

<i>Eiszeitalter u. Gegenwart</i>	37	67—77 2 Abb.	<i>Hannover 1987</i>
----------------------------------	----	-----------------	----------------------

Zur Gliederung der Lössе des südlichen Oberrheintals

EKKE W. GUENTHER *)

Loess, petrographical features, paleosols, mammal fauna, paleoclimate,
Middle Pleistocene, Eemian interglacial, Upper Pleistocene, Würm glaciation

Upper Rhine Valley, Baden-Württemberg, Bas-Rhin

Kurzfassung: Die Lössе des südlichen Oberrheintals erreichen stellenweise maximale Mächtigkeiten von mehr als 25 m. (Riegel 35 m; Heitersheim 28 m; Achenheim 37 m). Die Abfolge von Lössen und zwischengelagerten Böden läßt sich von Heitersheim, 15 km südlich von Freiburg, bis in das Gebiet westwärts von Straßburg (Achenheim-Hangenbieten) parallelisieren. Danach werden die Profile durch mehr als 5 Böden untergegliedert. Die oberste begrabene Parabraunerde (Riegel-E) trennt den jüngeren vom mittleren Löß. Es zeigen sich Unterschiede in Farbe, Karbonatgehalt, Porenvolumen, Korngrößenverteilung, mitunter auch dem Lagerungsgefüge zwischen diesen beiden Lössen. Der trennende Boden enthält eine Großsäugerfauna mit vorwiegend eurythermen Formen, aber auch mit Tierarten eines kalten Klimabereichs, wie Mammut, Wollhaarnashorn und Ren, sowie als Einzelfund den Rest eines Rehs, als Beweis eines vorübergehend auch warmen Klimas. Der Boden entstand in einem längeren Interstadial, mit mehrfach wechselndem Klima. Ein solches Interstadial kennt man von verschiedenen Gebieten Europas, aber auch Sibiriens, wo das Wärmeoptimum mit 42000 bis 30000 B.P. angegeben wird. Der weichselzeitliche Haupteisvorstoß in Norddeutschland erfolgte nach diesen Interstadial.

Die Bodenbildung des Eem-Interglazials (Riegel-C) trennt den mittleren Löß, mit wenigstens zwei Böden, vom unteren Löß. Es ist eine Parabraunerde mit größter Verwitterungsintensität. Hier finden sich Großsäuger eines echten Interglazials, wie Waldelefant, merkisches Nashorn und reichlich Reh. Nachweise von Braunbär, Ur, Marmeltier, Steinbock und Elch aus verschiedenen Tiefen, deren Einwanderungszeit in Mitteleuropa in der Hauptsache bekannt ist, bestätigen diese Altersdatierung.

[The Stratification of Loess in the Southern Upper Rhine-valley]

Abstract: The loess-loams in the southern parts of the upper Rhine-valley reach a thickness of bed more than 25 m (Riegel 35 m, Achenheim 37 m, Heitersheim 28 m). Parallels can be drawn between the succession of loess-loams and other soils

in between the areas west of Strassburg. According to this the profile are divided by more than five different soils. The uppermost covered loamy soil (Riegel-E) separates the youngest loesses from the middle one. They show differences in colour, content of carbonate, volume of the pores, distribution of different grainsizes and sometimes in the texture between the two loess-soils.

The dividing soil contains a fauna of large mammals, most of them eurytherm forms, but also species stemming from a cold climate, such as mammoth, woolly rhinoceros and reindeer. A single find of a roe-deer proves a passing warm climate. The soil originates from a longer interstadial with a climate changing several times. Such interstadials are evident in different areas in Europe and Siberia where the assumed maximum warmth lasted from 42000 to 30000 B.P. The main thrust of the Weichsel-age took place in northern Germany after this interstadial.

The soil from the Eem-interstadial (Riegel-C) separates the middle loess, with at least two layers, from the lower loess. It is a loamy soil with a high degree of weathering. Here large mammals can be found, proving a real interglacial, e.g. the wood-elephant, the Merckian rhinoceros and many roe-deer. Finds of brown bear, aurochs, marmots and capra ibex in different layers confirm this dating.

0. Einführung

Die Lössе des südlichen Oberrheintals zeigen stark wechselnde Schichtdicken von dünnen Auflagen bis zu Decken von erheblicher Mächtigkeit. (Riegel 25—35 m, Gottenheim 18 m, Heitersheim 28 m, Hülgelheim 15 m, Achenheim 37 m und Hangenbieten 18 m). Mitten im Rheintal liegt der Kaiserstuhl, dessen vulkanisches und tertiärsedimentäres Gestein weitgehend von Lössen überlagert wird. Generell sind die Lössе der Süd- und Westseite weniger mächtig, auch fehlen hier zumeist die älteren Lössе, während auf der Nord- und Ostseite zumeist größere Schichtdicken, sowie auch mehrfach ältere Lössе anstehen. Ursachen dieser Unterschiede mögen sein, daß der Löß vorwiegend von SW her angeblasen (HERION

*) Anschrift des Autors: Prof. Dr. E. W. GUENTHER, Lehenhof, 7801 Ehrenkirchen 2.

1921) und auf der Leeseite des Gebirges, im Windschatten, besonders stark sedimentiert wurde; entscheidend ist wohl auch, daß auf der Süd- und Westseite durch die intensivere Insolation bei einer — während der Kaltphasen mangelhaften oder auch fehlenden Vegetation — die Lössе als Fließerden verstärkt abgetragen wurden.

1. Schotter und Lössе

Der Lößstaub ist überwiegend aus Schottern des Rheintales ausgeblasen worden. Niederterrassensande und -Schluffe sowie jüngerer Löß haben zumeist eine ähnliche Mineralzusammensetzung. Auch die Schwerminerale entsprechen einander zumeist (KHODARY-EISSA 1968). Dies bezieht sich auf die größeren Komponenten mit einem Korndurchmesser von mehr als 0,06 mm. Das feinere Material wurde als Suspension in höheren Luftschichten transportiert und mag zum Teil auch aus ferner liegenden Gebieten stammen. Im Gebiet um Emmendingen stellten KESSLER & LEIBER (1980) fest, daß „der Löß, wie man auf Grund seines Schwermineralspektrums (Granat, Hornblende, Glaukophan, Staurolith u. a.) erkennen könne, aus den alpinen Kiesen und Sanden der Obertheinebene ausgeblasen worden sei, insbesondere zur Zeit erhöhter Schotterakkumulation und fehlender Bewaldung (Kaltzeiten).“ Auch dies dürfte sich in erster Linie auf die größeren Komponenten beziehen.

Die zu erheblichen Teilen alpinen Schotter des inneren Rheintals werden stellenweise am Rande des Schwarzwaldes von einem 4—6 km breiten Streifen von Schottern, die aus diesem Gebirge stammen, begleitet. In der Freiburger Bucht erreichen die Schwarzwaldschotter eine Breite von etwa 10 km und lediglich an der Ostseite des Kaiserstuhls befindet sich ein ± 2 km breiter Streifen von z. T. alpinen Schottern, die bestätigen, daß der Rhein durch die Senke zwischen Tuniberg und Kaiserstuhl in die Freiburger Bucht eintretend, im jüngeren Pleistozän auch einmal die Ostseite des Kaiserstuhls umfloß.

Die Sedimentation alpiner Schotter der Niederterrasse ging vielerorts noch innerhalb der letzten Kaltzeit zu Ende. Auf der Nordseite des Kaiserstuhls waren in Kiesgruben bis 1.10 m tief reichende Eiskeile aufgeschlossen, was beweist, daß auch nach der Ablagerung der Schotter noch kaltzeitliche Klimabedingungen herrschten.

Sobald die Gletscher hinter die verschiedenen Seen wie Bodensee, Zürichsee, Vierwaldstättersee zurückgeschmolzen waren, mußte sich die Schotteranlieferung im Obertheintal ganz wesentlich vermindern,

zum Teil mag sie auch ganz aufgehört haben, insbesondere dann, wenn sich bereits eine erste Vegetationsdecke gebildet hatte.

Die Lössе entlang dem Schwarzwald lassen mit ihrer Kalkarmut den Einfluß der zumeist karbonatfreien Schwarzwaldschotter erkennen. Bestehen diese überwiegend aus Paragneisen haben auch die in der Nähe anstehenden Lössе eine verstärkte Tendenz zu verlehmen.

Ältere Lössе und ältere Schotter sind wegen des Mangels an guten Aufschlüssen einstweilen noch nicht zu parallelisieren. Im Gebiet südlich des Schönbergs bei Freiburg und des Ölbergs bei Ehrenkirchen sind vom Schwarzwald her stärkere, ältere Schuttströme rheintalwärts vortransportiert worden (ZOLLINGER 1984). Sie bestehen aus den im angrenzenden Schwarzwald anstehenden Gneisen, seltener Graniten und permischen Quarzporphyren. Diese Schotter sind weit stärker verwittert als die Niederterrassenschotter.

Die aus Paragneisen entstandenen Verwitterungslehme unterscheiden sich von den Lößlehmern vor allem durch wesentlich mehr Eisen. Ferner enthalten die Paragneislehme mehr Zirkone, dagegen wesentlich weniger Turmaline als die Lössе: ein gutes Unterscheidungsmerkmal.

2. Eigenschaften der Lössе

Gut erhaltene Lößprofile von einiger Höhe lassen sich durch 5 begrabene Böden untergliedern. Zuoberst liegt der jüngere Löß (oberer Löß, Loess recent). Er hat im Kaiserstuhlgebiet eine maximale Mächtigkeit von 10—15 m, zusammengeschwemmt können auch größere Schichtdicken erreicht werden.

Der jüngere Löß ist im Gegensatz zu den älteren Lössen im großen und ganzen mit verschiedenen Eigenschaften recht gleichmäßig ausgebildet. Seine Farbe ist ein helles gelblichgrau. Die älteren Lössе sind zumeist etwas dunkler gelb bis bräunlich gefärbt und wechseln häufig in der Tönung. Sehr kalkreiche Abschnitte sind zumeist aufgehellte.

Die Hauptgemengteile der verschiedenen Lössе sind keineswegs einheitlich verteilt. Selbst innerhalb eines Lößabschnittes zeigen sich im Mineralbestand höherer und tieferer Lagen oft deutliche Unterschiede, was sich auch auf den jüngeren Löß bezieht. Bei den Korngrößen über 0,04 mm nimmt in der Regel der Quarz mit 45—70 % den größten Anteil ein. Zumeist folgen dann die Karbonate. Bei den Bodenbildungen sind diese jedoch stark reduziert oder fehlen auch ganz. Feldspäte und Glimmer erreichen häufig einen Mengenanteil von jeweils etwa 10 % der

gröberen Körner. In verwitterten Lagen geht der Anteil an Plagioklas, etwas weniger an Orthoklas, zurück, sodaß bei einer prozentualen Mengenberechnung der Glimmer einen größeren Anteil einnehmen kann, als die Feldspäte. Außer Biotit und Muskovit nennen MEIGEN & SCHERING (1914) geringe Mengen von Zirkon, Turmalin, Rutil und grüner Hornblende. Noch seltener sind Epidot, Glaukophan, Magnetit, Titaneisen und als Seltenheiten kommen vor: Apatit, Staurolith, Zoisit und Granat.

Auch die Menge der Schwermineralien ist einem erheblichen Wechsel unterworfen. In den Böden sind die sekundären Tonmineralien (Montmorillonit, Illit, vielleicht auch Vermiculit) angereichert.

Die Korngröße der Löss schwankt zumeist um 0,06 mm. Maximale Korndurchmesser gehen selten über 0,5 mm hinaus. Bei den vor allem zur Anwendung kommenden Methoden der Schlämmanalyse zur Bestimmung der Korngrößenverteilung gibt es oft keine Möglichkeit zur Eliminierung von Agglomeraten, weswegen der Anteil an großen Kornfraktionen häufig zu hoch angegeben wird.

Ein speziell hierfür entwickeltes Schlämngerät ermöglicht die Bestimmung der Mineralien, die Messung der Korndurchmesser und die Untersuchungen von Kornrundung und Politur (GUENTHER 1961).

Das Porenvolumen der jüngeren Löss des Kaiserstuhls liegt bei 40—60 %. Bei den älteren Lössen ist es mit zumeist 35—55 % im Durchschnitt etwas geringer. Lehme zeichnen sich durch ein kleineres Porenvolumen von 30—40 % aus.

Kornrundung und Politur werden lediglich an Quarzen untersucht und zwar an Körnern mit einem Durchmesser von mehr als 0,12 mm. Die feineren Komponenten werden bei dem schwebenden Transport in der Luft nur wenig beansprucht, während die gröberen Körner, nachdem sie durch turbulente Luftströmungen vom Boden aufgenommen wurden, nach kurzem Sprung mit erheblicher Wucht zu diesem zurückkehren, wobei sie Schlagnarben erhalten und dem Material auf das sie aufprallen, solche zufügen. Durch zahlreiche Schlagnarben entsteht eine Mattierung und gleichzeitig wächst der Rundungsgrad.

Körner mit einem Durchmesser von 1 mm benötigen zum Transport eine Windgeschwindigkeit von 12,5 m/sec., was Windstärke 6 entspricht (BRINKMANN 1950). Die Windgeschwindigkeit verringert sich mit zunehmender Bodennähe. Da die Körner auf dem Boden oft dicht gelagert und häufig, z. B. durch Wasser, gebunden sind, muß vor dem äolischen Transport

eine kritische Windgeschwindigkeit überschritten werden. Maßgebend sind Morphologie der Erdoberfläche, Bewuchs, Kornbindung, Kornform, Korngröße, spezifisches Gewicht und Drehlage der Körner (GUENTHER 1961).

Das Lößmaterial des Oberrheingebietes wurde in seiner Mehrheit zunächst durch fließendes Wasser herangeführt und dann durch den Wind weiterverfrachtet. Die Untersuchung von Rundungsgrad und Politur erlaubt somit den Schluß auf die Intensität der Beanspruchung durch den äolischen Transport. Es zeigt sich, daß der jüngere Löß von Riegel im unteren und oberen Teil des Profils stärker äolisch bearbeitet wurde, während die äolische Beanspruchung im mittleren Profilschnitt geringer war.

Lößmaterial ist sehr häufig verlagert, man darf daher nicht jede verbrauchte Zone als Beweis für eine wärmere Zeitphase ansprechen. Vielmehr ist jedes Mal zu prüfen, ob eine verbrauchte Zone an Ort und Stelle entstanden ist oder ob es sich nicht um eine verlagerte Schicht handelt. Der im Boden gelöste Kalk sinkt ab und bildet unterhalb desselben Kalkkonkretionen, die sogenannten Lößkindel. Diese bestehen aus Lößmaterial, dessen Poren weitgehend mit Kalk erfüllt sind, sodaß ein porenarmes, festes Gestein entsteht. Die Lößkindel enthalten etwa 30—40 % von in Salzsäure nicht löslichem Material. Es zeigt sich ein deutlicher Zusammenhang zwischen dem Kalkverlust des Bodens und der Größe der diesen unterlagernden Lößkindel. Lediglich wenn unter dem Boden ein — der Intensität der Verwitterung entsprechender — Lößkindelhorizont liegt, kann man mit ausreichender Sicherheit annehmen, daß der Boden in situ entstanden ist.

Das Lagerungsgefüge

Viele der gröberen Körner haben eine gestreckte Form oder ebene Begrenzungsflächen. Die Einmessung ihrer Orientierung im Raum gibt häufig Hinweise auf die Art der Sedimentation und eine spätere, eventuelle Umlagerung. Ist ein Löß durch Wasser abgelagert worden, zeigt sich außer einer Schichtung auch eine Einregelung solcher Körner parallel zur Auflagerungsfläche (primären S-Fläche). Äolisch herangeführtes Material ist zumeist nicht ganz so deutlich eingeregelt. Als Fließerde umlagerter Löß und ein durch Bodenbildung beanspruchtes Sediment verlieren ihre ursprüngliche Einregelung, die gestreckten Körnchen sind regellos orientiert. Ist eine Schicht jedoch durch kryoturbates Brodeln verändert, zeigen die gestreckten Teilchen eine mehr oder weniger deutliche vertikale Aufrichtung (GUENTHER 1958/59).

3. Gliederung der Lößprofile

In einer für die Geologie unüblichen Weise werden im Folgenden die Lößprofile von oben nach unten betrachtet.

Der o b e r e L ö ß kann wenigstens zwei verbrauchte Bänder enthalten, die FREISING (1949) als Naßböden und BRUNNACKER (1964) als Tundrenböden bezeichnet hat. Ihre Entkalkung fehlt mitunter oder ist auch sehr gering. Ein geschlossener Lößkindelhorizont unter ihnen ist nicht vorhanden. In einem Hohlweg an der Ostseite des Kaiserstuhls oberhalb des Dorfes Bahlingen ist im jüngeren Löß ein solcher Boden aufgeschlossen und erhielt den Namen „Bahlinger Boden“ (GUENTHER 1961). Am Schwarzwaldrand bei Staufen, im Tal des Krebsbächles waren zwei Schuttlagen aufgeschlossen, die anzeigten, daß die Lößanwehung vorübergehend unterbrochen war und vom Schwarzwald her, wohl durch verstärkte Niederschlagseinwirkung, Schuttmaterial herangeführt wurde. Es ist möglich, aber nicht zu beweisen, daß diese Schuttlagen den verbrauchten Bändern im Löß entsprechen.

Bei Achenheim-Hangenbieten lag ebenfalls im Loess recent ein Limon sableux brunâtre solifluée, der Reste von Murmeltier (*Marmotta marmotta*), Ren (*Rangifer tarandus*), und Pferd (*Equus przewalskii*) enthielt, also Tiere, die in einer kalten Steppen- oder Tundralandschaft heimisch sind (WERNERT 1957).

Der jüngere Löß wird nach unten von einem etwa 1.20 bis 1.50 m mächtigen B o d e n begrenzt. Bei diesem läßt sich eine Anreicherung des Humusgehaltes nachweisen. Es fand keine vollständige Entkalkung statt, der Kalkgehalt ist jedoch auf $\pm 10\%$ zurückgegangen. Die Verminderung der Feldspäte ist deutlich, wodurch bei einer prozentualen Berechnung der Glimmeranteil über dem der Feldspäte liegt. BRONGER (1966) konnte einen A₁-Bt₁-Bt₂-Horizont unterscheiden. Er bezeichnet diesen Boden als „oberen Heitersheimer Boden“, in einer früheren Publikation war er bereits als Riegel-E Boden bezeichnet worden (GUENTHER 1953); die Lößkindel unter ihm erreichen kaum Faustgröße. BRUNNACKER (1964) spricht von einer Parabraunerde, die er dem letzten Interglazial zuordnet. Vielfach wird dieser Boden in das Eem-Interglazial gestellt (BRONGER 1966; HÄDRICH 1980; FROMM 1983; ZOLLINGER 1984, 1985).

WERNERT hat mehr als 30 Jahre lang die Lößaufschlüsse von Achenheim und Hangenbiete bei Straßburg, nahezu jede Woche ein oder auch mehrere Male, aufgesucht und besaß genaue Kenntnisse der Tierreste und deren Zuordnung zu ihren Fundschichten. Er stellte diesen Boden an die Obergrenze des Loess ancien superieur. An Tierresten konnte er häufiger

nachweisen: das Pferd (*Equus germanicus*), den Rothirsch (*Cervus elaphus*) und den Riesenhirsch (*Megaloceros giganteus*). Seltener waren Reste des wollhaarigen Nashorns (*Coelodonta antiquitatis*), des Rens (*Rangifer tarandus*) und des Mammuts (*Mammuthus primigenius*). (GUENTHER 1971). Einen einzigen Rest des Rehs (*Capreolus capreolus*), einen Indikator für ein warmes Waldklima (TOEPFER 1963) nennt WERNERT (1957). Es ist dies eine Fauna mit weiter Streuung von Tieren eines kalten bis warmen Klimas, wobei eurytherme Formen überwiegen. In der Hauptsache sind es Tiere, die offene Wälder, vielleicht vom Typ der Taiga und der Steppe, bevorzugten. Es ist jedoch keineswegs eine echt interglaziale Tierwelt, sondern eher die eines langen, zeitweise warmen und zeitweise kühleren bis kalten Interstadials.

Feinstratigraphische Untersuchungen von Lössen bei Steinheim a. d. Murr (GUENTHER 1954), Ried a. d. Donau (GUENTHER 1958/59), Mauern (GUENTHER 1961), Ebersbrunn (GUENTHER, 1961) und Stillfried a. d. Donau (GUENTHER 1961) haben immer wieder gezeigt, daß der Riegel-E-Boden aus mehreren, zumindest zwei Abschnitten besteht, die durch Fließerden oder verschwemmte Lössen voneinander getrennt sind. Diese Verdoppelung wurde vom Verf. zuerst im Gebiet von Koblenz beobachtet (GUENTHER 1971), wo am Osthang des Kimmelberges südlich von Metternich eine mehr als 25 m hohe Lößwand untersucht wurde.

Man könne daran denken, daß eine wärmere Phase durch eine oder mehrere kühlere Zeitabschnitte unterbrochen wurde bzw. daß die einer wärmeren Phase folgende Abkühlung durch einige Abschnitte eines gemäßigeren Klimas untergeteilt wurde. Man spricht somit zweckmäßigerweise von einem „Riegel-E-Bodenkomplex“.

Im obersten Abschnitt dieses Bodens treten häufig kryoturbate Verlagerungen auf und es schiebt sich zwischen diese und den hangenden jüngeren Löß eine parallel zur Auflagerungsfläche geschichtete 1 bis 2 m mächtige Lage ein, die verschiedentlich kleine Gerölle führt. STEINMANN (1893) hat sie mit „Rekurrenzzone“ bezeichnet, um anzudeuten, daß nach der Verlehmungszone sich nun wieder durch Verlagerung des Sediments die Wiederkehr von Wassertransport nachweisen lasse. WERNERT (1957) spricht von einem „Loess recent sableux et Limon delavé“, da sich in dieser Schicht häufig Reste des unterlagernden Bodens befinden. Der Horizont ist in Achenheim-Hangenbieten fossilreich. WERNERT nennt als häufig: Reste vom Pferd (*Equus germanicus*), Ren (*Rangifer tarandus*), Mammut (*Mammuthus primigenius*), und Murmeltiert (*Arctomys marmotta*). Seltener sind Reste des wollhaarigen Nashorns (*Coelodonta antiquitatis*),

des Rothirschs (*Cervus elaphus*) und des Riesenhirschs (*Melagoceros giganteus*), sowie des Bisons (*Bison priscus*). Nach der Entstehung des unterlagernden, aus einer wärmeren Phase stammenden Sediments, ist das Klima nun merklich kühler geworden, jedoch ist es noch wesentlich wärmer als dasjenige des auflagernden jüngeren Lösses. Es entspricht einem Grenzbe- reich zwischen Steppe, Taiga und Tundra.

Ein wirkliches Interglazial repräsentiert erst ein 7—12 m tiefer liegender Boden. Er wurde (GUENTHER 1953) mit „Riegel C-Boden“ benannt. BRONGER (1976) bezeichnete ihn als „unteren Heitersheimer“ Boden und BRUNNACKER spricht von einer drittletzten, interglazialen Braunerde, was mit der Fauna nicht zu vereinbaren ist. Voll erhalten kann er Mächtigkeiten von 2.50—3.00 m erreichen. Die Farbe ist ein kräftiges Rotbraun. In Salzsäure lösliche Teile sind kaum mehr erhalten (ca. 2 %); die unter dem Boden liegenden Lößkindel erreichen Größen von mehr als Kopfgröße und sind durch ihre Ausmaße stets von anderen Lößkindeln zu unterscheiden. Es findet sich nur noch wenig Orthoklas und kaum mehr Plagioklas. Dafür sind die sekundären Tonmineralien (Illit, Montmorillonit, Vermiculit, Kaolinit und Chlorit) angereichert (KHODARY-EISSA 1968). Mitunter erkennt man Neubildungen von holokristallinen, nicht abgerollten Quarzen und es ist nicht unwahrscheinlich, daß das SiO₂ bei dem Zerfall von anderen Mineralien, wohl vor allem von Feldspäten, frei geworden war.

In einigen fossilreichen Abschnitten konnte WERNERT (1957) eine reiche Fauna nachweisen. Häufig sind Pferd (*Equus robustus*), das merkische Nashorn (*Dicerorhinus kirchbergensis*) Rothirsch und Riesenhirsch. Seltener sind Murmeltier (*Arctomys marmotta*), Biber (*Castor fiber*), Elch (*Alces alces*), Bison und Steinbock (*Capra ibex*), sowie der Waldelefant (*Palaeoloxodon antiquus*). Hinzu kommen mehrere Individuen des Urs (*Bos primigenius*). Es ist eine echt interglaziale Fauna, die derjenigen der klassischen Eem-Fundstellen in Thüringen: Taubach, Weimar und Burgtonna entspricht.

Auch dieser Boden ist verschiedentlich in zwei oder auch mehr Teile untergliedert, man sollte also ebenfalls von einem „Riegel-C-Komplex“ sprechen.

Auch über dem interglazialen Riegel-C Boden befindet sich häufig eine „Rekurrenzzone“, mit teils geschichteten, teils verflochtenen Lössen und gelegentlich auch größeren Einschlässen. In Achenheim-Hangenbieten besteht die Schicht vorwiegend aus verflochtenem, sandhaltigem Löß, mit Einschlässen von rotem Sand (Loess sableux et lentille de sable roux, très soliflués). Die Fauna ist dürrtig und mehrere Arten sind nur mit jeweils einem Fund belegt. Ren, Mammut,

Murmeltier, Pferd, Hirsch und Bison konnte WERNERT nachweisen. Das Mammut ist eine hochentwickelte Form, ohne irgendwelche trogontheroiden Merkmale. Waldelefant und merkisches Nashorn fehlen bereits. WERNERT nennt jedoch den Nachweis, wohl der Mandibula, eines Hasen, wobei er vermerkt, daß es sich nicht um den subarktischen Schneehasen (*Lepus timidus*) handeln würde. Der Feldhase (*Lepus europaeus*) könnte ein wärmeres Klima bezeugen, doch dürfte er kaum zusammen mit Ren und Mammut gelebt haben. Sofern die Bestimmung von SCHUMACHER (1911) richtig ist, muß man damit rechnen, daß es sich um einen aus einer tieferen Schicht umgelagerten Rest handelt. Abgesehen von diesem Fund bezeugt die Fauna, daß es wesentlich kälter geworden ist, vielleicht herrschte ein Steppen- und Tundren- Klima, mit einzelnen Baumbeständen, wohl lichten Wäldern.

Die beiden bisher besprochenen Bildungen eines Interglazials und eines wohl besonders warmen Interstadials (Riegel C- und Riegel-E) werden durch eine unterschiedlich mächtige Lößschicht voneinander getrennt. In dieser befinden sich an der Nordostecke des Kaiserstuhls ein Boden (Riegel-D) und in Achenheim-Hangenbieten zwei Böden (Riegel D₁ und Riegel D₂). Der untere Boden dürfte als Nachphase des darunter liegenden interglazialen Riegel-C-Bodens entstanden sein. Der obere Boden (Riegel-D₂) entspricht wohl dem in Riegel nachgewiesenen Riegel-D-Boden. Dieser hat eine Mächtigkeit von 0.75 bis 1.25 m. Der Karbonatgehalt geht auf etwa 10 % zurück, die Farbe ist bräunlich, das Porenvolumen liegt unter 40 %, das Lagerungsgefüge zeigt die für Bodenbildungen typische, krümelige Textur. Der Boden ist an Ort und Stelle entstanden, er wird von nicht sehr großen Lößkindeln unterlagert. Nach oben und unten wird er von verschwemmten Lößlagen eingefasst. Es dürfte sich um die Bildung eines nicht sehr starken Interstadials handeln.

Unter dem interglazialen Riegel-C-Boden befinden sich in Riegel und Achenheim verlagerte und äolische Lössе, die zwei weitere nicht sehr starke Verbräunungszonen enthalten, während in Heitersheim und Ebersbrunn nur eine solche Zone nachgewiesen werden konnte (GUENTHER 1961).

Zusammenfassend ergibt sich also diese Grundgliederung der Lössе des südlichen Oberrheintales:

5. Oberer, jüngerer Löß, mit wenigstens zwei schwachen Verbräunungszonen, entstanden durch kurzfristige Unterbrechungen eines sonst sehr kalten Klimas. Die Verbräunungszonen sind viel zu gering, um als Bildungen eines Interstadials angesehen zu werden. Es sind wahrscheinlich Tundrenböden.

4. Kräftige Bodenbildungen (Riegel-E-Parabraunerde), die aus wenigstens zwei Abschnitten besteht. Das Klima wechselte mehrfach zwischen kühler und wesentlich wärmer. Es ist die Bildung einer längeren Zeitphase, eines Interstadials.

Über dem Boden wird die beginnende Abkühlung eingeleitet durch Umlagerungen mit Hilfe von Fließerden und von starkem Niederschlag. (Rekurrenzzone).

3. Mittlerer Löß, zum Teil äolisch, zum Teil auch umgelagert. Er enthält wenigstens einen Boden (Riegel-D), der ein vorübergehend gemäßigtetes Klima bezeugt. (Interstadial)

2. Interglaziale, sehr starke Bodenbildung (Riegel-C). Sie besteht aus dem Boden einer Hauptwärmephase und wenigstens einer wärmeren Nachphase. Auch über diesem Boden liegt mehrfach eine Rekurrenzzone.

1. Unterer Löß. Vorwiegend äolisch herangeführtes Material. Er endet nach oben ebenfalls mit einer durch Wasser und Fließerde umgelagerten Schicht und enthält wenigstens zwei Bodenbildungen eines wärmeren Klimas (Riegel-B und Riegel-A), wohl Zeugnisse von Interstadialen.

In einigen Fällen (Heitersheim und Achenheim) bilden mürbe pleistozäne Schotter die Basis der Lößprofile. Sie wurden in einer kalten Zeitphase herangeführt.

Die Parallelisierung der Profile von Riegel, Heitersheim, Hangenbieten und Achenheim ist durch exakte feinstratigraphische Analysen gesichert (BRONGER 1966; RASSAI 1971; GUENTHER 1961, 1971). Als Leit Horizonte dienen die Böden Riegel-E und Riegel-C. Auch KHODARY-EISSA (1968) hat Analysen vorgelegt, mit deren Hilfe sich das Profil von Bötzingen den obengenannten Lößfolgen anpassen läßt. Bei Profilen aus der Emmendinger Vorbergzone bestehen Schwierigkeiten, da offenbar nicht unter allen, als Böden angesprochenen Lagen die Lößkindelhorizonte vorhanden sind (KESSLER & LEIBER 1980) und man daher mit der Möglichkeit von verlagerten Löß- und Lehm-Abschnitten zu rechnen hat. HÄDRICH (1975) meint jedoch, daß auch hier das Profil der ehemaligen Ziegelei WAGNER sich mit denjenigen von Riegel, Heitersheim und Bötzingen parallelisieren ließe. Die Abfolge von Lößen und Lehmen, zumindest oberhalb von Riegel-C, scheint damit in den Grundzügen festzuliegen, wie es Abb. 1 zeigt.

Sehr unterschiedliche Meinungen gibt es jedoch noch in der Frage der Altersdatierung der einzelnen Böden.

Eine weitere Möglichkeit der Festlegung der Untergrenze des jüngeren Lösses und deren Gleichsetzung

bei verschiedenen Profilen sehen BLEICH, HÄDRICH & WURSTER (1984) in Folgendem:

„Vulkanische Gläser der Ost-Eifel, in den Korngrößenfraktionen von 0,1—0,5 mm wurden in bestimmten Schichten von Löß- und Boden-Profilen von der Osteifel bis zum Mainzer Becken nachgewiesen. An Hand von Pollen kann man solche — Gläser enthaltende — Schichten in ein recht trockenes Interstadial mit dichten Kiefer-Birkenwäldern stellen, das dem Orgnon I der Vogesen entspricht und auf eine Zeit vor 60 bis 50000 Jahre zurückdatiert wird“ (BLEICH, HÄDRICH & WURSTER 1984). Diese Autoren haben die Gläser auch in etwa einheitlicher Zusammensetzung in Lößprofilen von Riegel, Emmendingen, Bötzingen, Eichstetten, Mengen, Buggingen, Heitersheim und Hülgelheim nachgewiesen. Sie liegen sowohl in der „Rekurrenzzone“ unmittelbar über dem obersten begrabenen Boden (Riegel-E), als auch in der Humuszone selbst. Es hat also entweder ein zweimaliger äolischer Antransport zu verschiedenen Zeiten stattgefunden, oder aber das ursprüngliche Lager war die Humuszone und die Gläser in der „Rekurrenzzone“ sind aus dieser umgelagert, was nicht ganz unwahrscheinlich ist, da die „Rekurrenzzone“ häufig Material der tiefer liegenden Schichten, insbesondere auch des unmittelbar darunter folgenden Bodens enthält. Auch Dr. BLEICH hält eine Umlagerung für wahrscheinlicher (Schreiben vom 12. 11. 85). Es besteht allerdings auch die Möglichkeit, daß die „Bodenabschnitte“, in denen Gläser gefunden wurden, keine Böden in situ sind, sondern daß sie aus Bodenmaterial bestehen, das in der Zeitphase der „Rekurrenzzone“ umgelagert worden ist, ohne daß die Bearbeiter dies erkannt haben.

4. Zur Altersdatierung der Lösses und der von ihnen eingeschlossenen Böden

Es überrascht, daß in der Arbeit von BLEICH, HÄDRICH & WURSTER die — Gläser enthaltenden — Schichten auf 50000 bis 60000 Jahre zurückdatiert und doch als eemzeitlich angesprochen werden.

In einem Referat, gehalten in Bad Homburg, stellte FRENZEL (1977) fest: „Man weiß aus Tiefseebohrungen, daß die Weichseleiszeit 90000 bis 100000 Jahre gedauert hat und zahlreiche Schwankungen aufwies, die in der üblichen süddeutschen Gliederung keinen Platz finden“. Zahlreiche absolute Altersdatierungen wie z. B. CHERDYNTSEV, SENINA & KUZMINA (1975) oder BRUNNACKER, JÄGER, PREUSS & GRÜN (1983) datieren das Eem auf 100000 Jahre oder etwas mehr zurück.

Die Zeitangaben für die Dauer des Eem variieren bei den einzelnen Autoren schon aus dem Grunde, weil

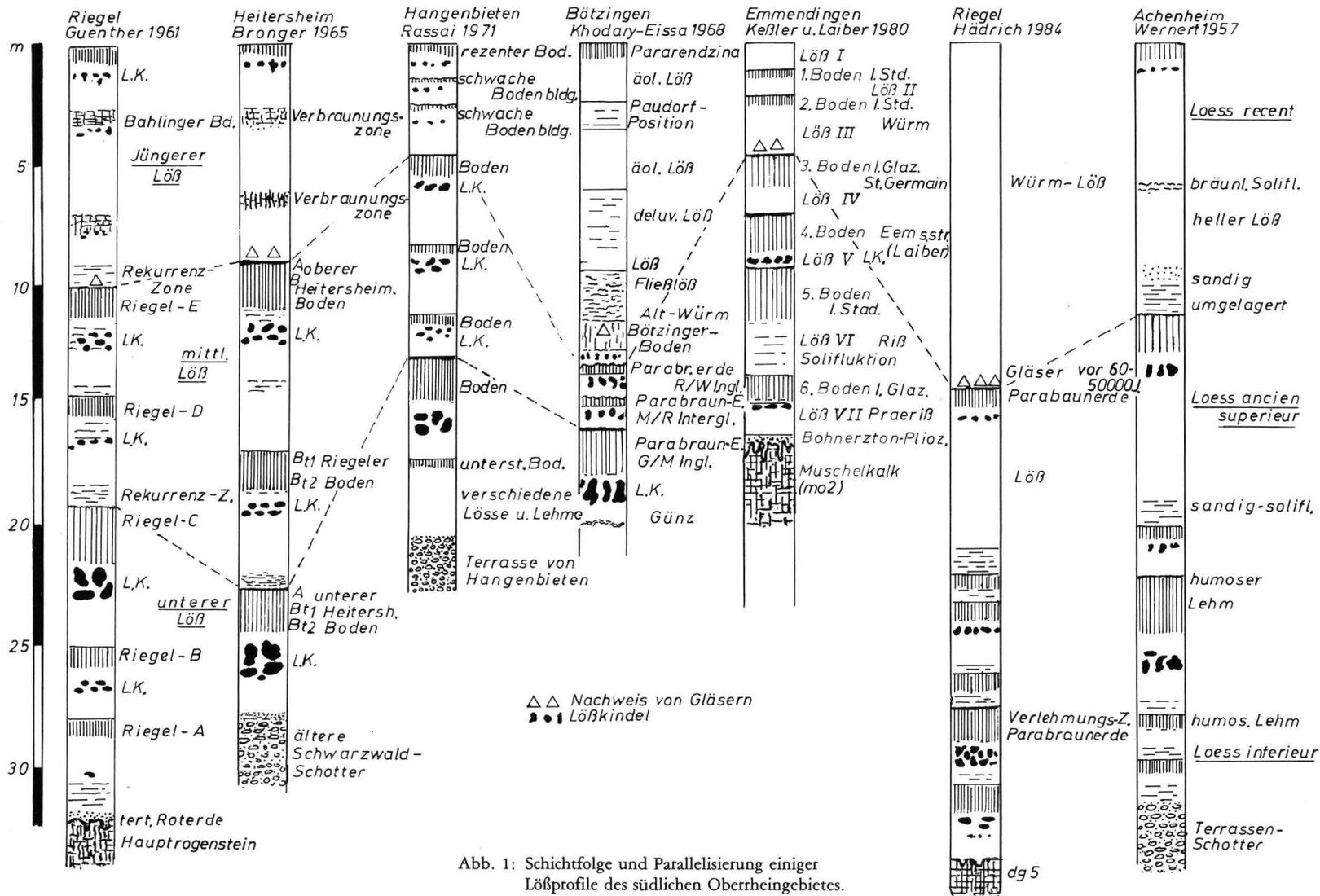


Abb. 1: Schichtfolge und Parallelisierung einiger Lössprofile des südlichen Oberrheingebietes.

keine Übereinstimmung besteht, welche der warmen Nachphasen dieses Interglazials noch zum Eem gerechnet werden.

FRENZEL (1977) stellte weiter fest: „Man hat Parabraunerden im Bereich des Polarkreises entdeckt, wodurch diese an Aussagekraft verloren haben. Sie können offenbar auch in Interstadialen entstehen.“

Hierzu teilte meine frühere Mitarbeiterin Dr. H. MAI, die sich in Alaska mit Lössen befaßt hat, mit: „Die Löss erreichen dort maximale Mächtigkeiten bis zu 80 m; 2 m liegen überall. Die Löss werden durch mehrere Bodenhorizonte, die zum Teil noch Pflanzenreste enthalten, untergeteilt. Die rezente Bodenbildung hat in Hanglagen eine Dicke von 40–50 cm, in Tallagen ist sie wesentlich stärker ausgeprägt, doch nie so intensiv, wie dies bei einem humiden Klima der Fall wäre. Der Niederschlag in Alaska bei Fairbanks“ (wenig weit südlich des Polarkreises) „liegt bei 250 mm je Jahr, was für niedere Breiten einem Halbwüstenklima entsprechen würde.“

Ein wesentlicher Teil der Fehldatierungen von Lössen des Eiszeitalters beruht somit auf einer Überbewertung der Aussagekraft von Bodenbildungen, insbesondere der Parabraunerden. Wenn man folgert, daß diese nur in Interglazialzeiten entstehen könnten, wie es so häufig geschieht, kommt man zu viel zu alten Datierungen, vor allem bei den älteren Profilabschnitten. Dies läßt sich an Hand der Mammalier-Überreste beweisen.

Noch einmal FRENZEL (1977): „Die sicher dem Eem zuzuweisenden Profile in Süddeutschland beschränken sich auf Mulden. In solchen Hohlformen konnte zwischen den „Riß“- und den „Würm“-Endmoränen nie eine Eem-Flora nachgewiesen werden. Auf Grund von pollenanalytischen und physikalischen Untersuchungen läge somit das „Riß“ der bisher üblichen süddeutschen Beschreibung über dem Eem, sei also jünger als dieses.“

Die Aussage der Großsäugerfauna zur Altersdatierung

Das Diagramm Abb. 2 zeigt das Vorkommen einiger Großsäuger, die für ein kaltes Klima (links) und für ein warmes Klima (rechts) kennzeichnend sind, wie sie WERNERT (1957) aus den Lössen und Lehmen von Achenheim-Hangenbieten geborgen und bestimmt hat. Eine ausführlichere Darstellung findet sich in GUENTHER (1971).

Im obersten begrabenen Boden (Riegel-E), der den oberen vom mittleren Löß trennt, ließ sich, wie bereits angeführt wurde, eine komplexe Fauna nachweisen, bei der eurytherme Tierarten, wie Pferd und auch Hirsch dominieren. Ferner gibt es Tiere eines kalten

Klimabereiches, wie Ren, Mammut und das wollhaarige Nashorn, aber auch selbst noch in der Rekurrenzzone als Einzelfund (der vielleicht aus dem unterlagernden Boden umgelagert ist), das ein warmes Klima bevorzugende Reh. Durch diese Tiere wird ein breites Klimaspektrum bestätigt, was wohl für eine längere Zeitphase mit wechselnden Temperaturen und Niederschlägen spricht. Um eine eeminterglaziale Fauna handelt es sich nicht.

Die interglazialen Großsäuger finden sich in dem ± 10 m tiefer liegenden rotbraunen Lehm (Riegel-C) und dessen „Rekurrenzzone“. Hier gibt es den Waldelefanten, das merckische Nashorn und besonders häufig das Reh. Die Tiere eines kalten Klimabereiches fehlen. Waldelefant und merckisches Nashorn sind auch in den tiefer liegenden Schichten mehrfach nachgewiesen, in den Lagen über der Rekurrenzzone von Riegel-C jedoch nicht.

Von diesem interglazialen Schichtbereich nennt WERNERT auch die Überreste vom Ur (*Bos primigenius*) und den Braunbären (*Ursus arctos*), die nach unserer heutigen Kenntnis erst seit der Holstein-Warmzeit in Mitteleuropa nachgewiesen sind. Das Murmeltier (*Arctomys marmotta*) und der Elch (*Alces alces*) erscheinen in unserem Gebiet in der Saale-Kaltzeit und der Steinbock (*Capra ibex*) erst zu Beginn der Weichsel-Kaltzeit. Danach gehören die Schichten über Riegel-C in die Weichsel-Kaltzeit und die Schichten unter diesem Boden können nicht älter als Saalezeitlich sein, sofern man ein besonderes Warthestadium außer acht läßt.

Nach den Bodenbildungen und den Faunen der besprochenen Lößprofile gibt es zwischen Riegel-C und Riegel-E noch zwei wärmere Phasen, von denen die untere vielleicht eine Nachphase der Eemwarmzeit ist, während die obere eher ein selbständiges Interstadial sein könnte.

FRENZEL (1984) stellte fest: „In der Zeit vor ungefähr 50 000 Jahren vor heute scheinen keine großen Inlandeis Massen vorhanden gewesen zu sein, obwohl das Klima sehr kalt war. Allerdings sind aus dem sibirischen Raum Beobachtungen bekannt geworden, die darauf zu deuten scheinen, daß das Klima mindestens so wie heute gewesen ist“ (was offenbar in sich widersprüchlich ist) „falls es nicht sogar noch wärmer war. Die Sahara könnte ein relativ feuchtes Klima gehabt haben.“

Hierzu JERZ (1983): „Pollenanalytische Bestimmungen an den Warventonen durch Dr. E. S. PLEHIVTSEVA und Dr. E. A. SPIRIDONOVA (Univ. Leningrad) ergaben ein Mittelwaldai mit relativ kühlem Klima (kühler als heute), eine Tundravegetation mit drei *Betula*-Gipfeln. 14 C-Datierungen ergaben Werte zwischen 40 000 und 27 000 Jahren B. P.“

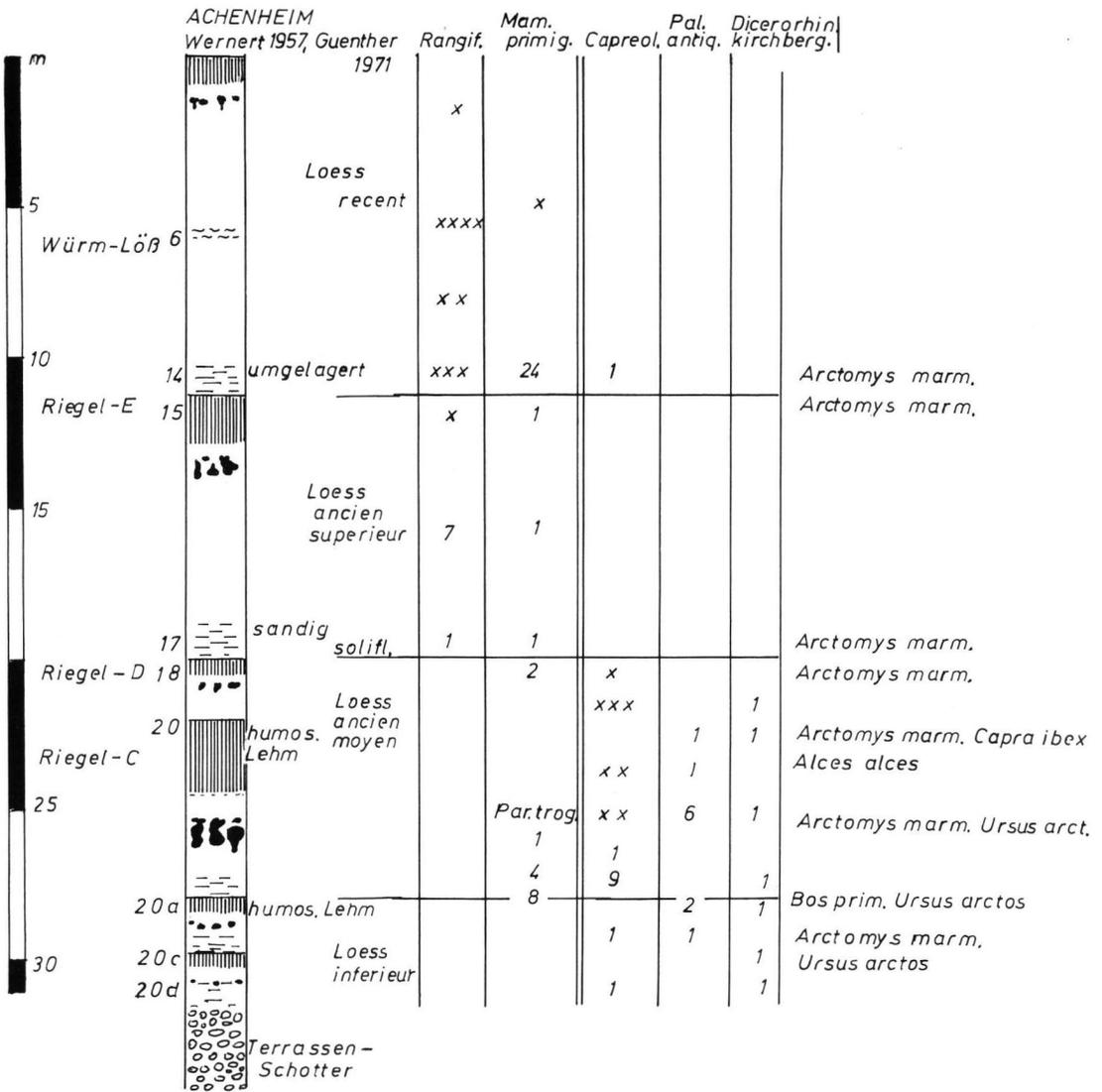


Abb. 2: Die Verteilung einiger für kalte (links) und warme (rechts) Klimabereiche kennzeichnende Säugetiere in den Lössprofilen von Achenheim-Hangenbieten. Auf der rechten Seite ist die Einordnung einiger Säugetiere angegeben, die erst in bestimmten Zeiten des jüngeren Pleistozäns in Mitteleuropa zu finden sind.

Es ist nicht ganz unwahrscheinlich, daß auch das Odderade von Schleswig-Holstein Teilabschnitte dieses Interstadials repräsentiert.

Nach Auskunft russischer Kollgen (Dr. SHER, Moskau, Dr. FORONOVA, Nowosibirsk, Dr. YERBAJEVA, Ulan-Ude 1985) gab es in Sibirien innerhalb der Weichselkaltzeit ein langes Interstadial, das von einigen Forschern als Karginsk-Interstadial bezeichnet wird. In der Zeit um 39 500 ± 1150 Jahren B.P. lebten in Sibirien reichlich Pferde und vor 29 000 Jahren Bisonten.

Das Optimum der warmen Phase läge zwischen 42 000 und 30 000 Jahren vor heute. Vor- und nachher gab es große Eisvorstöße und damit Meerestiefstände vor etwa 75 000 und 25 000 Jahren.

Der letzte große Eisvorstoß, der die skandinavischen Gletscher bis zum Jungmoränen-Gebiet von Schleswig-Holstein und bis nahe von Hamburg (Ahrensburg) brachte, lag nach dem großen Interstadial, gehört also zu dem zweiten Meerestiefstand.

Eine gute Übereinstimmung des hier an Hand von Lößprofilen vertretenen Temperaturablaufs der letzten 120000 Jahre ergibt sich im Vergleich mit einer Temperaturkurve die SERET (1985) der Deutschen Quartärvereinigung bei der Tagung in Freiburg vorgelegt hat. Sie basiert auf einer kombinierten Interpretation der Kurven von Pollenanalysen, des organischen Kohlenstoffs und des Lößanteils, vor allem bei dem Profil des Grande Piles. Die Kurve ist unterbaut mit 17 Radiokarbondatierungen, sowie der Korrelation mit Bohrungen in Ozeanböden (WOILLARD & MOOK 1982).

5. Schriftenverzeichnis

- BLEICH, K. E. & HÄDRICH, FR. & WURSTER, R. (1984): Die Bedeutung vulkanischer Glasfunde für die Chronostratigraphie der oberrheinischen Lössen. — Ber. Naturf. Ges., 74: 5—24, 5 Abb., 2 Tab.; Freiburg i. Br.
- BRONGER, A. (1966): Lössen, ihre Verbraunungszonen und fossilen Böden. — Schr. Geogr. Inst. Univers. Kiel, XXIV (2): 1—113; 23 Abb., 6 Tab., Kiel.
- BRUNNACKER, K. (1964): Grundzüge einer quartären Bodenstratigraphie in Süddeutschland. — Eiszeitalter und Gegenwart, 15: 224—228, 1 Tab.; Öhringen.
- , JÄGER, K. D., HENNIG, G. J., PREUSS, J. & GRÜN, R. (1983): Radiometrische Untersuchungen zur Datierung mitteleuropäischer Travertinvorkommen. — Ethnogr. Archäol. Z., 24: 217—266; Berlin.
- CHERDYNTSEV, V., SENINA, N. & KUZMINA, E. A. (1975): Die Altersbestimmung der Travertine von Weimar-Ehringsdorf. (Über das Alter des Riß-Würm-Interglazials). — Abh. Zentr. Geol. Inst. Pal. Abh., 23: 7—14; Berlin.
- FRENZEL, B. (1977): Bericht über die 18. Tagung der Hugo-Obermaier-Gesellschaft für Erforschung des Eiszeitalters und der Steinzeit, von CH. ZÜCHNER. Referat von B. FRENZEL-HOHENHEIM: Zum gegenwärtigen Stand der Interglazialforschung des Mittel- und Jungpleistozäns in Süddeutschland. — Quartär, 27/28: 179—181; Bonn.
- (1984): Nationales Forschungsprogramm der Bundesregierung. — Akad. d. Wissenschaft. Projektgruppe Terrestr. Paläoklimatologie, Jahrb. 1984: 207—215; Stuttgart.
- FROMM, K. (1983): Paläomagnetische Untersuchungen an Lößaufschlüssen bei Emmendingen und Riegel. Magnetostratigraphie im Löß am Oberrhein. — Ber. Niedersächs. Landesamt f. Bodenforschung; 21 S.; Hannover (Archiv NLFb).
- GUENTHER, E. W. (1951): Zur Altersstellung der sogenannten „Hochterrasse“ südl. von Freiburg. — Mitt. Bl. Bad. Geol. L. A.: 93—95. Freiburg.
- (1953): Feinstratigraphische Untersuchung eines Lößprofils von Riegel am Kaiserstuhl. — N. Jb. Geol. Pal. Mh., 9: 369—385; Stuttgart.
- GUENTHER, E. W. (1954): Feinstratigraphische Untersuchung eines Lößprofils von Murr (Landkreis Ludwigsburg). — Eiszeitalter u. Gegenwart, 4/5: 147—157, 3 Abb.; Öhringen.
- (1958/59): Feinstratigraphische Untersuchung des Lößprofils von Ried bei Neuenburg. — Quartär, 10/11.: 201—212, 3 Abb.; Bonn.
- (1961): Sedimentpetrographische Untersuchung von Lössen: 91 Seiten, 29 Abb., Tafel 1—3; Köln, Graz (Böhlau).
- (1971): Die Faunen von Achenheim-Hangenbieten im Elsaß und ihre Aussage zur Altersdatierung der Lößprofile. — Quartär, 22: 55—71, 5 Abb., 5 Tab.; Bonn.
- HÄDRICH, F. (1975): Zur Methodik der Lößdifferenzierung auf der Grundlage der Carbonatverteilung. — Eiszeitalter u. Gegenwart, 26: 95—117, 10 Abb.; Öhringen.
- (1980): Paläoböden im südlichen Oberrheingebiet. — Ber. Naturf. Ges. Freiburg, 70: 29—48, 1 Abb., 2 Tab.; Freiburg.
- , HUMMEL, P. & MÜLLER, S. (1982): Paläoböden im Oberrheingebiet. — Bundesanstalt für Geowissenschaften u. Rohstoffe et al. Inventur der Paläoböden in der Bundesrepublik Deutschland. — Geol. Jb., F14: 88—100; Hannover.
- HERION, H. (1921): Die Lößlandschaft des Kaiserstuhls. — Dissert. Freiburg: 1—70; Freiburg. — [Unveröff.].
- JERZ, H. (1983): XI. Kongreß Moskau. Bericht über die Exkursion C-15 vom 10.—16. 8. 1982. Leningrad und Umgebung. — Eiszeitalter u. Gegenwart, 33: 189—193, 1 Abb.; Hannover.
- KESSLER, G. & LEIBER, J. (1980): Erl., Blatt 7813 Emmendingen, Geol. Kt. Baden-Württemberg 1: 25000, 151 S., 15 Abb., 8 Tab.; Stuttgart.
- KHODARY-EISSA, O. (1968): Feinstratigraphische und pedologische Untersuchungen an Lößaufschlüssen im Kaiserstuhl (Südbaden). — Freiburger Bodenkundliche Abh., 2: 149 S., 29 Abb., 15 Tab.; Freiburg.
- LEIBER, J. (1980): Deckgebirge, in KESSLER, G. u. LEIBER, J. Geol. Kt. Baden-Württemberg, Bl. 7813 Emmendingen, 1: 25000: 151 S., 15 Abb., 8 Tab.; Stuttgart.
- MEIGEN, W. & SCHERING, H. G. (1914): Chemische Untersuchungen über Löß und Lehm aus der oberrheinischen Tiefebene. — Mitt. Großherzogl. Bad. Geol. L.-Anst. VII, 2: 643—668; Heidelberg.
- RASSAI, G. (1971): Feinstratigraphische Untersuchung der Lößablagerungen des Gebietes um Hangenbieten südwestlich von Straßburg im Elsaß. — Quartär, 22: 17—53, 3 Abb.; Bonn.
- SCHUMACHER, E. (1911): Bemerkungen über die Fauna des Löß von Achenheim, im besonderen über die Lager von Ziesel und Murmeltier. — Mitt. geol. L.-Anst. Elsaß-Lothringen, 7: 335; Straßburg.

- SERET, G. (1985): Die eiszeitliche Vergletscherung der lothringischen Vogesen und ihre Stratigraphie. — Deutsche Quartärvereinigung. 22. wissenschaftliche Tagung in Freiburg i. Br. Sept. 1985. Exkursionsführer II: 41—82, 18 Abb.; Hannover.
- STEINMANN, G. (1893): Über die Gliederung des Pleistozän im Badischen Oberlande. — Mitt. Großherzogl. Bad. Geol. L.-Anst. II. XXI: 745—791, 11 Abb.; Heidelberg.
- TOEPFER, V. (1963): Tierwelt des Eiszeitalters. — 198 S., 46 Abb., 20 Taf.; Leipzig (Geest u. Portig).
- WERNERT, P. (1957): Stratigraphie, Paléontologique et Pré-historique des Sédiments Quaternaires d'Alsace, Achenheim. — Mémoires du Service de la Carte géologique d'Alsace et de Lorraine, 14: 262 S., 115 Abb., 21 Taf.; Strasbourg.
- WOILLARD, G. & MOOK, W. (1982): Carbon-14 Dates at Grande Pile: Correlation of Land and Sea Chronologies. — Science, 215: 159—161; Washington.
- ZOLLINGER, G. (1984): Die Landschaftsentwicklung am Schwarzwaldrand zwischen Freiburg und Müllheim — Diss. Geogr. Inst. Univers. Freiburg i. Br.: 192 S., 47 Abb., 6 Tab.; Freiburg i. Br.
- (1985): Löß-Boden-Sequenzen am südlichen Oberrhein (Markgräflerland) und ihre Interpretation. — Jh. geol. L.-Anst. Baden-Württemberg 27: 113—143, 5 Abb., 1 Tab.; Freiburg i. Br.

Manuskript eingegangen am 17. 1. 1986.

