen diese durch Verdunstung an die Oberfläche steigen können. Die im Mittelmeergebiet herrschende Niederschlagsverteilung, trockener Sommer und niederschlagsreicher Winter, begünstigt die Roterdebildung ganz besonders.

Die Rotfärbung unserer Gruppe A, vielleicht etwas weniger ausgeprägt als die der typischen Roterde, setzt also ein Klima voraus, das dem der Mittelmeerländer in gewissem Maß ähnlich, zum mindesten im Sommer etwas wärmer war als das heutige Klima dieses Gebietes, unter dem sich keine rotgefärbten Böden bilden. Trockene Sommer und niederschlagsreiche Winter setzen das damalige Klima in einen weiteren Gegensatz zu dem heutigen, das in der Niederschlagsverteilung einen kräftigen kontinentalen Einschlag zeigt.

In Gruppe B treten die hellsten Farben des ganzen Profils auf; ihre Proben stellen, erkennbar an hohem Karbonatgehalt und dem Korngrößen- aufbau, den am wenigsten veränderten Löß dar. Darum ist auch ihre Farbe, helles Gelb, teilweise mit leichtem Graustich, die gleiche wie bei den Lössen anderer Gebiete, obwohl bei ihrem Zustandekommen ein gewisser Humusgehalt beteiligt ist. Durch welche Vorgänge im einzelnen die leichte Gelbfärbung, dieses allgemeine Kennzeichen des „unverwitterten“ Lösses, entstanden ist, wissen wir nicht. Es kann sich dabei um eine unter dem Einfluß des eiszeitlichen Klimas und einer sehr bescheidenen Pflanzendecke hervor- gebrachte sehr geringfügige Verwitterungserscheinung, vielleicht aber auch nur um die Wirkung diagenetischer Vorgänge handeln. Auf jeden Fall hat weder Entfärbung noch nennenswerte Umfärbung des ursprünglichen Materials stattgefunden, ganz ähnlich wie bei den Wüstenböden. Diese sind nach MORTENSEN in den meisten Wüsten gelbgrau gefärbt. Auch dort wird dies auf das starke Zurücktreten der chemischen Verwitterung zurückgeführt. Die Farbe des Lösses läßt mit Bestimmtheit erkennen, daß zur Zeit seiner Bildung das Klima nicht anders als niederschlagsarm und kalt gewesen sein kann.

Die helle Lössfarbe geht allmählich in das bräunliche Gelb, Braungelb und schließlich das tiefe Gelbbraun der Gruppe C über, in Schichten, in

Tabelle 3

Probe	Farbe	Farbgruppe	Klima
p'	dunkelgelbbraun	E	ursprünglich trocken-kalt
o'	gelbbraun		
n'	hellbraungelb	D	trocken-kalt
m'	hellbraungelb		
l'	tief gelbbraun	C	etwas niederschlagsreicher, kühler als in A, dem gegenwärtigen ähnlich
l	braungelb		
k	tief gelbbraun		
	braungelb		
h	bräunlichgelb		
g	hellgelb	B	trocken-kalt
f	hellgelb, graustichig		
e	hellgelb, graustichig		
d	gelbbraun		
c	schwach rötlichbraun	A	niederschlagsreich, gemäßigt bis warm, nicht kontinental
b	tief rötlichbraun		
a	hell rotbraun		

denen ein sehr niedriger Karbonatgehalt kräftige Verwitterung anzeigt. Das Fehlen einer roten Farbkomponente lehrt aber, daß hier die Verwitterung unter einem wesentlich anderen Klima erfolgt sein muß als in der Gruppe A, daß im ganzen kühlere Temperaturen, ähnlich denen der Gegenwart, und vielleicht geringere Niederschläge geherrscht haben müssen.

Mit allmählichem Übergang werden in G r u p p e D die Farben wieder heller: hellbraungelb; der Kalkgehalt nimmt zu, der Humusgehalt ab. Die Verwitterung wirkt sich schwächer aus.

An der Oberfläche (Gruppe E) erscheinen wieder etwas dunklere Farben. Es hat von der jetzigen Pflanzendecke her zwar eine Infiltration des Bodens mit Humusstoffen, aber eine nur geringe Entkalkung stattgefunden, und die trübgelbbraune Farbe ist in der Hauptsache auf die humosen Bestandteile des Bodens zurückzuführen. Die durch das Klima der Entstehungszeit der beiden Schichten o' und p' hervorgebrachte Farbe ist offenbar die gleiche helle Lößfarbe wie in Gruppe B.

Die kohlenstoffhaltigen Humussubstanzen, die allen Sedimenten unseres Profils eine mehr oder weniger deutliche Braunfärbung geben, lassen sich durch Verbrennung leicht beseitigen. Dazu wurden 1 bis 2 g der durch das 0,2-mm-Sieb geschlagenen Substanz im offenen Porzellantiegel etwa 5 Minuten lang zu Rotglut erhitzt. Dabei färbten sich alle Proben ziegelrot. Daraus ist zu entnehmen, daß der Eisengehalt durchweg hoch genug war, um bei gleichen Verwitterungsbedingungen gleiche Verwitterungsfarben, etwa das Rötlichbraun der Gruppe A, entstehen zu lassen. Aber bei den geglühten Substanzen treten in der Stärke, dem Weiß- und Schwarzgehalt der Rotfärbung doch deutliche Unterschiede auf, die zur ursprünglichen Farbe und damit zur Stärke der Verwitterung in klaren Beziehungen stehen.⁴

Das lebhafteste Rot zeigt Gruppe A, vor allem Probe b. Am lichtesten sind die Farben der Gruppe B. Dann wird die Rotfärbung wieder kräftiger und erreicht in Probe i der Gruppe C einen Ton, der sich von dem der Probe b nur wenig unterscheidet. In den darüber folgenden Proben der Gruppe D zeigt sich wieder eine starke Aufhellung, die bis zur Oberfläche hin (Gruppe E) unvermindert anhält.

Hierin kommen also die starke Verwitterung des unteren roten und des oberen braunen Lehms nahezu gleichstark zum Ausdruck, während sich die von der heutigen Oberfläche ausgegangene Verwitterung als sehr geringfügig erweist. Die unverlehmten Löße der Gruppen B und D zeigen mehr gelbrote Farben. (Diese Ergebnisse sind in Tabelle 3 zusammengefaßt.)

5. Der Korngrößenaufbau

a.

Grobe Bestandteile wurden in beachtlicher Menge nur in den vier untersten Proben festgestellt. Sie bestanden aus Urgesteinskörnern, vor allem Quarzen, Feldspäten und Glimmerblättchen, aber auch Kalksteinstückchen als ursprünglichen Bestandteilen und kleinen Kalkkonkretionen und Wurzelröhrchen als Bildungen, die erst nach der Ablagerung der Sedimente entstanden sind.

⁴ Dieser Befund steht im Einklang mit der Feststellung K. UTESCHERS, „daß sich die Böden nach dem Glühen ihrer Farbe nach in genau derselben Reihenfolge einordnen wie in natürlichem Zustand“. Siehe: K. UTESCHER, Die Abhängigkeit der Bodenfarbe vom Eisen- und Humusgehalt. Sitzungsber. d. Pr. Geol. Landesanstalt, H. 7, 1932.

Um die Menge der kristallinen Körner zu bestimmen, wurden jeweils 100 g Material nach kurzem Kochen in dünner Sodalösung durch ein 0,5-mm-Drahtsieb geschlämmt, der Rückstand in schwacher Salzsäure von Konkretionen und Wurzelröhrchen befreit, ausgewaschen, getrocknet und gewogen. So ergaben sich die in Tabelle 5 unter „Grober Sand“ aufgeführten Zahlen.

Namhafte Mengen grobsandigen Rückstandes lieferte naturgemäß die tiefste Probe a, die der Schicht der verwitterten Gerölle entstammt. Einen halben Meter höher finden sich Urgesteinskörner bis zu 5 mm Größe noch in 5,9%, einen Meter höher in 3,25% und 1,5 Meter höher in 1,1% der Gesamtmenge. Von da ab sinkt die Menge des gröberen Urgesteinssandes auf sehr geringe Beträge herab.

Das Vorkommen dieser Urgesteinskörner ist auf Verschwemmung am Gehänge zurückzuführen. Wie in der oben erwähnten kleinen Erosionsschlucht südlich unseres Aufschlusses beobachtet werden kann, steigt die Oberfläche der liegenden Geröllablagerung und des roten Lehms nach dem Gebirge, also nach Osten hin, ziemlich steil an. Es bestand daher die Möglichkeit, daß mit dem überwiegenden Lehm auch sandiges Material am Hang herabgetragen wurde und sich am Aufbau der Schichten b bis d beteiligte. Da die Hauptmenge feinsandig und lehmig ist, kann es sich bei den groben Bestandteilen nicht um Frostbruchschutt handeln, der etwa während einer trocken-kalten Eiszeit der Schwerkraft folgend am Gehänge abwärts wanderte. Es muß vielmehr während einer niederschlagsreichen Zeit Verschwemmung stattgefunden haben. Diese hörte von Probe e an auf. Die Bildung der höheren Schichten ist also unter ganz anderen Bedingungen erfolgt.

b.

Alle Proben wurden weiterhin der Schlämmanalyse im Apparat von KOPECKY unterworfen und dadurch in die vier Korngrößenfraktionen I von $< 0,01 \text{ mm } \phi$, II von 0,01 bis 0,05 mm ϕ , III von 0,05 bis 0,1 mm ϕ und IV von 0,1 bis 2 mm ϕ zerlegt. Um die Humusstoffe zu beseitigen und die lehmigen Bestandteile zu zerlegen, waren sie in schwacher Sodalösung eine halbe Stunde lang gekocht worden. Der Korngrößenaufbau ist in Abb. 4 wiedergegeben.

Nur an den untersten vier Proben nehmen die gröberen Bestandteile von 0,1 bis 2 mm ϕ einen erheblichen Anteil. Die Ursache ist oben erläutert.

Die übrigen Korngrößenfraktionen I bis III zeigen, daß gröbere Körner in den Schichten e bis g nicht nur in der Fraktion III, sondern auch in II überwiegen, dann bis k abnehmen und späterhin wieder zunehmen.

Alle Ablagerungen über d bestehen aus Löß, der, wie wir gesehen haben, in den Schichten i, k, l' ziemlich stark, in o' und p' schwach verlehmt ist.

Im allgemeinen zeigen die Löße einen sehr charakteristischen Korngrößenaufbau: Fraktion II macht etwa 50%, Fraktion I etwa 25% der Gesamtmenge aus, oder es ist wenigstens die zweitfeinste Fraktion doppelt so stark vertreten wie die feinste.

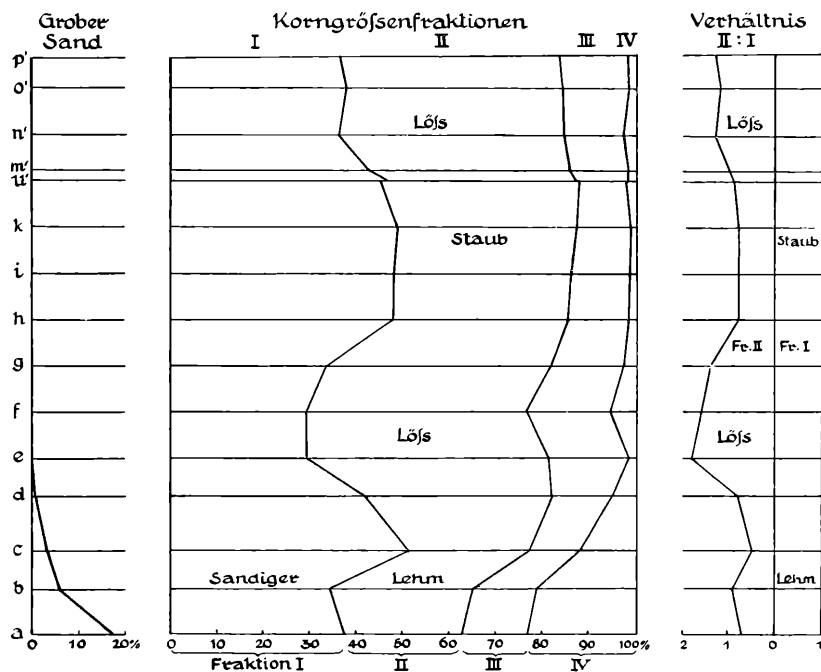


Abb. 4. Der Korngrößenaufbau

Diese Bedingungen werden innerhalb unseres Profils nur in den Schichten e und f einigermaßen erfüllt. In den anderen Proben tritt uns durchweg ein Material entgegen, das einen erheblich stärkeren Anteil an feineren Körnern enthält. Allerdings nähern sich die obersten drei Proben in ihrem Korngrößenaufbau dem eines typischen Lösses wieder stärker. Da in allen Proben außer e und f eine gewisse Verlehmung festgestellt werden konnte, ist es, obwohl sonst auch stark verlehnte Löße den charakteristischen Korngrößenaufbau zeigen, nicht unmöglich, daß die beobachteten Korngrößenschwankungen auf Schwankungen im Verwitterungszustand zurückzuführen sind.

Ob und in welchem Umfang dies zutrifft, bedarf einer besonderen Untersuchung.

Zu diesem Zweck wurde zunächst für die Proben e bis p' (den Löss) der durchschnittliche Korngrößenaufbau ermittelt. Es ergaben sich folgende Werte:

Fraktion I	($< 0,01$ mm ϕ)	40,2%
Fraktion II	(0,01 — 0,05 mm ϕ)	44,1%
Fraktion III	(0,05 — 0,1 mm ϕ)	13,6%
Fraktion IV	(0,1 — 2 mm ϕ)	2,1%

Die Bereiche dieser Korngrößenaufteilung sind ungleich groß. Würden die Körner der Fraktion II gleichmäßig auf deren Unterabteilungen (0,01—0,02 mm ϕ , 0,02—0,03 mm ϕ usw.) verteilt, so würden auf jede von ihnen

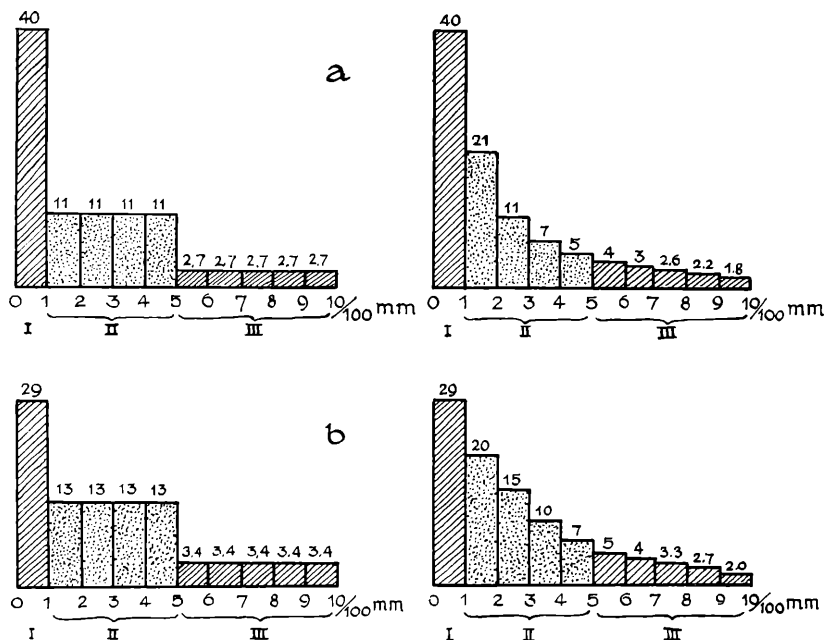


Abb. 5. a) Korngrößenverteilung innerhalb der Fraktionen I—III für den Durchschnitt der Proben e—p'

b) Korngrößenverteilung innerhalb der Fraktionen I—III für die Probe e (Löss)

44,1 : 4 = 11,025% entfallen. In der folgenden Fraktion III kämen auf jede Untergruppe des Umfangs 0,01 mm ϕ 13,6 : 5 = 2,72%. Das aus diesen Zahlen gewonnene Kurvenbild entspricht natürlich den tatsächlichen Verhältnissen keineswegs. In Wirklichkeit muß ein allmählicher Anstieg der Korngrößenmengen von den groben zur feinsten Körnung hin erfolgen, etwa so, wie es in Abb. 5 dargestellt ist.

Ein ganz ähnliches Bild ergibt sich auch für Proben des Profils, die einen von diesem Mittelwert stark abweichenden Korngrößenaufbau zeigen, etwa für die Probe e, den typischsten und karbonatreichsten Löss.

Erfolgt durch Verwitterung eine Verkleinerung der Körner, sei es, daß von ihrer Oberfläche eine ungefähr gleichdicke Schicht abgetragen wird oder die Körner in kleinere Bruchstücke zerlegt werden, so tritt eine allgemeine Vermehrung der feinen Fraktionen auf Kosten der gröberen ein. Der einfachste denkbare Fall ist der, daß alle Körner (abgesehen von den weniger als 0,01 mm messenden) um das gleiche Maß, beispielsweise 0,01 mm, verkleinert werden. Dann wandern, wie Abb. 5 lehrt, 21% der Körner aus Fraktion II in die Fraktion I hinein, aber nur 4% aus Fraktion III in die Fraktion II. Der Zuwachs, den die Fraktion I erhält, ist also etwa fünfmal so groß wie der Verlust der Fraktion III. Bei unserem andern Beispiel, Probe e, ist trotz des immerhin erheblich anderen Korngrößenaufbaues das Verhältnis des Zuwachses von I zur Abnahme von III ganz ähnlich: 4 : 1.

Wird nur ein Teil der Körner, z. B. 10%, um 0,01 mm verkleinert, so können von jeder Gruppe nur 10% in die nächst niedere abwandern, also im ersten Beispiel 2,1% zur Fraktion I und 0,4% zur Fraktion II. Das Verhältnis 5 : 1 bleibt gewahrt. Gleiches ist der Fall, wenn die Korngrößenverkleinerung weniger als 0,01 mm beträgt; denn dies wirkt sich darin aus, daß jeweils nur ein gewisser Prozentsatz der Körner einer Gruppe in die nächst niedere abwandert. Ein ähnliches Zahlenverhältnis 5 : 1 bis 3,5 : 1 ergibt sich aber auch noch dann, wenn die Korngrößenverkleinerung bedeutender ist, etwa bis zu 0,03 mm ansteigt. In jedem Fall ist bei einer durch Verwitterung erfolgten Korngrößenverkleinerung der Verlust der Fraktion II größer als ihr Gewinn.

In unserem Profil, in dem nachgewiesenermaßen Verwitterungsvorgänge gewirkt haben, kann die Verschiedenartigkeit des Korngrößenaufbaues der einzelnen Proben dadurch entstanden sein, daß entweder Material von durchweg gleicher oder aber von ursprünglich ungleicher Zusammensetzung durch verschiedenartige Verwitterung verändert worden ist.

Im ersten Fall müßte das Ausgangsmaterial ein Löss sein, der sich durch seinen maximalen Karbonatgehalt als der am wenigsten verwitterte ausweist. Diese Bedingung erfüllt in unserem Profil die Probe, bei der zudem das Mengenverhältnis der Fraktionen II und I dem für typische Löss charakteristischen Wert 2:1 am nächsten kommt. Die sehr stetige Abnahme der Karbonatgehalte von e nach k hin, von 30,8% auf 1,9%, zeigt eine stetige Zunahme der Verwitterungsintensität an, der eine ebenso stetige Abnahme der Menge der größeren Körner (Fraktionen IV, III und II) entsprechen müßte. Es müßten, wenn dies zuträfe, die zwischen e und k liegenden Proben Zwischenstufen auf dem Weg zur stärksten Verlehmung darstellen und daher die zwischen zwei unmittelbar aufeinanderfolgenden Proben feststell-

baren Veränderungen die oben dargelegten Bedingungen erfüllen, die hier kurz zusammengefaßt sein sollen:

Eine nur durch Verwitterung bewirkte Korngrößenveränderung wird an folgendem erkannt: Von einer Probe zur nächst höheren hin müssen erstens Fraktion II und III abnehmen und I gleichzeitig zunehmen, und zweitens die Zunahme der Fraktion I muß ein Mehrfaches (das Vier- bis Fünffache) der Abnahme von III betragen.

Die für die Proben unseres Profils errechneten Zahlen sind unter A, B, C der Tabelle 4 angeführt. Wird mit x eine Probe, mit $x + 1$ die nächst höhere, mit I, II, III der Mengenanteil der entsprechenden Korngrößenfraktion bezeichnet, so sind unter A die Differenzen $I_{x+1} - I_x$ angeführt. Sie sind positiv, wenn eine Zunahme, negativ, wenn eine Abnahme stattgefunden hat. Unter B steht die Differenz $II_x - II_{x+1}$, unter C die Differenz $III_x - III_{x+1}$.

Tabelle 4

	I	II	III	A	B	C
p'	37,2	47,3	15,5	— 1,2	0	— 1,2
o'	38,4	47,3	14,3	1,2	2,7	— 1,5
n'	37,2	50,0	12,8	— 6,1	— 6,1	0
m'	43,3	43,9	12,8	— 4,1	— 2,9	— 1,2
l'	47,4	41,0	11,6			
l	46,2	42,8	11,0	— 3,4	— 3,8	0,4
k	49,6	39,0	11,4	0,8	— 0,2	1,0
i	48,8	38,8	12,4	0	— 0,6	0,6
h	48,8	38,2	13,0	14,4	1,6	2,8
g	34,4	49,8	15,8	3,5	0,2	3,3
f	30,9	50,0	19,1	1,3	3,0	— 1,7
e	29,6	53,0	17,4			

Unter I, II, III sind die auf die Korngrößenfraktionen I, II und III entfallenden Anteile angeführt, die sich ergeben, wenn die Summe der Mengen von I+II+III in Tabelle 4 = 100 gesetzt wird. Für die Reihen A, B, C siehe die Erläuterung im Text.

Wo eine dieser Differenzen als negative Zahl auftritt, kommt eine nur durch Verwitterung bewirkte Korngrößenveränderung von vornherein nicht in Betracht. Aber auch da, wo in einer Probe alle drei Differenzen positiv sind, muß auf ursprüngliche Verschiedenartigkeit des Korngrößenaufbaus geschlossen werden, wenn der Wert A nicht das Mehrfache des Wertes C beträgt. Dennoch kann von allen Proben nur h durch Verwitterung aus einem Material hervorgegangen sein, das eine ähnliche Zusammensetzung hatte, wie das der nächst tieferen Probe g.

Dies bedeutet aber, daß die allgemeine von e gegen l hin festgestellte Korngrößenverkleinerung nur zum Teil auf den Verwitterungsvorgang zurückgeführt werden darf, daß sie also zum andern Teil ursprünglich gewesen sein muß.

Im oberen Teil des Profils, von l' nach p' hin, ist eine stetige Zuahme der Fraktion III und eine Abnahme der Fraktion I, also eine allgemeine Vergröberung des Korns festzustellen. Auch in diesem Teil des Profils war, wie aus dem Karbonatgehalt ersichtlich ist, der Verwitterungsvorgang am Korngrößenaufbau der einzelnen Fraktionen beteiligt. Um zu einer Beurteilung des Ausmaßes zu kommen, in dem dieser gewirkt hat, gehen wir hier von der Annahme aus, der Korngrößenaufbau einer Probe sei dadurch zustande gekommen, daß eine Schicht vom Aufbau der nächst höheren durch Verwitterung verfeinert wurde. Bildet man die gleichen Differenzen wie oben, so müssen diese da, wo nur der Verwitterungsvorgang die Ursache der Korngrößenveränderung war, durchweg negativ sein, und Fraktion I muß dabei um ein Mehrfaches der Abnahme von III zugenommen haben. Diese Bedingungen sind nur zwischen m' und l' erfüllt. Es ist also möglich, daß m' und l' ursprünglich den gleichen Korngrößenaufbau hatten, l' aber durch Verwitterung im Korn verfeinert wurde. In den höheren Teilen des Profils muß der Korngrößenaufbau jedoch ursprünglich sein.

Für das ganze Profil ergibt sich demnach eine zunehmende Verfeinerung des Korns von unten nach oben hin bis zur Schicht l, dann eine zunehmende Vergröberung bis p', die beide nicht durch den Verwitterungsvorgang erklärt werden können, also ursprünglich sein müssen. Nur bei g und h sowie l' und m kann der Korngrößenaufbau ursprünglich gleich gewesen, nachträglich aber durch Verwitterung verändert worden sein.

Parallel mit den Korngrößenveränderungen läuft von e bis l eine Zunahme, von l' bis p' eine Abnahme der Verwitterungsintensität. Für die untere Hälfte des Profils ist die Annahme möglich, die Verwitterung habe erst nach der Ablagerung von k oder l' eingesetzt und dann von der Oberfläche her nach unten an Stärke abnehmend eingewirkt. Für den oberen

Teil ist eine derartige Erklärung ausgeschlossen. Hier muß der nach oben hin an Stärke stetig abnehmende Verwitterungsvorgang gleichzeitig mit der Sedimentation gewirkt haben. Es ist also hier entweder bereits verwittertes Material abgelagert worden oder abgelagertes sofort verwittert.

Im Hinblick auf die anderwärts häufig festgestellte leichte Beweglichkeit des Lößmaterials ist die Annahme nicht von der Hand zu weisen, daß es sich im oberen Teil des Profils nicht um angewehtes Material, sondern um Sedimente handle, die als feuchte teig- oder breiähnliche Masse am Gehänge herabgeglitten wären. Es müßte dann von einer weiter oberhalb anstehenden Verwitterungsdecke zuerst das oberste, am stärksten verwitterte Material fortgeführt und an der Stelle unseres Profils abgesetzt worden sein, dann das tiefer liegende weniger stark verwitterte und schließlich das tiefste, am stärksten verwitterte, so daß hier nur ältere Sedimente in umgekehrter Reihenfolge auf sekundärer Lagerstätte ruhten. Eine derartige Annahme führt jedoch nur zu unerklärbaren Folgerungen oder Widersprüchen.

Im untersten Teil des Profils (Proben a bis d) ist zunächst abnehmende Verfrachtung groben Materials am Hang deutlich erkennbar, dann Ablagerung von Löß, der nach oben hin im Korn immer feiner wird, also äolische Sedimentation. Diese hätte, wenn unsere Annahme zuträfe, nach der Zeit k aufgehört und wäre durch eine Zeit abgelöst worden, in der zunächst die bis dahin abgelagerten Lößschichten die Oberfläche bildeten und tief hinab verwitterten. Dieser Periode starker Verwitterung, in der mit dem Bestehen einer Pflanzendecke und eines Klimas gerechnet werden muß, das niederschlagsreicher war als vorher, wäre dann eine Zeit gefolgt, in der weiter oben am Hang Abtragung der bis dahin gebildeten Verwitterungsmassen und Anlagerung an der Stelle erfolgt wäre, von der unser Profil stammt. Diese Abtragung setzt das Wirken von Niederschlägen voraus, die zum mindesten nicht schwächer sein durften als die vorhergegangenen. Waren sie gleich stark, so ist es unverständlich, warum eine Periode, in der nur Verwitterung stattgefunden hatte, eine Periode der Abtragung gefolgt sein soll; waren sie aber stärker, so mußte eine Verdichtung der Pflanzendecke eingetreten und damit die Abtragung nur schwieriger oder geringfügiger geworden sein als vorher, das heißt in einer Zeit, in der überhaupt keine Abtragung erfolgt ist.

Gegen eine derartige Deutung des Profils sprechen aber auch folgende Beobachtungen:

1. Die hier festgestellte Verlehmungszone läßt sich mit genau denselben allmählichen Übergängen zum unverwitterten Löß unter und über ihr auf weite Strecke hin und mit ziemlich starkem Anstieg in die oben erwähnte Schlucht hineinverfolgen, die in geringer Entfernung von unserem Profil die Lößschulter durchquert.
2. Wäre, wie das oben angenommen worden ist, nach der Ablagerung von k ein Stillstand in der Sedimentation und eine Verwitterung der abge-

lagerten Massen eingetreten, so müßte sich unterhalb der Verlehmungszone ein ausgesprochener Lößkindelhorizont gebildet haben. Dies war, wie wir gesehen haben, nicht der Fall.

Von der Zeit d an hat also ständig Anwehung von feinsandigem oder staubfeinem Material stattgefunden. Wie die Untersuchungen über den Korngrößenaufbau ergeben haben, war dieser Staub oder Sand nur in den Schichten e, f und g und dann wieder in den obersten Schichten n' bis p' einigermaßen lößartig, dazwischen aber feinkörniger.

Tabelle 5

Probe	Gehalt an grobem Sand in %	Korngrößenfraktionen				Sa. I+II %	Verhältnis II : I	Geologische Vorgänge	Klima
		I %	II %	III %	IV %				
p'	0,07	36,6	46,6	15,3	1,5	83,2	1,3:1	äolischer Absatz von größerem, lößähnlichem Material	trocken
o'	0,00	37,8	46,5	14,1	1,6	84,3	1,2:1		
n'	0,00	36,2	48,6	12,4	2,8	84,8	1,3:1		
m'	0,01	42,6	43,2	12,6	1,6	85,8	1,0:1	äolischer Absatz von staubfeinem Material	weniger trocken
l'	0,03	46,8	40,4	11,4	1,4	87,2	0,9:1		
l	0,07	45,4	42,2	10,8	1,6	87,6	0,9:1		
k	0,09	49,0	38,4	11,2	1,4	87,4	0,8:1		
i	0,20	48,0	38,2	12,2	1,6	86,2	0,8:1		
h	0,05	47,9	37,5	12,8	1,8	85,4	0,8:1		
g	0,07	33,4	48,4	15,4	2,8	81,8	1,4:1	äolischer Absatz von Löß	trocken
f	0,25	29,2	47,2	18,0	5,6	76,4	1,6:1		
e	0,09	29,1	52,1	17,2	1,6	81,2	1,8:1		
d	1,10	42,0	39,8	12,9	5,3	81,5	0,9:1	Ver-schwemmung am Hang	nieder-schlags-reich
c	3,25	50,8	26,2	10,8	12,2	77,0	0,5:1		
b	5,90	34,2	30,6	13,6	21,6	64,8	0,9:1		
a	17,55	37,5	25,5	13,6	23,4	63,0	0,7:1	Verwitterung an Ort und Stelle	

Mit dieser Feststellung wird der Unterschied zwischen der oberen braunen und der unteren roten Verlehmungszone neuerlich betont. Diese läßt von einer Beteiligung angewehten Materials nichts erkennen, wohl aber enthält sie die Zeugen der Abschwemmung am Hang. Das Klima, das während der Bildung der oberen Verlehmungszone geherrscht hatte, entbehrte zwar der Niederschläge nicht, ließ aber gleichwohl die Anwehung beträchtlicher Staubmassen zu. Es war aber im ganzen betrachtet erheblich trockener als während der Bildungszeit des unteren roten Lehms. (Tabelle 5 gibt die Übersicht über diese Ergebnisse.)

6. Der Bestand an Schneckenschalen

Aus jeweils 150 g Material wurden folgende Arten und Mengen von Schneckenschalen ausgeschlämmt:

Probe p':	<i>Helicella obvia</i> Hartm.	1 Ex. (rezent)
	<i>Succinea oblonga</i> Drap.	10 Ex.
	<i>Vallonia costata</i> Müll.	3 Ex.
	<i>Vallonia tenuilabris</i> A. Br.	1 Ex.
	<i>Abida frumentum</i> Drap.	5 Ex. (rezent)
	<i>Truncatellina cylindrica</i> Fér.	1 Ex. (rezent)
	<i>Pupilla sterri</i> Voith	10 Ex.
	<i>Jaminia tridens</i> Müll.	1 Ex. (viell. rez.)
		<hr/>
		32 Ex., davon 7 sicher rez.
Probe o':	<i>Succinea oblonga</i> Drap.	1 Ex.
	<i>Vallonia excentrica</i> Sterki	1 Ex. (viell. rez.)
	<i>Vallonia tenuilabris</i> A. Br.	2 Ex.
	<i>Vallonia costata</i> Müll.	1 Ex. (rezent)
	<i>Abida frumentum</i> Drap.	2 Ex. (rezent)
	<i>Truncatellina cylindrica</i> Fér.	1 Ex. (rezent)
	<i>Pupilla sterri</i> Voith	7 Ex.
		<hr/>
		15 Ex., davon 4 sicher rez.
Probe n':	<i>Fruticicola hispida</i> L.	1 Ex.
	<i>Clausilia</i> sp.	1 Ex.
	<i>Succinea oblonga</i> Drap.	7 Ex.
	<i>Vallonia costata</i> Müll.	1 Ex.
	<i>Vallonia tenuilabris</i> A. Br.	3 Ex.
	<i>Pupilla muscorum</i> Müll.	8 Ex.
	<i>Pupilla triplicata</i> Studer	1 Ex.
	<i>Pupilla sterri</i> Voith	13 Ex.
		<hr/>
		35 Ex.

Probe m':	<i>Clausilia</i> sp.	1 Ex.
	<i>Vallonia tenuilabris</i> A. Br.	7 Ex.
	<i>Pupilla muscorum</i> Müll.	9 Ex.
	<i>Pupilla triplicata</i> Studer	5 Ex.
	<i>Pupilla sterri</i> Voith	1 Ex.
	<i>Jaminia tridens</i> Müll.	1 Ex.
		<hr/>
		24 Ex.
Probe l':	<i>Pupilla muscorum</i> Müll.	1 Ex.
Probe l:	<i>Retinella pura</i> Alder (?)	1 Ex.
	Limacidenplättchen	1 Ex.
	<i>Pupilla muscorum</i> Müll.	4 Ex.
		<hr/>
		6 Ex.
Probe k:	wenige unbestimmbare Bruchstücke	
Probe i:	wenige unbestimmbare Bruchstücke	
Probe h:	<i>Vallonia pulchella</i> Müll.	1 Ex.
	<i>Orcula dolium</i> f. <i>plagiostoma</i> Sdbg.	1 Ex.
		<hr/>
		2 Ex.
Probe g:	<i>Orcula dolium</i> f. <i>plagiostoma</i> Sdbg.	1 Ex.
Probe f:	keine Schneckenschalen	
Probe e:	Bruchstück von <i>Clausilia</i> sp.	1 Ex.
Probe d:	<i>Pupilla muscorum</i> Müll.	1 Ex.
Probe c:	keine Schneckenschalen	
Probe b:	Bruchstück von <i>Vallonia</i> sp.	1 Ex.
Probe a:	Keine Schneckenschalen	

Schneckenhäuschen finden sich, wie aus dieser Zusammenstellung hervorgeht, in fast allen Proben, aber in sehr unterschiedlicher Menge.

a) Die Schalenmenge

Die Schalenmenge hängt einmal vom ursprünglichen Schneckenbestand, zum andern vom Grad der Verwitterung ab, der die dünnen Kalkgehäuse ebenso unterworfen sind wie der mineralische Kalk. Wenn der Schneckenbestand in allen Teilen unseres Profils ursprünglich gleich gewesen wäre, müßten wir demgemäß in den beiden Lehmzonen a bis c und i bis l' nur wenige Schalen oder Schalenrümmen, in den kalkreichen Ablagerungen dazwischen aber eine bedeutend größere Anzahl erwarten. Das Bild der Schalenhäufigkeit sieht jedoch anders aus: alle Schichten von a bis l' enthalten mit Ausnahme von l nur ganz vereinzelt Schalen oder Schalenbruchstücke; nur Probe l lieferte 6 Exemplare. Machen wir die Entkalkung der

beiden Lehmzonen für ihre Schalenarmut verantwortlich, was durchaus möglich ist, so versagt diese Erklärung für den dazwischenliegenden nicht oder wenig entkalkten Löß. Hier muß also die Schneckenarmut ursprünglich sein.

Die zum Bestand einer Schneckenfauna unerlässliche Pflanzendecke war, wie wir aus anderen Beobachtungen folgern mußten, zweifellos vorhanden. Sie war, wie wir gesehen haben, in den Schichten e bis h lückenhaft und schwach, bestand also wohl aus kleinwüchsigen Pflanzen und war — ohne daß damit über die Pflanzenarten etwas ausgesagt sein soll — der des heutigen Trockenrasens nicht unähnlich. An warmen trockenen Hängen lebt unter dem heutigen feuchtwarmen oder feuchtgemäßigten Klima Mitteleuropas eine durchaus nicht individuenarme, vielfach aber sehr volkreiche Schneckenfauna. Wenn unter den gleichen edaphischen Verhältnissen in den Schichten e bis h nur ganz wenige Schalen und Schalenrümpfer gefunden worden sind, so gibt dies zu erkennen, daß damals gerade die entgegengesetzten Klimabedingungen geherrscht haben müssen: Kühle und Niederschlagsarmut.

Mit l setzt ein reicheres Molluskenleben ein, das sich in den oberen Schichten m' bis p' noch erheblich steigert. Zwar stammt ein Teil der in o' und p' enthaltenen Schalen nicht aus der Bildungszeit dieser Schichten, sondern aus der Gegenwart, aber eine nicht unbeträchtliche Anzahl hat sicher diluviales Alter. Wir gehen wohl nicht fehl, wenn wir den größeren Schneckenreichtum der oberen Schichten auf eine verstärkte Einwanderung und Ausbreitung während der Periode der oberen Verlehmung zurückführen, in der die für Schnecken ungünstigen Lebensbedingungen, Trockenheit und Kälte, wie wir gesehen haben, nicht unerheblich gemildert gewesen sein müssen. Daß k und l' sehr wenig Schalen geliefert haben, läßt sich ohne weiteres mit der starken Entkalkung dieser Schichten erklären. Diese reichere, wie wir später sehen werden, aus sehr anpassungsfähigen Arten bestehende Fauna erhielt sich auch noch während der Zeiten n bis p', für die sich aus anderen Beobachtungen wieder eine größere Ungunst des Klimas ergab.

b) Der Artenbestand

In den tieferen Schichten des Profils (bis l und l') sind entsprechend der geringen Individuenzahl nur wenige Arten festzustellen. Von ihnen ist nur *Orcula dolium* f. *plagiostoma* eine für das Diluvium charakteristische Form, die im Löß des Rheintals und des Donautals von Passau bis Budapest vielfach nachgewiesen ist. Die übrigen bestimmbareren Arten sind im Löß ebenfalls oft gefunden.

In den höheren Schichten m' bis p' machen den Hauptanteil die im Löß, aber auch in anderen eiszeitlichen Ablagerungen häufigen und weit verbreiteten Arten *Succinea oblonga*, *Vallonia costata*, *Pupilla muscorum*, dazu noch die etwas seltener gefundene *Jaminia tridens* aus. Etwas besonderes

stellen dagegen *Vallonia tenuilabris* und *Pupilla sterri* und *triplicata* dar.

Vallonia tenuilabris, die in schönen großen Exemplaren vorliegt, findet sich nach GEYER im deutschen Diluvium in Löß und Sandablagerungen häufig.

Tabelle 6

Probe	Kalkgeh. in ‰	Zahl der Schalen ⁵⁾	Charakt. Arten			Pflanzendecke	Klima
			V. tenuil.	P. sterri u. P. triplic.	O. d. plag.		
p'	16,0	25 (7)	+	+		Von a bis p' durchweg vorhanden	trocken-kalt kontinental
o'	16,5	11 (4)	+	+			
n'	9,4	35	+	+			
m'	9'8	24	+	+			
l'	1,3	1					etwas nieder- schlagsreicher und wärmer
l	7,2	6					
k	1,9	+					
i	2,6	+					
h	12,3	2			+		trocken-kalt
g	14.2	1			+		
f	17,7	0					
e	39,8	1					
d	13,1	1					
c	9,5	0					
b	2,6	1					
a	23,5	0					

⁵⁾ In Klammern ist die Zahl der sicher rezenten Schalen angeführt; + bedeutet das Vorhandensein von Schalentümmern.

fig, nicht aber in Kalktuffen. Dies trifft im allgemeinen zu; jedoch habe ich sie bisher im Löß des Kaiserstuhls westlich von Freiburg, der infolge seiner Lage auch während der Lößbildungszeiten vom Klima etwas begünstigt (wärmer) war, nie gefunden. Dies deutet darauf hin, daß sie ein trocken-kühles Klima bevorzugt. Nach GEYER und EHLMANN soll sie im nördlichen Teil Asiens, in Sibirien, Ostturkestan und Nordchina lebend vorkommen. Jedenfalls wird sie im Diluvium der östlichen Länder Europas häufiger gefunden als in den westlichen. Was wir von ihr wissen, spricht dafür, daß sie ein kontinentales Klima bevorzugt und heute in den Teilen Europas, die ein mehr atlantisches Klima haben, lebend nicht mehr vorkommt. Sie darf als typisch eiszeitliche Art gelten.

Die beiden Pupillen *sterri* und *triplicata* sind beide im Diluvium selten gefunden. *Pupilla sterri* hat heute ihre Hauptverbreitung in den Alpen und den Gebirgen der Balkanhalbinsel, ferner in Südrußland, Transkaspien und Turkestan, im Thian-schan und in Nordchina, wo sie sonnige trockene Standorte bezieht. In den Alpen ist sie bis zu 2 300 m, auf dem Kopet-dagh in Transkaspien bis zu über 3 000 m Höhe gefunden. Ihre Lebensansprüche scheinen demnach ebenfalls unter einem kontinentalen Klima am besten befriedigt zu werden. In alpinen Höhen zeigt das Kleinklima in den Temperaturgegensätzen von Sommer und Winter, Tag und Nacht jedenfalls stark kontinentale Züge.

Unter den Pupillen, die sich durch tiefere Naht und schärfer ausgeprägte Mündungszähne von *P. muscorum* unterscheiden, finden sich neben den größeren Formen, die unbedenklich zu *sterri* gestellt werden dürfen, auch kleinere, die man als *triplicata* bezeichnen kann. Da aber Übergänge zwischen diesen beiden Formen bestehen, ist es auch möglich, sie als Kümmerformen von *sterri* aufzufassen, die vielleicht durch die Eigenart des eiszeitlichen Klimas geprägt worden sind. Doch würde sich auch noch *triplicata* diesem Rahmen einfügen, da sie heute ein ganz ähnliches Gebiet besiedelt wie *sterri*. Sie wird von EHLMANN als alpin-osteuropäisch bezeichnet, findet sich aber auch in den Pyrenäen. Im Diluvium ist sie bisher nur selten beobachtet worden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß für den oberen Teil unseres Profils Schnecken charakteristisch sind, die sich heute in streng kontinentalen Gebieten am kräftigsten entfalten. Das Klima, das zur Ablagerungszeit dieser Schichten geherrscht, muß also zum mindesten ebenfalls einen kontinentalen Zug gehabt haben (siehe Tabelle 6).

In den Proben o' und p' treten Vertreter der heutigen Fauna des Gebietes zu den diluvialen. Es sind dies vor allem *Helicella obvia*, *Abida frumentum* und *Truncatellina cylindrica*, die heute die trockenen Lößraine in großen Mengen besiedeln.

7. Zusammenfassung

Das untersuchte Profil muß in folgende fünf Schichtgruppen gegliedert werden:

Gruppe A (Proben a bis c), den unteren rotbraunen Verwitterungslehm,
Gruppe B (Proben e bis g), den unteren unverlehnten Löß,
Gruppe C (Proben i bis l'), den oberen braunen Verwitterungslehm,
Gruppe D (Proben m' und n'), den oberen unverlehnten Löß und
Gruppe E (Proben o' und p'), die humose Verwitterungsschicht der heutigen Pflanzendecke.

Diese Unterteilung ergibt sich trotz allmählicher Übergänge in völliger Übereinstimmung aus allen angewendeten Untersuchungsmethoden, aus der Bestimmung des Karbonat- und Humusgehaltes, der Farben, des Korngrößenaufbaues und des Molluskenbestandes.

Über Entstehungsweise, Pflanzen- und Tierwelt und das Klima zur Zeit der Bildung der fünf Schichtgruppen läßt sich folgendes aussagen:

Gruppe A. Der untere braunrote Verwitterungslehm ist aus der Zersetzung vorquartärer Gesteine unter dem Einfluß eines warmen Klimas mit reichlichen Niederschlägen, in seinem tiefsten Teil an Ort und Stelle, weiter oben durch Verschwemmung groben und feineren Sandes und roten Verwitterungslehms entstanden. Die kristallinen und karbonatischen Bestandteile zeigen starke chemische Zersetzung, die nur unter den obengenannten Klimabedingungen, nicht aber während des niederschlagsarmen und kalten Klimas einer Eiszeit hervorgebracht sein kann. Ein verhältnismäßig hoher Humusgehalt läßt das Vorhandensein eines starken Pflanzenwuchses und nicht sehr kräftige Auswaschung erkennen. Damit nähert sich das Klima dem in Südeuropa und den südlichen Teilen Mitteleuropas herrschenden, wo die Roterde vielfach noch humusreich ist, rückt aber sehr deutlich vom tropischen Klima ab, unter dem sich die humus- und kieselsäurearmen Laterite bilden.

Gruppe B. Der braunrote Verwitterungslehm geht allmählich in hellgelben äolischen Löß über, der nach oben hin im Korn immer feiner wird. Während also in seinen unteren Teilen lokale Sandmassen am Aufbau beteiligt sind, treten sie nach oben hin immer mehr zurück. Die Molluskenfauna ist arm an Arten und Individuen, zeigt also die Herrschaft eines trocken-kühlen Klimas an. Dabei hat eine dünne und lückenhafte Pflanzendecke bestanden.

Gruppe C. Aus dem Löß und lößähnlichen Staub entwickelt sich allmählich Gruppe C. Es muß also die Verwehung lokalen Materials, die kräftige Bodenwinde voraussetzt, immer mehr Stauffällen weiterhergetragenen Materials Platz gemacht haben, das im Korngrößenaufbau schon recht

erheblich von einem normalen Löß abweicht. Der Verlehmungsvorgang, der braune Eisenverbindungen erzeugte und den Kalkgehalt bis auf wenige Prozent beseitigte, setzt ein niederschlagsreicheres Klima als in B voraus; dabei mag die Durchschnittstemperatur eine gewisse Steigerung erfahren haben. Vielleicht sind auch die jahreszeitlichen Gegensätze der Zeit B etwas gemildert worden. Während der ganzen Zeit C geht die Ablagerung feinen Materials auch in den am stärksten verlehnten und humusreichsten Schichten k, l und l', vielleicht etwas abgeschwächt weiter, die Pflanzendecke besteht naturgemäß immer noch und verdichtet sich vielleicht ein wenig. In dieser Periode setzt die Ausbildung oder Ausbreitung einer an Arten und Individuen reicheren Molluskenfauna ein, die aber noch durchaus eiszeitliches Gepräge hat.

Gruppe D. Mit allmählichem Übergang wird in Gruppe D der Verwitterungsvorgang schwächer, das Korn zunehmend größer, wieder lößähnlicher, die Beimengung lokalen Sandes etwas stärker, die Pflanzendecke schwächer: es setzt eine neue Lößbildungsperiode ein, in der die vorher eingewanderte Molluskenfauna weiterlebt. Diese Vorgänge dauern in verstärktem Maß bis zur heutigen Oberfläche an.

Gruppe E. Sie ist durch eine kräftige, von der heutigen Pflanzendecke ausgehende Humusbildung gekennzeichnet, die aber die Eigentümlichkeiten, die ihr in der Zeit ihrer Entstehung aufgeprägt worden sind, kaum verändert hat. Die leeren Schalen der rezenten Molluskenfauna mengen sich mit den diluvialen, eiszeitlichen. Hier endigt die stetige Entwicklung des Korngrößenaufbaues und der Karbonatgehalte sozusagen in der Luft. Die ganze Entwicklung vom frühen Postglazial bis zu den Auswirkungen des gegenwärtigen Klimas, das Ausklingen der Eiszeit, erkennbar an einer neuerlichen Verfeinerung der Korngrößen, das Aufhören der Anwehung, erkennbar an einer starken Verlehmung und Entkalkung der oberen Schichten, fehlen.

Dies kann nur damit erklärt werden, daß in späterer Zeit an die Stelle weiterer Sedimentation oder wenigstens des Sedimentationsstillstandes **A b t r a g u n g** getreten ist, die alle postglazialen Spuren und einen Teil der eiszeitlichen Schichten entfernt hat. Diese Umkehr ist aber wieder nur zu verstehen, wenn für irgendeinen Abschnitt des Postglazials ein völlig anderes Klima angenommen wird, das weit niederschlagsreicher war als das aller vorhergegangenen Perioden, in denen an der gleichen Stelle Ablagerung stattgefunden hat. Nach oben hin ist also unser Profil unvollständig; es endigt mit einem eiszeitlichen Löß.

Damit steht es durchaus nicht vereinzelt da; im Gegenteil: Die Schichtprofile, in denen die postglaziale und vielfach auch die spätglaziale Zeit in Sedimenten faßbar werden, sind äußerst selten, und es handelt sich da, wo sie vorliegen, fast immer um Material, das in den Lößgebieten von oben

abgetragen und an günstig liegenden tieferen Stellen wieder abgesetzt worden ist.

Aus diesen Ausführungen geht hervor, daß der braunrote Lehm eine interglaziale Bildung sein muß und die darüber liegenden Schichten ohne Ausnahme Löße und lößartige Absätze einer Eiszeit sind, in der der braune Lehm zwar eine gewisse Abschwächung des hocheiszeitlichen Klimacharakters anzeigt, die aber bei weitem nicht das Ausmaß eines interglazialen Klimas hat.

Wie an anderer Stelle gezeigt worden ist⁶, gilt folgende Einordnung in das Jungpleistozän:

- Gruppe A = Proben a bis c = Riss-Würm-Interglazial (Eemien)⁷
- Gruppe B = Proben e bis g = Würm I (Frühwürm = Altwürm)
- Gruppe C = Proben i bis l' = Würm I/II-Interstadial (Göttweiger Bodenbildung)
- Gruppe D = Proben m' und n' = Würm II (Hauptwürm = Mittelwürm)

⁶ LAIS, R., Über den jüngeren Löß in Niederösterreich, Mähren und Böhmen. Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br., 41, 1951, 119 ff.

⁷ Die in Klammern gesetzten Bezeichnungen entsprechen der heutigen Nomenklatur, welche die in den einzelnen Vereisungsgebieten für verschieden alte Erscheinungsformen genommenen Benennungen „Würm I“, „Würm II“ usw. vermeidet.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau](#)

Jahr/Year: 1958

Band/Volume: [48](#)

Autor(en)/Author(s): Lais Robert

Artikel/Article: [Ein Lößprofil bei Moravany in Mähren 91-118](#)