

Das Problem der Lößbildung und die Lößmollusken

Von VOJEN LOŽEK, Prag

Mit 5 Abbildungen und 2 Tabellen im Text

Zusammenfassung. Heutzutage wird meist angenommen, daß der Löß nicht nur durch eine bloße Anhäufung von äolischem Staub, sondern auch durch einen spezifischen bodenbildenden Vorgang (sog. Verlössung) entsteht, auf den die charakteristischen Lößmerkmale, namentlich das Gefüge, der Kalkgehalt und die Farbe zurückzuführen sind. Die Verlössungsvorgänge greifen allerdings die gesamte Fläche der betreffenden Gebiete an und gehen auf besondere Umweltbedingungen zurück, die in Europa keine gegenwärtige Analogie haben.

Mit dieser Vorstellung stimmt auch die Fauna der Lößmollusken völlig überein, die eine spezifische Zusammensetzung aufweist und mehrere Arten und Rassen umfaßt, die als lößgebunden bezeichnet werden können. Man kann mit Recht von Lößgesellschaften im ökologischen Sinn und demgemäß auch von einer Lößumwelt sprechen, die sowohl durch spezifische Klima-, Sedimentations- und Bodenverhältnisse als auch durch eine charakteristische Fauna und Flora gekennzeichnet ist. Dieser Zeitabschnitt, der als *Lößphase* zu bezeichnen ist, unterscheidet sich scharf von den übrigen Abschnitten des quartären klimatischen Zyklus.

Die Windaufschüttung und Verlössung erfolgen etwa gleichzeitig. Der Wind transportiert ein bereits zum Teil verlöstes Material, das während seiner Ablagerung und auch später durch weitere Verlössung angegriffen wird. Das gilt auch für feinkörnige Ablagerungen nichtäolischer Herkunft, vor allem Hang- und Schwemmbildungen, denen sekundäre Lößmerkmale aufgeprägt werden und die sodann als lößartig zu bezeichnen sind. Sie führen dieselbe Fauna wie der echte Fluglöß. Es sei betont, daß die äolische Staubanhäufung das Sedimentationsbild während der Lößphasen beherrscht, selbst dort, wo sich in anderen Phasen völlig abweichende Vorgänge, z. B. die Grobschuttbildung, geltend machen. Diese Erscheinung sowie die eigenartige Fauna belegen die besonderen Umweltbedingungen der Lößphasen. In höheren bzw. feuchteren Gebieten ist der Löß durch kalkfreie Staublehne ersetzt, die einer anderen Bodenzone der Lößphase entsprechen. Bei der Würdigung der Lößbildungen soll stets der echte Fluglöß von den lößartigen Ablagerungen unterschieden werden, die entweder durch Verlössung nichtäolischer Feinsedimente oder Umlagerung von Fluglöß entstehen.

Aus dem Vergleich der malakozoologischen und sedimentologischen Ergebnisse ergibt sich, daß die Lößbildungshypothese von V. A. OBRUČEV richtig ist.

Abstract. At present, the view is generally adopted that loess does not originate only by the accumulation of wind-borne dust, but also by a particular soil-forming process (loessification), that impresses to dust-accumulations typical features of loess, especially the structure, calcareousness and colour. Loessification effects the entire area of suitable regions, but requires special environmental conditions, which are not available in present-day Europe.

This hypothesis is fully supported by the loess molluscan fauna showing a peculiar composition and including several species and races confined to loess deposits. Therefore, we are justified in speaking about loess assemblages in the ecologic sense and about loess environment, distinguished by specific climatic, sedimentation and soil conditions, as well as by a characteristic fauna and flora. The period of loessification, which could be called *loess phase*, differs sharply from other sections of the Quaternary climatic cycle.

Eolian deposition and loessification are almost contemporaneous. The wind redeposits materials that are already partly loessified and undergo further loessification during and after their accumulation. This also holds for fine-grained deposits of non-eolian origin, particularly for slope and proluvial deposits; these assume a number of features consistent with those of loess, so that they can be termed loess-like (= loessoid) sediments. The malacofaunal contents of loesses and loess-like deposits are the same. It should be emphasized that during the loess phase sedimentation of eolian dust fully prevails, even in places where during other phases quite different processes, e. g. deposition of coarse screes, exist. This phenomenon along with a typical fauna evidences the particular natural conditions of the loess phase. In the higher altitudes and more humid areas loess is substituted by non-calcareous loams belonging to a different soil zone of the loess phase. In considering the sediments of the loess phases, distinction should be made between true eolian loesses and loess-like deposits originated either by loessification of fine-grained non-eolian deposits or by redeposition of loesses.

The correlation of malacologic and sedimentologic results witnesses to the rightness of V. A. OBRUČEV's hypothesis on the loess origin.

Problemstellung

In den letzten Jahren wurde das Problem der Lößentstehung in Mitteleuropa nur wenig beachtet, da bei den meisten Forschern stratigraphische Fragen in den Vordergrund traten. Im allgemeinen wird angenommen, daß die Lösses äolischer Herkunft sind bzw. daß sie sekundär durch verschiedene Vorgänge, namentlich Abspülung und Bodenfließen, angegriffen werden können. Auch ihre kaltzeitliche Entstehung wird hier nicht mehr ernsthaft in Zweifel gezogen (WOLDSTEDT 1954, S. 170).

In den Lößgebieten Osteuropas und Asiens ist hingegen das Problem der eigentlichen Lößbildung stets aktuell geblieben, wie man sich in zahlreichen Schriften, vor allem aus der UdSSR, überzeugen kann (z. B. KRIGER 1962, GERASIMOV 1964); dasselbe gilt auch für Nordamerika (vgl. A. L. LUGN 1962). Vergleichen wir die Schlüsse vieler sowjetischer und chinesischer Quartärforscher mit der in Mittel- und Westeuropa vorherrschenden Auffassung, so ergeben sich einige Unterschiede, die beachtet werden sollten. Es handelt sich vor allem um die Ansicht, die dem äolischen Faktor nur eine recht beschränkte Bedeutung beimißt und die im Fachschriftum der erwähnten Länder weit verbreitet ist (BERG 1932, GELLERT 1962, MARKOV, GRIČUK & LAZUKOV 1961, LUKAŠEV 1961, MAVLJANOV 1957, SOKOLOVSKIJ 1961, VEKLIČ 1958 usw.).

Es liegt auf der Hand, daß dieses Problem früher oder später auch in Mitteleuropa diskutiert werden muß, schon aus dem Grunde, daß zu den angeführten Ansichten über die nichtäolische Entstehung des Lösses Stellung genommen werden sollte. Das ist zum Teil geschehen (z. B. MÜNICHSDORFER 1926), allerdings größtenteils auf Grund von Angaben aus entfernten Gebieten (Innerasien). Es ist überraschend, wie wenig dabei die Molluskenfauna beachtet worden ist, die im Löß so häufig auftritt, daß sie mit Recht für eines der Hauptmerkmale dieses Gesteins gehalten werden kann. Hier möchte ich die Bedeutung der Molluskenfauna für die richtige Lösung dieser Frage zeigen. Wir werden sehen, daß dabei der Rahmen des Lößproblems weit überschritten wird, da aus den Ergebnissen auch eine allgemeine Rekonstruktion der paläogeographischen Verhältnisse hervorgeht, worauf bereits U. STEUSLOFF (1933) hingewiesen hat.

Zur Frage der Lößbildung

Im wesentlichen gibt es im Schrifttum zwei Ansichten über die Lößbildung. Eine ist die bekannte RICHTHOFFEN'sche Hypothese des äolischen Lösses, die von V. A. OBRUČEV (zuletzt 1945, 1948) weiter entwickelt worden ist und gegenwärtig von den meisten mittel- und westeuropäischen Forschern vertreten wird (MÜNICHSDORFER 1926, GRAHMANN 1932, DUBOIS & FIRTION 1936, WOLDSTEDT 1954, KÁDÁR 1956 usw.). Ihr Gegensatz ist die bodenbildende Hypothese von L. S. BERG (1932), der die Lößbildung auf spezifische bodenbildende Vorgänge zurückführt, die durch den Terminus „oblössovanie“, d. h. Verlössung bzw. Loessifikation, kurz zu bezeichnen sind (der Terminus „loessialization“ bei SOKOLOVSKIJ 1961, S. 155, ist philologisch nicht richtig). Die Verlössung setzt nach dieser Auffassung erst nach der Anhäufung des Feinmaterials ein, die auf verschiedene Weise zustande kommen kann. Man kann dann Lösses äolischer, jedoch auch eluvialer, deluvialer, proluvialer und sogar fluviatiler, limnischer sowie mariner Herkunft unterscheiden (LUKAŠEV 1960, 1961). Der äolischen Komponente wird oft keine größere Bedeutung beigemessen. Wie bereits gesagt, wird diese Auffassung von vielen sowjetischen und chinesischen Forschern vertreten, obwohl zumindest in der UdSSR auch zahlreiche Verteidiger der äolischen Hypothese vorhanden sind (aus der neueren Zeit z. B. KAVEEV 1957, LOMONOVICH 1957, SEDLECKIJ & ANAN'EV 1957). Von Bedeutung sind die Überlegungen von N. I. KRIGER (1962) und A. S. KES' (1962, 1964). Eine gute Übersicht ist in den zusammenfassenden Werken von K. I. LUKAŠEV (1960, 1961) zu finden, der die Verlössung von den übrigen bodenbildenden Vorgängen durch die Bezeichnung

„lössobrazovanie“ (= Lößbildung) unterscheidet. Es handelt sich um eine Sonderform der sog. siallitischen Karbonatverwitterung, bei der in den Verwitterungsprodukten an der Oberfläche der Kalk in Karbonatform intensiv ausgeschieden wird. Nach LUKAŠEV muß der Löß als ausgesprochen polygenetisch bezeichnet werden (vgl. auch GERASIMOV 1964). Zur Klärung ist hervorzuheben, daß auch nach OBRUČEV (1948) der Verlössung, d. h. denjenigen Vorgängen, die am Ablagerungsort stattfinden, eine große Bedeutung zukommt (vgl. auch KÁDÁR 1956, KES' 1964, KRIGER 1962).

Was die Ansichten von OBRUČEV (1945, 1948) anbelangt, so ist noch zu erwähnen, daß er nach dem Akkumulationsmilieu warme und kalte Lössе unterschieden hat. Als Beispiel der kalten können die ukrainischen und überhaupt die europäischen Lössе angeführt werden, während die innerasiatischen großenteils zu den warmen gehören. Nach OBRUČEV kann eine Lößbildung nur dort erfolgen, wo ausgedehnte Ausblasungsgebiete ohne zusammenhängende Vegetationsdecke, also Wüsten, vorhanden sind; das eigentliche Akkumulationsgebiet kann allerdings ziemlich weit entfernt sein (vgl. dazu auch GRAHMANN 1932).

In vielen Schriften werden komplizierte Vorgänge geschildert, welche die Sedimentationsdynamik des Lößstaubes bestimmen und schließlich zur Entstehung des echten Lösses führen. Zum Beispiel M. I. LOMONOVICH (1957) unterscheidet im Bildungsprozeß des Lösses von SO-Kasachstan drei Phasen: 1) Alluviale Phase — Aufschüttung des Erdmaterials durch Gebirgsflüsse in Form von flachen Schwemmkegeln und erste Sortierung des Feinmaterials; 2) Äolische Phase (d. h. die eigentliche Staubsedimentation) — Windtransport und Ablagerung des Feinmaterials, das eine weitere Sortierung erfährt; 3) Eluviale Phase („Diagenese“), während welcher der angehäuften Staub durch spezifische Bodenbildungsvorgänge die Eigenschaften eines „echten“ Lösses gewinnt. Ähnlich wird die Lößbildung auch von anderen Verfassern beschrieben, nur den einzelnen Phasen wird eine sehr verschiedene Bedeutung beigemessen (BRYAN 1945, GERASIMOV 1964, KRIGER 1962 usw.).

Aus sämtlichen angeführten Punkten geht eindeutig hervor, daß der Löß als Produkt einer eigenartigen Umwelt zu betrachten ist, die im gegenwärtigen Europa keine Analogie hat. Hinsichtlich der Verhältnisse in Asien herrschen sehr verschiedene Ansichten, die hier nicht näher erörtert werden sollen, da notwendige paläontologische Grundlagen bisher fehlen.

Die Sonderprägung der Lößumwelt muß auch in der Zusammensetzung der betreffenden Biozönosen ihren Ausdruck finden. Im Löß treten Mollusken, Vertebraten und auch Pollen auf, welch' letztere durch neue Untersuchungen von B. FRENZEL (1964, 1965) in auswertbarer Anzahl nachgewiesen worden sind. Für die Rekonstruktion der einstigen Naturverhältnisse eignen sich allerdings am besten die Mollusken, die im Löß und in den verwandten Ablagerungen viel stärker vertreten sind als die Vertebraten. Sie finden sich oft durchgehend sowohl in horizontaler als auch vertikaler Richtung, so daß sie eine allseitige Korrelation von Lithologie und Stratigraphie ermöglichen. Die malakozoologischen Ergebnisse sind durch die paläobotanischen zu ergänzen, die gegenwärtig noch in allzu geringem Umfang zur Verfügung stehen.

Molluskenfauna des Lösses

Ehe auf die Analyse der Lößmolluskenfauna eingegangen wird, muß betont werden, daß ausschließlich die Fauna des echten Lösses berücksichtigt werden soll, die nur einen Bruchteil der Fauna von Lößserien darstellt (KUKLA & LOŽEK 1961, LOŽEK 1964). In den älteren paläontologischen Arbeiten wird diese Unterscheidung nicht immer eingehalten, was oft konfuse oder ausgesprochen falsche Schlüsse zur Folge gehabt hat.

Wie bereits erwähnt, sind die Mollusken im Löß derart verbreitet und häufig, daß das Vorhandensein von Konchylien als eines der Hauptmerkmale des Lösses angeführt wird.

Die Angaben über Lößmollusken sind allerdings recht ungleichmäßig, wenn die Menge und topographische Lage der bisher veröffentlichten Faunen in Betracht gezogen wird. Die größte Anzahl von Funden ist unstreitig aus den Lößgebieten Deutschlands und der Tschechoslowakei bekannt, während die Angaben aus Ungarn und Österreich und vor allem aus Polen unzureichend sind. Aus dem westlichsten Lößgebiet — Frankreich — stehen heute zahlreiche Funde von G. MAZENOT (1953, 1956, 1957 usw.) aus dem Rhône-Tal und den anliegenden Gebieten einschließlich der Mittelmeerküste zur Verfügung. Aus dem Nordbalkan, namentlich dem rumänisch-bulgarischen Donaugebiet, liegen nur unvollständige und wenigstens zum Teil problematische Angaben vor, da die fossilführenden Sedimente oft nur unzureichend charakterisiert sind.

Von großer Bedeutung sind die verhältnismäßig zahlreichen Funde aus den südlichen Gebieten des europäischen Teiles der UdSSR, d. h. aus einem gebirgsfernen Gebiet mit stark ausgeprägtem Binnenklima (vgl. VEKLIČ 1958, 1961, KUNICA 1961 u. a.). Über den asiatischen Teil sind wir leider nur wenig informiert. Auch in Nordamerika können gewisse Parallelen mit Europa beobachtet werden; viele Entwicklungszüge sind jedoch für Amerika spezifisch, so daß sie vorläufig nicht herangezogen werden sollen.

Aus den vorstehenden Ausführungen ergibt sich, daß wir uns mit dem periglazialen Lößgebiet Mittel- und Südeuropas befassen und auf die am besten bearbeiteten mitteleuropäischen Funde stützen werden. Eine Lücke in der Kenntnis bilden die fehlenden Angaben über das Ausklingen der Lößfaunen gegen Süden. Hier sind die interessanten Befunde von G. MAZENOT (1956, 1957) aus Südostfrankreich zu erwähnen, aus denen eine Änderung der Lößgesellschaften in Richtung auf das mediterrane Küstengebiet hervorgeht. Wir müssen in diesem Falle annehmen, daß hier der Löß in eine völlig andersartige Klimazone übergreift.

Obwohl der Lößfauna seit dem vorigen Jahrhundert ziemlich viel Aufmerksamkeit gewidmet worden ist, muß man doch den Stand der Kenntnisse bis in die letzte Zeit als unbefriedigend bezeichnen. Das ist auf folgende Umstände zurückzuführen:

1. Die Fauna wurde häufig nur als Faunenliste ohne Auswertung veröffentlicht.
2. Die Auswertung der Fauna war unrichtig:
 - a) Infolge einer wenig genauen oder falschen Bestimmung der aufgefundenen Arten und Formen (dadurch wird die Eigentümlichkeit der Lößrassen bzw. das Vorhandensein von bezeichnenden Lößarten nicht erkannt).
 - b) Infolge der unzureichenden Kenntnis der Verbreitung und Ökologie von bestimmten Arten in der Gegenwart.
3. Die Fauna ist allochthon — sie ist in den Löß aus anderen Ablagerungen sekundär umgelagert worden.
4. Das einbettende Sediment stellt in Wirklichkeit keinen Löß dar.

Der erste Fall ist nicht näher zu erörtern, die weiteren sollen jedoch durch einige Beispiele erklärt werden. Daß die systematische Würdigung der Lößfunde vernachlässigt worden ist, zeigt das Beispiel der Gattung *Pupilla*, die im Löß durch eine ganze Reihe von eigenartigen Formen und Rassen vertreten ist (Abb. 1). Früher wurden sämtliche Pupillen in die rezenten Arten eingeordnet oder in der älteren Zeit einfach als „*Pupilla muscorum*“ angesprochen. Dies gilt auch für einen derart erfahrenen Molluskenforscher wie D. GEYER (1927). Die Besonderheiten der Lößformen wurden zwar von einigen sorgfältigen Verfassern bemerkt; jedoch trauten sich diese nicht, auf Grund davon selbständige systematische Einheiten aufzustellen [vgl. O. KRAUS 1952 — Beschreibung einer *Pupilla sterri* (VTH) — Form (in Wirklichkeit *P. loessica* LOŽEK) aus der Wetterau]. Andere Autoren behaupten im Widerspruch zu den Befunden, daß die Lößgesellschaften aus gegenwärtigen Arten bestehen (B. SHIMEK 1915, A. HORVÁTH 1962, S. 179-180) oder betrachten sie als lokalbedingt (GEYER 1927). Viele falsche Vorstellungen sind auf unzureichende Würdigung der fossil-

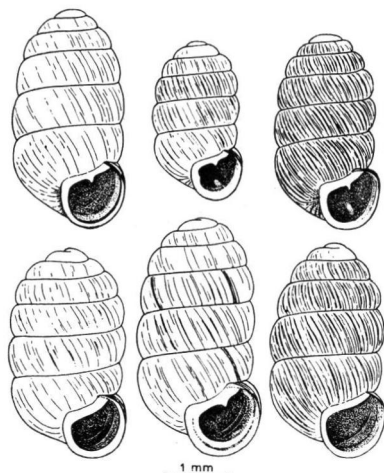


Abb. 1. Vertreter der Gattung *Pupilla* — charakteristische Lößschnecken. — Obere Reihe: *P. muscorum* [LINNÉ] (*typica*) - *P. triplicata* [STUDER] - *P. sterri* [VOITH] - Arten, die noch heute in Mitteleuropa leben. — Untere Reihe: *Pupilla muscorum densegyrata* LOŽEK - *P. muscorum* - eine bisher unbenannte Lößriesenform - *P. loessica* LOŽEK - Ausgestorbene Lößformen.

führenden Sedimente zurückzuführen. Das betrifft vor allem die Funde von wärmebedürftigen Faunen in den Lößserien, auf die sich die Annahme des Vorhandenseins von sog. warmen Lössen stützt. In Wirklichkeit handelt es sich dabei zumeist um Funde aus warmzeitlich sekundär umgelagertem Lößmaterial. Selbst ein derart sorgfältiger Beobachter wie R. LAIS (1933) versuchte seine Funde wärmeliebender „Löß“-Schnecken durch lokale Bedingungen zu erklären.

Diese kritischen Überlegungen haben sich nicht zum Ziel gesetzt, eine Übersicht der Ansichten über die Lößmollusken zu geben, sondern sollen lediglich helfen, die Ursachen der unzureichenden Ausnützung von Mollusken für die Lösung des Lößproblems aufzuklären.

Bei eingehenden Untersuchungen von Lößserien in der Tschechoslowakei (KUKLA & LOŽEK 1961, KUKLA, LOŽEK & ZÁRUBA 1961) wurde auf eine möglichst genaue Bestimmung der konchylienführenden Ablagerungen geachtet. Vergleichende Studien von reichem Material aus verschiedensten Gebieten haben gezeigt, daß der echte Löß eine sehr bezeichnende Fauna führt, die sich nicht nur von der gegenwärtigen, sondern auch von der Fauna anderer Quartärablagerungen scharf abhebt. Obwohl die Lößfauna recht monoton ist, kann man dennoch einige Gesellschaften unterscheiden, die teils verschiedenen Klimaphasen, teils verschiedenen — meist reliefbedingten — Standortsbedingungen entsprechen.

Die Molluskengesellschaften des Lösses bestehen aus einer geringen Zahl von Arten, die in drei Gruppen eingeordnet werden können; eine Sondergruppe stellt die Wasserfauna des Sumpflösses dar (Tab. 1).

Die angeführten Arten bilden einige mehr oder weniger unterschiedliche Gesellschaften, die sich durch ihre Zusammensetzung gegenseitig unterscheiden und nach bezeichnenden Arten benannt werden können. Ihre Kennzeichnung ergibt sich aus einer Übersichtstabelle (Tab. 2), die einen schnellen Vergleich von mehreren typischen Lößfaunen ermöglichen soll.

Als Grundtypus sind die *Pupilla*-Faunen anzusprechen, die von Pupillen (Tab. 2/EF) sowie *Succinea oblonga* DRAP. beherrscht werden und meist ausgesprochen artenarm sind. An vielen Fundstellen sind nur die erwähnten Elemente anzutreffen (Tab. 2/G). Außerdem können im Verband der *Pupilla*-Fauna auch weitere Arten auftreten, z. B. *Trichia hispida* (L.), *Vallonia tenuilabris* (A. BR.) (Abb. 2) oder *Helicopsis striata* (MÜLL.) (Tab. 2/BCDHJ).

Von diesen am weitesten verbreiteten Lößfaunen unterscheiden sich die als *Columella*- und *Striata*-Fauna bezeichneten Gesellschaften, die auf andersartige Klima- bzw. Standortsbedingungen zurückgehen.

Tabelle 1
Übersicht der Lößmollusken

A Kennarten des Lösses	B Bezeichnende Lößarten
Heute entweder ausgestorben* oder in entfernten, klimatisch völlig abweichenden Gebieten lebend; im Quartär vorwiegend an Löß gebunden, in anderen Ablagerungen nur selten zu finden.	Sowohl in der Gegenwart als auch im Löß ziemlich häufig auftretend; im Löß charakteristische Gesellschaften bildend, die sich von den rezenten scharf unterscheiden.
*<i>Vertigo parcedentata</i> (A. BRAUN) <i>Vertigo pseudosubstriata</i> LOŽEK <i>Columella columella columella</i> (MARTENS) *<i>Pupilla muscorum densegyrata</i> LOŽEK *<i>Pupilla loessica</i> LOŽEK <i>Vallonia tenuilabris</i> (A. BRAUN) *<i>Catinella(?) antiqua</i> (COLBEAU)	<i>Succinea oblonga</i> DRAPARNAUD (einschl. <i>S. o. elongata</i> SNDB.) <i>Pupilla muscorum</i> (LINNÉ) <i>Pupilla sterri</i> (VOITH) <i>Helicopsis striata</i> (MÜLLER) <i>Trichia hispida</i> (LINNÉ)† <i>Arianta arbustorum alpicola</i> (FÉR.)
C Lokalauf tretende und akzessorische* Lößarten	D Aquatische (bzw. palustrische) Arten des Sumpflösses
Arten, die entweder in bestimmten, meist beschränkten Gebieten im Löß zahlreich auftreten oder als gelegentliche Gäste hie und da, meist vereinzelt im Löß zu finden sind (akzessorische Arten).	Wasserschncken und Muscheln kleiner, vorwiegend periodischer Gewässer und einige hygrophile terrestrische* Arten.
*<i>Cochlicopa lubrica</i> (MÜLLER) *<i>Vertigo pygmaea</i> (DRAPARNAUD) <i>Orcula dolium</i> (DRAPARNAUD) *<i>Abida frumentum</i> (DRAPARNAUD) *<i>Pupilla triplicata</i> (STUDER) *<i>Vallonia costata</i> (MÜLLER) *<i>Chondrula tridens</i> (MÜLLER) <i>Catinella arenaria</i> (BOUCH.-CHANT.) *<i>Punctum pygmaeum</i> (DRAPARNAUD) <i>Vitrea crystallina</i> (MÜLLER) *<i>Perpolita radiatula</i> (ALDER) *<i>Euconulus fulvus</i> (MÜLLER) <i>Clausilia parvula</i> FÉRUSSAC <i>Clausilia dubia</i> DRAPARNAUD <i>Pseudalinda turgida</i> (ROSSMÄSSLER) <i>Trichia striolata</i> (C. PFEIFFER) <i>Trichia sericea</i> (DRAPARNAUD) *<i>Arianta arbustorum</i> (LINNÉ) *<i>[Lymnaea truncatula</i> (MÜLLER)] <i>[Semilimax kotulae</i> (WESTERLUND)]	*<i>Zonitoides nitidus</i> (MÜLLER) *<i>Monachoides rubiginosa</i> (A. SCH.) *<i>Perforatella bidentata</i> (GMELIN) *<i>Succinea putris</i> (LINNÉ) <i>Valvata pulchella</i> STUDER <i>Bithynia leachi</i> (SHEPPARD) <i>Aplexa hypnorum</i> (LINNÉ) <i>Lymnaea palustris</i> (MÜLLER) (<i>occulta</i>) <i>Lymnaea glabra</i> (MÜLLER) <i>Lymnaea peregra</i> f. <i>ovata</i> (DRAPARNAUD) <i>Planorbis planorbis</i> (LINNÉ) <i>Anisus vortex</i> (LINNÉ) <i>Anisus leucostomus</i> (MILLET) <i>Anisus spirorbis</i> (LINNÉ) <i>Gyraulus acronicus</i> (FÉRUSSAC) <i>Bathyomphalus contortus</i> (LINNÉ) <i>Armiger crista</i> (LINNÉ) <i>Pisidium casertanum</i> (POLI) <i>Pisidium obtusale</i> (LAMARCK)

†) Im Sinne der neuen Einteilung von L. FORCART wahrscheinlich *T. concinna* (JFFR.)

Tabelle 2
Beispiele der Lößfaunen

Standort (in der Gegenwart)	A r t e n	FUNDSTELLEN																			
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
Wald	<i>Ruthenica filigrana</i> (ROSSM.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(1)	-	-	-	-	-	-	-	-
Wald, Gebüsch, Waldsteppe (+ offene, mäßig feuchte Standorte)	<i>Arianta arbustorum</i> (L.)	-	-	-	-	-	-	-	10	1	-	-	-	1	-	-	1	1	-	-	-
	<i>Bradybaena fruticum</i> (MÜLL.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
	<i>Euomphalia strigella</i> (DRAP.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1?	-	-	-	-	-	-	10	-	-
	<i>Vitrea crystallina</i> (MÜLL.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-
Auwald	<i>Perforatella bidentata</i> (GMEI.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-
Steppe, Felsensteppe	<i>Helicopsis striata</i> (MÜLL.)	3	1	33	22	-	-	-	-	-	-	108	17	42	1	1	-	-	2	-	-
	<i>Chondrula tridens</i> (MÜLL.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Pupilla sterrii</i> (VOITH)	-	1	148	-	16	-	-	86	4	-	29	48	-	1	5	53	-	-	-	-
	<i>Pupilla triplicata</i> (STUD.)	-	2	110	-	-	-	-	-	-	-	46	76	5	2	85	-	-	-	-	-
Offene Standorte im allgemeinen (feuchte Wiesen bis Steppen und warme Felsen)	<i>Catinella arenaria</i> (B.-CHANT.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Columella columella</i> (MART.)	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	14	20	4	-	-	-	-	-
	<i>Pupilla loessica</i> LOZEK	191	-	-	80	22	3	59	-	1	3	45	-	7	34	-	-	-	-	-	-
	<i>Pupilla muscorum</i> (L.)	94	79	158	383	71	18	12	111	2	48	52	125	89	21	44	74	-	16	-	-
	<i>Pupilla muscorum densagyrata</i> LOZEK	84	16	2	2	-	-	14	-	-	-	-	-	13	7	63	50	24	9	5	-
	<i>Pupilla</i> sp. (inadult)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	90	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Truncatellina cylindrica</i> (FÉR.)	-	-	-	-	24	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Vallonia costata</i> (MÜLL.)	-	-	18	-	-	-	-	-	-	-	2	24	6	4	10	-	-	-	-	-
	<i>Vallonia pulchella</i> (MÜLL.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-
	<i>Vallonia tenuilabris</i> (A. BRAUN)	86	17	19	4	-	-	-	43	-	75	9	-	39	35	112	2	2	-	-	-
	<i>Vertigo parcedentata</i> (A. BRAUN)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
	<i>Vertigo pseudosubstriata</i> LOZEK	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
Offene und Waldstandorte	<i>Vertigo pygmaea</i> (DRAP.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Cochlicopa lubricella</i> (PORRO)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(1)?	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Cochlicopa lubrica</i> (MÜLL.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	5	3	3	1	-	3	-	-	-
	<i>Euconulus fulvus</i> (MÜLL.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29	-	-	-	-	-	1	-	-
	<i>Limacidae</i> sp. div.	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	7	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Perpolita radiatula</i> (ALDER)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Trichia hispida</i> (L.)	6	15	10	1	-	-	-	42	23	1	-	-	8	12	86	13	1?	2	-	-
	<i>Trichia lubomirskii</i> (ŠLÓS.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Trichia sericea</i> (DRAP.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Trichia striolata</i> (G. PFR.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60	-	-	-	-
	<i>Clausilia parvula</i> FÉR.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	37	-	-	-	-	-	-
	<i>Clausilia dubia</i> DRAP.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80	7	1	48	6	-	-	-	-	-
Ufer, Sümpfe, Auen	<i>Orcula dolium</i> (DRAP.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Succinea oblonga</i> DRAP.	13	76	17	36	-	-	47	-	56	31	-	3	-	10	-	14	18	105	34	28
	<i>Succinea putris</i> (L.)	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	33	18	-
	<i>Succinea</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Monachoides rubiginosa</i> (A. SCH.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-
	<i>Anisus leucostomus</i> (MILL.)	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	56	-	-
	<i>Anisus spirorbis</i> (L.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	108	6	-
	<i>Anisus vortex</i> (L.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
	<i>Armeria cristata</i> (L.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Bathyomphalus contortus</i> (L.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	-	-
	<i>Bithynia leachi</i> (SH.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	-	-
	<i>Gyraulus acronicus</i> (FÉR.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33	-	-
Wasserbiotope	<i>Lymnaea glabra</i> (MÜLL.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	47	5	-
	<i>Lymnaea palustris</i> (MÜLL.) (occulta)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	12	7
	<i>Lymnaea peregra</i> f. ovata (DRAP.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-
	<i>Lymnaea truncatula</i> (MÜLL.)	1	-	-	-	-	-	-	37	-	-	-	-	-	-	-	-	13	10	-	-
	<i>Pisidium casertanum</i> (POLI)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	29	4	-
	<i>Pleurobema planorbis</i> (L.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	93	-
	<i>Valvata pulchella</i> (STUD.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19	-
	Gesamtzahl der Arten	9	9	9	6	3	2	4	4	6	8	8	9	18	15	14	17	10	17	14	15

Erläuterungen:

- A - Zemčichy (Mittelböhmen), sandstreifiger Jungriß-Löß:
trockene Fazies der *Columella*-Fauna
B - Bulhary (Südmähren), oberer Mittelwürm-Löß (W 3):
Pupilla-Fauna
C - Bulhary (Südmähren), unterer Mittelwürm-Löß (W 2):
Pupilla-Fauna (Übergang zur *Striata*-Fauna)
D - Bulhary (Südmähren), Jungriß-Löß:
Pupilla-Fauna (rel. artenarm)
E - Sedlec bei Prag, Altriß-Löß: reiner *Pupilla*-Bestand
F - Nespeky (Mittelböhmen), Mittelwürm-Löß: reiner
Pupilla-Bestand
G - Litohavský mlýn bei Králův Dvůr (M. Böhmen), Mittelwürm-Löß: *Pupilla*-Bestand mit *S. oblonga*
H - Westfuß von Krivoševka (Ostslowakei), Mittelwürm-Löß: *Pupilla*-Bestand mit *Vallonia tenuilabris*
I - Mičeh bei Křofin (Mittelböhmen), Mittelwürm-Fließ-Löß: feuchte pupillenarme Fauna
J - Stěti-Pod Hořákem (Nordböhmen), jüngster Schwemmlöß am Hangfuß: *Pupilla*-F. mit häufiger *V. tenuilabris*

- K - Sedlec b. Kutná Hora (Ostmittelböhmen), Jungriß-Fließ-Löß:
Übergang *Pupilla*-*Striata*-Fauna
L - Horkey nad Jizerou (Nordmittelböhmen), Jungriß-Fließ-Löß:
Pupilla-Fauna mit *Clausilia parvula*
M - Nové Mesto-Mesice (Westslowakei), Frühjungriß-Schwemmlöß:
Striata-Fauna
N - Červený Kopec b. Brünna, altpleistozäner Löß (in FK VII):
mittlere Fazies der *Columella*-Fauna
O - Horkey nad Jizerou (Nordmittelböhmen), Mindel-Löß: *Columella*-Fauna mit *Clausilia parvula*
P - Pruské im Waagtal (Westslowakei), Mittelwürm-Löß: feuchte
Columella-Fauna mit *Orcula dolium*
Q - Štúrovo, am Bahnhof (Südslowakei), Mittelwürm-Löß: von
Trichia beherrschte-Fauna (mit *T. striolata*)
R - Nové Zámky, nördl. der Stadt (Südslowakei), Mittelwürm-Löß
unter dem Sumpflöß: Fauna mit Sumpffarten
S - Nové Zámky (Dito), Mittelwürm-Sumpflöß: typische Sumpflößfauna
T - Bina nad Hronom, in der Gemeinde (Südslowakei), unterer
Mittelwürm-Sumpflöß: artenreiche Sumpflößfauna

Die *Columella*-Fauna entspricht einem ausgesprochen kalten und relativ feuchteren Klima. Sie tritt einerseits in einer Trockenfazies auf, die durch hohen *Pupilla*-Anteil gekennzeichnet ist und zur *Pupilla*-Fauna führt (Tab. 2/A), andererseits in einer feuchten Fazies mit geringerem *Pupilla*-Anteil und zahlreichen lokalen bzw. akzessorischen Elementen (Tab. 2/P). Die letztgenannte Gesellschaft knüpft direkt an die Gesellschaften kühl-feuchter Phasen, z. B. des Spätglazials, an, und ist meist an Fließlöse (Tab. 2/I) bzw. die sog. grauen Horizonte gebunden.

Die *Striata*-Fauna stellt den Gegensatz von *Columella*-Gesellschaften dar, und unter sämtlichen Lößfaunen weist sie die engsten Beziehungen zur rezenten bzw. zur Nichtlößfauna auf, vor allem was den Anteil an einzelnen Arten und Rassen anbelangt (Tab. 2/M).

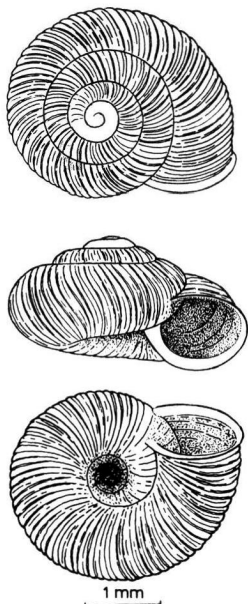


Abb. 2. *Vallonia tenuilabris* (A. BRAUN) -
bezeichnende Schneckenart des europäi-
schen Lösses, heute im kalten Nordasien
lebend.

Sie umfaßt fast keine Kennarten des Lösses, und ihre meisten Vertreter sind von den rezenten Arten rassenmäßig nicht zu trennen. Sie geht in die frühglazialen und interstadialen Steppenfaunen (*Chondrula tridens*-Fauna) allmählich über.

Sämtliche Typen der Lössfauna sind durch Übergänge verbunden (Tab. 2/CK). Sie sind teils klima-, teils standortsgebunden. Da die *Columella*- und *Striata*-Faunen verschiedenen Klimaphasen entsprechen, kommt ihnen auch eine stratigraphische Bedeutung zu. Die *Pupilla*-Fauna stellt einerseits ein Verbindungsglied zwischen den beiden, andererseits eine artenarme Fazies der *Columella*-Fauna dar.

Aus dem Vergleich der Molluskenfunde von verschiedenen Gebieten und Reliefabschnitten ergibt sich eine regionale und lokale Differenzierung innerhalb der Lössfauna. Als regional differenziert können beispielsweise die Lössfaunen im Bereiche der Böhmisches Masse und im Karpatenbecken angeführt werden. Im Gebiet der Böhmisches Masse überwiegt eine artenarme *Pupilla*-Fauna, die nur in den Flußtälern durch reichere Gesellschaften ersetzt ist; die Sumpfffauna ist selten. Im Donaugebiet sind hingegen reiche *Columella*-Faunen mit einer ganzen Reihe Lokalarten weit verbreitet (Tab. 2/P) und auch die Sumpfffauna tritt an vielen Punkten auf (Tab. 2/ST). Am Gebirgsfuß gibt es Lössserien mit bunt entfalteteten Schneckengesellschaften aller Art. Hier und da können Faunen beobachtet werden, in denen andere Lössarten, z. B. die Trichien, überwiegen (Tab. 2/Q).

Gute Beispiele einer lokalen reliefgebundenen Differenzierung sind in der Böhmisches Masse anzutreffen, wo auf den Plateaus lediglich die arme *Pupilla*-Fauna vorkommt, während bunter entwickelte Gesellschaften an die Flußtäler gebunden sind (Tab. 2/LO).

Außer den regionalen Unterschieden ist auch die klimabedingte Zonalität zu erörtern, die sowohl in der Löss- und Bodenausbildung (z. B. die feuchte und trockene Lösslandschaft sowie die Staublehmzone) als auch in der Verbreitung von bestimmten Gesellschaften ihren Ausdruck findet. So wurde in der feuchten Lösslandschaft bisher weder eine *Striata*-Fauna noch *Helicopsis striata* (MÜLL.) selbst nachgewiesen, und in kleinen Inseln von echtem Löss innerhalb der kalkfreien Staublehmzone konnten bisher nur artenarme *Pupilla*-Faunen beobachtet werden (Tab. 2/FGH).

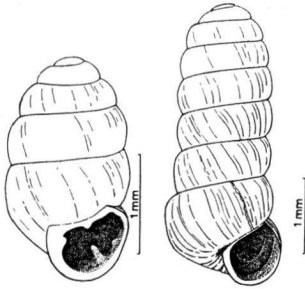


Abb. 3. Bezeichnende Schnecken der „Löß-Tundra“. — Links: *Vertigo parcedentata* (A. BRAUN) - heute ausgestorben. — Rechts: *Columella columella columella* (MARTENS) - lebend in ähnlichen Formen nur in der subarktischen Zone Eurasiens.

Von großem Interesse ist auch das Problem der Äquivalente von Lößgesellschaften in Gebieten, in denen keine Löss vorliegen. Es ist recht schwierig zu belegen, welche Sedimente, z. B. Hangbildungen, hier zeitmäßig dem echten Löß entsprechen. Einen gewissen Anhaltspunkt bietet die Beschaffenheit der Feinerde und nicht zuletzt die Zusammensetzung der Fauna, bzw. die Anwesenheit einiger Arten, die für den Löß bezeichnend sind (z. B. *Vallonia tenuilabris* (A. BR.)) Bisher ist es gelungen, einige Faunen in den Hangbildungen der Kalkbergländer zu entdecken. Sie weisen einige mit der Lößfauna gemeinsame Züge auf, enthalten jedoch auch Arten, die dem echten Löß fremd sind (z. B. *Vertigo alpestris* ALD.). Es handelt sich vermutlich um Gesellschaften der steinigten Gebirgstundra (V. LOŽEK 1964, S. 100—101, Tab. 7/IJ).

Aus den Ergebnissen der Analyse von Lößfaunen sämtlicher Fazies können folgende Schlüsse abgeleitet werden:

1. Die Lößfaunen stellen geschlossene autochthone Gesellschaften dar, die in der Gegenwart keine Analogie haben.
2. Sie bestehen aus einer relativ geringen Zahl kälteharter Arten, die auf offene, großenteils gehölzfreie Formationen hindeuten (und heute in kalten Steppen, Tundren sowie im Hochgebirge leben können).
3. Die Molluskenfauna ist durch einige besondere Arten gekennzeichnet, die fast ausschließlich im Löß auftreten; auch die anderwärts geläufigen Arten sind durch Sonderrassen und -formen vertreten und weisen oft im Vergleich zur Gegenwart abweichende ökologische Ansprüche auf.
4. Aufgrund eingehender Analysen von Lößfaunen wurde eine ganze Reihe von Molluskengesellschaften unterschieden, die teils an bestimmte Gebiete, teils an bestimmte Biotope (z. B. durch verschiedene Reliefbedingungen) gebunden sind. Grob gesehen, bildet jedoch die Lößfauna eine geschlossene monotone Einheit, die sich von allen übrigen quartären Molluskengesellschaften klar abhebt.
5. Eine Lößfauna mit den beschriebenen Merkmalen ist in einem riesigen Raum verbreitet, in dem gegenwärtig sehr mannigfaltige Molluskengesellschaften leben, was auf eine weitgehende Nivellierung der Umweltbedingungen hindeutet, welche keine Analogie in anderen Abschnitten des Quartärs hat.

Aus den angeführten Punkten geht hervor, daß mit vollem Recht von spezifischen Lößgesellschaften, -arten oder -rassen gesprochen werden kann. Die Mollusken stellen allerdings nur einen Bruchteil der damaligen Biozönosen dar; das Bild der Lebensgemeinschaften und der Umwelt überhaupt kann anhand von Molluskenanalysen rekonstruiert werden und dementsprechend kann von Lößsteppen und -tundren, von Lößbiotopen sowie von der Lößumwelt überhaupt gesprochen werden, um dadurch die eigenartigen Bedingungen zum Ausdruck zu bringen, die nicht nur für das Gebiet der Lößakkumulation, sondern für die gesamte Klimazone bezeichnend gewesen sind (vgl. STEUSLOFF 1933). Der Terminus Löß gelangt so zur allgemeinen Geltung, da mit ihm die gesamte damalige Umwelt bezeichnet werden kann.

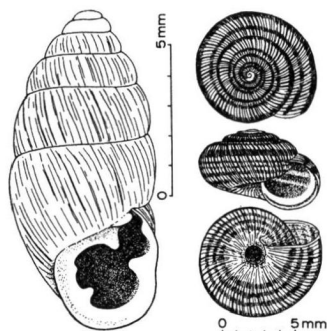


Abb. 4. Steppenarten im Löss. — Links: *Chondrula tridens* (MÜLLER) nur stellenweise in „wärmsten“ Lössen auftretend; bezeichnende Art der gegenwärtigen Steppen Europas. — Rechts: *Helicopsis striata* (MÜLLER) - eurytherme Steppenart, die für trockene Lössfaunen bezeichnend ist.

Es könnte vielleicht eingewendet werden, daß die Lössе in Asien unter anderen Bedingungen entstehen (OBRUČEV 1948) und daß sich der erwähnte Terminus vor allem auf diese Umwelt beziehen soll. Das ist jedoch nicht angebracht, da das Wort Löss (loess) aus dem Oberrheingebiet stammt (z. B. DUBOIS & FIRTON 1936) und in erster Linie für die fossilen Lössbildungen Europas geprägt worden ist.

Beim Versuch einer kritischen Rekonstruktion der natürlichen Verhältnisse innerhalb der Lösszone können mehrere verschiedene Subzonen nachgewiesen werden. Zunächst gibt es die niedere trockene Lösslandschaft, die durch Bildung von echtem kalkhaltigem Löss bzw. von karbonathaltigen staubigen Böden auf älteren Substraten bzw. nichtäolischen Feinsedimenten gekennzeichnet ist. Diese sehen hier mehr oder weniger lößähnlich aus. In höheren und feuchteren Gebieten geht die Lösslandschaft in eine Zone kalkfreier Böden und Ablagerungen über, die meist deutliche Spuren einer schwachen Oxydation und Pseudovergleyung aufweisen. Auch hier können lokal kalkhaltige Bildungen auftreten, deren Karbonatgehalt jedoch meist substratbedingt ist (z. B. Hangbildungen aus Kalksteindetritus). Noch höher folgt die Zone der steinigen Verwitterung, die durch rohe Skelettböden gekennzeichnet ist.

Alle diese Zonen wurden jeweils von einer ziemlich einheitlichen Fauna bewohnt, die den Lössgesellschaften entsprach (LOŽEK 1964). Ihr Vorhandensein deutet auf ganz besondere Bodenverhältnisse hin, auf die die ungemein ausgedehnte Verbreitung einiger Arten zurückzuführen ist, und zwar auch dort, wo man diese heute vergebens suchen würde. Dasselbe läßt auch die Flora erkennen (FRENZEL 1964, 1965), die leider bei weitem nicht so gut bekannt ist wie die Mollusken.

Die Fauna der Lössphasen zeugt also eindeutig von eigenartigen Bodenbedingungen und bestätigt, daß der Löss nicht nur als Produkt der Windsedimentation, sondern auch eines spezifischen bodenbildenden Vorganges zu betrachten ist, der im Bereiche der gesamten Lösszone und nicht nur an Stellen der Lössstaubanhäufung wirksam war.

Sedimentations- und Bodenbildungsvorgänge während der Lössphase

Es liegt nahe, daß sich zur Zeit der Lössstaubakkumulation auch andere Faktoren, z. B. die Abspülung und das Bodengekriech, geltend machten. Diese griffen auch den sich anwehenden Staub an. Hingegen mußten wieder die Verlössungsvorgänge auch alle jene Flächen angreifen, an denen keine Lössanhäufung stattfand. Bereits aus diesen rein logischen Überlegungen geht hervor, daß die Verhältnisse recht kompliziert gewesen sind und daß die einzelnen Vorgänge komplex gewirkt haben. Es handelt sich vor allem um den Einfluß der Verlössung auf Verwitterungsprodukte, die später durch Abspülung umgelagert worden sind, die allerdings die Verlössungsmerkmale teilweise zerstört hat. Die

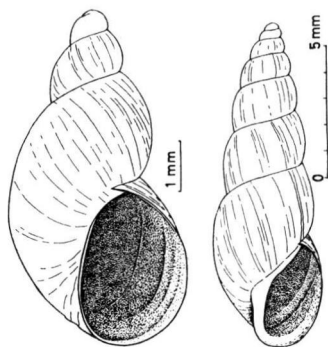


Abb. 5. Rechts: *Succinea oblonga* DRAPARNAUD - allgemein verbreitet im europäischen Löß; heute merkwürdigerweise feuchte bis mittelfeuchte Biotope bevorzugend. — Links: *Lymnaea glabra* (MÜLLER) - bezeichnende Sumpflößschnecke des Donau-Tieflandes; heute nur in Nordeuropa lebend.

Abspülschichten wurden jedoch bei uns nach ihrer Ablagerung erneut durch die Verlössung erfaßt, so daß diese und die Materialverfrachtung mehrmals abwechseln konnten, wobei zu betonen ist, daß selbst der Transport durch die Verlössung beeinflusst war (Staubbildung und leichte Ausblasung).

Aus den Molluskenanalysen ging hervor, daß die Boden- und Umweltverhältnisse wirklich ganz eigenartig waren und daß die Annahme eines besonderen Verlössungsvorganges völlig berechtigt erscheint. Daraus ergeben sich folgende Schlüsse von allgemeiner Tragweite:

1. Dank den Verlössungsvorgängen zur Zeit der Lößphase nahmen auch die nicht-äolischen Sedimente und feinkörnigen Eluvien eine lößähnliche Beschaffenheit an. Als bezeichnende Züge sind die CaCO_3 -Ausscheidung sowie die spezifische Prägung der Eisenverbindungen anzuführen, welche letztere die Farbe der Verlössungsprodukte bestimmen. Auch das bezeichnende Lößgefüge hängt mit diesem Vorgang eng zusammen.

2. Die Lößentstehung geht nicht nur auf die bloße Staubakkumulation zurück; gleichzeitig mit dieser müssen unbedingt auch die Verlössungsvorgänge wirksam gewesen sein, die die charakteristischen Merkmale der Ablagerung, abgesehen von ihrer Körnung, bestimmen.

3. Der besondere Chemismus von verlösten Ablagerungen und Verwitterungsprodukten ermöglicht das Auftreten und eine gewaltige Ausbreitung von einigen Steppenmollusken und offenbar auch einer charakteristischen Vegetation. Die Lößumwelt ist besonders für die Schnecken sehr günstig, der Artenreichtum ist jedoch durch rauhes Klima und Trockenheit recht beschränkt.

4. Die Entstehung von Löß und lößartigen Bildungen ist also mit spezifischen Klima- und Vegetationsbedingungen eng verknüpft. Unter anderen Bedingungen erfolgt keine Lößbildung, selbst wenn eine Staubakkumulation stattfinden würde.

Aus den vorgenannten Punkten geht hervor, daß wenigstens für Mitteleuropa das Vorhandensein von interglazialen Lössen (vgl. z. B. J. PELÍSEK 1954) abzulehnen ist, da sämtliche paläontologischen Befunde (Pflanzen, Mollusken) eindeutig bezeugen, daß das Klima von Mitteleuropa (und vermutlich des größten Teil Europas) während der Interglaziale feucht gewesen ist. Verglichen mit der Gegenwart dürfte die jährliche Niederschlagsmenge — einschließlich der heutigen Trockengebiete — bis doppelte Werte erreichen (LOŽEK 1964)! Unter solchen Bedingungen bilden sich entkalkte verwitterte Böden und keinesfalls ein Löß. Insofern als auch Steppen erhalten blieben, waren es warme Steppen mit geschlossener Rasenvegetation oder eher Wald- und Wiesensteppen mit gut ausgebildeten Böden der Tschernosemgruppe. Es ist ebenso unangebracht, die gegenwärtigen Verhältnisse in der alpinen Region mitteleuropäischer Gebirge mit den Bedingungen weiterer Areale während der Lößphasen zu vergleichen. Das ist nur hinsichtlich der durch-

schnittlichen Jahrestemperatur zutreffend, gilt jedoch nicht für die Feuchtigkeit, die in den Gebirgen sehr hoch ist, während das Lössklima nachweislich arid gewesen sein muß.

Hier sind noch die geringmächtigen „Lösszwischen-schichten“ innerhalb der fossilen Bodenkomplexe kurz zu erörtern (vgl. J. PELÍŠEK 1954), die zwar meist keinen typischen Löss darstellen, dessenungeachtet aber viele Verlössungsmerkmale aufweisen. Sie führen stets eine anspruchslose Steppenfauna, die das Interglazial ausschließt, jedoch nicht so ausgeprägt ist wie die echte Lössfauna, was mit den lithologischen Merkmalen im besten Einklang steht (KLÍMA, KUKLA, LOŽEK & DE VRIES 1962, KUKLA, LOŽEK & BÁRTA 1962). Diese Folgerungen sind allerdings jedem klar, der die hier festgestellten sedimentologischen und paläontologischen Tatsachen sorgfältig miteinander vergleicht. Wir möchten deshalb noch auf einige Probleme der Lössphase eingehen.

Eines der Hauptprobleme der Lössphase ist das gegenseitige Verhältnis der äolischen Tätigkeit, der Verlössung und der übrigen Sedimentationsvorgänge. Die äolische Tätigkeit ist nicht zu unterschätzen. Im gut erforschten Mitteleuropa gibt es zahlreiche Beweise der Windakkumulation, z. B. die Allochthonität und Sortierung des Lössstaubes (SCHÖNHALS 1953) sowie dessen Gehalt an Mikrofossilien (z. B. aus der marinen Oberkreide), der nur auf eine äolische Zufuhr zurückgehen kann, da andere Transportmöglichkeiten durch die Reliefgestaltung ausgeschlossen sind (KUKLA in PROŠEK 1958). Ein Quarzstaubanteil ist ansonsten in Verwitterungsprodukten von quarzfreien Gesteinen in solchen Lagen zu finden, in denen nur eine äolische Zufuhr in Betracht kommt, z. B. auf den Gipfeln der Basaltberge des Böhmisches Mittelgebirges (HIBSCH 1930, S. 42). Eine andere bedeutsame Tatsache stellt die konvexe Form der Lössanwehungen dar, die auch von einer Windablagerung zeugt.

Ein weiteres bemerkenswertes Problem ist in den Lagerungsverhältnissen einiger Löss (oder lössartiger Bildungen) und in deren Beziehungen zu anderen Sedimenten, namentlich Hangbildungen, zu sehen. Am Fuße von steilen Kalkhängen ist es gelungen, fossilführende Aufschlüsse zu finden, in deren Unterabschnitt ein fast reiner Löss mit charakteristischer Fauna auftritt, welcher von mächtigen Schuttbildungen überlagert ist. Diese bildeten sich nach der Aussage der Fauna während des ganzen Holozäns, und ihre Bildung erfolgt auch heute noch (LOŽEK 1963). Dasselbe kann von einigen Höhlenresten gesagt werden (z. B. Dzeravá skala in den Kleinen Karpaten) und sogar von Serien der Gebirgsrandschotter (ZÁRUBA & LOŽEK 1959). Diese Befunde lassen erkennen, daß zur Zeit der Lössanhäufung am Hangfuß der Hangtransport sowie die Bildung von größerem Schutt auf das geringste Maß beschränkt gewesen sind. Dadurch ist die Zurückdrängung von anderen Sedimentationsarten in den Lössphasen belegt. Unter solchen Bedingungen kann sich die Verlössung in vollem Umfang geltend machen und sämtliche Oberflächenbildungen überprägen. Das gilt auch für solche Stellen, an denen sonst die Bodenbildung durch andauernden Abtrag gestört wird, d. h. an Steilhängen. Als Verlössungsprodukt sind beispielsweise die hellocker-gelben, stark karbonathaltigen, feinkörnigen Verwitterungsprodukte an den Steilhängen einiger Basaltkegel des Böhmisches Mittelgebirges anzusprechen (Radobýl, Oblík, Raná).

Es ist nicht ausgeschlossen, daß das Vorhandensein von feinverteiltem, leicht löslichem Karbonat in der Oberflächenschicht infolge der Verlössung auch die intensive Kalkausscheidung zu Ende der Kaltzeiten und vor allem in den frühen Warmzeiten (Quellkalk, Seekreide, Sinterlagen in Höhlen usw.) beeinflusst.

Fassen wir die bisherigen Erkenntnisse über die Löss Mitteleuropas zusammen, die unter geringen Vorbehalten für sämtliche europäische Löss gelten, so können wir im allgemeinen die Auffassung von V. A. OBRUČEV (1948) bestätigen. Es handelt sich um Anhäufungen von äolischem Staub, der gleichzeitig mit seiner Anwehung eine Umwandlung, die sog. Verlössung, erfährt. Dieser eigenartige bodenbildende Vorgang hängt mit der sog. siallitischen Karbonatverwitterung eng zusammen, welche zur Zeit der Verlössung sämtliche Oberflächenbildungen angreift. Das Lössmaterial selbst unterlag den erörterten

Vorgängen nicht nur im Akkumulationsraum, sondern bereits an seinem Entstehungsort, d. h. noch vor dem Windtransport. Während der Lößphase waren zwar die nichtäolischen Sedimentationsvorgänge stark beschränkt, jedoch nicht ganz ausgeschaltet, so daß sie den sich bildenden Löß doch etwas beeinflussen konnten. Trotzdem konnte die Verlössung sämtlichen Bildungen dieser Zeit bestimmte gemeinsame Züge aufprägen, auf die viele Widersprüche hinsichtlich der Lößentstehung zurückgehen.

Einen Schlüssel zur Lösung der angeführten Widersprüche bietet in Übereinstimmung mit OBRUČEV (1948) die genaue Unterscheidung der echten Fluglöße von lößähnlichen Bildungen, d. h. feinkörnigen Ablagerungen oder Verwitterungsprodukten nichtäolischer Herkunft, die verlöst worden sind. Diese Unterscheidung ist in manchen Fällen schwierig, namentlich infolge der Tatsache, daß auch das Material der echten Lössen oft eine mehrmalige Umlagerung erfahren hat. Als Kriterien für die Bestimmung echter Lössen sind nicht nur das sortierte Material und die Form der Anwehungen sowie weitere gut bekannte Merkmale anzuführen, sondern auch der Anteil an ortsfremdem Material, einschließlich der Mikrofossilien, der lediglich durch den Wind zugeführt werden konnte. Es ist zu beachten, daß die Lössen komplizierte Serien aufbauen, an denen der Flugloß etwa zu einem Drittel bis etwa zur Hälfte beteiligt ist, abgesehen davon, daß er sekundär abgespült bzw. solifluidal verlagert sein kann (Schwemmlöß, Fließloß).

Die Bedingungen während der Lößphasen, die anhand von lithologischen, pedologischen und paläontologischen Untersuchungen rekonstruiert worden sind, zeugen davon, daß die gesamten Umweltverhältnisse damals sehr eigenartig gewesen sind und daß sie keine Analogie im gegenwärtigen Europa haben. Für einen Vergleich mit den Verhältnissen in Asien gibt es bisher wenig Anhaltspunkte, namentlich was die Paläontologie anbelangt. Man kann also mit Recht von Lößfaunen, -flore sowie -böden im Sinne eines ausgeprägten Standorttypus sprechen, der die späten Phasen von hochglazialen Abschnitten im Pleistozän Europas kennzeichnet.

Schlußfolgerungen

1. Die Lössen bildeten sich unter trockenkaltem Klima zur Zeit der sog. siallitischen Karbonatverwitterung, der auch ein besonderer bodenbildender Vorgang — die Verlössung (loessification, oblössovanie) entspricht.
2. Die Verlössung prägte die feinkörnigen Ablagerungen und Verwitterungsprodukte verschiedener Genese in der Weise um, daß diese lößähnliche Merkmale gewonnen haben.
3. Als echter Löß können nur diejenigen vorwiegend äolischen Staubanhäufungen angesprochen werden, deren Material gleichlaufend mit seiner Akkumulation und z. T. bereits an seinem Entstehungsort verlöst worden ist. Andere Bildungen mit mehr oder weniger ausgeprägten Verlössungsmerkmalen sind als lößähnlich zu bezeichnen.
4. Die gegenseitige Trennung von Löß und lößähnlichen Bildungen pflegt schwierig zu sein. Ein gutes Kriterium bietet das im Löß meist vorhandene ortsfremde Material.
5. Die Molluskenfauna der Lößphasen ist sowohl durch ihre eigenartige Zusammensetzung als auch durch Anwesenheit von spezifischen Arten und Rassen gekennzeichnet. Sie besteht ausschließlich aus anspruchslosen Arten offener Standorte. Sie unterscheidet sich scharf von sämtlichen übrigen kalt- und warmzeitlichen Gesellschaften, was zweifellos auf den Zustand des Substrats, d. h. auf die Verlössung, zurückzuführen ist.
6. Aus den lithologischen, pedologischen und paläontologischen Beobachtungen geht hervor, daß die Lößphase durch spezifische Bedingungen gekennzeichnet ist, die in anderen Abschnitten des Pleistozäns und Holozäns keine Analogie haben. Demgemäß kann man diese Bedingungen im allgemeinen als Lößumwelt bezeichnen.

Schriften

- BERG, L. S.: [Löß als Verwitterungs- und Bodenbildungsprodukt.] (Russ.) - Trudy II. konferencii meždunarodnoj asociacii po izučeníju četvertičnogo perioda 1, Moskva 1932.
- BRYAN, K.: Glacial versus desert origin of loess. - Amer. J. Sci. **243**, S. 245-248, 1945.
- DUBOIS, G. & FIRTION, F.: Esquisse de l'extension des limons loessiques en France. - Bull. Serv. Carte géol. Alsace Lorraine **3**, S. 21-26, Strasbourg 1936.
- FRENZEL, B.: Zur Pollenanalyse von Lössen. - Eiszeitalter u. Gegenwart **15**, S. 5-39, Öhringen 1964. - - Über die offene Vegetation der letzten Eiszeit am Ostrande der Alpen. - Verh. Zool. Bot. Ges., **103/104**, S. 110-143, 1965.
- GELLERT, J. F.: Das Lößproblem in China. - Petermanns Geogr. Mitt. **106/2**, S. 81-94, Gotha 1962.
- GEYER, D.: Unsere Land- und Süßwassermollusken. - 3. Aufl., Stuttgart 1927.
- GERASIMOV, I. P.: Loess Genesis and Soil Formation. - Report of the VIth Int. Congress on Quaternary, Warsaw 1961, vol. 4, S. 463-468, Łódź 1964.
- GRAHMANN, R.: Der Löß in Europa. - Mitt. Ges. Erdkunde Leipzig **51**, S. 5-24, Leipzig 1932.
- HIBSCH, J. E.: Erläuterungen zur geologischen Karte der Umgebung von Graber und Kosel westl. Böhm. Leipa. - Knihovna Státního geologického ústavu CSR **12**, 50 S., Praha 1930.
- HORVÁTH, A.: Mollusca-Periods in the Sediments of the Hungarian Pleistocene. - Acta Biologica, N. S. **8**, S. 173-192, Szeged 1962.
- KÁDÁR, L.: Die Abhängigkeit der Terrassen- und Lößbildung von quartären Klimaveränderungen in Ungarn. - Biuletyn Peryglacjalny **4**, S. 371-404, Łódź 1956.
- KAVEEV, T. S.: [Löss im Rostov-Gebiet]. (Russ.) - Trudy Komissii po izučeníju četvertičnogo perioda 13, S. 263-270, Moskva 1957.
- KES', A. S.: [Löss und lößartige Rotlehmgebilde als Produkt äolischer und bodenbildender Prozesse]. (Russ.) - Ebendort **19**, S. 101-116, Moskva 1962. - - Eolovo-počevnaja formacija lëssov i lëssovo-krasnoglinistych porod. - Report of the VIth Int. Congress on Quaternary, Warsaw 1961, vol. 6, S. 477-489, Łódź 1964.
- KLÍMA, B., KUKLA, J., LOŽEK, V. & DE VRIES, H.: Stratigraphie des Pleistozäns und Alter des paläolithischen Rastplatzes in der Ziegelei von Dolní Věstonice (Unter-Wisternitz). - Anthropozoikum **11**, S. 93-145, Praha 1962.
- KRAUS, O.: *Pupilla sterri* im Schwemmlöß (Diluvium) der Wetterau. - Arch. Molluskenkunde **81**, S. 59-60, Frankfurt a. M. 1952.
- KRIGER, N. I.: [Löß als Produkt des geographischen Milieus]. (Russ.) - Trudy Komissii po izučeníju četvertičnogo perioda 19, S. 117-139, Moskva 1962.
- KUKLA, J.: Survey of Czechoslovak Quaternary: Quaternary Sedimentation Cycle. - Instytut Geologiczny, Prace **34/I**, S. 145-154, Warszawa 1961.
- KUKLA, J. & LOŽEK, V.: Dito: Loesses and Related Deposits. - Ebendort **34/I**, S. 11-28, Warszawa 1961.
- KUKLA, J., LOŽEK, V. & BÁRTA, J.: Das Lößprofil von Nové Mesto im Waagtal. - Eiszeitalter u. Gegenwart **12**, S. 73-91, Öhringen 1962.
- KUKLA, J., LOŽEK, V. & ZÁRUBA, Q.: Zur Stratigraphie der Lössen in der Tschechoslowakei. - Quartär **13**, S. 1-29, Bonn 1961.
- KUNICA, N. A.: Ausnützung der Molluskenfauna für die Erklärung der Entstehung von Lößbildungen des mittleren Dnepr-Gebietes. (Russ.) - Materialy vsesojuznogo soveščanja po izučeníju četvertičnogo perioda 1, S. 192-197, Moskva 1961.
- LAIS, R.: Die Mollusken. - In: Der Kaiserstuhl, S. 366-383, Freiburg/Br. 1933.
- LIEBEROTH, I.: Lösssedimentation und Bodenbildung während des Pleistozäns in Sachsen. - Geologie **12**, S. 149-187, Berlin 1963.
- LOMONOVIČ, M. I.: Entstehung des Lösses von SO-Kasachstan, am Beispiel des Transilischen Alatau gezeigt. (Russ.) - Trudy Komissii po izučeníju četvertičnogo perioda 13, S. 276-282, Moskva 1957.
- LOŽEK, V.: On the Formation of the Slope (Deluvial) Material in the Bohemian Karst. - Československý Kras **14**, S. 7-16, Praha 1963. - - Quartärmollusken der Tschechoslowakei. - Rozpravy Ústředního ústavu geologického **31**, 374 S., Praha 1964.
- LOŽEK, V. & KUKLA, J.: Das Lößprofil von Leitmeritz an der Elbe, Nordböhmen. - Eiszeitalter u. Gegenwart **10**, S. 81-104, Öhringen 1959.
- LUGN, A. L.: The Origin and Sources of Loess. - University of Nebraska Studies, N. S. **26**, 9 + 105 S., Lincoln 1962.
- LUKAŠEV, K. I.: [Genetische Typen und Fazies der Quartärlagerungen]. (Russ.) - Izdatel'stvo AN BSSR, 368 S., Minsk 1960. - - Das Lößproblem im Lichte der gegenwärtigen Vorstellungen. (Russ.) - Ebendort, 219 S., Minsk 1961.
- MARKOV, K. K., GRIČUK, M. P. & LAZUKOV, G. I.: [Die gesetzmäßigen Entwicklungszüge der Natur im Raume der UdSSR während der Quartärzeit]. (Russ.) - Časť 1, zum VI. INQUA-Kongress. - Geogr. Fak. der Lomonosov-Univ., 173 S., Moskva 1961.

- MAVLJANOV, G. A.: Genetische Typen von Lössen und lößähnlichen Bildungen des mittleren und südlichen Teiles von Zentralasien. (Russ.) - Trudy Komissii po izučeniju četvertičnogo perioda 13, S. 271-275, Moskva 1957.
- MAZENOT, G.: Révision des faunes malacologiques du loess de l'extrémité sud-ouest du plateau dombiste. - Ann. Univ. Lyon, C, 7, S. 67-108, Lyon 1953. - - Recherches sur les faunes malacologiques du loess récent würmien et de divers limons terrestres holocènes dans le sud-est de la France. - Bulletin mensuel de la Soc. Linnéenne de Lyon 25/1, S. 9-24, 2, 41-56, 3, 73-85, Lyon 1956. - - Nouvelles recherches pétrographiques et malacologiques sur loess et limons de Basse Provence. - Ebendort 26, S. 271-281, Lyon 1957.
- MÜNICHSDORFER, F.: Der Löß als Bodenbildung. - Geol. Rundschau 17, S. 321-332, Berlin 1926.
- OBRUČEV/OBRUCHEV, V. A.: Loess Types and Their Origin. - Amer. J. Sci. 243, S. 256-262, 1945. - - Der Löß als Sonderart des Bodens, seine Entstehung und Aufgaben seines Studiums. (Russ.) - Bjušten' Komissii po izučeniju četvertičnogo perioda 12, S. 5-17, Moskva 1948.
- PELÍŠEK, J.: The Quaternary of the Eastern Vicinity of Brno. - Anthropozoikum 3/1953, S. 7-28, Praha 1954.
- PROŠEK, F.: Die Erforschung der Drei-Ochsen-Höhle am Kotýs-Berg bei Koněprusy. - Anthro-pozoikum 7, S. 47-78, Praha 1958.
- SCHÖNHALS, E.: Gesetzmäßigkeiten im Feinaufbau von Talrandlössen mit Bemerkungen über die Entstehung des Lösses. - Eiszeitalter u. Gegenwart 3, S. 19-36, Öhringen 1953.
- SEDLICKIJ, I. D. & ANAN'EV, V. P.: [Neue Angaben über Löß]. (Russ.) - Trudy Komissii po izučeniju četvertičnogo perioda 13, S. 283-289, Moskva 1957.
- SHIMEK, B.: The Loess of Peczel, Hungary. - Proc. Iowa Acad. Sci. 22, S. 285-288, 1915.
- SOKOLOVSKIJ, I. L.: [Über die Bedeutung der mineralogischen Analyse von Lößbildungen der West-ukraine für die Feststellung von deren Entstehungsart]. (Russ.) - Četvertičnyj Period 13, 14, 15, S. 149-156, Kiev 1961.
- STEUSLOFF, U.: Grundzüge der Molluskenfauna diluvialer Ablagerungen im Ruhr-Emscher-Lippe-Gebiet. - Arch. Molluskenkunde 65, S. 25-40, 41-49, 97-120, 145-193, 233-244, Frankfurt a. M. 1933.
- VEKLIČ, M. F.: [Quartärablagerungen am rechten Ufer des mittleren Dnepr]. (Ukr.) - Trudy Instytutu geologičnyh nauk (AN USSR), ser. geomorfologii ta četvertynnoi geologii 3, S. 1-198, Kiev 1958. - - [Mollusken der kontinentalen Quartärablagerungen der Ukraine]. (Russ.) - Materialy vsesojuznogo soveščanija po izučeniju četvertičnogo perioda 1, S. 342-346, Moskva 1961.
- WOLDSTEDT, P.: Das Eiszeitalter, I. - 2. Aufl., 7 + 374 S., Stuttgart 1954.
- ZÁRUBA, Q. & LOŽEK, V.: Zur Altersfrage der Schwemmkegel am Fuß der Kleinen Fatra. - Geologický sborník/SAV 10, S. 291-300, Bratislava 1959.

Manusk. eingeg. 25. 2. 1965.

Anschrift des Verf.: Dr. Vojen Ložek, Geologisches Institut der ČSAV, Arbeitsstelle Quartär, Praha 2, Trojanova 13, Tschechoslowakei.