

Ist die Rentierjägerstation von Munzingen ein „Löbmagdalénien“?

von Ekke W. Guenther, Kiel

Mit Tafel III

I. Der südliche Tuniberg und seine Eignung für eine paläolithische Station

In einem Hohlweg bei Munzingen, einer Ortschaft etwa 10 km west-südwestlich von Freiburg i. Br., waren bereits vor der Mitte des vergangenen Jahrhunderts immer wieder Feuersteinsplitter und Knochenreste zutage getreten. Jeder ordentliche Raucher hatte damals, außer Zunder und Stahl, auch ein Stück Flint in der Tasche, und die Bauern aus Munzingen besorgten sich diesen aus dem Hohlweg.

Erst im Jahre 1875 untersuchte Prof. A. Ecker von der Universität Freiburg die Feuersteinstücke und erkannte, daß sie künstlich geformt, daß es Artefakte waren. Die Knochenbruchstücke waren im Feuer z. T. angebrannt, z. T. verkohlt. Sie stammten größtenteils von Rentieren. So konnte Ecker bereits damals von den eiszeitlichen Rentierjägern bei Munzingen sprechen.

Wie eine Insel erhebt sich der Tuniberg aus den Schotterebenen des Rheintales und der Freiburger Bucht (Taf. III; 3). Sein Kern besteht aus Kalken und Sandsteinen der Jurazeit, die hier eine morphologisch besonders hochragende Scholle bilden. Sie gehört noch zu dem bunten Schollenmosaik, das die Freiburger Bucht zwischen Schwarzwald und dem Kaiserstuhl mit dem südlich anschließenden Tuniberg bildet. Erst westlich des Tunibergs liegt die zweite, große westliche Rheintalverwerfung, die die vordiluvialen Sedimente zur vollen Tiefe des Rheintalgrabens absenkt. An der steilen Westseite des Tunibergs sind Schichten des Dogger aufgeschlossen, auf der Höhe des Berges und seiner Ostseite verbirgt eine mächtige Lößdecke alle älteren Sedimente.

Der Untergrund des Munzinger Berges besteht vor allem aus Schichten des Hauptrogensteins (dg. 5), von dem hier nach Sindowski (1936) noch etwa 36 m mächtige Kalkbänke der unteren und mittleren Abteilung anstehen. Die Kalke zeigen zahlreiche Lösungsspuren einer – vor allem tertiären – Karstverwitterung.

Gerade oberhalb des Hohlweges, in dem die eiszeitlichen Kulturreste zuerst entdeckt wurden, liegen im Hauptrogenstein die Reste einer Höhle, genannt „Erzknappenloch“, und es ist wohl möglich, daß früher hier noch weitere Höhlen oder Abris vorhanden waren, die später dem Steinbruchbetrieb zum Opfer gefallen oder heute von Hanglöß verschüttet sind.

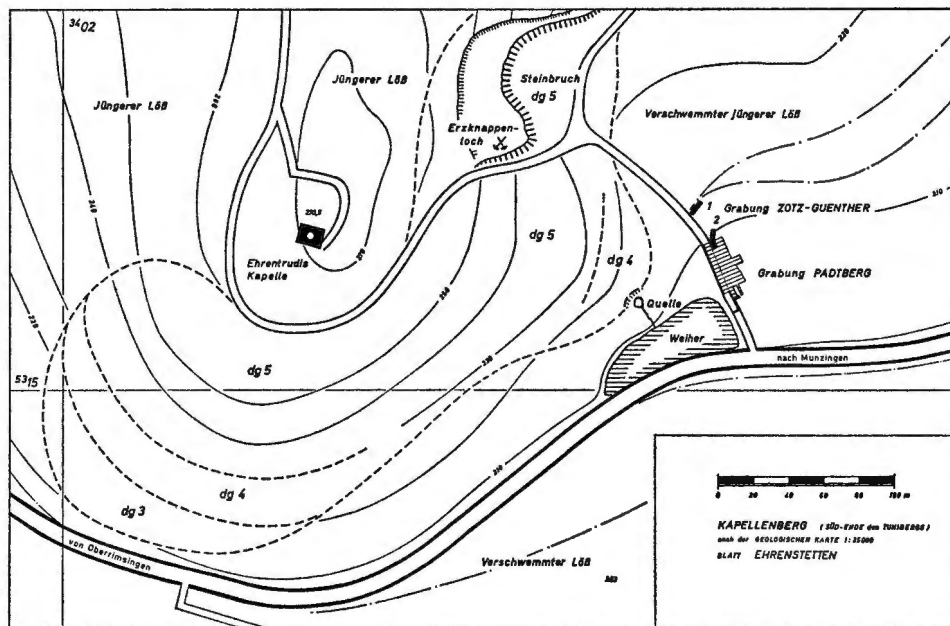


Bild 1. Karte des Südendes des Tunibergs mit Einzeichnung der Grabungen.

L. Zotz (1951) weist darauf hin, daß offenbar ein enger Zusammenhang zwischen einer Freilandfundstelle und einem Höhlen- oder Abri-Rastplatz bestanden hätte. „Etwa 100 m von der Fundstelle am Weiher entfernt ist die Ostseite des Käppeleberges durch einen großen, in den felsigen Doggerkalken angelegten Steinbruch aufgeschlossen. Dieser Steinbruch ist seit wenigstens 50 Jahren aufgelassen. An seinem Rand befindet sich eine Spalthöhle. Inwieweit die Eingangswände hier noch die natürlichen sind, ist schwer zu entscheiden. Wichtig aber ist, daß im vorigen Jahrhundert im Schuttkegel unter dieser Spalthöhle von den Alten die Feuersteine gefunden wurden, von denen Padtberg spricht.“

Die Tunibergscholle erstreckt sich vor allem in Nord-Süd-Richtung. Ihr Südende bildet eine vom übrigen Berg nur wenig abgesetzte Höhe, die von der Ehrentrudiskapelle gekrönt wird. Zu dieser führt der Hohlweg, in dem die Kulturreste der Munzinger Rentierjäger zuerst nachgewiesen wurden.

Von der Höhe dieses „Munzinger Berges“ blickt das Auge in weiter Fernsicht zu den Gipfeln des Schwarzwaldes, dem Belchen, Schauinsland und Kandel oder hinüber zu den Vogesen, wo der Sulzer Belchen die höchste Erhebung bildet. Im Westen und Norden ist der Tuniberg von Schottern des Rheins eingefaßt und im Osten von Schottern der Freiburger Bucht, die aus dem Schwarzwald herangeführt worden sind. Die Freiburger Bucht und das Gebiet im Norden und Nordwesten des Tunibergs zeichnen sich auch heute noch durch besonders hochstehendes Grundwasser und durch Vermoorungsgebiete aus. Wie wenig zugänglich mögen diese Gebiete während des eiszeitlichen Sommers gewesen sein, wenn Schnee und Eis geschmolzen waren.

Das Rentierjägerlager befindet sich an der der Mittagssonne zugeneigten Südseite des Munzinger Berges, und nur wenige Meter entfernt speist eine Quelle einen kleinen, schilfumwachsenen Weiher.

Von Munzingen über Mengen nach Schallstatt führt die „Mengener Brücke“, eine lößbedeckte, langgestreckte Hügelzone, die die südliche Begrenzung der Freiburger Bucht bildet. Wenn während der Eiszeit die Schotterebenen wegen des sommerlichen Schmelzwassers nur schlecht zugänglich waren, bestand hier ein stets begehbarer Verbindungsweg, der von dem Tuniberg zu den Vorhöhen des Schwarzwaldes, dem Schönberggebiet, führte.

In weitem Umkreis wird man wohl nur schwerlich eine für einen Jagdplatz des Eiszeitalters besser geeignete Stelle finden können. Hier liegt ein warmer Südhang, der sich an eine Felswand lehnte, die Höhlen enthielt. Hatte man die Felsen erstiegen, bot sich ein Rundblick, der herannahende Jagdbeute schon frühzeitig erkennen ließ. Gerade von hier war der oft einzig gut begehbare Verbindungsweg vom Schwarzwald zum Tuniberg zu überblicken, die heutige „Mengener Brücke“. Dicht beim Rastplatz lagen eine Quelle und vielleicht auch schon ein kleiner See.

II. Prähistorische und geologische Untersuchungen der Station

a) Ältere Untersuchungen

Die Munzinger Rentierjägerstation wurde dann von G. Steinmann (1906) genauer untersucht. Bei der geologischen Kartierung der Meßtischblätter Hartheim–Ehrenstetten versuchte er die Stellung der paläolithischen Kulturschicht innerhalb des Lösses durch Aufgrabungen und Bohrungen möglichst genau zu ermitteln. Er kam zum Schluß, daß die Kulturschicht eine ungestörte, normale Einlagerung im jüngeren Löß bildet. Sie lag unter etwa 2 m, wie Steinmann annimmt, ungestörtem Löß und wurde, wie eine Bohrung ergab, von 5¹/₂ m mächtigen Lössen unterteuft, die nach unten zu feinsandig wurden (Sandlöß) und die spärliche Lößkindel und Schnecken enthielten.

Damit hatte Steinmann bereits eine Frage aufgegriffen, die bis heute immer wieder diskutiert wird und dem Munzinger Profil eine besondere Bedeutung verleiht. Liegt die Munzinger Kulturschicht in der Tat innerhalb von äolischem Löß, oder aber ist sie überdeckt von verschwemmten oder verflossenen Lössen und lediglich die Untersuchungsmethoden reichten bisher nicht aus, um in einem Falle, wie dem von Munzingen, verlagerte von äolisch sedimentierten Lössen zu unterscheiden? Liegt die Station bei Munzingen in einer Zeit, in der Staubstürme die Lösser verblasen haben, also in einer vegetationsarmen Phase des letzten Hochglazials, oder aber in einer Zeit, in der die Lößanwehung im wesentlichen schon zu Ende war und ist überdeckt von Lössen, die vom Hang herabgeschwemmt worden sind?

Bereits seit langem hat der Verf. sich bemüht (z. B. Guenther 1961) neue Methoden zur Trennung von verschwemmten, verflossenen und äolisch herangeführten Lössen zu

finden. Schon bei sehr geringen Hangneigungen von nur wenigen Graden kann oberflächlich aufgetauter Löß über einem Dauerfrostboden ins Fließen geraten, und selbst heute noch sind bei plötzlich auftretenden, starken Regengüssen in Lößgebieten mitunter kräftige Verschwemmungen zu beobachten. Diese Materialverlagerungen treten in erster Linie dann auf, wenn keine geschlossene Vegetationsdecke die Lößoberfläche vor Abtrag schützt. Löss sind äußerlich meist sehr gleichförmig, und wenn eine Partie jüngeren Lösses abgetragen und wieder über jüngerem Löß, der aber noch in der äolischen Ablagerungsform vorhanden ist, sedimentiert wird, ist es bei Anwendung der in der Lößstratigraphie üblichen Untersuchungsmethoden oft nicht möglich, die verschiedenartig sedimentierten Abschnitte voneinander zu trennen. Dies bezieht sich nicht nur auf die Arbeiten von Ecker, Steinmann und Padtberg zu Munzingen, sondern auch auf Untersuchungen aus anderen Gebieten. Lediglich wenn ein fossiler Boden abgetragen oder gebildet wurde, erkennt ein jeder Lößstratigraph, was hier geschah.

b) Die Grabung Padtbergs

Die Grabung Padtbergs begann am Pfingst-Dienstag, den 2. Juni 1914. Zunächst sollte hinter der Quelle, die ihr Wasser in den Mühlenbrunnen-Weiher schüttet, eine Felswand freigelegt werden, in der Hoffnung, Abris- oder Spalthöhlen zu finden. Da jedoch nur Felsblöcke der dort anstehenden Blagdeni- oder Coronaten-Schichten (Dogger δ) gefunden wurden, gab man an dieser Stelle das Suchen nach Kulturresten auf. Nach Ansicht des Verf. ist es lediglich in den Kalken des Hauptrogensteins sinnvoll, nach Nischen oder Höhlen zu suchen.

Ungefähr dort, wo Ecker seine Hauptfunde gemacht hatte, nämlich unter dem Wege, der zum Munzinger Berg aufwärts führt, wurde dann eine neue Grabung angesetzt und in einer Tiefe von 1,90 m die Fundschicht in der Tat angetroffen. Von hier arbeitete man in breiter Front in Richtung nach Osten in einen Acker hinein und konnte nun mehrere Herdstellen freilegen, sowie zahlreiche Funde von Knochen und Artefakten bergen.

Infolge des Kriegsausbruches mußten die Arbeiten unterbrochen werden, und erst in der Zeit vom 25. November 1914 bis 26. März 1915 wurden sie zu Ende geführt. Diese Wintergrabung war, wie Padtberg (1925) schreibt, von dem dumpf aus den Vogesen herüberschallenden Kanonendonner begleitet. Nach Padtbergs Meinung wurde die Station in vollem Umfange ausgebeutet und das Ausgehen der Kulturschicht auf allen Seiten festgestellt. Irgendwo am Südhang des Tunibergs könnten aber sehr wohl weitere Siedlungsstellen zu finden sein. Einige km nordwärts entdeckte der Verf. eine Herdstelle im Löß, in etwa gleicher geologischer Situation (Tafel III ; 1).

Die braun-rötliche, teilweise schwärzliche Fundschicht Padtbergs hatte zumeist eine Dicke von 4–10 cm, schwoll aber örtlich zu stärkeren Mächtigkeiten an. Neben und unter dem Wege bildete die Kulturschicht zwei, ja drei Lagen übereinander. Padtberg dachte zunächst an verschieden alte Horizonte, kam aber nach genauer Untersuchung der Funde zur Ansicht, daß diese in den verschiedenen Schichten gleich alt seien und die

Überlagerung durch spätere Störungen erklärt werden müsse. Es besteht die Möglichkeit, daß Padtberg hier erste Beweise von Fließerdebildungen oder Verschwemmungen fand. Er selbst dachte zunächst daran, daß durch die Anlage des Weges Schichten gestört worden seien und dann Umlagerungen stattgefunden hätten. „Häufig habe man den Eindruck, daß längs des jetzigen östlichen Wegrandes ein alter Wasserriß herabgeführt habe, durch den schon zur Zeit der Besiedelung der Kulturboden wiederholt zugeschwemmt und dann in höherer Lage neu gebildet worden sei. Das würde jedenfalls die Übereinanderlagerung einigermaßen erklären können, wenn nicht doch die ganz unregelmäßige Verbiegung und Zerstückelung der Kulturschicht dagegen spräche. Ausschlaggebend für ein jüngeres Alter der Störungen seien neolithische und auch neuzeitliche Funde in einigen Schichten.“

Wie wir später sehen werden, kann mit Hilfe neuer Lößuntersuchungen der Nachweis erbracht werden, daß sehr erhebliche Bodenverlagerungen während und auch nach der Ablagerung der Fundschicht stattgefunden haben.

Insgesamt wurde im Grabungsgebiet eine Fläche von etwa 225 qm abgedeckt. Die Fundschicht lag stets in weniger als 2 m Tiefe. Es ist jedoch nicht mit Sicherheit zu überblicken, wieviel Lößmaterial bereits früher abgetragen worden war, etwa bei Anlage des Weges oder bei Einebnung der Felder. Es handelt sich ja hier um ein altes Kulturgebiet, wo fast immer Böden durch menschliche Tätigkeit verlagert werden. Padtberg beobachtete im Bereich der Fundschicht zahlreiche Lößkindel, die zum Teil erhebliche Durchmesser erreichten. Er konnte sich ihre Entstehung nur schlecht erklären. Diese Kalkanreicherungszone wurde auch bei der neuen Grabung aufgefunden und es wird später hierauf einzugehen sein.

c) Die Fauna

Die nächste Frage, die sich stellt, lautet: „Macht die Tierwelt irgendwelche Aussagen über das Alter der paläolithischen Fundschicht?“

Die Kenntnis der Tierwelt der Jagdstation Munzingen basiert im wesentlichen auf Funden von Padtberg, mit einigen Ergänzungen nach Ecker. Sie besteht vor allem aus Rentieren und Wildpferden. Insgesamt fanden sich die Reste von etwa 40 Rentieren (davon 23 alten und 17 jungen Tieren), von 11 Wildpferden (6 alten und 5 jungen Tieren), 4 Wollnashörnern (2 alten und 2 jungen Tieren), von je einem Mammut, Vielfraß, Fuchs, von 3 Schneehasen und einer Wühlmaus. Zusammen konnten somit an 62 Individuen nachgewiesen werden (Padtberg 1961).

In der prozentualen Verteilung ergeben sich diese Verhältniszahlen: 65 % Rentier, 18 % Wildpferd, 6 % Nashorn, 5 % Schneehase, und je 1,5 % Mammut, Vielfraß, Fuchs und Wühlmaus. Der Knochenmenge nach ist das Rentier aber wohl auf 90 % zu veranschlagen, während der Rest zumeist auf Wildpferd entfällt. Das starke Vorherrschen des Rentieres, begleitet von einer geringeren Menge von Pferden, spricht für einen späten, aber noch kalten Abschnitt der letzten Vereisung. Von besonderer Bedeutung sind die Reste von Mammut und dem wollhaarigen Nashorn. Sie könnten für ein nicht zu spätes Stadium der letzten Vereisung sprechen.

„Das Munzinger Mammut“ – berichtet Padtberg – „ist nachgewiesen zunächst nur mit einigen Stoßzahnsplittern, nicht viel größer als ein Fingernagel. Es sind kleine zerbrochene Elfenbeinlamellen, die, der konzentrischen Rundung im Stoßzahn entsprechend, etwas eingebogen sind, auf den Seitenflächen die kennzeichnende Riefung und namentlich auf dem Querbruch die ganz sicher leitende Guillochierung zeigen, d. h. jene, für Elfenbein charakteristischen, sich kreuzenden Bogenlinien, wie sie sich gewöhnlich auf Uhrendeckeln angebracht finden. So winzig diese Funde sein mögen, stammen sie mit Sicherheit von einem Elefanten, d. h. von dem Mammut.“ Außerdem sind noch zwei, halb Finger lange Elfenbeinstäbchen vorhanden, die unter den Knochengeräten Padtbergs aufgezählt werden. Der Munzinger Jäger hatte also noch Stoßzahnmateriale des Mammut zur Verfügung, vielleicht nur als seltene Kostbarkeit. Man könnte auch daran denken, daß aus älterer Zeit stammende, – also damals bereits fossile – Reste des Mammut gefunden, zum Rastplatz genommen und hier verarbeitet worden sind. Wenn man bedenkt, in welchem vorzüglichem Zustand die z. T. mehr als 30 000 Jahre alten Mammutreste aus Sibirien heute noch sind, besteht keinerlei Grund anzunehmen, daß die am Ende des Eiszeitalters gefundenen Mammutreste bereits stärker verwittert waren. Es war praktisch frisches, gut zu bearbeitendes Material.

Vom Nashorn wurden verschiedene Zähne und auch einige Knochenreste gefunden. Im ganzen kann man diese auf wohl 4 Individuen beziehen. Eines der Tiere war ein noch ganz junges Kalb. Die prozentual verhältnismäßig große Menge von Nashörnern mag überraschen. Vielleicht könnte man daran denken, daß in der nahen Rhein-Niederung oder in dem vermoorten Gebiet der Freiburger Bucht besondere Sumpf- und Suhlhöcher waren, und vielleicht konnte man Fallgruben zur Nashornjagd im Gebiete des Tunibergs besonders günstig anlegen. Padtberg gibt an, daß das Nashorn in Süddeutschland im Alt-Magdalénien vorhanden war. Auch Bandi (1947) nennt unter den Tieren des Magdalénien in der Schweiz Mammut und Wollnashorn und stellt fest, daß diese am Ende der Würmeiszeit infolge der fortschreitenden Klimaveränderung ausgestorben seien.

Bild 2 versucht Änderungen in der Faunenzusammensetzung während des letzten Glazials in großen Umrissen darzustellen. Zur Auszeichnung dieses Diagramms wurden die Fossilfunde von etwa 150 deutschen Höhlenrastplätzen ausgewertet. Hierbei fanden lediglich die wichtigsten Großsäuger Berücksichtigung. Die mengenmäßige Verteilung der einzelnen Tierarten war nur bei wenigen Höhlengrabungen untersucht worden. Auf ihre Darstellung mußte daher bedauerlicherweise verzichtet werden, und es konnte lediglich das Vorkommen bestimmter Großsäuger in den einzelnen Höhlen berücksichtigt werden. Das bedeutet, daß der Nachweis einer Tierart mit nur einem einzigen fossilen Rest in gleichem Prozentsatz dargestellt wird, wie das absolute Überwiegen dieser Tierart im Fundgut. Das starke Vorherrschen des Rens, z. B. am Ende des Glazials, tritt auf dem Diagramm zu wenig in Erscheinung. Somit erhalten Tierarten, die nur mit wenigen Exemplaren nachgewiesen sind, einen zu hohen prozentualen Anteil, wenn sie nur in verschiedenen Höhlen gefunden wurden.

Eine weitere Verwischung der wirklichen Biocoenose entsteht dadurch, daß die Fos-

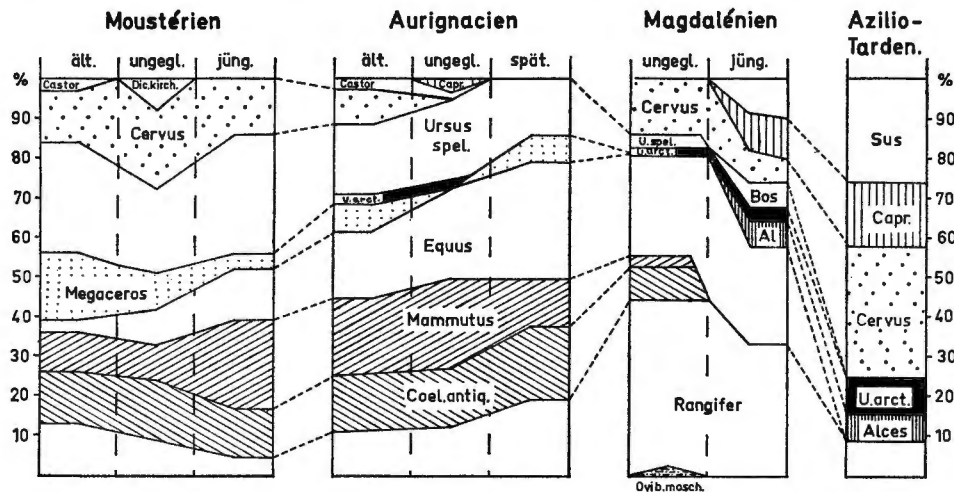


Bild 2. Änderung der Groß-Säugetierwelt während der letzten Vereisung vom Moustérien bis zum Azilio-Tardenoisien.

silien in erster Linie Reste menschlicher Jagdbeute sind. Pflanzenfresser werden daher bevorzugt, Raubtiere treten zurück. Eine Ausnahme machen die Höhlenbären, deren Reste nur zum kleineren Teil durch Menschen in die Höhlen gebracht worden sind. Vielmehr zogen sich diese Tiere in – zeitweise nicht von Menschen bewohnte – Höhlen zum Winterschlaf zurück, wobei sie vom Tode ereilt werden konnten, und vielleicht suchten kranke Tiere auch während des Sommers die Höhlen zum Sterben auf. Die oft erstaunliche Masse von Resten des *Ursus spelaeus* in einzelnen Höhlen ist zum großen Teil nur als Thanatocoenose zu verstehen.

Auch das Erlöschen einiger Tierarten wird auf dem Diagramm nicht mit letzter Genauigkeit erfaßt. So stirbt der Riesenhirsch (*Megaceros*), wenigstens in Norddeutschland, erst mit dem Früboreal, also der beginnenden Nacheiszeit aus (Guenther 1960), während er auf dem Diagramm bereits vor dem Magdalénien endet. Trotz dieser Einschränkungen vermittelt Bild 2 doch in großen Zügen einen Eindruck vom Kommen und Gehen der wichtigsten Großsäuger von der Zeit des Moustérien bis ins Postglazial. Um den Einfluß des Klimas auf die Faunenzusammensetzung besser zu verdeutlichen, sind Tierformen, die ein wärmeres Klima bevorzugten, auf dem Diagramm nach oben gerückt, die Tiere, die sich dagegen auf ein kühles bis kaltes Klima eingestellt hatten, sind in den unteren Teil der Darstellung verlegt.

Im ungegliederten, wohl in erster Linie älteren Moustérien findet sich zum letzten Male das merckische Nashorn (*Dicerorhinus kirchbergensis*). Der Edelhirsch (auf Bild 2 = *Cervus*) tritt im Moustérien noch häufig auf, verschwindet mit fortschreitender Vereisung im Aurignacien, erscheint wieder im Magdalénien und erreicht im Postglazial seine stärkste Verbreitung. Der Höhlenbär (*Ursus spelaeus*) hat zunächst eine starke Verbreitung, nimmt aber mit dem Ende des Glazials schnell ab und stirbt vor dem Holozän aus. Letzte Reste könnten im älteren Magdalénien noch zu finden sein. Das

Pferd (*Equus*) zeigt die zunehmende Versteppung an und ist vor allem im Aurignacien – etwas weniger im Magdalénien – wichtiges Beutetier. Mammut und wollhaariges Nashorn (*Coelodonta antiquitatis*) sind schon im ältesten Moustérien verbreitet und behalten ihre Bedeutung bis zum Spätaurignacien. Erst gegen Ende des Glazials werden sie selten und verschwinden mit dem Magdalénien. Auf die Zunahme der trockenen Kälte im Verlauf der letzten Vereisung weist der prozentuale Anteil des Rens (*Rangifer*) hin. Mit Beginn des Magdalénien wird es wichtigstes Beutetier. Sogar der Moschusochse (*Ovibos moschatus*) findet sich jetzt in einigen Exemplaren.

Das Azilio-Tardenoisien zeigt den Übergang zur nacheiszeitlichen Tierwelt mit Wildschwein (*Sus*), Reh (*Capreolus*) und vor allem dem Edelhirsch.

Bei der Betrachtung des Diagramms ist zu berücksichtigen, daß die Kulturen vorwiegend in den wärmeren Phasen des letzten Glazials liegen, daß also die einzelnen Kulturstufen durch kalte Zeiträume mit einer entsprechend anderen Faunenzusammensetzung getrennt sind. Da über die Tierwelt der kalten Zwischenphasen nicht genügend auswertbares Material vorliegt, wurde auf deren Darstellung verzichtet.

Wenn man die Fauna von Munzingen diesem Diagramm einzugliedern sucht, kommt lediglich eine Zeitphase mit viel Ren und Pferd, kurz vor dem Verschwinden von Mammut und wollhaarigem Nashorn in Frage, also die Zeit des älteren bis mittleren Magdalénien.

d) Die Artefakte

Was haben nun die Artefakte von Munzingen zu den Kulturstufen, bzw. der Altersdatierung zu sagen? Zunächst das Material: Als Rohstoff wurde in Munzingen vorwiegend Jaspis und Bohnerz-Jaspis aus dem Gebiet zwischen Müllheim und Basel sowie Muschelkalk-Hornstein aus dem Breisgau verarbeitet. Zotz (1951) schreibt zu den Artefakten: „Schmalklingen, die manchmal noch ringsum retuschiert sind, und Klingengeräte, wie Kratzer, Doppelkratzer, verschiedene Stichelvarietäten, Kombinationen von Sticheln mit Kratzern und Bohrern, zeigen ein Typeninventar, wie man es auch im Spätaurignacien findet. In der Tat wurde lange darüber diskutiert, ob Munzingen nicht dieser Kultur zuzuweisen sei. Sehr feine, teils einseitig, teils umlaufend retuschierte, feinste mikrolithische Messerchen, ‚Sägen‘ und Mikro-Bohrerchen sprechen aber ebenso wie die Knochenindustrie für Magdalénien. Vor allem sind es mehrere, basal einseitig abgeschrägte Speerspitzen und ein Kommandostab von älterem Typus D, die Munzingen ins Magdalénien weisen. Neben ihnen sind einige Glätter, Spatel, Rötel und verschiedene durchlochte Anhänger aus fossilen, ortsfremden Schnecken- und Muschelschalen zu erwähnen.“

E. Schmid (1965) schreibt zu Munzingen: „Insgesamt wurden 19 316 Silexstücke aufgesammelt, die sich so verteilen, daß 77,6 % Abfall und 22,4 % von Geräten stammen. Der größte Anteil an Abfällen und bei den Geräten der geringere an Kernstücken (1,7 v. H.) machen deutlich, daß die Qualität des Silex sehr unterschiedlich und die Jägersippe mit den hier vorkommenden Rohstoffen nicht recht vertraut war.“

Hierzu ist zu bemerken, daß verschiedene Varietäten des Feuersteins sich bei der Be-

arbeitung keineswegs immer gleich verhalten. Manche Feuersteinarten ermöglichen das Absplittern von langen, schmalen Spaltstücken, andere Arten bilden nur kurze und dicke Splitter. Hierbei mag auch die Art der Bearbeitung eine Rolle gespielt haben. Man könnte ferner daran denken, daß ein feuchter Flint sich anders benimmt als ausgetrockneter Feuerstein. Das heißt: wenn Feuersteinknollen in bergfeuchtem Zustande verarbeitet werden, verhalten sie sich anders, als solche, die schon längere Zeit austrocknend an der Erdoberfläche gelegen haben. Sicher kannten die Eiszeitjäger sehr genau das Verhalten des Feuersteins und wußten Möglichkeiten, wie man ihm bestimmte Eigenschaften geben kann, z. B. durch längeres Eintauchen in Wasser, wobei der Feuerstein Feuchtigkeit aufnimmt.

E. Schmid schreibt weiter: „Der große Silex-Reichtum aber beweist, daß die Jäger längere Zeit hindurch an diesem Orte verweilten. Der Gerätevergleich mit den ständig bewohnten und in bezug auf die Gerätetypen gut bearbeiteten Magdalénien-Stationen Frankreichs reiht Munzingen in die vorletzte Phase der Rentierjäger ein.“

Der Verf. hat Frau Prof. Dr. E. Schmid gebeten, diese Aussage näher zu erläutern. Dankenswerterweise teilte sie im Januar 1968 folgendes mit: „Padtberg (1925) hat die Munzinger Artefakte zu Recht einem Magdalénien zugeteilt, das vor der sonst bei uns verbreiteten Endphase liegt. Aus den *Silices* kann dies erst dann mit Sicherheit geschlossen werden, wenn das gesamte Material nach der statistischen Methode (de Sonneville-Bordes et Perrot, 1954–1956, deutsch zusammengefaßt und geordnet durch Müller-Beck 1958) aufgearbeitet ist. Aber schon die früher im Museum in Freiburg i. Br. ausgestellten Artefakte und die auf den Tafeln von Pادتberg abgebildeten lassen durch die relativ hohe Zahl dicker Klingen und Geräte und der teilweise groben Retusche eine Einordnung in die jüngste Phase nicht zu.

Die Knochengерäte bestätigen dieses Urteil. Wenn auch nur wenige Knochenspitzen gefunden wurden, so sind es ausschließlich solche mit abgeschrägter Basis und zwei Fragmente mit einer Rille. Diese Objekte sind für das mittlere Magdalénien charakteristisch (zuletzt bei Leroi-Gourhan, 1965, Fig. 756). Daß Harpunen und Spitzen mit beidseitig abgeschrägter Basis fehlen, ist sicher kein Zufall. Das Bild der Knochenspitzen und der Steinartefakte harmoniert sehr schön mit der Fauna als ‚mittleres Magdalénien‘.

Eine ältere Magdalénien-Schicht wurde auch 70 km südlich von Munzingen, in der Kastelhöhle, gefunden (Bay, 1959). Man kann durchaus damit rechnen, daß nicht nur die letzten Rentierjäger (= oberes Magdalénien = Magdalénien V/VI) in den Bereich des Oberrheins gelangt sind, sondern auch schon ältere Gruppen. Wie weit dabei mit zeitlichen Verschiebungen gerechnet werden muß, kann erst durch eine gründliche statistische Prüfung des Munzinger Silexmaterials und die genaue geologische Datierung der Fundschicht erschlossen werden.“*

* D. de Sonneville-Bordes (in diesem Band Quartär 19, 1968, S. 125–131) setzt sich dafür ein, daß Munzingen (bei einer weitgehenden Ähnlichkeit der Typologie der Artefakte mit dem Ölberg) ebenfalls im oberen Magdalénien einzugliedern sei. Gegen eine zu junge Datierung sprechen m. E. jedoch die Faunenzusammensetzung und vielleicht auch die Lage des Fundhorizontes im geologischen Profil.

e) Die Probegrabung 1960

Bei der Grabung Padtbergs kam Lothar Zotz zum ersten Male mit der Vorgeschichte in Berührung. Er schreibt (1957): „Munzingen, weithin ist heute Dein Name bekannt in der Urgeschichtswissenschaft. Mir wurdest Du zum Meilenstein an der Straße meines Lebens, aus Deinem Lößboden sah ich zum ersten Male das Leben längst versunkener Zeiten wachsen.“ Und in einem Brief vom 17. 12. 58 an den Verf. äußerte er: „Sie kennen gewiß die Arbeit von Padtberg über Munzingen mit den Lößuntersuchungen von Meigen, einem Kollegen Ihres Vaters und Lehrer von mir darin. Auf einer der Tafeln dieses Werkes sieht man ‚e Bübli‘ an der Fundstelle stehen. C'est moi. Ich grub dort als 15jähriger mit Padtberg und kam so überhaupt zu meinem Fach. Ihr Plan, dort etwas zu machen, ist für mich so verlockend wie kaum einer. Aber wie? Sie kennen doch die Rivalitäten auf der Bundesebene gewiß so gut wie ich. Was haben, so frage ich Sie, die Erlanger oder gar die Kieler in unserem Breisgau zu tun?“

Nun, so fremd sind Lothar Zotz und der Verf. dem Breisgau nie gewesen. Zotz stammt aus Heitersheim, nur 11 km südlich von Munzingen, und die Heimat des Verf. ist Ehrenstetten, das nur 7,5 km ostwärts von Munzingen liegt. Beider wissenschaftliche Laufbahn begann im Geologischen Institut der Universität Freiburg. Zotz promovierte über das Tertiär des Kaiserstuhls und der Verf. über die Geologie der Freiburger Bucht.

Zur Klärung der Frage, wie weit die Rentierjägerstation von Munzingen in äolisch antransportiertem oder in umgelagertem Löß liegt, wurde im April des Jahres 1960 eine Probegrabung angesetzt.

Besonderer Dank für die Genehmigung, auf seinem Lande arbeiten zu dürfen, sei dem Grafen Hans von Kageneck aus Munzingen gesagt. Ohne sein Verständnis und seine Hilfe wäre es nicht möglich gewesen, die Untersuchungen durchzuführen.

Die erste Aufgabe bestand im Wiederfinden der Grabungsstelle Padtbergs. Das war nicht ganz einfach, da seit 1915 die Breite und Lage der Wege sich geändert hatte und auch an der Feldereinteilung Korrekturen durchgeführt worden waren. Die Skizze, die Padtberg von seinem Arbeitsgebiet gegeben hat, war daher der heutigen Geländesituation nicht mehr ohne weiteres einzupassen. Damit erwies es sich als notwendig, zwei Suchgräben anzulegen (Bild 1). Ein erster Südwest-Nordost-Graben entstand auf einem kleinen Wege, der etwa 20 m nördlich vom Nordende der Grabung Padtbergs, wie sich später herausstellte, nach Nordosten führt. Oberhalb dieses Weges steht der Löß in einer Steilwand von 1 m bis 1,50 m Höhe an. Der etwa 1,50 m tiefe Graben ermöglichte damit einen Aufschluß mit einer Profilhöhe von ungefähr 3 m. Um das Ergebnis dieses Suchgrabens vorwegzunehmen: Die Fundschicht konnte hier nicht deutlich ermittelt werden. Ein vom Hang herabkommender Schwemmfächer mit prähistorischen Überresten ist an dieser Stelle nicht vorhanden.

Ein zweiter Graben, etwa 20 m weiter südlich in Nord-Süd-Richtung angelegt (Tafel III ; 2), erreichte eine Länge von nahezu 4 m und eine Tiefe von etwa 2 m. Sein südliches Ende erschloß bis zu einer Tiefe von etwa 2 m nur umgewühlte Erde. Es war kein Zweifel: hier hatten wir die Grabung von Padtberg angetroffen. Der Schurf wurde dann wei-

ter nach Norden geführt und nach kurzer Strecke querte er einen Ost–West–Graben, der offenbar erst in jüngerer Zeit angelegt worden war. Wahrscheinlich handelte es sich um einen militärischen „Laufgraben“, der vielleicht in der Zeit 1944/45 ausgeworfen worden war. Erst nördlich hiervon lag ungestörte Erde.

In einer Tiefe von etwa 1,80 m fiel jetzt eine besondere Schicht auf. Sie war teils schwärzlich, teils rötlich gefärbt. Die schwarze Färbung wurde, wie sich später im Laboratorium herausstellte, durch eingestreute kleine Kohlekörnchen verursacht. Die rote Farbe kam durch lössiges Material, das im Feuer verändert worden war. Hier war die Fundschicht erschlossen. Irgendwo in der Nähe hatten Feuer gebrannt, und der Wind hatte Ascheteilchen sowie im Feuer veränderte Lößteilchen in die Umgebung verblasen. Wenn noch ein Zweifel bestehen konnte, daß hier die paläolithische Oberfläche vorlag, wurde er zerstreut durch den Fund eines Silexplitters, eines Pferdezahns (rechter Oberkiefermolar) und eines Rentierzahns (erster Prämolare der rechten Seite). Die Kulturschicht wurde noch etwa 2 m weiter nach Norden verfolgt. Damit war sie für eine eingehende Untersuchung und Profilentnahme auf genügender Länge freigelegt.

Der Löß oberhalb und unterhalb der Fundschicht zeigte zunächst keinen unterschiedlichen Aufbau. Beide Lagen schienen ungestört zu sein. Erst bei sehr genauer Besichtigung konnte man eine feine Schichtung des Lösses oberhalb der Fundschicht erkennen. Die Schichten lagen hier keineswegs stets parallel, sondern waren teilweise übereinander geschoben, teilweise gewellt, ja eine leichte Kryoturbation ließ sich stellenweise erkennen. Es konnte kein Zweifel sein, daß etwa zur Zeit, als die Rentierjäger hier lebten, Erdverlagerungen in nicht großem Umfange stattfanden. Es gab hier also damals einen Frostboden, dessen Oberfläche in der warmen Jahreszeit auftaute und dann am Hang, auch bei sehr geringer Neigung, in Bewegung geriet. Damit war die Frage zu überprüfen, ob vielleicht die ganze Partie oberhalb der Fundschicht den Hang herabgewandert war, ob es sich also ausschließlich um einen verlagerten Löß handelte.

Bei der Einheitlichkeit des Materials ließ sich diese Frage nur durch eine genaue Analyse von Erdproben und durch eine Untersuchung von Lackfilmen im Laboratorium und unter dem Binokular klären.

Es wurden daher die notwendigen Proben genommen, Lackabzüge angefertigt und dieses Material einige Zeit später analysiert.

f) Zur Entstehung von Lössen im südlichen Oberrheintal

Lösse sind immer zuerst durch den Wind transportiert worden. Hierbei erhielten sie ihre typischen Eigenschaften, z. B. der Korngrößenverteilung, der Kornrundung und der Oberflächenbeschaffenheit. Im Folgenden sollen nun zunächst Fragen des äolischen Lößtransportes, anschließend Fragen der Umlagerung von Lössen kurz vorgetragen werden.

Wie der Verf. während dreier langer Jahre im nördlichen, finnischen Lappland beobachten konnte, finden die wesentlichen Staubstürme in diesem subarktischen Klimagebiet vor allem im Spätherbst statt. Im Winter liegt alles Land unter Schnee begraben.

Wenn die Sonne höher steigt, beginnt der Schnee zu schmelzen. Das Schmelzwasser strömt oberirdisch und auf unterirdischen Wegen dem Flusse zu, der unter einem meterdicken Eispanzer verborgen ist. Nun schwillt das Wasser im Fluß an und die Eisdecke hebt sich, es entstehen Risse, und eines Tages bricht das Eis des Flusses. Mehrere Tage strömen dann gewaltige Wassermassen, bedeckt von Eisschollen, talab und überschwemmen die Randgebiete des Flusses. Kiese, Sande und Mehlsande werden in die oft riesigen Überschwemmungsgebiete transportiert und dort zum größten Teil abgelagert. Dann zieht sich der Fluß wieder auf sein eigentliches Bett zurück. Zunächst bindet die Erdfeuchtigkeit das frisch abgelagerte Material, und wenn der Sommer niederschlagsreich ist, kommt es auch dann noch zu keinem wesentlichen Staubtransport. Erst im Spätherbst, wenn der Boden schon wieder gefroren ist und wenn bei trockener Kälte – es kann ruhig einmal etwas feinkörniger Schnee fallen – das oberste Eis in der Erde verdunstet ist, verlieren die Körnchen ihre Bindung, und jetzt beginnt die Zeit der Staubverblasung.

So mag es während des Eiszeitalters auch im Rheintal ausgesehen haben. In alten Lössen bei Riegel am Kaiserstuhl liegen z. B. mehr als zwei Meter mächtige, gebänderte Lössen (Guenther 1948), in denen etwa 450mal lehmige und lössige Schichten wechseln. Vielleicht handelt es sich hier um jahreszeitlich entstandene Ablagerungen.

Es gibt drei Arten des äolischen Transportes. Die größten Körner werden auf dem Boden vorwärts gerollt und geschoben. Sandkörner mit kleinen Durchmessern bewegen sich hüpfend. Dabei ist das Ausmaß der Sprünge von verschiedenen Faktoren abhängig wie: Der Windstärke, der Art der Turbulenz, der Beschaffenheit des Untergrundes – z. B. sind bei glattem Boden die Sprünge kleiner (Bagnold, 1954) –, der Dichte des Bewuchses, dem Wassergehalt des oberen Bodens sowie der Größe, dem spezifischen Gewicht und der Form der Körner. Das feinste Material geht in Suspension in die Luft und kann weite Strecken fortgeführt werden. Sindowski (1956) beobachtete in den Dünen Norderneys, daß bei einer Windgeschwindigkeit von 6 bis 12 Metern/Sek. (Windstärke 4 bis 6) – gemessen in 10 cm Höhe über der Erdoberfläche – Quarzkörner mit einem Durchmesser von über 0,5 mm meist rollend, Körner von 0,5 bis 0,1 mm springend und die Körner unter 0,06 mm schwebend fortbewegt wurden.

Bei dem rollenden und springenden Transport werden die Körner von feinen Schlagnarben bedeckt, die den Oberflächen ein mattiertes Aussehen geben. Körner der feinsten Korngrößenklassen werden weder gerundet noch oberflächlich mattiert. Untersuchungen an Wanderdünen der Insel Sylt (Guenther, 1961) zeigten, daß bei den Körnchen unter 0,1 mm ϕ gute Rundung und Politur schnell weniger werden und bei den Teilchen unter 0,05 mm ϕ nur noch als Seltenheit auftreten.

Die größeren Körner der Lössen des Kaiserstuhls und damit auch des Tunibergs sind in erster Linie aus den alpinen Rheinschottern ausgeblasen worden (Guenther, 1961). Ein kleinerer Teil mag aus Schuttablagerungen der Vogesen und des Schwarzwaldes stammen. Lediglich ein gewisser Prozentsatz des feinkörnigen Materials unter 0,05 mm mag aus Gebieten außerhalb des Rheintales herangeführt worden sein. Herion (1921) konnte zeigen, daß die Lössen des Kaiserstuhls bei vorherrschenden Südwest-Winden

zur Ablagerung kamen. Sedimentationsgebiete waren die Ränder des Schwarzwaldes und der Vogesen und die vordiluvialen Gesteinsschollen, die über die Schotterebene hochragen, wie: Kaiserstuhl, Nimberg, Lehener Berg und Tuniberg.

Für die Fragen, die in dieser Untersuchung vor allem angesprochen werden sollen, sind die Vorgänge der sekundären Umlagerung von Lössen, also der Bewegungen nach dem äolischen Antransport, von besonderer Bedeutung. Während der kalten Zeiten war der Untergrund tief gefroren. Im Frühjahr taute, je nach der Exposition des betreffenden Gebietes zur Sonne, eine mehr oder weniger dicke, obere Erdschicht auf, und da das Bodenwasser wegen der unterlagernden Frostschicht nicht versickern konnte, bildete sich ein wasserdurchtränkter, schmieriger, hochbeweglicher Lößbrei, der bei geringen Hangneigungen abwärts wanderte. Jeder, der in der entsprechenden Jahreszeit durch vegetationslose Lößgebiete streift, kennt diesen Zustand der Lößböden. Man darf auch nicht vergessen, daß während der Vereisungszeiten die Sonne in Mitteleuropa genau so hoch stand wie heute, daß die Wirkung der Sonne daher eine ganz andere war, als in den heutigen subarktischen Gebieten.

Dementsprechend haben West- und Südseite des Kaiserstuhls eine wesentlich dünnere Lößdecke als die Ostseite, vor allem fehlen der West- und Südseite – mit wenigen Ausnahmen – die älteren Lössen. Ohne Zweifel ist hier schon viel Lößmaterial abgetragen worden.

War die Vegetation nur schütter ausgebildet, werden auch sommerliche Regen, vor allem die Platzregen, mitunter richtige Schlammluten gebildet haben. Auch das kann man noch heute im Kaiserstuhlgebiet beobachten.

III. Sedimentpetrographische Untersuchungen

Die makroskopische Betrachtung von Lößprofilen führt häufig zu Fehldeutungen. Es wurde daher bereits früher versucht, durch genaue Untersuchungen der mineralogischen Zusammensetzung, des chemischen und physikalischen Verhaltens (vor allem mit mikroskopischer Betrachtung) weiteres Material zur Ausdeutung von Lößablagerungen zu beschaffen. In erster Linie sollten Aussagen ermöglicht werden über Herkunft und Antransport der Einzelteilchen, ihre Ablagerung sowie über die Umbildung und Verlagerung des Sediments. Die wichtigsten Arbeitsmethoden hierzu hat der Verf. (1961) in einem Buch über „Sedimentpetrographische Untersuchung von Lössen“ diskutiert.

Die Analysen berücksichtigen:

1. Die Fragen der mineralogischen und chemischen Zusammensetzung. So die mineralischen Gemengteile, den Kalkgehalt, den Humusgehalt, die organischen Einschlüsse, etc.
2. Die strukturellen Beziehungen, das sind die Korngrößenverteilung und die äußere Gestalt der Gefügekörner, wie Rundungsgrad und Oberflächenbeschaffenheit.
3. Die texturellen Beziehungen zwischen den Gefügekörnern, das sind der Porengehalt, die Kornregelung (Drehlage), die Sortierung (z. B. Schichtung) und die Verknüpfung der Körner miteinander (Kornbindung).

PROFIL MUNZINGEN
2. GRABUNG

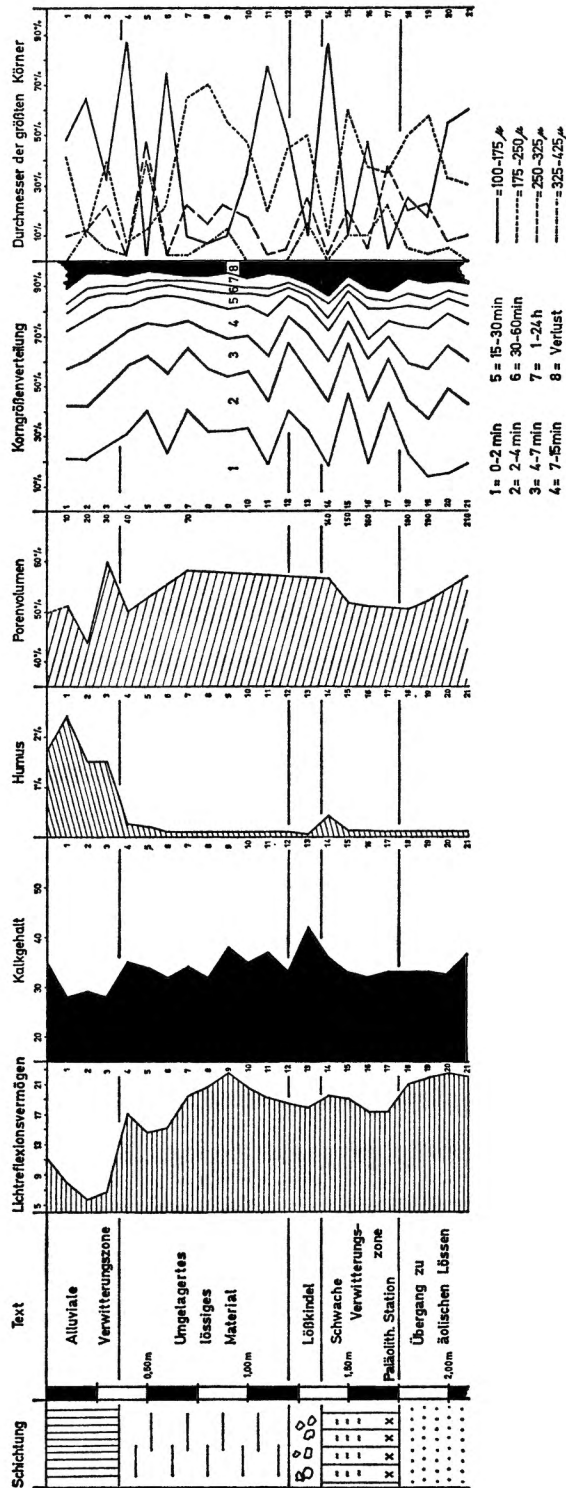


Bild 3. Sedimentpetrographische Untersuchungen des Profils von Munzingen (2. Graben).

Von zahlreichen möglichen Untersuchungsmethoden ist für die Lösung eines bestimmten Problems stets nur ein Teil notwendig. Immer wieder wird man jedoch überrascht sein, wie weit ein äußerlich einheitlich erscheinendes Lößprofil sich durch genaue Analysen aufgliedern läßt und wie viele Aussagen über die Entstehungsgeschichte der einzelnen Abschnitte möglich sind.

a) Chemische Eigenschaften und das Lichtreflexionsvermögen

1. Der Kalkgehalt

Die Kalkkurve gibt den CaCO_3 -Gehalt in den verschiedenen Tiefen des Profils. Sie vermittelt wichtige Aufschlüsse über Entkalkungshorizonte, wie sie vor allem bei Bodenbildungen entstehen und über die Verlagerung von Lößschichten.

Obwohl von zahlreichen Lößforschern die Kalkkurve als „wichtigste Vergleichsmöglichkeit“ verschiedener Lößprofile angesehen wird (z. B. Fink 1954), gibt die Mehrzahl der Veröffentlichungen dieser Autoren nur eine Kalkanalyse für jede makroskopisch unterscheidbare Schicht. Und doch sind gerade zur Trennung der in der äolischen Ablagerungsform erhaltenen und der umgelagerten Lössen die kurzfristigen Schwankungen der Kalkkurve von besonderer Bedeutung. In allen Fällen, in denen die Verlagerung von Lössen eine Rolle spielen kann, sollte daher mit einem Probenabstand von nicht mehr als 10 cm gearbeitet werden. Bei Lössen, die nach dem Antransport durch den Wind unverändert liegengelassen sind, schwankt die Kalkkurve zumeist nur wenig. Als Beispiel sei auf den oberen (jüngeren) Löß von Riegel verwiesen, dessen Analysen bei Guenther (1961, Abb. 11) in einem Diagramm zusammengestellt sind. Durch Wasser oder als Fließerden umgelagerte Lössen zeigen dagegen auf kurzer Profilstrecke eine fortwährende, wenn auch oft nur wenig ausschlagende Schwankung der Kalkkurve. Zum Vergleich sei das Profil von Niederrotweil (Guenther 1961, Abb. 15) genannt.

Betrachtet man die Kalkkurve von Munzingen (Bild 3) unter diesen Gesichtspunkten, dann ergibt sich eine Zweiteilung: Im oberen Teil des Profils schwankt der Kalkgehalt von Probe zu Probe fortlaufend hin und her. Unterhalb einer Tiefe von 1,70 m dagegen, also dicht unter der Fundschicht, ist die Kurve ausgeglichen. Aus diesem Verhalten läßt sich ableiten, daß der Löß unterhalb der Fundschicht nach der ersten Sedimentation nur sehr wenig umgelagert wurde, der Löß oberhalb der Fundschicht dagegen nicht mehr in der ersten Ablagerungsform erhalten blieb. Das Auf und Ab des Kalkgehaltes mag zum Teil dadurch entstanden sein, daß ein nur sehr wenig entkalkter Löß und ein Normallöß streifenförmig übereinandergelagert wurden. Der Kalkgehalt des Munzinger Lösses liegt fast stets zwischen 30 und 35 % und damit ein wenig niedriger als der des jüngeren Lösses von Riegel. Es ist jedoch anzunehmen, daß mit zunehmender Tiefe auch der Munzinger Löß einen etwas höheren Kalkgehalt aufweist.

In zwei Abschnitten des Profils ist ein schwacher Rückgang des Kalkgehaltes zu erkennen, wie er durch geringfügige Verwitterung entstanden sein kann.

1. Im obersten Teil des Profils zwischen 0,00 und 0,40 m Tiefe geht der CaCO_3 -Ge-

halt auf weniger als 30 % zurück. Der Kalkverlust ist hier eine Folge der nacheiszeitlichen Verwitterung. Der eigentliche holozäne Boden ist allerdings nicht mehr vorhanden. Er wäre an einem Rückgang des Kalkgehaltes auf wenige Prozente zu erkennen. Dieser alluviale Boden ist durch menschliche Tätigkeit abgetragen und an andere Stelle geführt worden. Übriggeblieben oder auch erst in jüngster Zeit gebildet, ist die geringfügige obere Entkalkungszone.

2. Ein sehr schwacher Rückgang des Kalkgehaltes liegt zwischen 1,50 m und 1,70 m, also im Bereich der Fundschicht. Es ist möglich, daß der Abschnitt zwischen 1,20 m und 1,50 m sich früher ebenfalls durch geringere Kalkmengen auszeichnete. Später entstand aber gerade hier eine Kalkanreicherungszone, die auch makroskopisch durch Kalkkonkretionen, die sogenannten Lößkindel, kenntlich wird. Die Dichte der Lagerung dieser Konkretionen ist daraus zu ermessen, daß an einer 0,60 m langen Profilwand 35 Lößkindel gezählt werden konnten. Ihr Durchmesser von etwa 20 mm war gering; an anderer Stelle, aber im gleichen Horizont, traten Konkretionen mit erheblich größeren Durchmessern auf, wie auch Padtberg bestätigt. Der Kalk, der diese Lößkindel entstehen ließ, kann nur bei einer kräftigen Bodenbildung in Wanderung gekommen sein und hierzu kommt lediglich die alluviale Verwitterungszeit in Frage. Daß gerade in der Tiefe um 1,30 m der Kalk ausgefällt wurde, mag damit zusammenhängen, daß die Schicht, in der die paläolithische Station liegt, eine schwache Verdichtung erfahren hat. Hierdurch mußte ein geringfügiger Stau des absinkenden, mit Kalk angereicherten Sickerwassers eingetreten sein ohne daß es jedoch zur Ausbildung eines richtigen Grundwasserhorizontes gekommen wäre. Immer wieder läßt sich beobachten, daß die Ausfällung von Kalk in Lössen mit Vorliebe oberhalb von Schichten liegt, die eine – wenn auch nur geringfügige – wasserstauende Wirkung haben.

Der Kalk tritt in Lössen in verschiedenen Modifikationen auf; einmal in Form von primär eingelagerten Kalkkörnchen, wie sie zusammen mit den Quarz- und anderen Mineralien durch den Wind herangeführt worden sind, sodann als sekundäre Bildung, das heißt als ein nach Ablagerung des Sediments gelöster, gewanderter und wieder ausgeschiedener Kalk. Je nach Menge umgibt dieser sekundär entstandene Kalk die anderen Mineralien mit einem dünnen Kalkhäutchen oder füllt zusätzlich die Poren des Sediments mehr oder weniger stark aus. Mitunter finden sich sekundär gebildete, weißglänzende Kalkkristalle in kleinen Hohlräumen.

Da die Modifikationen, in denen der Kalk vorliegt, Hinweise auf die Bildungsbedingungen, nicht nur des Kalkes, sondern auch des Sediments geben, sind sie näher zu betrachten. Hierzu wurden kleine, nach Korngrößen getrennte Erdproben unter dem Binokular in stark verdünnte Salzsäure gebracht. Körnchen mit Kalkhäutchen brausten jetzt kurz auf, Kalkkörnchen dagegen wurden bei lebhaftem Hin- und Hertenzen völlig gelöst. Da bei den feineren Fraktionen eine Trennung nach diesen Gesichtspunkten nicht möglich ist, konnten die Analysen nur die vier größten Kornklassen berücksichtigen, das sind die Körner, deren Durchmesser größer als ungefähr 30 μ ist.

Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigt Bild 4. Auf diesem Diagramm sind die Proben je nach der Erdtiefe (von oben nach unten) und nach den Korngrößenklassen

(von links nach rechts) geordnet. Das Diagramm links oben zeigt also das prozentuale Verhältnis von Kalkkörnchen: Körnchen mit Kalkhäutchen: Körnchen ohne Kalk der größten Kornklasse im höchsten Teile des Profils.

Die Darstellung erlaubt folgende Feststellungen und Schlüsse:

1. Die Gesamtmenge der Kalkkörnchen nimmt mit geringer werdender Korngröße zu. Die Menge der Kalkkörnchen liegt bei der größten Fraktion zwischen 10 und 40 % (im Mittelwert 20 %), bei der kleinsten untersuchten Größenklasse zwischen 30 und 60 % (im Mittelwert 48 %).
2. Die starke Schwankung der Menge der eingelagerten Kalkkörnchen kann bei der größten Fraktion nicht allein durch sekundäre Lösung erklärt werden, vielmehr zeigt sich, daß bereits primär in verschiedenen Profilschnitten auch verschieden große Mengen von Kalkkörnchen eingelagert worden sind. Diese könnten zugleich mit dem Gesamtsediment den Hang herabgewandert sein. Es besteht aber auch die Möglichkeit, daß während einer Verlagerung des Lösses, z. B. durch Niederschlagswasser, gleichzeitig von anderem Ursprungsort – nämlich den Schotteroberflächen – neues Material durch den Wind herangeführt wurde. Windverfrachtetes und durch Wasser abgelagertes Sediment hätten sich dann vermischt. Da der aus den rheinischen Schottern ausgeblasene Staub kalkhaltig, der aus Schwarzwaldschottern stammende dagegen nahezu kalkfrei ist, ließe sich schon hierdurch ein Wechsel im Kalkgehalt erklären.
3. Kalkhäutchen überdecken bei der größten Fraktion zwischen 10 und 60 % (im Mittelwert 34 %) der Körnchen und bei der feinsten untersuchten Fraktion zwischen 10 und 30 % (im Mittelwert 21 %). In den Schichten um die paläolithische Station geht der prozentuale Anteil von Körnchen mit Kalkhäutchen deutlich zurück, was auf eine gewisse Entkalkung dieses Horizontes schließen läßt. Die stärkste Bildung von Kalkhäutchen liegt im obersten Abschnitt des Profils (Probe 2), wo durch die holozäne Bodenbildung der Kalk in besonderer Weise verlagert worden ist. Ein zweiter Bereich mit besonders häufiger Bildung von Kalkhäutchen findet sich bei 2,10 m, wo ebenfalls eine kräftige Wanderung des Kalkes stattgefunden hat und auch erhalten geblieben ist.

2. D e r H u m u s g e h a l t

Vor allem zur Überprüfung der Aussage der Kalkkurve wurden von sämtlichen Proben (also in 10 cm Abstand) Humusanalysen gemacht. Bestimmt wurde der Gehalt an organischer Substanz durch die sogenannte „nasse Veraschung“ nach der Methode Rauterberg – Kremkus, ergänzt nach Springer – Klee. Zur näheren Erläuterung dieser Methode sei auf die Arbeit von A. Bronger (1966) verwiesen, der die Lösses, ihre Verbraunungszonen und fossilen Böden des Gebietes um Heitersheim, unweit südlich von Munzingen, untersucht hat.

Die Kurve des Humusgehaltes (Bild 3) zeigt einen kräftigen Anstieg im obersten Abschnitt des Profils. Gleichzeitig mit der jüngsten Bodenbildung, die schon aus der Kalk-

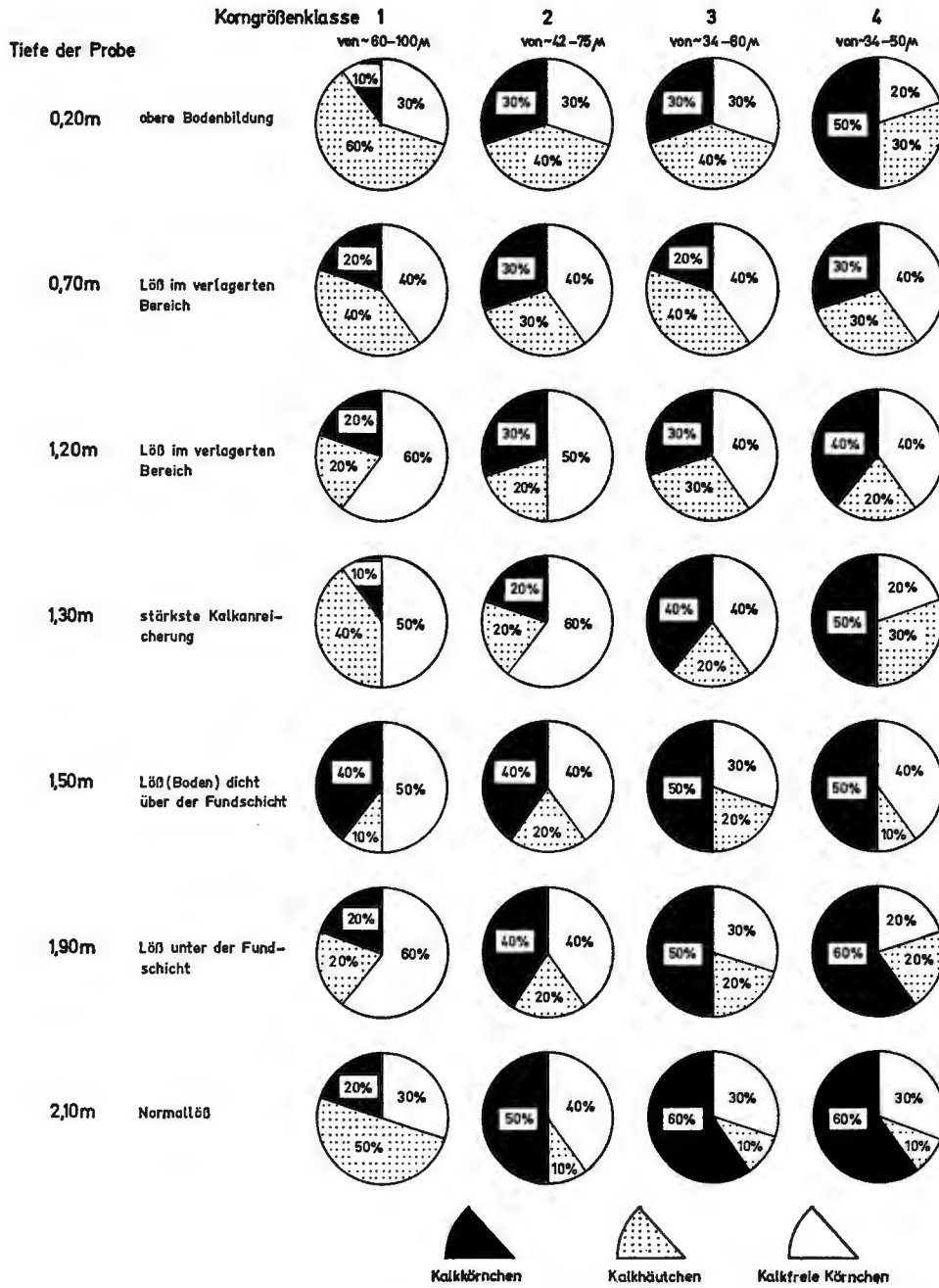


Bild 4. Modifikationen der Einlagerung von Kalk in verschiedenen Erdtiefen bei vier Korngrößenklassen.

kurve zu erkennen ist, kam eine gewisse Menge von Humusstoffen in die Erde. Unterhalb dieser Anreicherungszone fällt der Humusgehalt auf praktisch 0 zurück. Nur an einer Stelle des Profils, bei Probe 14, ist noch eine vorübergehende Vermehrung von Humus zu beobachten. Der Vergleich mit dem Kalkprofil zeigt, daß unterhalb dieser nicht starken Humusanreicherungszone gerade die Schicht liegt, die sich durch einen – wenn auch nur sehr geringen – Rückgang des Kalkgehaltes auszeichnet. Damit wird die Vermutung unterbaut, daß zwischen 1,40 m und 1,70 m eine geringfügige Verwitterung des Bodens stattgefunden hat. Und gerade in diesem Bereich liegt die Fundschicht.

3. Farbe und Lichtreflexionsvermögen

Von der Mehrzahl der Lößstratigraphen werden Lößprofile zunächst nach dem äußeren Erscheinungsbild, in erster Linie also den Farben, in einzelne Abschnitte unterteilt. Lehme sind zumeist dunkler gefärbt als die Lössе, aus denen sie hervorgingen. Auch beigemengtes, nicht-lössiges Material kann die Farbe ändern.

Häufig jedoch entsprechen die Unterschiede in den Farbwerten nicht genau den wirklichen Schichtgrenzen. Wässer, die in den Lössen auf- und absteigen, verlagern mitunter färbende Substanzen. Als Beispiel hierfür läßt sich ein Profil bei Riegel am Kaiserstuhl anführen, wo Lössе von Bohnerztonen unterlagert werden. Verfärbungen dieser tertiären Sedimente sind in den Lössen stellenweise 1,5 m hochgestiegen, so daß diese eine kräftige rote bis braunrote Farbe annehmen.

Die Trennung nach verschiedenen, meist nicht sehr differenzierten Farben mit Hilfe von Farbtabelle ist nicht immer einfach, und die Werte werden häufig durch den individuellen Eindruck beeinflußt. Die Farbwerte des Munzinger Profils wurden mit Hilfe der „Soil color charts“ von Munsell (1954) bestimmt. Um die Fehler beim Farbsehen möglichst klein zu halten, wurden von verschiedenen Beobachtern jeweils mehrere Meßreihen aufgestellt und hieraus die mittleren Werte errechnet. Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse dieser Untersuchungen.

Tiefe	Tafel	Value	Chroma	Beschreibung
0 bis 0,10 m	2,5 γ	5 –6	3	hell-oliv bis gelb-braun
0,20–0,30 m	6,25 γ	4,5	3,5	oliv-braun
0,40–1,70 m	5 γ	6 –6,5	2,5–3	hell-oliv bis hell-gelb
1,80 untersucht bis 2,10 m	5 γ	7	3	hell-grau bis hell-gelb

Tabelle 1. Farbbestimmungen nach den Tabellen von Munsell.

Die Lagen zwischen 0,20 und 1,70 m Tiefe schwanken zwischen etwas helleren und etwas dunkleren Farbwerten, und erst unterhalb von 1,80 m stellt sich eine einheitlich hellgraue Färbung ein (light gray bis pale yellow), wie sie für den jüngeren Löß charakteristisch ist.

Eine bessere Charakterisierung des äußeren Erscheinungsbildes läßt sich durch die Un-

tersuchung der Helligkeitsstufen gewinnen, also der Fähigkeit das Licht zu reflektieren. Brauchbare Werte erhält man nach der bei Guenther (1961) angegebenen Methode. Nach Herstellung von Farbtäfelchen wird unter dem Binokular bei 30 bis 60facher Vergrößerung mit einer Selenzelle die Lichtreflexion der angestrahlten Bodenproben gemessen.

Bild 3 zeigt die Ergebnisse dieser Analysen von dem Munzinger Profil. (Bei hohem Lichtreflexionsvermögen weicht die Kurve nach rechts ab, bei niedriger Lichtreflexion nach links.) Der oberste Abschnitt bis zu einer Tiefe von 0,30 m ist besonders dunkel; eine Folge der Verfärbung durch Humussubstanzen, vielleicht auch einer schwachen Umhüllung der Körnchen mit Eisenhydroxyd. Von 0,30 m ab steigen die Helligkeitswerte nach unten schnell an. Spitzenwerte finden sich in erster Linie bei den Proben, die sich durch besonders reiche Kalkbeimengungen auszeichnen. Schon früher wurde mehrfach beobachtet (Guenther 1961), daß höheren Kalkgehalten auch hellere Farbwerte entsprechen. Die Lößkindelzone im Profil von Munzingen ist überraschenderweise jedoch nicht besonders hell. Der Profilmereich zwischen 0,30 m und 1,50 m zeichnet sich durch nicht unbeträchtliche Schwankungen aus, und bereits nach diesen Untersuchungen wäre die Aussage möglich, daß kein einheitlich äolischer Löß vorliegt. Die darunter folgende schwache Verwitterungszone, in der die paläolithische Station liegt, läßt wieder einen schwachen Rückgang der Helligkeitswerte erkennen, wohl als Folge einer geringfügigen Entkalkung und vielleicht auch schwachen Bildung von Eisenhydroxyd-Häutchen. Der unterste Teil des Profils zeigt eine starke Lichtreflexion, wie sie für die hellen, jüngeren Löss des Oberrheintals, vor allem auch des Kaiserstuhlgebietes charakteristisch ist.

Es ergibt sich also, daß die Farb- und Helligkeitswerte eine ähnliche Ausdeutung erlauben, wie sie bereits bei der Diskussion der Kalk- und Humuskurve möglich war.

b) Eigenschaften der Struktur

1. Fragen der Korngrößenverteilung

Seit den Untersuchungen von Meigen-Schering (1914) und Fauler (1936) wird immer wieder die Korngrößenverteilung von Lössen untersucht, in der Meinung, daß man damit wesentliche Aussagen über Entstehung, Umbildung und Verwitterung machen könne. Fauler hat geglaubt, daß ihm der Nachweis gelungen sei, daß „der unverschwemmte jüngere und ältere Löß mit zunehmender Höhe im Profil stets an Feinheit zunähme, während der verschwemmte Löß diese Eigenschaft nicht zeige“. Damit sei es unter anderem möglich, Köpfungen eines Lößprofils zu erkennen. Bei einer Bearbeitung der Lössen von Murg am Hochrhein wies Zink (1940) auf Fehler der Fauler'schen Untersuchungen hin, und die sehr eingehenden Analysen des Verf's., die mit verfeinerten Methoden sehr viele Lößprofile aus verschiedenen Gebieten Mitteleuropas überprüften, erwiesen den Irrtum der Fauler'schen grundsätzlichen Aussage.

Die Korngrößenverteilung der Lössen von Munzingen wurde mit dem bei Guenther (1953 und 1961) beschriebenen Schlammgerät bestimmt, das die Rückgewinnung der geschlammten und nun nach Korngrößen getrennten Fraktionen ermöglicht.

Auf Bild 3 sind die Ergebnisse der Schlämmanalysen dargestellt. Unter der Rubrik „Korngrößenverteilung“ wird in Prozenten je Probe der gewichtsmäßige Anteil des Schlämngutes dargestellt, der nach einer bestimmten Zeiteinheit einen Schlämmszylinder von 82 cm Höhe durchfällt. Hierbei umfaßt der 1. Bereich die Korngrößen, die nach einem Zeitraum von 0 bis 2 Minuten am unteren Ende des Schlämmszylinders angekommen sind.

Bereich 2 nach	2– 4 Minuten	Bereich 3 nach	4– 7 Minuten
„ 4 „	7–15 „	„ 5 „	15–30 „
„ 6 „	30–60 „	„ 7 „	60 Minuten bis 24 Stunden

Die letzte schwarz gefärbte Sparte auf der rechten Seite der Darstellung zeigt den „Verlust“, also den prozentualen Anteil des Materials, der beim Rückwägen des Schlämngutes fehlte. Verlust tritt auf z. B. durch Haften von Körnern am Zylinderrand, durch Flottation (Anhaften an Luftbläschen) und ferner umfaßt diese Rubrik alle die Teilchen, die infolge ihrer geringen Größe nach 24 Stunden das Schlämmsrohr noch nicht durchsunken hatten. Bei den feinkörnigen Lössen ist diese Sparte stets besonders groß, bei durchwaschenem Material besonders klein.

Ergebnisse einer Schlämmanalyse sollte man nicht kritiklos hinnehmen, sondern sich stets Rechenschaft geben, mit welchen Einschränkungen die gefundenen Werte zu betrachten sind. Auf einige Fehlerquellen, die sich bei den Schlämmanalysen des Profils von Munzingen ergeben, weist Bild 5 hin.

Vorausgesetzt, daß die Körnchen kugelförmig sind und alle Fehlerquellen wie Temperaturschichtung und Wirbelbildung im Schlämmszylinder oder Koagulation vermieden werden (was nie ganz möglich ist), dürften nur Teilchen, die in ihrer Korngröße genau umgrenzt sind, nach einer bestimmten Zeiteinheit am unteren Ende des Zylinders ankommen (Stokes'sche Formel). Überprüft man jedoch mit direkten Korngrößenmessungen unter dem Mikroskop die Korndurchmesser, so zeigt sich, daß die Korngrößenverteilung einer Gauß'schen Normalverteilungskurve mit ungefähr symmetrischer Glockenform entspricht, deren Schenkel mitunter so weit auseinandergezogen sind, daß in ungünstigen Fällen weniger als die Hälfte der Körner innerhalb des Bereiches liegt, der nach der Formel der Fallzeit entspricht (Guenther 1953). Die Verdeutlichung dieser Beziehungen gibt Bild 5, und ein jeder, der allzusehr mit exakten Ergebnissen von Schlämmanalysen rechnet, möge die Diagramme eingehend studieren. Sie sprechen für sich selbst. Die linke Seite der Abbildung zeigt die Verteilung von Korndurchmessern, die rechte Seite die entsprechenden Volumina, berechnet für kugelförmige Körnchen aus eben diesen Korndurchmessern. Der Vergleich der beiden Darstellungen miteinander läßt erkennen, welche Verschiebungen der Kurven von Korndurchmessern zu Volumenberechnungen zu berücksichtigen sind. Da die Korndurchmesser auf Prozente ermittelt sind, ergibt sich bei der Umrechnung auf Volumina bei den großen Körnern auch die Überdeckung von großen Flächen, während die Volumenrechnung der kleinsten Körner eine so geringe Fläche überdeckt, daß sie kaum mehr darstellbar ist.

Kehren wir nach dieser Kritik der Untersuchungsmethode zu den auf Bild 3 dargestellten Korngrößenverteilungen zurück. Diese zeigen in den verschiedenen Tiefenlagen

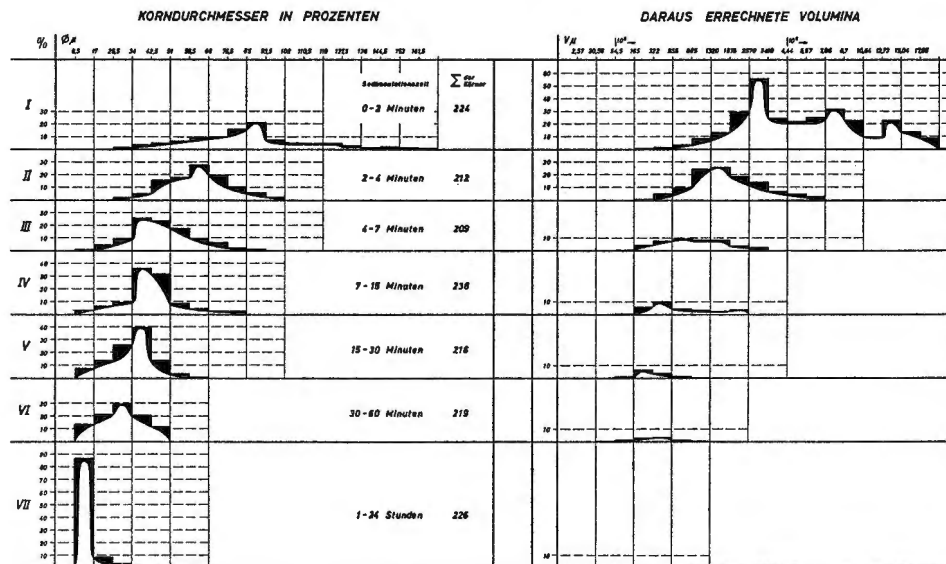


Bild 5. Korngrößenverteilung (Korndurchmesser und Volumen) der Probe 1 des ersten Profils von Munzigen. Die Abszisse gibt bei der ersten Rubrik die Korndurchmesser an und bei der zweiten Rubrik die daraus errechneten Volumina. Die Ordinate gibt Mengenanteile. Bei der Angabe der Volumina sind die Werte zwischen 54,5 und 3410 mit 10^3 und rechts von 3410 mit 10^6 zu multiplizieren.

starke Schwankungen, an denen anteilmäßig vor allem die größten Fraktionen beteiligt sind. Lediglich im obersten und untersten Teil des Profils vermindert sich der Anteil der größeren zugunsten der mittleren und feineren Fraktionen.

Zwischen 0,30 und 1,80 m schwanken die Werte in verschiedenen Tiefen, am stärksten dicht über der Fundschicht. Dieser Wechsel in der Korngrößenverteilung entspricht nicht dem Normalverhalten der oberen Partien eines jüngeren, äolischen Lösses im Kaiserstuhlgebiet. Das Profil von Riegel (Guenther 1961, Abb. 11) z. B. zeigt in den entsprechenden Abschnitten einen ausgeglichenen Verlauf der Korngrößenverteilungskurven.

Von diesem Fundplatz wissen wir, daß der Löß im großen und ganzen in der äolischen Entstehungsform erhalten blieb. Das Profil von Niederrotweil dagegen (Guenther 1961, Abb. 15), das aus verschwemmtem und durch kryoturrate Vorgänge verlagertem Material besteht, zeigt ein der Munzinger Korngrößenverteilung entsprechendes Verhalten.

2. Durchmesser der größten Quarzkörner

Körnchen mit einem Durchmesser von mehr als 100μ sind im Regelfalle an der Zusammensetzung von Lössen nur wenig beteiligt. Oft geht mit zunehmender Höhenlage über der Talsohle auch die maximale Korngröße zurück. Sandlössen liegen meist dicht bei den Schotterebenen. Im Gegensatz hierzu zeigen die jüngsten Lössen von Riegel in ihren höchsten Lagen – den obersten etwa 5 bis 6 m des Profils – eine konstante Zu-

nahme der Korngrößen nach oben. Die Änderungen der Korngrößen im Profil verhalten sich hier also gerade umgekehrt wie dies Fauler (1936) annimmt.

Welche Ursachen hat dieser Wandel im Antransport? Haben sich im Ausblasungsgebiet Änderungen ergeben? Haben die Wasserläufe gröberes Material herangeführt oder ging die Vegetation infolge eines immer ungünstiger werdenden Klimas noch mehr zurück? Am ehesten wird man wohl an eine Verstärkung der Windwirkung am Ende der Zeit der Lößbildung denken. Die Sedimentation von Lössen klingt dann nicht langsam aus, sondern bricht plötzlich ab. Im ganzen gesehen schwanken jedoch die Kurven des oberen Abschnittes des jüngeren Lösses von Riegel nur wenig und unterscheiden sich dadurch grundsätzlich von den Korngrößenverteilungen von Munzingen.

Die Analyse der größten Teilchen – die Untersuchungen beziehen sich lediglich auf Quarkörner – gibt unter dem Binokular zumeist Aufschluß über Herkunft und Transport. Diese Körnchen sollen daher im Folgenden besonders betrachtet werden. Die Größmessungen der ersten Fraktion (von Bild 3) mit einer Schlammzeit bis 2 Minuten zeigen Häufungsmaxima. Besonders reichlich vertreten sind Körnchen mit einem Durchmesser um 85μ (ca. 20 % der Gesamtmenge).

Unter der Rubrik „Durchmesser der größten Körner“ vermittelt Bild 3 einen Eindruck von der Größenverteilung der größten Körner zwischen 100 und 425μ . Diese Sparte bezieht sich anders als bei den Schlämmanalysen auf Durchmesser, die unter dem Binokular gemessen sind. Für die Auswertung der Kurven ist zu berücksichtigen, daß bei einer prozentualen Darstellung nur Verhältniszahlen gegeben werden, daß also die absolute Vermehrung einer Fraktion die Verringerung anderer Fraktionen zur Folge hat. Vergleicht man die Ergebnisse der Schlämmanalyse mit diesen Durchmesserwerten, dann zeigt sich eine gute Übereinstimmung. Die mengenmäßige Schwankung der größten Kornfraktion geht parallel mit Änderungen in den Maximalgrößen.

Eine weitere Darstellung (Bild 6) zeigt die Durchmesser der größten Körner über 125μ noch weiter aufgegliedert. Da die obere Hälfte des Profils wenig grundsätzlich anderes bringt, kann auf ihre Abbildung verzichtet werden. Die Proben in den Tiefen von 0,50, 0,70, 1,50 und 1,70 m Tiefe haben ihren Schwerpunkt am stärksten nach rechts in Richtung zu den größeren Komponenten gerückt. Am weitesten nach links in Richtung zu den kleineren Komponenten sind die Schwerpunkte der Proben 1–2, 4, 6, 11, 14, 16 und 18–20 verschoben. Der Vergleich mit den Kurven der Schlämmanalysen zeigt jetzt besonders deutlich die gute Übereinstimmung der beiden Untersuchungsmethoden.

Was ist aus den Korngrößenanalysen zu entnehmen? Trotz äußerer Gleichförmigkeit ist auch mit Hilfe dieser Untersuchungsmethoden eine Gliederung des Profils in einzelne Abschnitte möglich. Der Wechsel in der Zusammensetzung – vor allem des Abschnittes oberhalb von 1,70 m, den schon die Schlämmanalysen erkennen ließ – entsteht in erster Linie durch verschiedene Materialzufuhr. Proben mit reichlich Material der ersten Schlämmfraktion zeichnen sich auch durch besonders große Körner (gemessen unter dem Binokular) aus. Ähnlichkeit mit echten, äolisch sedimentierten Lössen besteht lediglich im untersten Teil des Profils, unterhalb von 1,70 m. Der darüber liegende Abschnitt läßt sich nur mit Lößablagerungen vergleichen, die aus verschwemmtem Material bestehen.

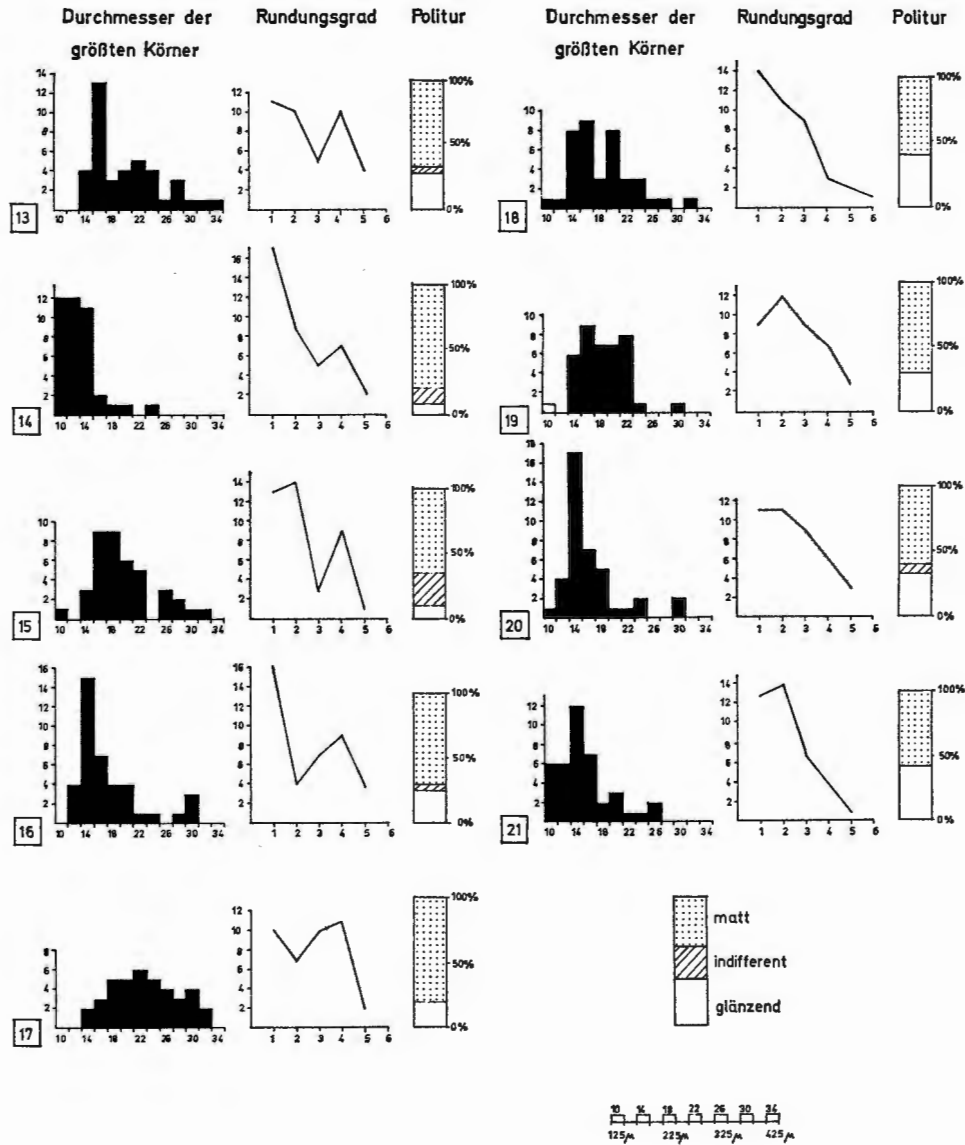


Bild 6. Untersuchung der größten Körner von Erdproben des unteren Teiles des Munzinger Profils auf Korndurchmesser, Rundungsgrad und Oberflächenbeschaffenheit.

3. Der Rundungsgrad

Auf Bild 6 ist in der zweiten Rubrik die Intensität der Rundung der Körnchen mit einem Durchmesser von mehr als 125 μ dargestellt. Folgende Rundungsklassen werden unterschieden:

- Klasse 1: Nicht gerundete Körner mit vollzackigem Umriß.
- „ 2: Schwach gerundete Körner. Nur vorspringende Kanten sind korradiert.
 - „ 3: Gerundete Körner. Vorspringende Kanten sind gerundet, in den konkaven Buchten sind die Umrisse zackig.
 - „ 4: Deutlich gerundete Körner. Ein gewellter Umriß; die Korrasion greift z. T. auch in die Buchten.
 - „ 5: Stark gerundete Körner. Nur noch wenige Buchten sind vorhanden, es gibt keine zackigen Formen mehr.
 - „ 6: Völlig gerundet Körner mit nur mehr konvexen Formen.

Im oberen Profilabschnitt bis zu einer Tiefe von 1,70 m hat die Kurve der Rundungsgrade stets zwei Maxima, und zwar die Klasse 1, selten 2 (der nicht gerundeten Körner) und der Klasse 4, selten 3 oder 5 (der deutlich gerundeten Körner). Im Profilabschnitt unterhalb von 1,70 m findet sich nur ein Maximum, das bei den Rundungsgraden 1 oder 2 liegt. Aus dieser unterschiedlichen Zusammensetzung der größten Körner ist zu schließen, daß das grobe Material der beiden Profilabschnitte nicht genau die gleiche Entstehungsgeschichte hat. Die Körnchen mit einem niederen Rundungsgrad (1 bis 2) sind nicht oder nur wenig beansprucht, sind also auf kürzestem Wege, sicher dicht vom Fuße des Tunibergs, aus den Flußschottern herangetragen worden. Gerundete bis stark gerundete Teilchen sind auf einem weiteren Transportwege geschliffen worden. Wie Untersuchungen im Wanderdünengebiet von List auf Sylt gezeigt haben, genügt allerdings schon ein Weg von wenigen Kilometern, um eine gute Kornrundung zu erzielen.

Als Ergebnis dieser Untersuchungen ist festzustellen: Nach den Rundungsgraden gliedert sich das Profil in einen oberen Abschnitt, oberhalb einer Tiefe von 1,70 m, und einen unteren Abschnitt, in dem man einen äolischen Normallöß sehen darf. Die großen Körner sind hier einheitlich zusammengesetzt und aus nächster Nähe herangeführt. Der obere Profilabschnitt zeigt eine heterogene Zusammensetzung, einmal aus Material, das sehr schnell zur Ablagerung kam, und dann aus Material, das auf dem Transportwege vor der Sedimentation stärker geschliffen wurde.

4. M a t t g l a n z u n d G l a s g l a n z d e r K o r n o b e r f l ä c h e n

Die Untersuchung der Kornoberflächen benützt die von A. Cailleux (1942) entwickelte morphoskopische Quarzkornanalyse. In ihr wird davon ausgegangen, daß Quarzkörner bei Beanspruchung durch Wassertransport eine glänzende Oberfläche erhalten, bei Verfrachtung durch Wind wird ihre Oberfläche dagegen matt poliert. Die Ergebnisse der Untersuchungen von Cailleux sind durch zahlreiche andere Autoren bestätigt und ergänzt worden. Die Analysen beziehen sich in erster Linie auf Körner mit Durchmessern zwischen 0,1 und 2 mm. Bei zunehmendem Kleinerwerden der Körnchen (etwa unterhalb von 0,1 mm) werden geschliffene Teilchen seltener, und von einem Durchmesser unterhalb von 0,05 mm an ist eine gute Trennung in glänzend oder matt-polierete Körner nur noch bedingt möglich (Guenther 1961).

Für die Munzinger Proben (Bild 6) ergibt sich: Glänzende, durchsichtige Körner fin-

den sich vor allem bei zwei Rundungsgraden. Einmal bei den so gut wie nicht geschliffenen Teilchen und sehr viel seltener bei Körnchen mit guter Rundung. Diese haben im Wasser ihren Schliff erhalten und sind nach einem nur kurzen Lufttransport schnell in den Löß eingebettet worden, ohne daß ihre Oberfläche durch die letzte äolische Verfrachtung wesentlich beansprucht worden wäre.

Die Hauptmasse der größten Körnchen hat jedoch eine matte Politur, das heißt die Spuren des Windtransportes sind deutlich zu erkennen. Matte Politur und höherer Rundungsgrad gehen zumeist parallel, und man kann geradezu eine Regel aufstellen, die besagt, daß die am besten gerundeten Teilchen bevorzugt eine mattierte Oberfläche haben. Dies ist jedoch keine Eigentümlichkeit allein der Lössse von Munzingen, sondern entspricht dem generellen Verhalten äolischer Sedimente. Zwischen matt und glänzend ist eine „indifferente“ Rubrik ausgeschieden, in der die Körner zusammengefaßt sind, bei denen es nicht ohne weiteres möglich war zu entscheiden, ob sie als matt oder glänzend zu bezeichnen sind. Oft handelt es sich um Teilchen, die noch eine feine Kalkhaut tragen. Die Untersuchungen wurden daher auch mit Material durchgeführt, das vorher entkalkt worden war. Zumeist konnte dann die Zuordnung zu „matt“ oder zu „glänzend“ weit leichter getroffen werden.

Als Ergebnis ist festzuhalten, daß bei den Körnern mit einem Durchmesser von über 125μ die äolische Beanspruchung bei weitem überwiegt, und nur ein kleiner Prozentsatz eine wassergeschliffene Oberfläche zeigt. Nur ein geringer Teil des Materials ist also aus unmittelbarer Nähe herangeführt worden. Eine Gliederung des Profils mit Hilfe dieses Kennzeichens ist nicht möglich (Gegensatz zum Profil von Niederrotweil).

c) Eigenschaften der Textur

Das Porenvolumen

Der Grad der Verdichtung läßt sich aus der Kurve des Porenvolumens ablesen (Abb. 3). Unter „Porenvolumen“ versteht man den Hohlraumgehalt in Beziehung gesetzt zum Gesamtraum. Er läßt sich in Prozenten ausdrücken. Die Größe des Porenvolumens ist abhängig von der Korngrößenzusammensetzung, der Kornform, der Dichte der Kugelpackung und der Einlagerung von mineralischer oder organischer Porenfüllmasse.

In äolischer Ablagerungsform erhaltene, jüngere Lössse haben im Kaiserstuhlgebiet zumeist einen Porengehalt zwischen 55 und 65 %. Der angewehrte Löß hatte zunächst eine verhältnismäßig lockere Lagerung, die dadurch fixiert wurde, daß schon bald in Wanderung geratener Kalk an der Oberfläche der einzelnen Quarz- und anderen Körnchen feine Häutchen bildete, die – miteinander in Verbindung stehend – eine schwache Zementierung zur Folge hatten. Wurde die Kalkzufuhr stärker, lagerte sich Kalk auch zwischen den Winkeln ab, die die Körnchen miteinander bildeten, was eine Verringerung des Porengehaltes zur Folge hatte. Bei fortschreitender Kalkwanderung kam es in bestimmten Konzentrationsgebieten zur Entstehung von Knollen mit 70 und mehr Pro-

zent Kalk, zur Lößkindel-Bildung. Bei ihnen geht der Porengehalt auf einen mittleren Wert von etwa 10 % zurück.

Auch in den Verlehmungszonen nimmt der Porengehalt ab. Hier wurden die Kalkhäutchen gelöst, wodurch die Verzementierung verloren ging und die Körnchen zu einer dichteren Lagerung verpackt werden konnten. Vielleicht spielte hierbei eine Einschwemmung durch Niederschlagswasser eine Rolle, vielleicht auch eine Änderung der Korngrößenzusammensetzung, indem bei der Verwitterung von chemisch leicht verwitternden Mineralien auch kleinere Körnchen gebildet wurden. Hierdurch entstand ein breiteres Band der Korngrößenverteilung und besser als bisher konnten die Hohlräume zwischen den größeren Körnchen durch kleinere Teilchen verschiedener Sortierung ausgefüllt werden.

Die Kurve des Porenvolumens des Munzinger Lösses (Bild 3) zeigt für den größten Teil des Profils einen Porengehalt von 55 bis 60 %. Im obersten Abschnitt zwischen 0 und 0,40 m und in einer tieferen Lage zwischen 1,50 und 1,80 m geht er jedoch auf 50 % und weniger zurück. Es sind dies die beiden Abschnitte, die auf Grund von anderen Untersuchungen bereits als Verwitterungshorizonte ausgeschieden werden konnten. Im oberen Teil des Profils schwankt das Porenvolumen in auffälliger Weise, vielleicht als Folge der menschlichen Kultivierung. Die Verdichtungszone im unteren Abschnitt des Profils weist auch in dieser Eigenschaft auf Zusammenschwemmung und geringfügige Verwitterung, bestätigt also bereits vorliegende Ergebnisse.

d) Ergebnisse der Sedimentanalysen

Mit Hilfe verschiedener Arten von Analysen läßt sich das äußerlich nahezu einheitliche Lößprofil von Munzingen in mehrere Abschnitte untergliedern. Die folgende Tabelle gibt hierzu eine Übersicht:

Tiefe	Kalkgehalt	Humus	Farbe	Lichtreflexion	Porenvolumen
0 –0,40 m	Entkalkung	reichlich	0–0,30 m olivbraun	0–0,30 m gering	schwankend z. T. Verdichtung
0,40–1,20 m	Schwankungen im CaCO ₃ -Gehalt	fehlt	helloliv bis	zunehmend bis 0,90 m dann schwankend	porenreich
1,20–1,40 m	Lößkindel				
1,40–1,70 m	schwache Entkalkung	bei 1,40 m ein wenig	hellgelb	1,50–1,70 m etwas geringer	1,50–1,80 m geringe Verdichtung
1,70 m	Übergang zu hohem Kalkgehalt	fehlt	hellgrau bis hellgelb	Anstieg zu hoher Reflexion	Übergang zu porenreich

Tabelle 2. Gliederung des Profils mit Hilfe von Sedimentanalysen.

Aus der Zusammenstellung geht hervor, daß das Profil zwei Verwitterungshorizonte einschließt, wovon der eine den obersten Teil zwischen 0 und 0,40 m einnimmt und der andere zwischen 1,40 und 1,70 m liegt. Bodenbildungen zeichnen sich bei Lössen unter anderem durch folgende Eigenschaften aus: Einen Rückgang des Kalkgehaltes, dunklere Farben, ein vermindertes Lichtreflexionsvermögen, die Vermehrung des Humusgehaltes und eine Verdichtung der Lagerung, was eine Verringerung des Porengehaltes zur Folge hat. Diese Merkmale sind in der oberen Verwitterungszone deutlich und in der unteren Verwitterungszone gerade noch zu erkennen. Von vielen Autoren wird Farbunterschieden bei der Gliederung von Lössen besonderer Wert zuerkannt. Hiermit ist die untere Verwitterungszone von den darüber liegenden Schichten zwischen 0,40 und 1,40 m jedoch nicht zu trennen, und dies ist der Grund, daß bei früheren Untersuchungen des Munzinger Profils dieser untere, sehr schwach verwitterte Abschnitt nicht als eine Unterbrechung der Lösssedimentation erkannt wurde.

Wie ein in der äolischen Ablagerungsform erhaltener, nicht verwitterter, jüngerer Löß des Kaiserstuhlgebietes aussieht, zeigt der obere Abschnitt des Profils von Riegel (Guenther 1961, Abb. 11). Er hat einen hohen Kalkgehalt (zwischen 35 und 45 % CaCO_3), eine hellgraue bis hellgelbe Farbe, ein hohes Lichtreflexionsvermögen und ein großes Porenvolumen von z. T. mehr als 60 %. Humus fehlt. Lediglich der unterste Abschnitt des Profils von Munzigen (unterhalb von 1,70 m) entspricht diesem Verhalten.

Die lössigen Ablagerungen bei Niederrotweil liegen über Schottern der jüngsten Rheinterrasse. Sie sind überwiegend durch das Krottenbachtal herangeführt worden und zeigen die Eigenschaften eines verlagerten Lösses (Guenther 1961, Abb. 15). Der Kalkgehalt ist auf 30–38 % herabgesetzt. Er ist auf längeren Profilstrecken nicht ungefähr gleich groß wie bei äolischen Lössen, sondern schwankt fortlaufend. Es fehlen Humusbeimengungen, die Farbe ist hellgelb bis graubraun. Lichtreflexionsvermögen und Porenvolumen sind etwas kleiner als bei rein äolischen Lössen. Mehreren Lagen ist vulkanisches Kaiserstuhlmaterial beigemischt. Der Abschnitt von 0,40 bis 1,40 m des Munzinger Profils entspricht diesem Verhalten. Doch fehlt ihm eine Beimengung von nicht-lössigem Material. Aus dem Einzugsbereich des Kapellenberges wurden nur Löss verlagert. Im Abschnitt zwischen 1,20 und 1,40 m liegen Lößkindel. Der Löß, in den diese eingebettet sind, gleicht jedoch den darüber liegenden Partien und gehört zu ihnen. Die Bildung von Kalkkonkretionen ist ein sekundärer Vorgang.

Eine Gliederung des Profils ist auch mit Hilfe der Korngrößenverteilung und der Beschaffenheit der Oberflächen der größten Teilchen möglich. Tabelle 3 gibt hierzu eine Übersicht.

Die Ausdeutung dieser Eigenschaften bestätigt bereits gewonnene Ergebnisse und gibt Hinweise auf die erste Entstehungsgeschichte der Ablagerungen. Die starken bis sehr starken Schwankungen in der Korngrößenverteilung im Abschnitt zwischen 1,40 bis 1,70 m sprechen gegen einen in äolischer Ablagerungsform erhaltenen Löß. In den Rundungsgraden zeigt sich eine Zäsur. Das Material oberhalb von 1,70 m ist heterogen zusammengesetzt. Einem lössigen Gestein mit keiner oder nur geringer Rundung, wie es unterhalb von 1,70 m ansteht, ist in dem darüber liegenden Abschnitt anderes Material

	Korngrößen- verteilung	Rundungsgrad	Politur
0 –0,40 m	wird nach oben etwas feiner	2 Rundungsgrade (bei 1 bis 2 und bei 3 bis 4)	mehr als 60 % mattierte Körner
0,40–1,20 m	starke Schwankungen		
1,20–1,40 m			
1,40–1,70 m	sehr starke Schwankungen	1 Rundungsgrad (bei 1 bis 2)	ab 1,80 m geringe Zunahme der glasklaren Körner
1,70 m	wird nach unten etwas feiner		

Tabelle 3. Korngrößenzusammensetzung und Oberflächenbeschaffenheit.

mit stärkerer Rundung beigemischt. Diese anderen Teilchen sind größtenteils mattiert. Ihr Abschleiß erfolgte unter den Bedingungen des äolischen Antransportes.

Die Analyse des Profils erlaubt danach folgende Aussage: Das Profil von Munzingen besteht aus zwei Abschnitten. Der untere Teil (unter 1,70 m) leitet nach unten zu einem Löß über, der in der äolischen Ablagerungsform erhalten blieb. Der Abschnitt oberhalb von 1,70 m ist umgelagert. Entweder der ganze oder der weit überwiegende Teil dieses Materials ist den Hang herabgewandert, zum Teil durch Niederschlagswasser, zum kleineren Teil als Fließerde transportiert. Dem Abschnitt oberhalb von 1,70 m sind Körnchen, die nicht aus der nächsten Nähe stammen, beigemischt. Sie wurden durch den Wind herangeführt. Der Zeitpunkt des Transportes ist nicht bekannt. Zwei Horizonte des Profils sind verwittert; der oberste Abschnitt von 0 bis 0,40 m während des Postglazials. Hier ist nur ein kleiner Teil eines ursprünglich sehr viel mächtigeren Bodens erhalten. Der hier während der alluvialen Verwitterungszeit gelöste Kalk ist in einer Tiefe von 1,20 bis 1,40 m in Form von Kalkkonkretionen wieder ausgeschieden. Ein zweiter sehr schwacher Verwitterungsabschnitt liegt in einer Tiefe von 1,40 bis 1,70 m. Eine Verfärbung ist kaum wahrzunehmen, der Horizont ist praktisch nur mit Hilfe einer genauen Sedimentanalyse nachzuweisen. In dieser Schicht liegen die Reste der Station des Eiszeitjägers.

Hieraus geht hervor, daß in der Zeit, in der der paläolithische Jäger in Munzingen seine Feuer anzündete, die Sedimentation von Löß und lössigem Material vorübergehend unterbrochen war und sich eine geringe Vegetationsdecke ausbreitete, zugleich mit einer – allerdings sehr schwachen – Verwitterung der obersten Bodenschicht. Der Jäger von Munzingen lebte am Südhange des Tunibergs gerade in der Zeit einer geringfügigen Besserung des Klimas.

IV. Die zeitliche Eingliederung des Munzinger Profils

Für die Bildung der Niederterrasse im Rheintal war eine erhebliche Anlieferung von

Schottern notwendig. Diese wurden in erster Linie durch die Gletscher der Alpen aufgearbeitet und durch Schmelzwässer wie die des Rheins, der Limmat, Reuß und Aare herantransportiert. Sobald sich die Oberläufe der Flüsse im Verlaufe des Rückschmelzens hinter die zahlreichen Seen wie den Bodensee, Züricher See und Vierwaldstätter See zurückverlegt hatten, konnte dem Oberrheintal kein frisch von den Gletschern aufbereiteter Schutt mehr zugeführt werden. Jetzt wurden nur noch Schotter antransportiert, die schon früher unterhalb der Seen abgelagert worden waren und nun erneut durch die Flüsse wieder aufgenommen wurden. Das Schotterangebot hatte sich erheblich verringert.

Aufschüttung und Erosion sind weitgehend von der Menge des zur Verfügung stehenden Schutts abhängig. Erhält ein Fluß reichlich Material, dann schottert er auf, wird ihm dieses entzogen, erodiert er, ohne daß sich die Wasserführung ändern muß. Die Bildung der Flußtaue des Rheintales begann zu der Zeit als das Schuttangebot zu gering geworden war.

Der äolische Transport von Löß war im Oberrheintal weitgehend mit der Aufschotterung verknüpft, indem aus den frisch abgelagerten Schottern und Sanden das Material, das eine bestimmte Korngröße nicht überschritt, ausgeblasen wurde. Das Ende der Hauptaufschotterung war auch das Ende der eigentlichen Lößverblasungszeit.

Der Sedimentation der Löss folgte eine Zeit der Erosion. Sicher war schon während der Phase der Lössanwehung frisch abgelagertes Material hangabwärts geflossen, jetzt wurde die Abtragung für die Oberflächengestaltung vorherrschend. Die noch wenig verfestigten und nicht durch eine geschlossene Vegetationsdecke geschützten Lößdecken wurden zum Teil durch schichtförmigen Abtrag, zum Teil unter der Bildung tiefer Erosionsrinnen hangabwärts verfrachtet. Transportierende Medien waren in erster Linie die Niederschlagswässer, seltener Fließerden. Noch heute kann man bei starken Gewittergüssen in Lößgebieten richtige Schlammfluten beobachten. Damals beherrschten sie das geologische Geschehen und spülten lössiges Material in das Vorland. Hierdurch wurden die Sockel des Kaiserstuhls und des Tunibergs an vielen Stellen von einem Saum verlagerter lössiger Schichten eingefasst, die oft Mächtigkeiten von mehreren Metern erreichten.

Die Rentierjägerstation ist zwischen die Zeit der Bildung der Lößdecken und die Abtragungszeit, beziehungsweise in deren Beginn einzuordnen, wobei wir nicht wissen, ob diese beiden Phasen unmittelbar aufeinander folgten. Damit wird die Frage wichtig, wann die Bildung der Niederterrasse und die Entstehung der Lößdecken abgeschlossen waren. Dies kann nicht in einem sehr späten Zeitpunkt der letzten Vereisung gewesen sein, was auch durch folgende Beobachtungen bestätigt wird: In einigen Kiesgruben, vor allem nördlich des Kaiserstuhls, finden sich in den obersten, vor allem sandreichen Lagen, kryoturbate Erdverlagerungen und auch Eiskeile. Ferner enthalten die lössigen Deckschichten der Rheintalschotter bei Niederrotweil Brodelböden. Diese Bildungen setzen einen tief gefrorenen Untergrund voraus, das heißt, ein derart kaltes Klima, wie es ganz am Ende des Glazials im Rheintal kaum mehr zu erwarten ist.

Mit dieser Einordnung liegt das Munzinger Profil ungefähr in der gleichen Zeitphase,

in der die bereits früher untersuchten Deckschichten von Niederrotweil (Guenther 1961) entstanden sind; und wenn man die beiden Profile miteinander vergleicht, dann zeigt sich eine überraschende Übereinstimmung der sedimentbildenden Vorgänge. Bei einer Zusammenstellung der einzelnen Phasen von unten nach oben – älter zu jünger – ergibt sich diese Abfolge:

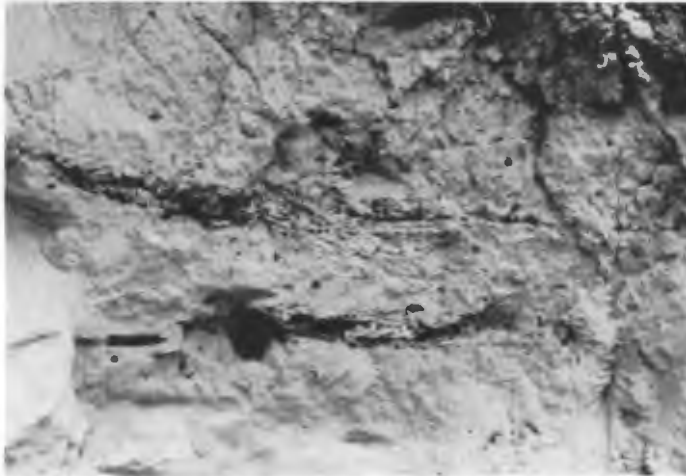
6. Allmähliche Erwärmung und holozäne Bodenbildung in Munzingen und Niederrotweil.
5. Starker Materialtransport vorwiegend durch Niederschlag, weniger durch kryoturbate Vorgänge. Letzte wichtige Abtragungsphase in Munzingen und Niederrotweil. Unbedeutender äolischer Transport.
4. Erneute stärkere Abkühlung. Kryoturbate Bodenbildungen. Unbedeutender äolischer Transport in Munzingen, stärker in Niederrotweil.
3. Vorübergehende, nicht sehr starke Besserung des Klimas. Vorrücken der Vegetationsdecke in Munzingen und Niederrotweil. In Munzingen lebten in dieser Zeit die Rentierjäger.
2. Ende der Aufschotterungszeit. Mehl und Feinsande kommen zur Ablagerung. Entscheidendes Rückschmelzen der alpinen Gletscher. Ablagerungen hierzu sind nur in Niederrotweil nachgewiesen. Abklingen der äolischen Sedimentverfrachtung.
1. Großer Schuttransport im Rheintal. Ablagerung von Schottern und Sanden. Zeit der weitesten Vorstöße der Würmgletscher. Starke Lößverblasung.

Die Station von Munzingen gehört zwar noch in den oberen Abschnitt des Glazials, aber in eine Zeit, in der die äolische Bildung der Lößdecken im wesentlichen abgeschlossen war. Sie ist erheblich jünger als Paudorf und älter als die Allerödzeit. Ob man an die Bölling-Phase denken sollte?

Schriften

- B a n d i, H. G.: Die Schweiz zur Rentierzeit. – Chur, 1947.
- B a y, R.: Typologie und Statistik der Funde. In B a y – F e y – F o r c a r t – S c h m i d – S c h w e i z e r – S t a m p f l i: Die „Kastelhöhle“ im Kaltbrunnental. – Jahrb. f. Solothurn. Gesch., 32, S. 2–88. 1959.
- B a g n o l d, R. A.: The Physics of Blown Sand and Desert Dunes. – 265 Seiten. London, 1954.
- B r o n g e r, A.: Löss, Ihre Verbraunungszonen und fossilen Böden – ein Beitrag zur Stratigraphie des oberen Pleistozäns in Süd-Baden. – Schriften des Geographischen Instituts der Universität Kiel. S. 1–104. 1966.
- C a i l l e u x, A.: Les actions éoliennes périglaciaires en Europe. – Mém. soc. géol. France, 21, S. 1–176. Paris, 1942.
- E c k e r, A.: Über eine menschliche Niederlassung aus der Rentierzeit im Löß des Rheintales, bei Munzingen unweit Freiburg. – Arch. f. Anthr., 8, S. 87–101. 1875.
- Am Thuniberg vor langer Zeit. – „Schauinsland“ – Zeitschrift des Breisgauvereins, S. 89–96. 1877.
- F a u l e r, W.: Der Löß und Lößlehm des Schwarzwaldrandes zwischen Achern und Offenburg. – N. Jb. Min. etc. Bl. 75. Abt. B. S. 191–230. 1936.
- F i n k, J.: Die fossilen Böden im österreichischen Löß. – Quartär 6. S. 85–108. 1954.
- G u e n t h e r, E. W.: Diluviale Ablagerungen im Breisgau. – Mitt. Bl. Bad. Geol. L. A., S. 57 bis 59. 1948.

- Methoden zur Untersuchung von Lössen. – N. Jb. Geol. Pal. Mh., 3. S. 97–111. 1953.
- Funde des Riesenhirsches in Schleswig-Holstein und ihre zeitliche Einordnung. – Festschrift für Lothar Zotz, S. 201–206. Bonn, 1960.
- Sedimentpetrographische Untersuchung von Lössen (Zur Gliederung des Eiszeitalters und zur Einordnung paläolithischer Kulturen). – Fundamenta, Reihe B. 1. Köln-Graz, 1961.
- Herion, H.: Die Lößlandschaft am Kaiserstuhl. – Ungedr. Diss. S. 1–70. Freiburg, 1921.
- Lais, R.: Diluvium und Alluvium. – Der Kaiserstuhl, Herausg. vom Bad. Landesver. Naturkde. u. Naturschutz in Freiburg i. Br., S. 85–101. 1933.
- Leroi-Gourhan, A.: Préhistoire de l'art occidental. – Paris, 1965.
- Meigen, W. und Schering, H. G.: Chemische Untersuchungen über Löß und Lehm aus der oberrheinischen Tiefebene. – Mitt. großh. bad. geol. L. A., 7. S. 643–669. 1914.
- Müller-Beck, H. J.: Zur Bezeichnung paläolithischer Artefakttypen. – Alt-Thüringen, 3. S. 140–200. 1957–1958.
- Munsell: Soil Color Charts. – Munsell Color Company, Inc. Baltimore, 1954.
- Padtberg, A.: Das altsteinzeitliche Lößlager bei Munzingen. – Augsburg, 1925.
- Schmid, E.: Altsteinzeit bis Hallstattzeit. – Freiburg i. Br. Stadtkreis und Landkreis, 1/1. S. 148–161. 1965.
- Schreiner, A.: Niederterrasse, Flugsand und Löß am Kaiserstuhl (Südbaden). – Mitt. bad. Landesver. Naturk. N. F., 7, H. 2. S. 113–125. 1958.
- Sindowski, K. H.: Der Hauptrogenstein im Breisgau. – Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br., 35. 1. S. 1–102. 1936.
- Korngrößen und Kornformauslese beim Sandtransport durch Wind. (Nach Messungen auf Norderney.) – Geol. Jb., 71. S. 517–526. 1956.
- De Sonneville-Bordes, D. et Perrot, J.: Lexique typologique du Paléolithique supérieur. – Bull. Soc. Préhist. Franc. S. 327–335, 1954, S. 76–79, 1955, S. 408–412, 1956 und S. 547–559, 1954–1956.
- Remarques statistiques sur le Magdalénien des sites de Munzingen et Oelberg près de Freiburg-en-Breisgau, Allemagne. – Quartär 19, 1968, S. 125–131.
- Steinmann, G.: Über die Gliederung des Pleistozäns im badischen Oberlande. – Mitt. Großh. Bad. Geol. L. A. 2. S. 745–791. Heidelberg, 1893.
- Die paläolithische Renntierstation von Munzingen am Tuniberge bei Freiburg i. Br. – Archiv für Anthropologie – N. F. 5. H. 3 und 4, S. 182–203. 1906.
- Zink, F.: Zur diluvialen Geschichte des Hochrheins und zur Altersstellung der paläolithischen Station Murg. – R. St. Bodenforschung, Zweigstelle Freiburg. 1, S. 1–51. 1940.
- Zotz, L.: Altsteinzeitkunde Mitteleuropas. – Stuttgart, 1951.
- Munzingen: Mittelpunkt. – Festschr. d. 50-Jahr-Feier des Kepler-Gymnasiums Freiburg i. Br., S. 50–54. 1957.



1. Kohleteilchen im jüngeren Löß des Tunibergs, nördl. der Ehrentrudis-Kapelle, bezeugen zwei prähistorische Feuerstellen. (Als Größenmaßstab ein Taschenmesser.)



2. Nordsüd-Schurf der Grabung Zotz-Guenther. Hier wurde das Nordende der Grabung Padtbergs auf geschlossen. Aus dem Hohlweg stammen die ersten Funde.



3. Südhang des Tunibergs. Rechts unterhalb der Ehrentrudis-Kapelle ein Haupttrogensteinbruch. Zwischen diesem und Lothar Zotz direkt vor dem Wald liegt die Fundstelle.