

Ein altsteinzeitliches Geröllartefakt aus Riehen – Ergebnisse der archäologischen und naturwissenschaftlichen Untersuchungen

<https://doi.org/10.12685/jbab.2001.103-128>
CC BY 4.0

Reto Jagher, Philippe Rentzel und Peter-Andrew Schwarz, mit Beiträgen von Alexandra Hilgers und Ulrich Radtke

Schlüsselwörter

Riehen (BS), Archäometrie, Elektronenspin-Resonanz-Datierung (ESR), Geoarchäologie, Hochterrasse, Löss, Mikromorphologie, Optisch Stimulierte Lumineszenz-Datierung (OSL), Paläopedologie, Paläolithikum, Prospektion, Quartärgeologie, Würm.

mots clef

Riehen (commune), archéométrie, datation par résonance électronique de Spin (ERS), géoarchéologie, Haute Terrasse, loess, micromorphologie, datation par luminescence stimulée optiquement (OSL), paléopédologie, Paléolithique, prospection, géologie du Quaternaire, Würm.

key-words

Riehen (community), archaeometry, Electron Spin Resonance dating (ESR), geoarchaeology, Hochterrasse, loess, micromorphology, Optically Stimulated Luminescence dating (OSL), pedology, Palaeolithic, geology of the quaternary, Wuerm, surveying.

Inhalt

103	1. Einleitung (Peter-A. Schwarz)
105	2. Archäologie (Reto Jagher)
110	3. Geologie und Pedologie (Philippe Rentzel)
118	4. Naturwissenschaftliche Datierung der Sedimente
118	4.1 Elektronenspin-Resonanz-Datierung (ESR) (Ulrich Radtke)
120	4.2 Optisch Stimulierte Lumineszenz-Datierung (OSL) (Alexandra Hilgers)
121	5. Synthese und Zusammenfassung
123	Summary (Übersetzung: Claudia Steiner)
124	Literatur
127	Anmerkungen

1. Einleitung

(Peter-A. Schwarz)

Die Gemeinde Riehen kann – trotz der geringen Zahl von sichtbaren Bodendenkmälern – als eigentliches «Archiv im Boden» bezeichnet werden, welches in den vergangenen Jahrzehnten eine Fülle von Informationen zur Ur- und Frühgeschichte nicht nur der Landgemeinde, sondern auch des Kantons Basel-Stadt geliefert hat. Im Gegensatz zum Basler Stadtgebiet sind in Riehen die archäologischen Quellen aus den frühen Zeitabschnitten der Menschheit sogar ausserordentlich gut vertreten¹.

Über 30 Fundstellen aus dem Neolithikum (Jungsteinzeit, ca. 5500–2200 v. Chr.)² und die bronzezeitliche Grabhügel-Neokropole im Britziger Wald (ca. 1200 v. Chr.)³ bezeugen, dass das heutige Gemeindegebiet bereits in prähistorischer Zeit als Siedlungsplatz überaus beliebt war – dies nicht zuletzt auch

wegen der schon damals günstigen klimatischen Gegebenheiten⁴ und der guten Fernsicht über die Rheinebene und ins Wiesental⁵.

Verschiedene Einzelfunde aus dem Paläolithikum (Altsteinzeit), wie z. B. ein Levallois-Kern aus rotem Radiolarit sowie ein im Jahre 1998 in der Nachbargemeinde Bettingen von Ingmar Braun gefundener, rund 80000 Jahre alter Faustkeil⁶ hatten aber auch vor Augen geführt, dass paläolithische Funde im Kanton Basel-Stadt insgesamt eine ausgesprochene Seltenheit darstellen.

Als dann im Jahre 1999 in Riehen auf der zwischen der Mohrhaldenstrasse und der Wenkenstrasse gelegenen Flur Gehrhalde bzw. an der neu angelegten Ludwig-Courvoisier-Strasse (Abb. 1) eine Grossüberbauung mit insgesamt 56 Reihen-Einfamilienhäusern und 12 Eigentumswohnungen realisiert werden sollte, drängte sich eine systematische archäologische Überwachung der umfangreichen Bodeneingriffe und Erdbewegungen auf. Archäologisch begleitet wurden die mehrere Monate dauernden Aushubarbeiten von Hans Jürg Leuzinger, einem ehrenamtlichen Mitarbeiter der Archäologischen Bodenforschung des Kantons Basel-Stadt (Abb. 2). Mit der systematischen Begehung von gepflügten Äckern sowie der archäologischen Kontrolle sämtlicher Bodeneingriffe nimmt H.J. Leuzinger seit über 25 Jahren eine Aufgabe wahr, welche die Archäologische Bodenforschung in der 10,9 km² grossen Landgemeinde ohne seine Mitarbeit nicht mit der gebotenen Intensität und Sorgfalt erfüllen könnte⁷.

Am 9. Oktober 1999 war der Aushub der terrassenförmig abgestuften Baugrube für die erste Etappe der Grossüberbauung «Gehrhalde» abgeschlossen. In den bis zu fünf Meter hohen Profilwänden waren – wie schon bei den früheren, wöchentli-

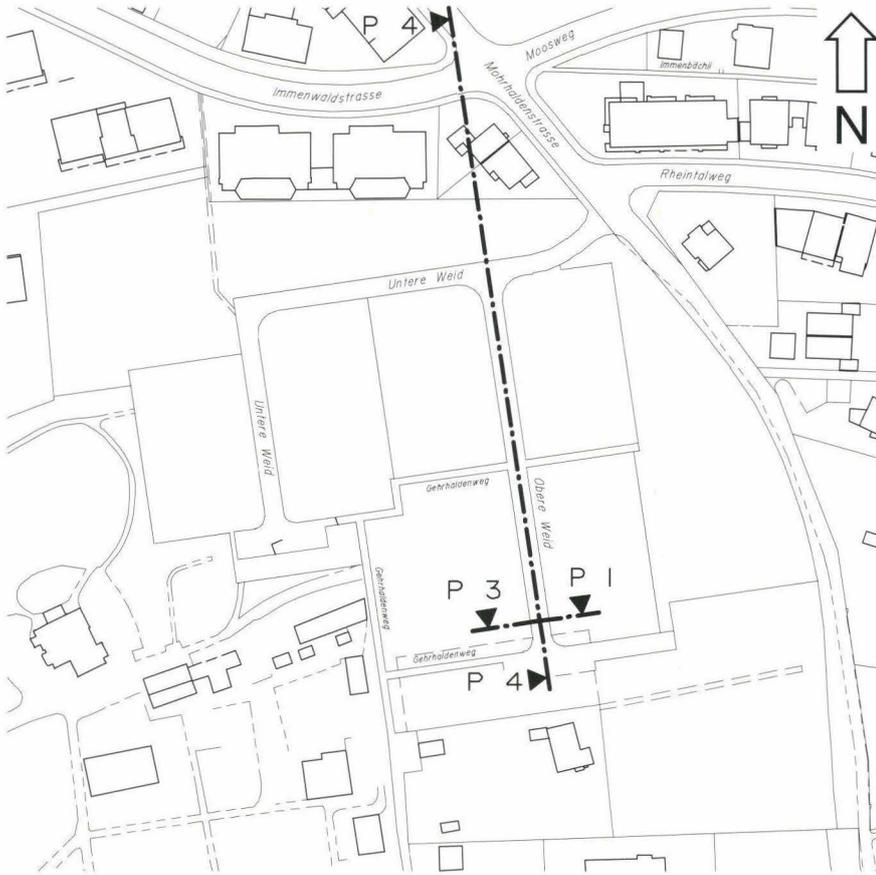


Abb. 1 Riehen, Ludwig-Courvoisier-Strasse (1999/45). Die Situation der Fundstelle in der Gemeinde Riehen sowie die Lage der untersuchten Profile innerhalb der Flur Gehrhalde. – Massstab 1:1000. – Zeichnung: Christian Bing.

chen Kontrollgängen – keinerlei archäologische Befunde zu erkennen. Im hier anstehenden gelben Löss hätten sich allfällige anthropogene Schichten und Strukturen besonders gut abgezeichnet (Abb. 3).

Bei der Kontrolle des neben der Baugrube deponierten Abraumes der allerletzten Phase des Aushubvorganges bemerkte H.J. Leuzinger im Löss jedoch ein einzelnes Geröll. Auffällig war nicht nur das knapp 13 Zentimeter lange Objekt als solches, sondern auch die scharfen Kanten an den beiden Längsseiten. Die Grobreinigung bestätigte seinen ersten Ver-

dacht: Die Kanten schienen keinesfalls von natürlichen Phänomenen, wie etwa von Frosteinflüssen, herzurühren (Abb. 4).

Nachdem sein Sohn, der Prähistoriker Urs Leuzinger, die Ansprache als Artefakt bestätigt hatte, leitete H.J. Leuzinger den Fund zur genaueren Begutachtung an Reto Jagher und Thierry Rebmann (Seminar für Urgeschichte der Universität Basel) weiter, welche das Artefakt zweifelsfrei als Chopper (Geröllwerkzeug) identifizierten.

Da derartige Geröllgeräte (Abb. 4) während der ganzen Altsteinzeit (ab 2 Mio. bis vor 10 000 Jahren) hergestellt wurden

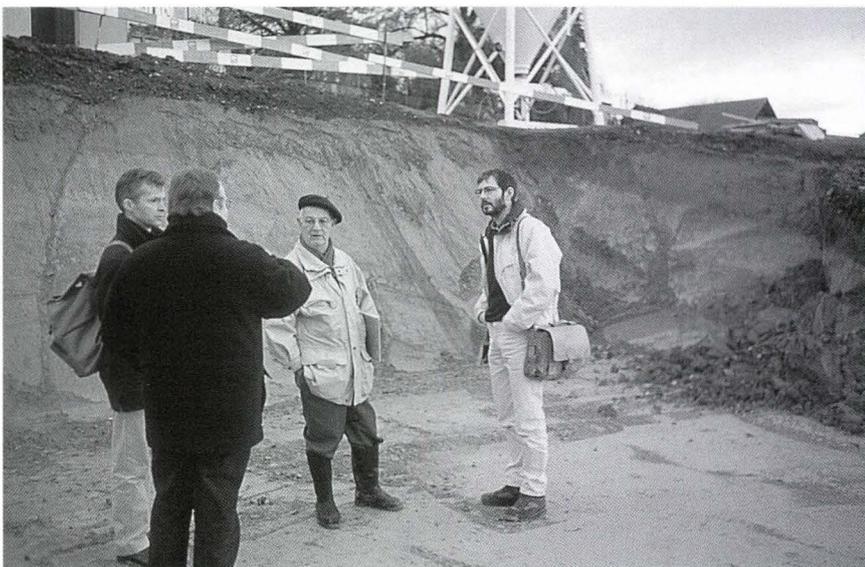


Abb. 2 Riehen, Ludwig-Courvoisier-Strasse (1999/45). Erste Inspektion der Fundstelle an der Gehrhalde. Der Entdecker des Choppers, Hans Jürg Leuzinger (Bildmitte), mit Reto Jagher (Labor für Urgeschichte der Universität Basel) sowie Christian Bing und Kaspar Richner (Archäologische Bodenforschung Basel-Stadt). – Foto: Peter-A. Schwarz.



Abb. 3 Riehen, Ludwig-Courvoisier-Strasse (1999/45). Das hangseitige Lössprofil an der Gehrhalde nach Abschluss des Aushubes der terrassenartig abgetreptten Baugrube. – Foto: Christian Bing.

und auch immer wieder in jüngeren Fundensembles zu finden sind, war aber eine exakte Datierung des Choppers aus Riehen bzw. eine eindeutige Zuweisung zu einer der bekannten altsteinzeitlichen Kulturen anhand von technologischen und/oder typologischen Merkmalen vorerst nicht möglich (vgl. unten 2.).

Der erste, mit der gebotenen Vorsicht publizierte Datierungsvorschlag ging davon aus, dass das im untersten Bereich des rund 5,2 Meter mächtigen Lösspaketes gefundene Artefakt mindestens 190 000 Jahre alt sei⁸. Diese Annahme basierte auf der Tatsache, dass der unter dem Löss liegende Rheinschotter der Hochterrasse mindestens 350 000 Jahre alt ist, und auf der damaligen Feldhypothese, dass der unmittelbar auf dem Rheinschotter liegende Löss während der vorletzten Vergletscherung (vor ca. 190 000 bis 130 000 Jahren) abgelagert worden sei⁹. Letzteres erwies sich – wie im Folgenden gezeigt werden soll – als unzutreffend.

Neben der chrono-typologischen Einordnung des Choppers und einem Vergleich mit ähnlichen Artefakten in der Regio Basiliensis (s. 2.) werden deswegen an dieser Stelle die

Ergebnisse der naturwissenschaftlichen Untersuchungen – namentlich der geologischen und pedologischen Analysen (vgl. 3.), der Elektronenspin-Resonanz-Datierung (vgl. 4.1) und der Optisch stimulierten Lumineszenz-Datierung (vgl. 4.2) – vorgelegt.

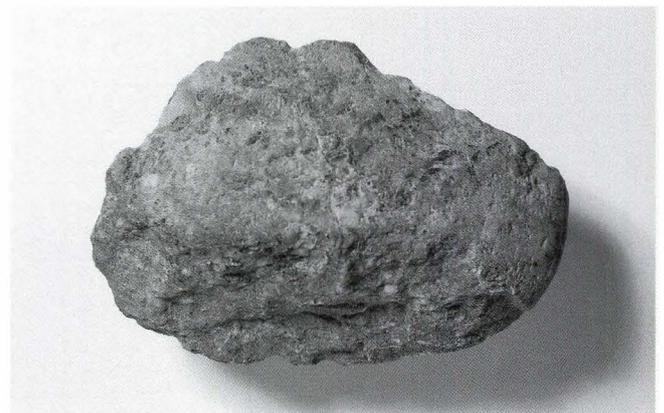
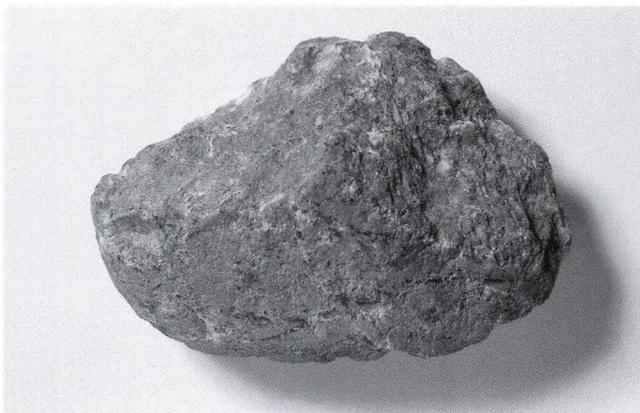
2. Archäologie

(Reto Jagher)

2.1 Einleitung

Das hier vorgestellte Artefakt (Abb. 4) ist wegen seiner einfachen Form, der zeitlosen Technologie und des Fehlens weiterer archäologischer Zusammenhänge ein wenig dankbares Objekt für eine eingehende Bearbeitung. Es handelt sich um einen isolierten «Lesefund», der aber dank seiner kulturhistorischen Stellung und der Fundumstände eine nähere Würdigung verdient. Das Artefakt entspricht formal den ältesten bekannten Steinwerkzeugen und ist ein Gerät, wie es seit mehr als 2 Mio.

Abb. 4 Riehen, Ludwig-Courvoisier-Strasse (1999/45). Vorder- und Rückseite des Choppers. Im linken Bild ist unten die unbearbeitete Gesteinsoberfläche, oben die spitzwinklig zugerichtete Schneidenkante zu erkennen. Das rechte Bild zeigt oben die spitzwinklig zugerichtete Schneidenkante, unten die mehr oder weniger geradlinig verlaufende Schneide. – Foto: Thomas Kneubühler.



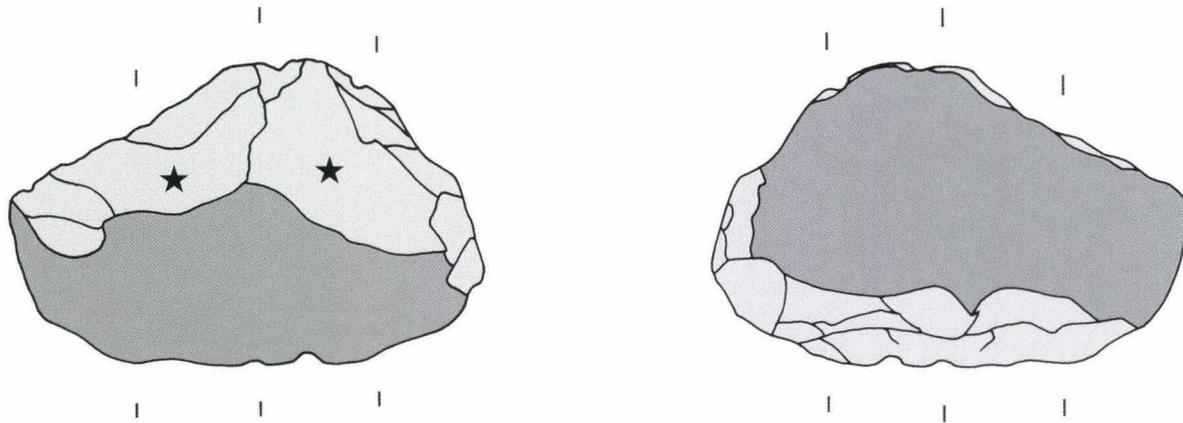


Abb. 5 Riehen, Ludwig-Courvoisier-Strasse (1999/45). Vorder- und Rückseite des Choppers (dunkelgrau: Geröll-Oberfläche, hellgrau: Retuschen). Die Sternsignaturen auf der Vorderseite bezeichnen die beiden primären Retuschen. – Massstab 1:2. – Zeichnung: Reto Jagher.

Jahren¹⁰ bis in die Gegenwart immer wieder hergestellt wurde. Der für diese Werkzeuge verwendete Begriff «Chopper» leitet sich aus dem englischen *chopper* für Hacker resp. Hackmesser oder Hackbeil ab, d. h. für ein einfaches Werkzeug mit einer Schneidekante für eine grobe Arbeit. Die frankophone Literatur kommt mit dem Begriff *galet aménagé*¹¹ der Natur dieser Werkzeuge näher, die fast immer aus Flussgeröllen unterschiedlichster Grösse hergestellt sind. Zudem ist dieser Begriff neutraler, da er keine Funktion suggeriert, sondern sich auf eine reine Beschreibung des Objektes beschränkt. In der deutschsprachigen Fachliteratur hat sich aber der angelsächsische Ausdruck durchgesetzt. Dabei impliziert man, dass es sich um ein Geröllgerät handelt, d. h. um ein Werkzeug, welches aus einem Kiesel hergestellt wurde.

Die Verwendung dieser mehrheitlich recht schweren Werkzeuge ist weitgehend unbekannt. Die in der Regel grobe Ausführung der Arbeitskante – der Schneidenwinkel ist meist ziemlich gross – weist auf ein schneidendes resp. hauendes Werkzeug hin. Dies legen auch ethnographische Quellen aus Afrika und Australien nahe¹². Bis heute fehlen jedoch eindeutige Nachweise der entsprechenden Tätigkeiten am archäologischen Material¹³.

2.2 Beschreibung

Auf den ersten Blick fallen am Chopper aus Riehen die beiden wechselseitig retuschierten Schneiden auf (Abb. 4 und 5), die sich jeweils über die gesamte Breite des Artefaktes erstreck-

ten¹⁴. Auffällig ist die ausgesprochene Asymmetrie der beiden Arbeitskanten.

Der Fund ist vollständig erhalten und weist – abgesehen von einem kleinen Defekt am vorspringendsten Punkt der konvexen Kante – keine modernen Beschädigungen auf. Das Objekt trägt auch kaum Spuren einer Verwitterung. Die Spaltflächen der Retuschen und die Oberfläche des Gerölles weisen bezüglich der Patina nur geringfügige Unterschiede auf. Daraus dürfen wir schliessen, dass zwischen der Herstellung und der Einbettung des Artefaktes eine relativ kurze Zeitspanne liegt.

Auf Grund der Lage der beiden retuschierten Kanten, die sich jeweils auf den seitlichen Abschnitten des ursprünglich längsovalen Kiesels befinden, ist das vorliegende Gerät als *side-chopper* zu bezeichnen¹⁵. Chopper mit zwei Schneidenkanten sind zwar selten, stellen aber keine absolute Ausnahme dar. Die beiden Arbeitskanten weisen eine bewusst angestrebte, deutliche Asymmetrie auf. Während die eine Kante nur schwach gebogen ist, ist die andere Schneide in der für diese Werkzeuge charakteristischen Weise deutlich gewölbt. Der Schneidenwinkel liegt bei beiden Kanten im Bereich zwischen 50° und 60° und weist somit eine recht gute Funktionalität auf (Abb. 6). Als Rohstein wurde ein Kiesel mit auffallend planparallelen Flächen gewählt. Das Stück hat somit über die gesamte Ausdehnung eine gleichmässige Dicke von 40–44 Millimetern. Die flache Rohform gewährte eine sichere Handhabung und ergab eine gute Ergonomie für ein Werkzeug, welches mit grosser Kraft geführt wurde.

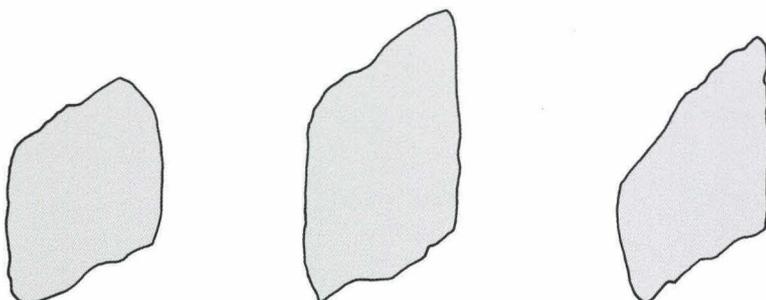


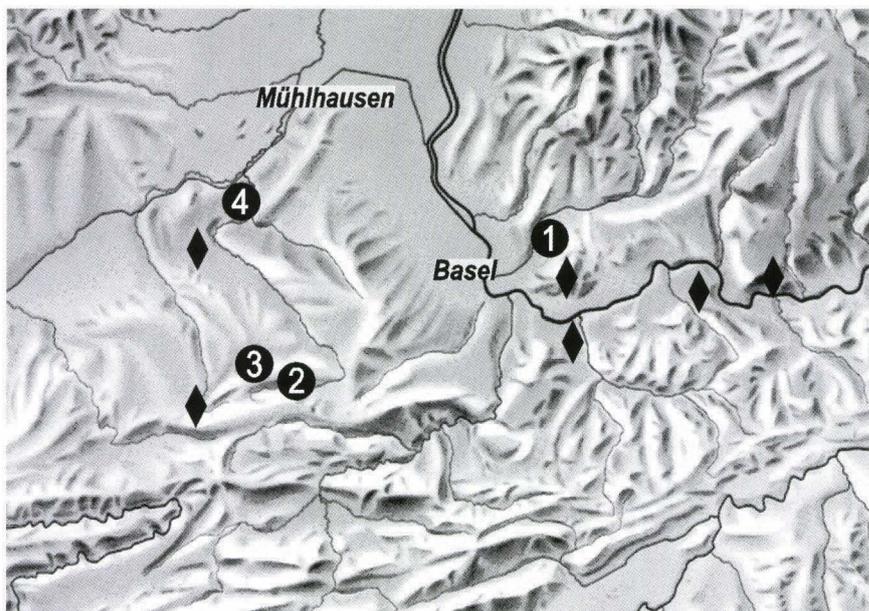
Abb. 6 Riehen, Ludwig-Courvoisier-Strasse (1999/45). Querschnitte des Choppers. – Massstab 1:2. – Zeichnung: Reto Jagher.

Abb. 7 Altpaläolithische Fundstellen in der Umgebung von Basel. – Bearbeitung: Reto Jagher.

Legende und Signaturen:

- 1 Riehen (BS, CH)
- 2 Raedersdorf (F, Dép. Haut-Rhin)
- 3 Sondersdorf (F, Dép. Haut-Rhin)
- 4 Walheim (F, Dép. Haut-Rhin)

- ◆ = Faustkeil
- = Chopper



Als Ausgangsmaterial diente ein recht grobkörniger alpiner Metaquarzit¹⁶. Das Geröll wurde in den Schotterfluren des Rheins aufgelesen. Das heterogene Gestein mit relativ grossen Mineralkörnern unterschiedlicher Zusammensetzung weist eine sehr schlechte Spaltbarkeit auf, und die Wirkung der Schläge bei der Bearbeitung ist schwierig zu kontrollieren. Aus diesem Grund wirkt das Gerät recht unansehnlich und sieht auf den ersten Blick eher wie ein zufällig zerbrochener Kiesel und nicht wie ein Artefakt aus. Eine gezielte Retuschierung, wie sie unser Fund aufweist, setzt für dieses Material eine grosse Routine beim Bearbeiten von unterschiedlichsten Rohmaterialien, d. h. entsprechende handwerkliche Erfahrung voraus. Solche Fähigkeiten sind eher in der älteren als in der jüngeren Steinzeit zu erwarten.

2.3 Technologische Aspekte

Der Herstellungsprozess des Choppers von Riehen lässt sich im Detail nicht mehr genau nachvollziehen. Beide Kanten wurden mit mehreren Schlägen erzeugt. Wegen des äusserst grobkörnigen Materials sind die Schlagmerkmale nur sehr schlecht sichtbar. Die sichere Abgrenzung der einzelnen Retuschen ist vielfach kaum möglich. Ausserdem sind auf Grund der schlechten Spaltbarkeit des Rohmaterials die Ablöseflächen unregelmässig, und es entstanden wiederholt unkontrollierte Ausbrüche, welche die technologische Analyse stark erschweren.

Am besten lässt sich die Herstellung an der stark konvex gebogenen Kante nachvollziehen: Ausgehend von zwei grossen, tief in die Fläche greifenden Retuschen (Abb. 5) wurde durch sekundäre Nachbearbeitung der Kante deren endgültige Form und Schärfe gebildet. Für die gegenüberliegende Kante ist der Befund viel weniger deutlich: in diesem Anschnitt sind die Grenzen der Negative der Abschlüge wegen der schlechten Spaltbarkeit des Rohsteines nicht gut erkennbar. Auch traten hier in viel grösserem Umfang unbeabsichtigte Aussplitterungen auf, welche die ursprüngliche Intention der Hersteller

teilweise verschleiern. Soweit ablesbar, wurde in diesem Bereich mit einer Serie von mindestens drei bis vier gleichmässigen Schlägen die mehr oder weniger geradlinige Schneidkante angelegt. Ob und in welchem Ausmass diese Kante nachträglich überarbeitet wurde, lässt sich nicht mehr sagen, denn die nicht intendierten Ausbrüche erstrecken sich auf nahezu zwei Drittel der Länge der retuschierten Zone. Die trotz des schlecht spaltbaren Rohmaterials gute und mit geringem Aufwand erreichte Ausformung des Werkzeuges weist auf einen routinierten Steinschläger hin, der sich ohne Weiteres auch mit einem schlecht geeigneten Gestein auseinandersetzen konnte.

2.4 Vergleich

Morphologisch vergleichbare Geröllgeräte sind aus der Basler Region nur in bescheidener Anzahl bekannt (Abb. 7): Entsprechende Artefakte wurden aus dem Kanton Baselland (Arisdorf¹⁷), aus dem Sundgau (Raedersdorf¹⁸, Sondersdorf¹⁹, Walheim²⁰) sowie – etwas weiter entfernt, in der Gegend von Strassburg – aus Achenheim²¹ bekannt (Abb. 8). Der Fund aus Arisdorf wird auf Grund der Fundumstände ins Neolithikum datiert. Alle anderen Stücke sind klassische Chopper mit einer einfachen, einseitig retuschierten Arbeitskante. Dabei handelt es sich – wie im Falle von Riehen – um Einzelfunde. Ausser dem Artefakt aus Achenheim, das in Ablagerungen aus der zweiten Hälfte des mittleren Pleistozäns zum Vorschein kam und vermutlich 350 000 bis 550 000 Jahre alt ist, handelt es sich bei allen anderen Objekten um nicht stratifizierte Oberflächenfunde. Die ausgeprägte Patina, die sich regelmässig feststellen lässt, scheint auf ein relativ hohes Alter dieser Artefakte hinzuweisen.

Zwar ist die zeitliche Stellung solcher nicht stratifizierter Funde nicht eindeutig bestimmbar. Doch die fünf zur Diskussion stehenden Objekte weisen erstaunliche Ähnlichkeiten auf. Sowohl in Bezug auf die Proportionen als auch auf die Dimensionen bilden sie eine recht homogene Gruppe. Ob diese Übereinstimmung mit einem gemeinsamen kulturellen Hinter-

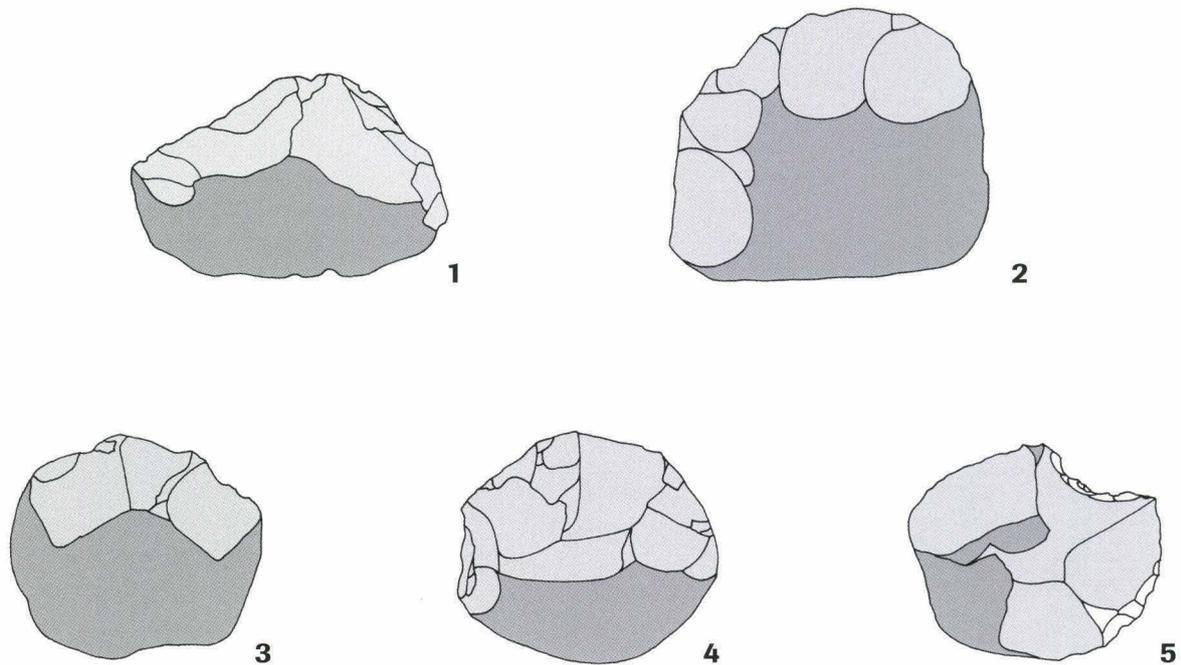


Abb. 8 Paläolithische Geröllgeräte aus dem Gebiet des Oberrheins. – Massstab 1:3. – Zeichnung: Reto Jagher.

Legende:

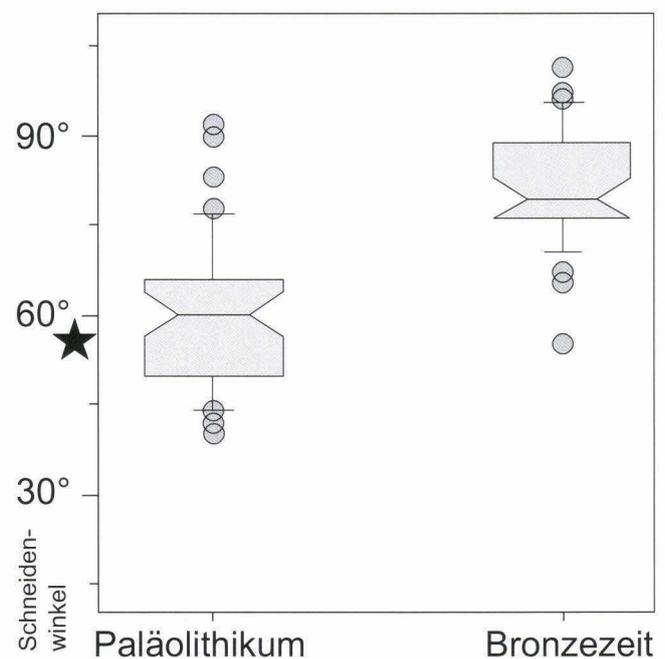
- 1 Riehen (BS, CH)
- 2 Raedersdorf (F, Dép. Haut-Rhin)
- 3 Achenheim (F, Dép. Haut-Rhin)
- 4 Sondersdorf (F, Dép. Haut-Rhin)
- 5 Walheim (F, Dép. Haut-Rhin)

Signaturen:

- dunkelgrau = Gerölloberfläche
- hellgrau = Retuschen
- weiss = moderne Beschädigungen

grund zusammenhängt oder eher funktional bedingt ist, lässt sich anhand dieser kleinen Stichprobe nicht endgültig entscheiden. Auffällig ist immerhin, dass alle Geräte dieser Gruppe einen schlanken Schneidenwinkel von 50° bis 65° besitzen. Eindeutig jüngere Geröllgeräte, wie z. B. jene aus den bronzezeitlichen Ufersiedlungen am Neuenburgersee²², weisen einen signifikant grösseren Schneidenwinkel im Bereich von 75° bis 90° auf (Abb. 9). Stumpfe Schneiden sind zwar auch bei Choppern aus dem Mittelpleistozän (780 000 bis 130 000 BP) möglich, doch ihr Anteil ist relativ klein. In diesem Spektrum steht der Chopper aus Riehen, zusammen mit den vergleichbaren Funden aus der Regio, eindeutig im Bereich der alt-paläolithischen, d.h. mehr als 130 000 Jahre alten Geröllgeräte. Es wäre jedoch vermessen, einzig auf Grund dieses einen Argumentes definitiv auf das Alter zu schliessen. Doch die Ähnlichkeit der Stücke ist wohl auch nicht ausschliesslich durch den Zusammenhang von Form und Funktion bedingt. Es gilt, auch folgenden technologischen Aspekt zu berücksichtigen: Um einen spitzen Schneidenwinkel zu erhalten, muss die Kante mit entsprechend flach geführten Schlägen bearbeitet werden. Dabei werden die Abschläge proportional länger, d.h. es braucht mehr Kraft und zugleich auch eine grössere Routine bei der Herstellung als bei Steinwerkzeugen mit relativ stumpfen Kanten und grossem Schneidenwinkel. Insofern steht der Chopper aus Riehen eindeutig in der Tradition der altpaläolithischen Artefakte. Dies legen auch die Fundumstände nahe. Eine Datierung in die Jungsteinzeit oder in noch spätere Epochen kann somit ausgeschlossen werden.

Abb. 9 Box-plot-Analyse von Schneidenwinkeln paläolithischer Chopper aus Südost- und West-Frankreich (n = 51) und von bronzezeitlichen Choppern aus Ufersiedlungen am Neuenburgersee (n = 37). Der Stern auf der Ordinate bezeichnet den Schneidenwinkel des Choppers von Riehen. – Gestaltung: Reto Jagher.

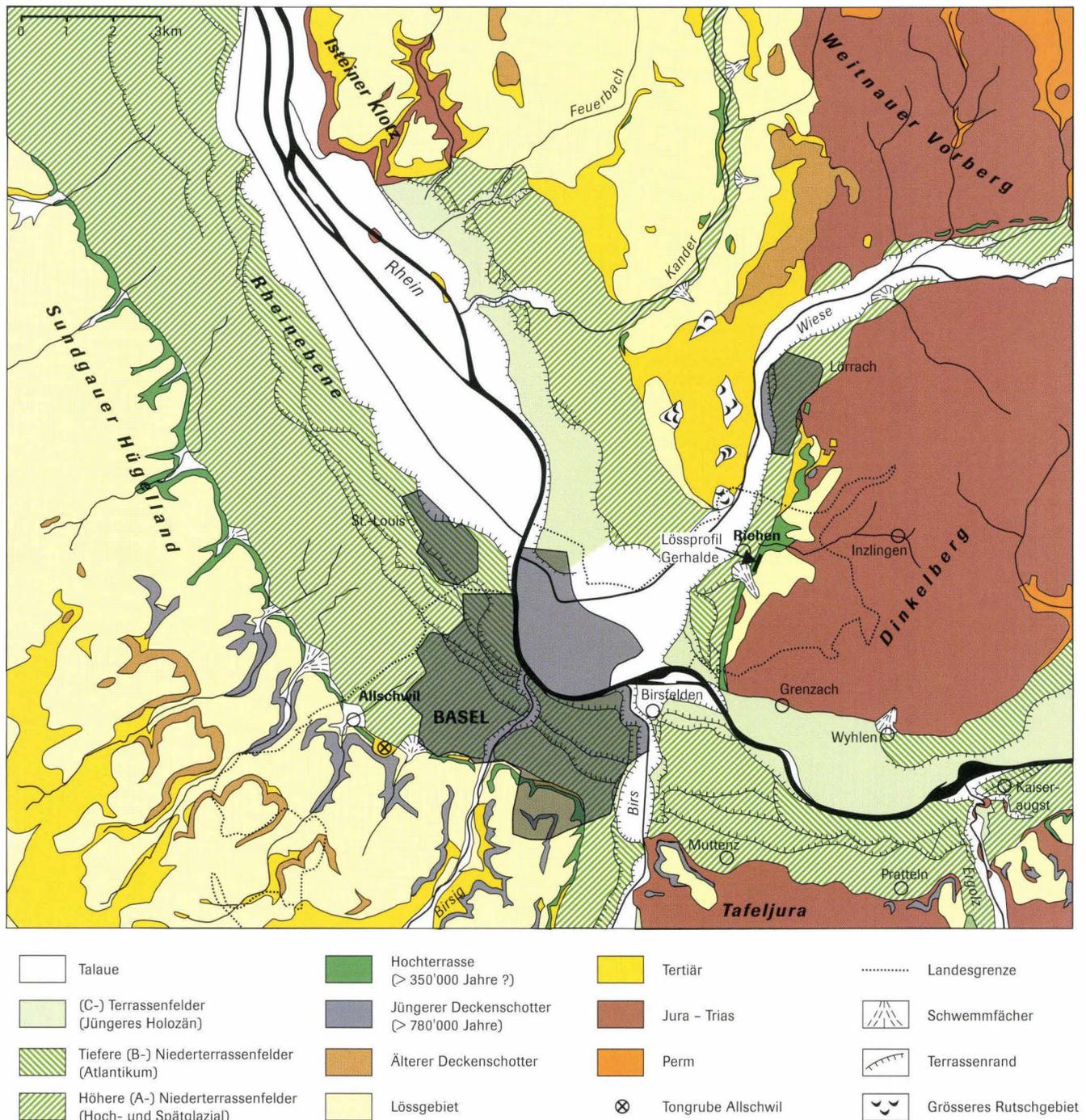


2.5 Fazit

Aus archäologischer Sicht lässt sich der Chopper von Riehen einer kleinen Gruppe gleichartiger Funde aus der Gegend des Oberrheins zuweisen. Von diesem Ensemble ist bloss ein Stück (Achenheim, F) in einem datierbaren Zusammenhang gefunden worden. Die zeitliche Stellung der andern Objekte – auch des Choppers von Riehen – ist unklar, trotz gewisser Hinweise auf ein beachtliches Alter. Allgemein lässt sich sagen, dass Geröllgeräte vor allem im frühen Paläolithikum²³ regelmässig auftreten und für diese Zeit durch zahlreiche Beispiele belegt sind. In jüngeren Epochen kommen entsprechende Artefakte

immer seltener vor. Chopper von der Art wie das Exemplar aus Riehen sind im Mittelpaläolithikum (ca. 130 000 bis 40 000 BP) eine grosse Seltenheit und im Jungpaläolithikum (ca. 35 000 bis 10 000 BP) praktisch kaum mehr anzutreffen. In den jüngeren Perioden treten formal ähnliche Geräte im späten Neolithikum²⁴ resp. in der Bronzezeit²⁵ auf. Diese jüngeren Geröllgeräte weisen durchwegs deutlich stumpfere Schneidkanten auf als deren Vorläufer und als der Riehener Chopper. Somit dürfen wir mit gutem Recht annehmen, dass der Chopper aus Riehen in der Tradition der altpaläolithischen Herstellung steht.

Abb. 10 Quartärgeologische Übersichtskarte der Region Basel mit dem unteren Wiesental (nach Wittman et al. 1970). – Umzeichnung: Hansjörg Eichin.



Lithologie in Allschwil	Datierung
Bodenbildung	modern
Löss , teils als Dellenfüllung mit Mollusken	Hochglazial (um 20 ka)
Nassboden	Jungwürm
Verlagerungszone	
Verbraunungshorizont (Lohner Boden / Denekamp)	Spätes Mittelwürm (ca. 30 ka)
Löss	Mittelwürm
Verlagerungszone (Niedereschbach)	Frühes Mittelwürm (ca. 75 / 60 ka)
Parabraunerde aus Löss	Eemzeitliche Bodenbildung (110 - 130 ka)

Abb. 11 Schematische Schichtabfolge in der Ziegeleigrube von Allschwil (BL, CH). Ausschnitt aus den obersten 3 Metern (nach Zollinger 1991). 1 ka = 1 000 Jahre.

Wie schon erwähnt, weist die Oberfläche des Artefakts sowohl in den nicht bearbeiteten Zonen als auch bei den Retuschen kaum Spuren einer Verwitterung (Patina) auf. Dieser Befund ist ein deutlicher Hinweis auf eine relativ schnelle Einbettung des Geräts. Die Fundumstände erlauben nicht, das Objekt mit absoluter Sicherheit einer bestimmten Schicht des an der Gehrhalde aufgeschlossenen geologischen Profils zuzuweisen.

Bei der ersten Begutachtung des Fundes fanden sich in den Vertiefungen des Geräts jedoch noch geringe Reste vom originalen Sediment. Dessen bräunliche Farbe wich deutlich vom hellen Löss der oberen Schichten ab, unterschied sich aber auch eindeutig von den dunkelbraunen Lehmen des holozänen Kolluviums. Demzufolge dürfte das Artefakt aus dem unteren Bereich der Löss-Ablagerungen²⁶, aus einer Zone nahe den verwitterten Schottern der Hochterrasse stammen. Auf Grund der geologischen Verhältnisse und der Erhaltung des

Fundes dürfen wir ferner annehmen, dass unser Artefakt sicher jünger ist als die vor über 350 000 Jahren gebildete Hochterrasse (vgl. unten 3.). Da auch aus archäologischer Sicht eine Datierung in die Zeit der Ablagerung des Lösses, die erst vor rund 50 000 Jahren geschah (s. 3.), unwahrscheinlich ist, muss der Chopper während des letzten Interstadials oder noch früher in den Boden gekommen sein. Somit kann für den Chopper von Riehen mit einiger Wahrscheinlichkeit ein Minimalalter von deutlich mehr als 130 000 Jahren BP angenommen werden.

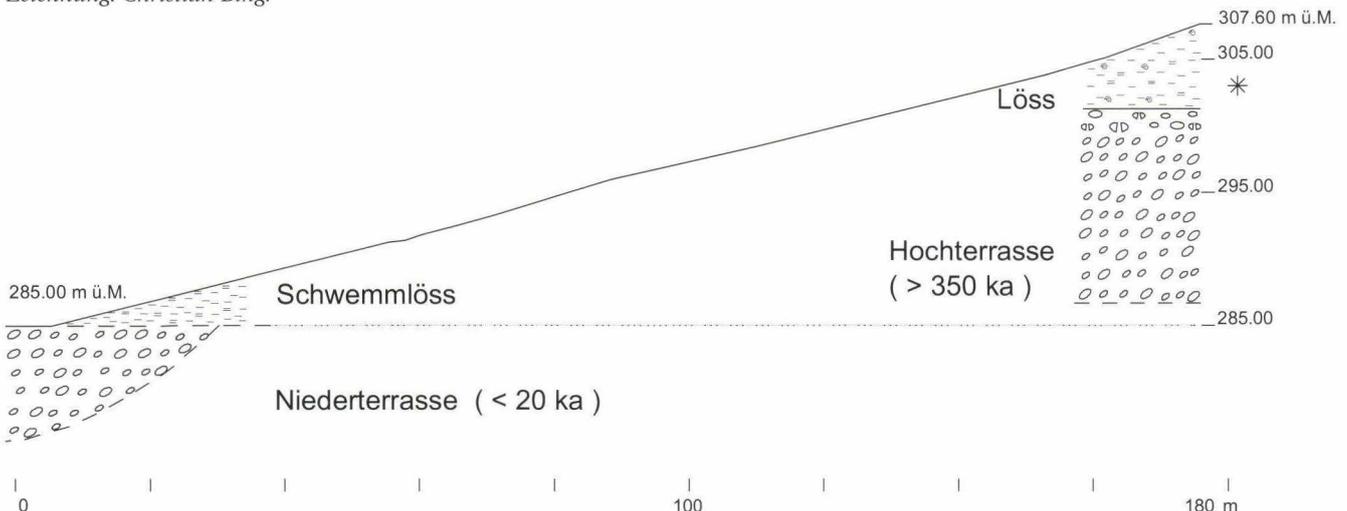
3. Geologie und Pedologie (Philippe Rentzel)

3.1 Quartärgeologische Übersicht

Am Südennde des Oberrheingrabens erstreckt sich im untersten Wiesental zwischen dem Städtchen Lörrach (D) und dem Grenzacher Horn (D) ein schmales Gebiet mit Lössdeckschichten, welche die westliche Flanke des Dinkelberges überziehen (Abb. 10). Autochthone Lössablagerungen finden sich hier nach Ausweis der geologischen Karte nur auf den Schottern der Hochterrasse oder über höher gelegenen, älteren Ablagerungen²⁷. Die Hochterrassenschotter begrenzen als schwach ausgeprägte Hangstufe auf der linken Talseite bei Riehen die breite Alluvialebene der Wiese und die anschliessenden Niederterrassenfelder. Die Hochterrasse repräsentiert im untersten Wiesental den höchstgelegenen – und somit ältesten erhaltenen – pleistozänen Schotterkörper. Altpleistozäne Deckenschotter, wie sie auf der gegenüberliegenden Südseite des Rheintales bei Allschwil vorkommen, sind bisher bei Riehen nicht nachgewiesen²⁸.

Am östlichen Talrand grenzt die Aue der Wiese an die abgetreppten Schotterebenen der Niederterrasse, die in Riehen auf durchschnittlich 285.00 m ü.M. anstehen²⁹. Diese Schotter lassen sich aufgrund ihrer Höhenkoten mit den Niederterrassenfeldern des unmittelbar angrenzenden Rhein-

Abb. 12 Riehen, Ludwig-Courvoisier-Strasse (1999/45). Leicht schematisiertes Längsprofil P4 durch die Gehrhalde. Das Geröllartefakt (*) stammt aus den Lössdeckschichten über den Hochterrassenschottern. Zur Lage der untersuchten Profile P1, P3 und P4 vgl. Abb. 1. – Zeichnung: Christian Bing.



tals korrelieren und dadurch auch zeitlich einordnen³⁰. Gemäss neueren Untersuchungen sind die Höheren Niederterrassenschotter – auf welchen auch der Dorfkern von Riehen steht – nicht vor dem Jungwürm-Vollglazial abgelagert worden. Sie sind also jünger als 20 000 Jahre BP und entstanden zum Teil erst im Verlauf des Spätglazials, also zu einer Zeit, als die intensivste Lössaufwehung³¹ bereits abgeschlossen war und der Rhein auf der ganzen Breite des Haupttals mäandrierte und alpine Schotter deponierte. Die spätglazialen Niederterrassenschotter besitzen daher keine *in situ* liegenden Lössdecken, sondern stellenweise Schwemmfächer mit umgelagertem, von der Hochterrasse abgespültem Lösslehm. Analoge geologische Befunde von randlichen Schwemmlössdecken über spätglazialen Niederterrassenschottern sind häufig dokumentiert, so zum Beispiel auch bei Augst/Kaiseraugst³², am Fuss der Rütihard bei Muttenz³³ oder in Allschwil³⁴.

Anlass für die geologischen Untersuchungen an den Lössablagerungen der Gehrhalde bei Riehen bildete – nebst dem Artefaktfund als eigentlichem Auslöser – auch der Umstand, dass aus dem näheren Umkreis immer wieder Lössprofile mit paläontologischen bzw. archäologischen Funden bekannt wurden, diese jedoch nur selten eine geologische Auswertung mit chronologischer Einordnung der Lössdeckschichten erfahren haben³⁵. So gibt es in der Nordwestschweiz derzeit nur zwei Lössabfolgen, die als regionale Referenzprofile dienen können: Es sind dies die Sequenzen von Alle bei Porrentruy (JU) und von Allschwil (BL) in der Nähe von Basel³⁶. Die Schichtabfolge der letztgenannten Fundstelle, nur wenige Kilometer von Riehen entfernt, entspricht der jung- und mittelpleistozänen Lössabfolge des südlichen Oberrheingraben. Weil sie für das Verständnis der Stratigraphie in Riehen-

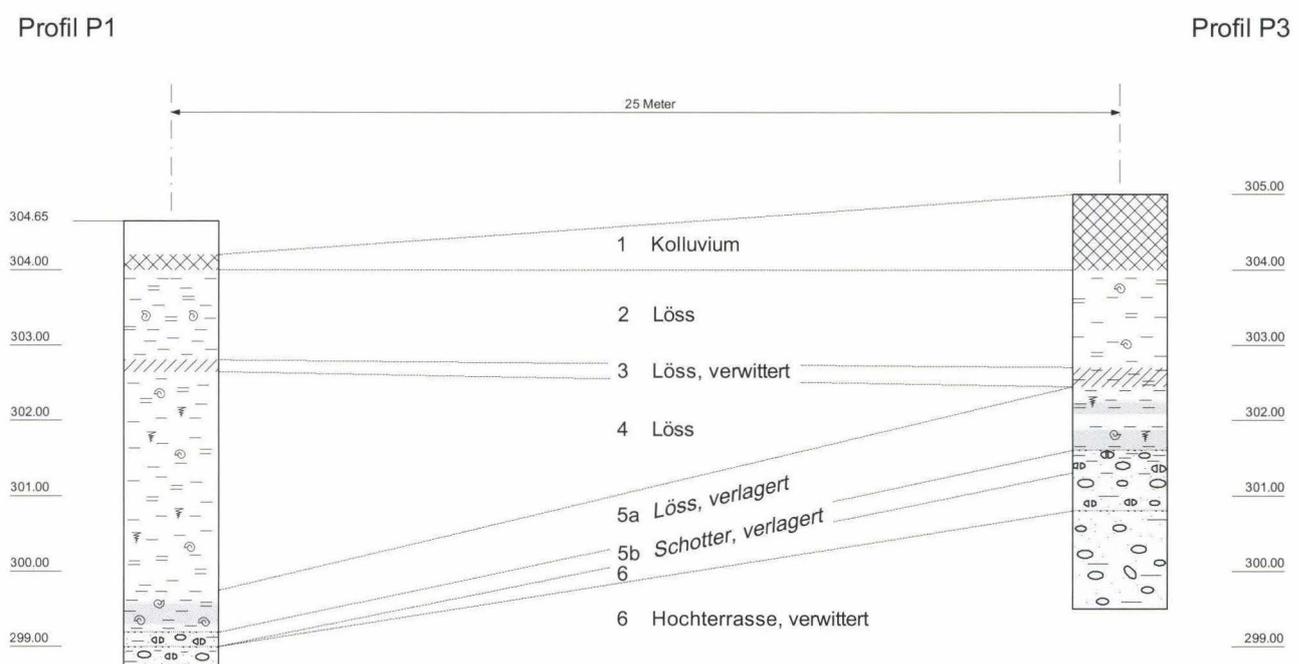
Gehrhalde massgebend ist, soll sie im folgenden kurz erläutert werden.

3.2 Exkurs: Die Lössdeckschichten von Allschwil

Am Südrand der Stadt Basel lagert in der Ziegeleigrube von Allschwil über dem Jüngeren Deckenschotter, dessen Oberkante bei 325.00 m ü.M. liegt und der ein Mindestalter von 780 000 Jahren aufweist, eine 17,5 Meter mächtige Abfolge von Lössen und fünf stark ausgeprägten fossilen Bodenbildungen (Parabraunerden). Pedologische Untersuchungen von G. Zoltinger und Th. Beckmann zeigen, dass die mächtige Lössabfolge das Ergebnis eines wiederholten Wechselspiels zwischen kaltzeitlicher Windstaub-Akkumulation (Lössertrag), Abtragungseignissen und warmzeitlichen Bodenbildungsphasen ist³⁷. Aus landschaftsgeschichtlicher Sicht bedeutet dies, dass jeweils nach der Lössanwehung eine lang andauernde, d.h. mehrere tausend Jahre fortschreitende Bodenentwicklung unter geschlossener Vegetationsdecke zur Verwitterung des Löss und zur Ausbildung von Parabraunerden führte. Letztere zeichnen sich in der Profilwand als braune, tonreiche und kalkfreie Horizonte ab. Kurzfristige interstadiale Bodenbildungen können sich dagegen in Form von Humuszonen oder Nassböden äussern.

Von besonderem Interesse für einen Vergleich mit den neuen Befunden von Riehen ist nun die oberste, drei Meter umfassende Zone der Stratigraphie von Allschwil, ein Ausschnitt, welcher das Sedimentationsgeschehen der letzten rund 130 000 Jahre abdeckt³⁸ (Abb. 11). In der Ziegeleigrube ist in rund drei Metern Tiefe eine begrabene Parabraunerde aus Löss nachgewiesen, die als Resultat einer langen Bodenent-

Abb. 13 Riehen, Ludwig-Courvoisier-Strasse (1999/45). Korrelation der Profile P1 und P3. In P1 folgt unterhalb eines modernen Kolluviums eine mehr als vier Meter mächtige Lössabfolge über der Hochterrasse. P3 dokumentiert eine über 1,3 Meter tief verwitterte Hochterrasse, die von einem 0,8 Meter mächtigen Paket aus verlagerten Schottern (oberer Teil von Schicht 6 und Schicht 5b) überdeckt wird. Darüber folgen verlagerte humose Lössen sowie die jüngeren Lössdeckschichten. – Zeichnung: Christian Bing.

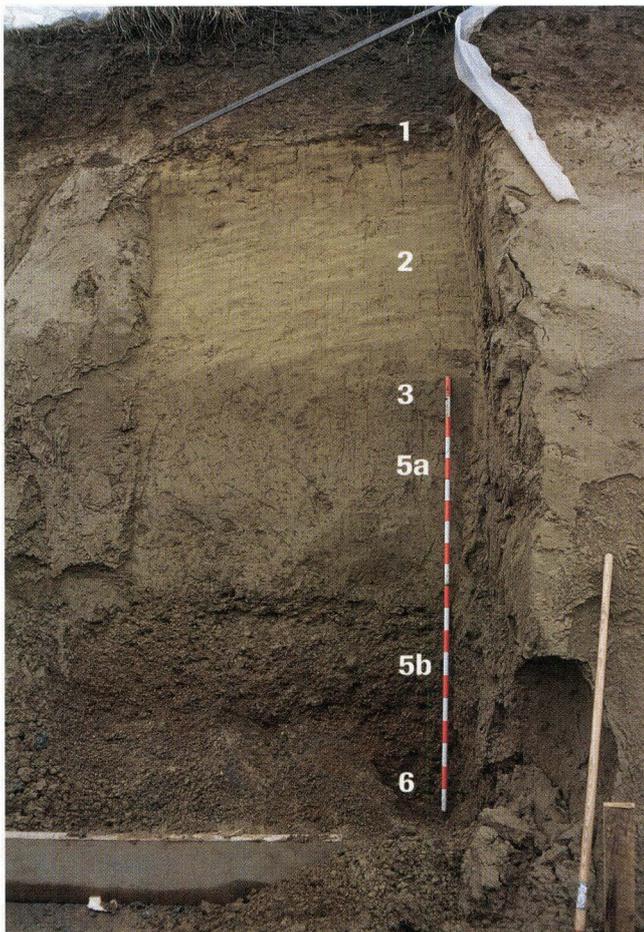


wicklung während des letzten Interglazials (Eem) gilt. Dieser Paläoboden ist oberflächlich erodiert und wird überdeckt von einem fein geschichteten Paket mit umgelagerten Lössen und Lösslehm. Letztere sind das Resultat von mittelwürmzeitlichen Abtragungsprozessen. Über dieser sogenannten «Nieder-eschbacher» Verlagerungszone folgen reine Lössen mit zwei schwächer ausgeprägten Bodenbildungen, dem Lohner Boden (um 30 000 Jahre BP), gefolgt von einem jüngeren Nassboden. Den oberen Abschluss bildet ein mächtiges Lösspaket mit einer Schneckenfauna, die laut ^{14}C -Untersuchungen um 20 000 Jahre BP datiert. Darüber folgt die holozäne Bodenbildung.

3.3 Geomorphologische Verhältnisse in Riehen-Gehrhalde

Die Fundstelle von Riehen-Gehrhalde liegt auf einer nach Norden, Westen und Osten schwach abfallenden Geländezunge, die sich über dem 285-Meter-Niveau der Niederterrasse erhebt.

Abb. 14 Riehen, Ludwig-Courvoisier-Strasse (1999/45). Feldansicht von Profil P3. In der rechten unteren Ecke sind die verwitterten rötlichen Schotter der Hochterrasse erkennbar, welche dem obersten Teil von Schicht 6 entsprechen. Darüber folgen die verlagerten Schotter mit brauner Lössmatrix (5b) sowie der graubraune, humose Löss (5a). Das dunkle Band (3) an der Oberkante der Messlatte entspricht einer schwachen interstadialen Bodenbildung. Sie wird überdeckt von den gelben jungwürmzeitlichen Lössen (2) und einem rötlich-braunen, modernen Kolluvium (1). – Länge der Messlatte: 2 Meter. – Foto: Philippe Rentzel.



Das betreffende Areal weist einen durchschnittlichen Neigungswinkel von 8° auf und geht oberhalb von 315.00 m ü. M. in eine erneute Hangverflachung über (Abb. 12). Alte Hohlwege und breite Muldentäler mit Schwemmkegeln am Talausgang sind typische Hinweise auf ein Substrat, das aus Löss und Lösslehm besteht³⁹. Diese Lössdeckschichten erreichen in den hangseitigen Baugruben-Aufschlüssen der Gehrhalde eine Mächtigkeit von maximal 5,2 Metern und überlagern den Schotterkörper der Hochterrasse, der in der Gegend eine Gesamtmächtigkeit von rund 16 Metern erreichen kann⁴⁰. An der Gehrhalde zeichnet sich die Hochterrasse durch eine unruhige, erodierte Oberfläche aus: Die Schotter stehen im westlichen Teil der Baugrube auf knapp 301.00 m ü. M. an und fallen gegen Osten auf einer Strecke von 30 Metern um rund 2 Meter ab (Abb. 13, Schicht 6). In dieser Mulde sind die Lössablagerungen (Schichten 2–5) entsprechend mächtiger. Damit wird auch klar, dass der östlich an die Gehrhalde anschließende

Abb. 15 Riehen, Ludwig-Courvoisier-Strasse (1999/45). In Kunstharz eingegossene Bodenprobe M5 aus dem obersten Bereich der verwitterten Hochterrassenschotter (6). Stark zersetzte und teils auch deformierte Granitgerölle (siehe Basis der Probe) mit braun-rötlicher, siltig-toniger Matrix. Die Schrägschichtung und Einregelung zeigt, dass der Paläoboden in diesem obersten Abschnitt hangabwärts verlagert wurde. – Höhe des Anschliffes: 24 Zentimeter. – Foto: Philippe Saurbeck.



Tiefe	Profil	Schichtbeschreibung	Mikromorphologie	Interpretation
305.00		1 Rötlich-brauner, kalkfreier, lehmiger Silt. Heterogen zusammengesetzt, mit Brocken von verwittertem Löss und Lösslehm. Durchwurzelt.	-	Kolluvium aus Löss mit aktuellem Humushorizont.
304.00		2 Hellgelber, ungeschichteter, homogener Grobsilt, kalkhaltig. Mit Molluskenschalen und Kalkausfällungen. Erosive Obergrenze.	Karbonatischer Löss mit lamellarer Mikrostruktur. Mangan- und Eisenausfällungen. Leicht bioturbiert, Kalkausfällungen entlang Wurzelbahnen.	Löss mit fossilen Frostspuren. Jüngere pedogene Kalkausfällungen und moderne Bioturbation.
OSL 7 OSL 1		3 Wechselagerung aus 3 bis 10 cm starken Bändern aus hellbraunem und grauem Silt. Durchsetzt mit verwittertem Feinkies. Kalkhaltige Matrix mit Eisenausfällungen. Molluskenschalen. Hangparalleles Schichtgefälle.	Feingeschichteter kalkhaltiger Löss, stellenweise mit oxidierter, leicht humöser Matrix. Isolierte Fragmente des Bt-Horizontes aus Schottern. Eingeregelte Molluskenschalen und Regenwurmkalzit. Komplexe, teils auch lamellare Mikrostruktur.	Humöser Löss mit Kies, verlagert. Fossile Frostspuren.
OSL 6 ESR		5a 		
302.70 302.45		5b Geschichteter, hellbrauner Silt mit hohem Anteil an verwittertem und frischem Kies. Leicht kalkhaltige Matrix. Deutliche Ober- und Untergrenzen.	Kalkfreier Lösslehm mit zersetztem Kies der Hochterrasse. Fliessgefüge mit massiver Mikrostruktur, sekundäre Kalkausfällungen, Eisen- und Manganimpregnationen. Regenwurmkalzit, wenige Holzkohlen.	Verlagerter Paläoboden aus Schottern, mit verwittertem Löss (Bt-Horizont) durchsetzt. Solifluktion. Hydromorph überprägt.
301.60 301.30		6 		
300.80				
299.50			Sandiger Kies mit orangebrauner, leicht toniger Matrix. Kalkfrei. Geschichtet bis 300.80 m. Geröllspektrum mit hohem Anteil an Schwarzwaldkristallin, stark zersetzt und vergrust, teilweise mit Eisen- und Manganüberzügen. Bohrung ab 300.75 m ü.M.	Heterogenes Gemisch aus stark oxidiertem Kies, abgerundeten Tonaggregaten (aus dem Bt-Horizont der Schotter), kalkfreiem Lösslehm und wenig Löss. Kanäle und Kammern, massive Mikrostruktur. Kalkausfällungen in der Matrix.

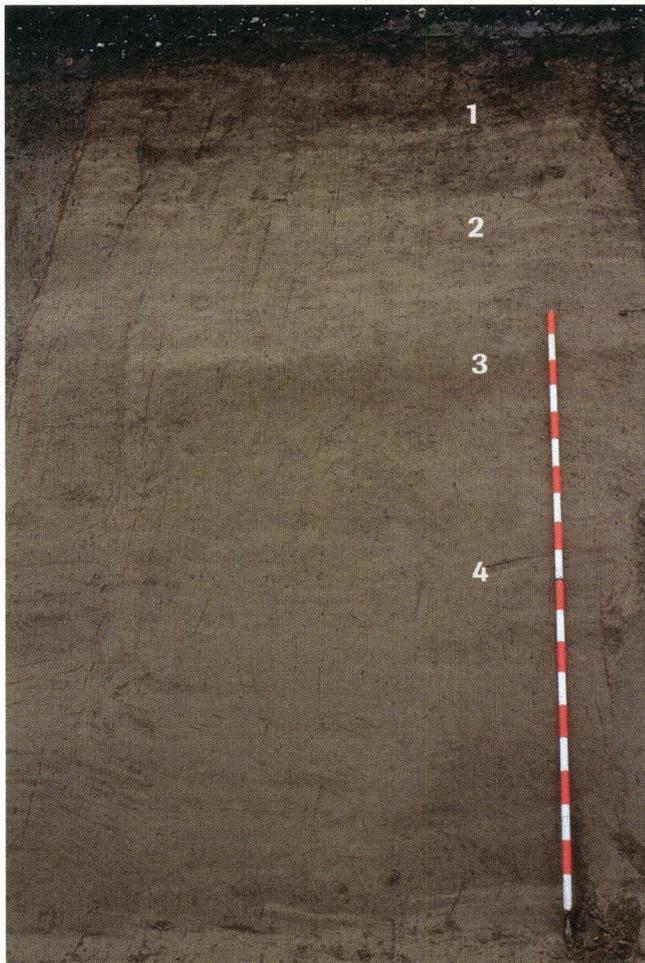
Abb. 16 Riehen, Ludwig-Courvoisier-Strasse (1999/45). Resultate der mikromorphologischen Untersuchungen an Profil P3. Proben für Mikromorphologie: M4, M5, M9. Proben für physikalische Datierungen: OSL 1, OSL 6, OSL 7, ESR. – Umzeichnung: Christian Bing.

Taleinschnitt eine alte geomorphologische Struktur darstellt, welche noch vor der Ablagerung der Lössdeckschichten entstand.

Mit dem Fund eines archaisch wirkenden Geröllartefaktes in den Lössen, die zwischen einem Meter und 5,2 Metern unter der modernen Geländeoberfläche anstehen, stellten sich Fragen nach der stratigraphischen und chronologischen Einordnung des Profilaufschlusses. Aus diesem Grund wurden Feldaufnahmen an den Baugrubenwänden und ergänzend dazu Bohrungen durchgeführt. Nach der Reinigung und Dokumentation der Profile im Winter 1999/2000 wurden verschiedene Proben für sedimentologische, geochemische, mikromorphologische und malakologische Analysen entnommen⁴¹. Hinzu kamen noch Proben für ESR- und Lumineszenz-Datierungen, die freundlicherweise von Ulrich Radtke und Alexandra Hilgers, Universität Köln, bearbeitet wurden (vgl. 4.1 und 4.2).

Die geochemischen und granulometrischen Analysen wurden von Beatrix Ritter ausgeführt⁴².

Abb. 17 Riehen, Ludwig-Courvoisier-Strasse (1999/45). Feldansicht von Profil P1. Unter einem braunen Kolluvium (1) liegt ein oberes Paket aus gelben, homogenen Lössen (2). Darunter zeigt sich eine interstadiale Bodenbildung in Form eines braunen, 15 Zentimeter mächtigen Bandes aus schwach verwittertem, humosem Löss (3). Die unteren 1,7 Meter zeigen einen Teil des Lösses der Schicht 4.– Länge der Messlatte: 2 Meter. – Foto: Philippe Rentzel.



Im Hinblick auf die mikromorphologischen Untersuchungen wurden die orientiert entnommenen Sedimentproben mit Hilfe eines dünnflüssigen Epoxydharzes unter Vakuum eingegossen und zu polierten Anschliffen sowie Bodendünnschliffen verarbeitet⁴³. Letztere wurden von Thomas Beckmann, Braunschweig, hergestellt, der uns auch alle seine Dünnschliffe des Lössprofils von Allschwil zu Vergleichszwecken zur Verfügung stellte⁴⁴.

3.4 Stratigraphie und Mikromorphologie

3.4.1 Hochterrasse (Schicht 6)

Die Basis der westlichen Baugrube erfasst in einer Tiefe von 3,7 Metern den obersten Bereich der Hochterrassenschotter (Abb. 14). Dabei handelt es sich um fluviale Ablagerungen der Wiese mit einem für Schwarzwald und Dinkelberg typischen Gesteinsspektrum. Besonders auffällig ist der hohe Verwitterungsgrad von Schicht 6, was auf eine intensive warmzeitliche Bodenbildung hindeutet. Die Gerölle sind in diesem Paläoboden im Allgemeinen stark zersetzt und zeigen braunschwarze Umkrustungen aus Eisen sowie Mangan; die kalkfreie Matrix besteht aus braun-rötlicher Tonsubstanz⁴⁵. Aufgrund der Bohrungen ist bekannt, dass diese Verwitterungszone mindestens 1,8 Meter mächtig ist. Sie lässt sich in zwei übereinanderliegende Abschnitte gliedern, wobei der obere, rund 50 Zentimeter mächtige Bereich ein hangparalleles Gefälle zeigt. Eine in Kunstharz eingegossene Bodenprobe lässt die deutliche Schrägschichtung und Einregelung des Kieses erkennen (Abb. 15): Kristalline Gerölle, vorab Schwarzwaldgranite, die stellenweise komplett vergrust und deformiert sind, zeigen eine schiefe Ausrichtung. Sie sind umgeben von einer hellbraunen bis orangen, siltig-tonigen Matrix mit Beteiligung von Löss, dessen Anteil nach oben zunimmt.

In den Dünnschliffen (Abb. 20, a,b) zeigt sich die komplexe Zusammensetzung der obersten Zone von Schicht 6, die hier aus einem Gemisch von drei Sedimenttypen besteht. Nachgewiesen sind:

- Bodenfragmente einer Parabraunerde aus Schottern der Hochterrasse
- Reste einer Parabraunerde aus Löss in Form von kalkfreiem Lösslehm
- Bereiche mit unverwittertem Löss.

Damit wird klar, dass dieser Paläoboden in seinem 0,5 Meter messenden obersten Abschnitt verlagert ist und daher als Pedosediment vorliegt. Abtrag, Verlagerung und Vermischung der Bodenhorizonte gehen auf Solifluktion (Bodenfließen) zurück, wobei der allgemein schwache Fragmentierungsgrad der Tonbeläge und der konservierte Granitgrus für einen eher geringen Umlagerungsbetrag sprechen.

3.4.2 Verlagerungszone im Löss (Schicht 5)

Die Lössdeckschichten beginnen an der Basis mit der gut 0,3 Meter mächtigen Schicht 5b aus Lösslehm mit verlagertem

Tiefe	Profil	Schichtbeschreibung	Mikromorphologie	Interpretation	
304.65		Kies und Teer.	-	Moderne Aufschüttung.	
304.20		Dunkelbrauner, lehmiger Silt, kalkfrei. Krümelig. Modern gekappt, deutliche Untergrenze.	-	Kolluvium aus Löss.	
304.00		1	Gelber, schwach lehmiger Silt. Bioturbiert, schwach kalkhaltig. Diffuse Untergrenze.	-	Löss , schwach verwittert (Cv-Horizont).
303.50		2a	Hellgelber, homogener Grobsilt, kalkhaltig. Vereinzelte Kalkausfällungen, Molluskenschalen.	-	Löss .
302.80		2b	Hellbrauner, kalkhaltiger Grobsilt mit Molluskenschalen. Als Band mit diffusen Ober- und Untergrenzen ausgebildet.	Kalkhaltiger Löss mit schwach oxidierten Komponenten, bioturbiert und schwach humös, Regenwurmkalzit. Feine Eisen- und Manganausfällungen, Kalkausfällungen entlang Wurzelbahnen.	Löss, schwach verwittert. Interstadiale Bodenbildung.
302.65		3	Gelbbrauner, homogener Grobsilt mit Molluskenschalen. Vereinzelte Eisen- und Manganausfällungen. Kalkhaltig. Bohrung ab 301.07 m ü. M.	Kalkhaltiger Löss, unverwittert, Einzelkorngefüge, Porosität um 15%, Kalkausfällungen entlang Wurzelbahnen.	Löss .
299.75		4	Hellbrauner Grobsilt, kalkhaltig.	-	Löss, verlagert ?
299.20		5a	Hellbrauner Grobsilt mit verwitterten Kieskomponenten. Kalkhaltige Matrix. Deutliche Untergrenze.	-	Löss, verlagert.
299.00		5b	Sandiger Schotter mit braun-rötlicher, schwach toniger Matrix, kalkfrei. Gerölle stark verwittert.	-	Paläoboden , verwitterte Schotter der Wiese.
298.70		6			

Abb. 18 Riehen, Ludwig-Courvoisier-Strasse (1999/45). Resultate der mikromorphologischen Untersuchungen an Profil P1. Proben für Mikromorphologie: M2, M3. – Umzeichnung: Philippe Rentzel.



Abb. 19 Riehen, Ludwig-Courvoisier-Strasse (1999/45). In Kunstharz eingegossene Bodenprobe M3 aus dem oberen Abschnitt der Lössdeckschichten von Profil P1. In der Bildmitte ist der humose Bodenhorizont (3) als dunkles Band deutlich erkennbar. Er trennt als interstadiale Bodenbildung (Denekamp?) die Lössdeckschichten 2 und 4. – Höhe des Anschliffes: 21 Zentimeter. – Foto: Philippe Saurbeck.

Kies der Hochterrasse. Schichtverlauf, Zusammensetzung und Mikrostruktur lassen eine nahe Verwandtschaft mit dem Pedosediment im obersten Abschnitt der Schicht 6 erkennen. Insbesondere das hier deutlich ausgeprägte Fließgefüge weist Schicht 5b als Solifluktuationsablagerung aus. In den Bodendünnschliffen zeigen sich vereinzelt Holzkohlen und Hinweise auf biotische Aktivität, letztere in Form von Kalzitkugeln (sog. Regenwurmkalzit). Weitere pedogene Merkmale äussern sich in Staunässe-Anzeigern (Eisen- und Mangan-Imprägnationen) sowie in Form von sekundären Kalkausfällungen (Abb. 20, c.d).

Darüber folgt ein gegen 90 Zentimeter starkes Paket aus fein geschichtetem, wechselweise grauem und hellbraunem Löss, der nur wenig Kies führt. Unter dem Mikroskop erkennt man in Schicht 5a ein Gemisch aus humosem und frischem Löss, Schnecken- und Regenwurmkugeln. Von der Genese her handelt es sich um ein Erosionsprodukt aus humosen Lössböden. Eine lamellare Mikrostruktur dokumentiert einen tiefgründig gefrorenen Boden und gibt damit klare Hin-

weise auf kaltzeitliche Klimabedingungen, welche die Schicht nach ihrer Bildung überprägt haben (Abb. 20, e)⁴⁶.

3.4.3 Lössdeckschichten (Schichten 4–2)

Im östlichen Baugrubenprofil P1 sind die reinen Löss oberhalb der beschriebenen Verlagerungszone über 4 Meter mächtig (Abb. 18). Im untersten Bereich steht Schicht 4, ein kalkhaltiger, ungeschichteter Grobsilt mit typischem Einzelkorngefüge an. Korngrößen-Untersuchungen weisen das Sediment als sehr gut sortiert aus, mit einem Median um 30 Mikrometer. Dieser hellgelbe Löss ist unverwittert und zeigt sekundäre Kalkausfällungen entlang ehemaliger Wurzelbahnen (Abb. 20, f).

Darüber folgt mit Schicht 3 ein waagrecht verlaufender, durchschnittlich 20 Zentimeter starker, humoser Bodenhorizont (Abb. 19). Er charakterisiert sich im Dünnschliff durch eine schwache Braunfärbung (Oxidation) und Bioturbation (Abb. 20, g). Aufgrund der mikromorphologischen Merkmale handelt es sich um einen wenig entwickelten, interstadialen Paläoboden. Darüber legen sich die jüngsten Löss (Schicht 2), die noch bis 1,4 Meter mächtig erhalten sind. Sie bestehen aus einem kalkhaltigen, unverwitterten Grobsilt, der fossile Frostspuren in Form einer lamellaren Mikrostruktur aufweist (Abb. 20, h).

3.4.4 Kolluvium (Schicht 1)

Den oberen Abschluss der Schichtenfolge bildet ein kolluvial verlagertes Löss, der mit erosiver Untergrenze auf Schicht 2 aufliegt. Er besteht aus einem Gemisch aus Löss und rötlich-braunem Lösslehm, wobei letzterer vermutlich den verlagerten Rest der spätglazialen und holozänen Bodenbildung darstellt.

3.5 Chronologische Einordnung der Ablagerungen

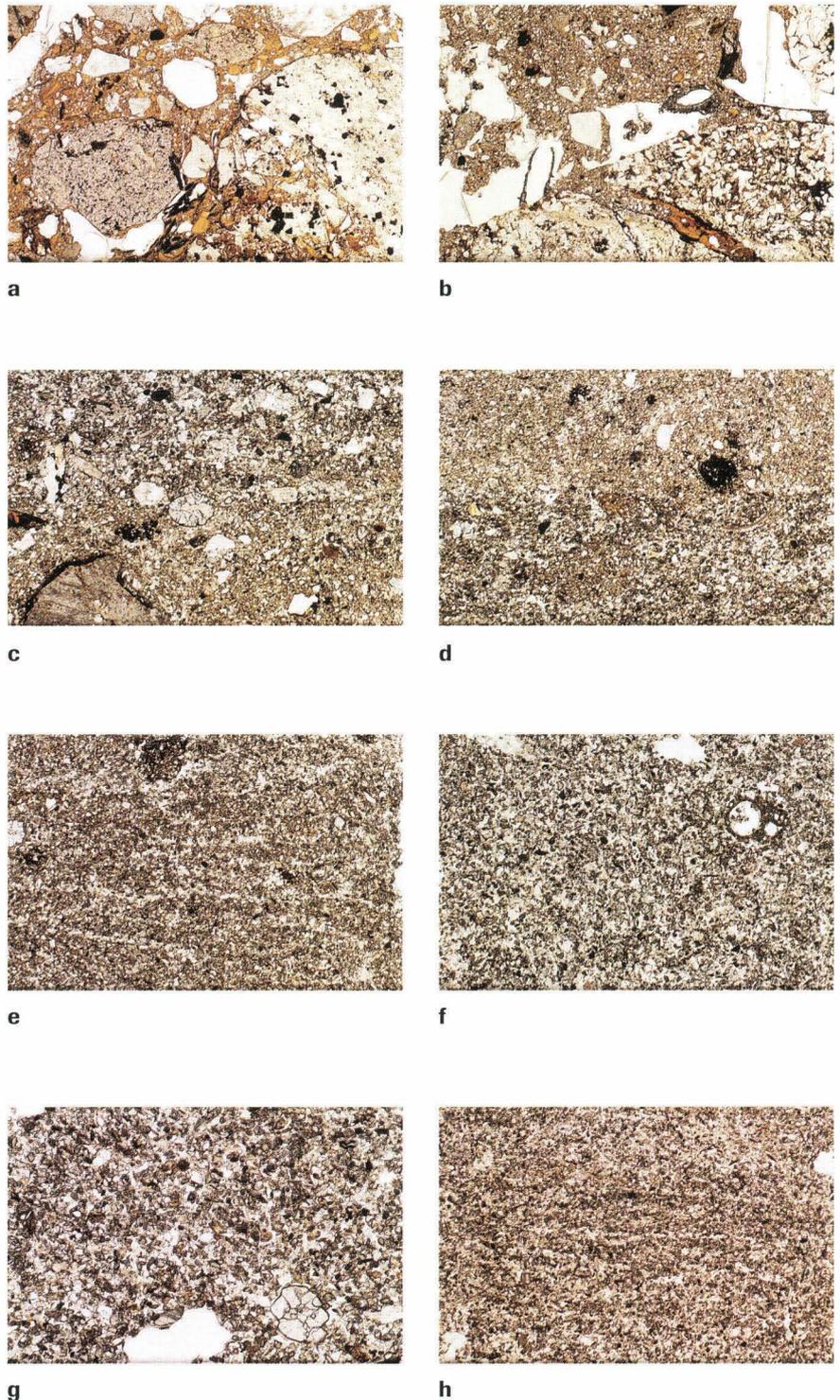
Zur absolut-chronologischen Stellung der Hochterrassenschotter um Basel liegen keine neueren Untersuchungen vor, und ihre immer wieder kolportierte Zuweisung zur «Riss»-Vergletscherung schafft diesbezüglich auch keine Klarheit⁴⁷. Mehr Erfolg verspricht ein Vergleich mit der im Mittelland durch Ch. Schlüchter erarbeiteten Eiszeitenstratigraphie, obschon zur Zeit noch einige Fragen offen sind, v. a. was die Einreihung des komplexen Basler Terrassensystems in dieses revidierte alpine Eiszeitenmodell betrifft⁴⁸. Solche Aspekte sind Gegenstand laufender Untersuchungen.

Wie eingangs ausgeführt, liegen die Hochterrassenschotter stratigraphisch und altimetrisch zwischen dem Höchsten Niederterrassenfeld und dem Jüngeren Deckenschotter. Insofern ist das Alter der Hochterrasse nur sehr grob abzuschätzen, d. h. ihre Entstehung ist zwischen 780000 Jahre BP und der letzten Kaltzeit anzusetzen. Bezieht man sich nun auf die aktuelle Eiszeitengliederung für das Schweizer Mittelland, so ist es sehr wahrscheinlich, dass die Aufschotterung der Hochterrasse nicht im Zusammenhang mit der schwächer ausgeprägten «Vorletzten Vergletscherung» (Isotopenstadium 6) steht, son-

Abb. 20 Riehen, Ludwig-Courvoisier-Strasse (1999/45). Mikroskopische Ansicht des Hochterrassenschotter und der Lössdeckschichten. – Bildbreite jeweils 4,4 Millimeter bzw. 2,2 Millimeter (g). Aufnahmen mit parallelem Polarisationsfilter. – Fotos: Philippe Rentzel.

Legende

- a Verwitterter Hochterrassenschotter, Schicht 6. In der unteren Bildhälfte des Mikrofotos erscheinen verlagerte, stark zersetzte kristalline Gerölle, die in den Hohlräumen gelbe, pedogene Tonbeläge einer intensiven Bodenbildung (Parabraunerde aus Schottern) zeigen. Fragmente solcher Tonbeläge kommen auch im oberen Bildteil innerhalb der Sedimentmatrix vor.
- b Gemisch aus verwittertem Hochterrassenschotter und Lösslehm, Schicht 6. Der untere Teil des Mikrofotos zeigt ein aufgewittertes Geröll mit gelben, orientierten Tonbelägen als Rest einer Parabraunerde aus Schottern. Im oberen Teil erscheint kalkfreier, brauner Lösslehm, als Relikt einer (eemzeitlichen?) Parabraunerde aus Löss.
- c Verlagerungszone, Schicht 5b. Soliflukationsablagerung; Gemisch aus Kies und Sand der Hochterrasse, braunem Lösslehm und Regenwurmkalzit (Zentrum). Staunässe-Anzeiger in Form von braunen Eisenaussämlungen.
- d Verlagerungszone, Schicht 5b. Soliflukationsablagerung, bestehend aus einer Wechsellagerung von Löss mit Molluskenschalen (unten) und oxidiertem Lösslehm (oben).
- e Verlagerungszone, Schicht 5a. Umgelagerte humose Löss (einer frühwürmzeitlichen Humuszone?) mit Frostspuren in Form einer lamellaren Mikrostruktur.
- f Untere Lössdeckschichten, Schicht 4. Unverwitterter, kalkhaltiger Löss mit sekundären Kalkausfällungen.
- g Interstadiale Bodenbildung (Verwitterungszone im Löss), Schicht 3. Kalkhaltiger, leicht humoser Löss mit schwach oxidierten Körnern. Verwitterter Regenwurmkalzit (unten) als Hinweis auf Bioturbation.
- h Obere Lössdeckschichten, Schicht 2 (Jungwürm). Unverwitterter, kalkhaltiger Löss mit lamellarer Mikrostruktur (Frostspuren).



dern mit einer der beiden älteren «Grossen Vergletscherungen» (Isotopenstadium 8 oder älter) zusammenfällt⁴⁹. Letztere sind bekanntlich als starke, bis weit ins Mittelland reichende Eisvorstösse nachgewiesen, deren Schmelzwasserströme zur Bildung der Hochterrasse geführt haben können. Trifft dieses Modell zu, liesse sich daraus ein Minimalalter von 350 000 Jahren für die Bildung der Hochterrassenschotter bei Basel ableiten (Abb. 21).

Wie aber im Folgenden gezeigt werden kann, klafft zwischen den Hochterrassenschottern und der überlagernden würmzeitlichen Lössdecke eine grosse Schichtlücke, die durch Verwitterung und Abtragung bedingt ist: In Riehen-Gehrhalde

ist die Hochterrasse mindestens 1,3 Meter tief verwittert (Schotter-Parabraunerde) und besteht im oberen Teil zusätzlich aus einer 0,5 Meter mächtigen Zone aus zersetzten Schottern und Lösslehm (Löss-Parabraunerde). Den Lösslehm werten wir als Relikt einer vorwürmzeitlichen Lössdecke (die älter ist als 130 000 Jahre) über der Hochterrasse. Das Vorkommen solcher prä-würmzeitlicher Lössreste über den Schottern ist ein weiteres Indiz, dass die Hochterrasse hier älter ist als die vorletzte Vergletscherung. Aus den mikromorphologischen Beobachtungen lässt sich folgern, dass der Hochterrassenschotter mehrfach durch Bodenbildungen und Erosionen überprägt wurde und dass die letzte deutliche Pedogenese in den heute

<i>Lithologie in Riehen</i>	<i>Datierung</i>
1 Kolluvium	Jüngeres Holozän
2 Löss	Jungwürm (18 +/- 3 ka)
3 Löss, verwittert	Jungwürmzeitlicher Boden ? Lohner Boden ?
4 Löss	Mittelwürm
5a Löss humös, verlagert	Frühes Mittelwürm (47 +/- 5 ka)
5b Schotter, verlagert, mit Lösslehm	Frühwürm
6 Hochterrasse, verwittert, mit Lösslehm	Eem-Interglazial und älter (> 110 ka)
Hochterrasse	> 350 ka (?) («Grosse Vergletscherung» ?)

Abb. 21 Riehen, Ludwig-Courvoisier-Strasse (1999/45). *Synthese zur Geologie und chronologische Einstufung der Sedimente.* – Gestaltung: Philippe Rentzel. 1ka = 1000 Jahre.

nur noch als Relikte erhaltenen Lössdeckschichten der Schicht 6 vermutlich mit dem Eem-Interglazial zusammenfällt. Diese Vermutung wird indirekt durch die radiometrischen Datierungen gestützt, die eine würmzeitliche Entstehung der jüngeren Lössschichten erbrachten (vgl. 4.). In diesem Zusammenhang sei erwähnt, dass eemzeitliche Parabraunerden auch aus dem Elsass (F) oder aus Allschwil (BL) bekannt sind⁵⁰.

Die Verlagerung von Schotter und Lösslehm, d. h. die Bildung der Schicht 5b, scheint nach Ausweis der ESR-Datierung noch vor dem Mittelwürm – höchstwahrscheinlich im Frühwürm – stattgefunden zu haben. Entsprechende Erosionsereignisse zu Beginn der Kaltphase führten damit offenbar zur Kappung einer eemzeitlichen Parabraunerde aus Löss über Schottern. Analoge Ereignisse finden sich sowohl in Allschwil (BL) und Alle (JU) als auch in Achenheim (F)⁵¹.

Die in Riehen nachgewiesene Verlagerungszone im humosen Löss der Schicht 5a stellt im Oberrheingebiet ebenfalls ein bekanntes paläopedologisches Phänomen dar⁵². Es handelt sich um die Erosion der im Frühwürm gebildeten humosen Steppenböden aus Löss⁵³. Diese Abtragungsphase lässt sich in Riehen anhand der eingeschlossenen Mollusken auf rund 48000 Jahre datieren und fällt ins Mittelwürm (vgl. 4.2 und Tabelle 1).

Schicht 4 dokumentiert einen massiven Lössauftrag während des Mittelwürms, der dazu führt, dass die bestehende Geländemulde weitgehend aufgefüllt wird. Innerhalb der kaltzeitlichen Lössakkumulation entspricht Schicht 3 einem deutlichen Sedimentationsunterbruch mit Pedogenese. Die Bildungszeit dieses interstadialen Bodens ist nicht genau fassbar, es könnte sich um den Lohner Boden (Denekamp-Interstadial) oder um eine spätere, jungwürmzeitliche Bodenbildung handeln. Auch die Lumineszenz-Datierungen (OSL) erlauben in dieser Frage keine eindeutigen Rückschlüsse (vgl. 4.3 und Tabelle 2). Schicht 2 schliesslich markiert den starken jungwürmzeitlichen Lössauftrag mit den typischen fossilen Frostspuren⁵⁴.

4. Naturwissenschaftliche Datierung der Sedimente

4.1 Elektronenspin-Resonanz-Datierung (ESR)

(Ulrich Radtke)

4.1.1 Material und Methode

Mittels ESR-Spektroskopie werden die paramagnetischen Zentren und Radikale einer zu untersuchenden Probe gemessen. Bei geologischen Proben werden diese durch die kontinuierlich einwirkende natürliche ionisierende Strahlung erzeugt. Die unter natürlichen Bedingungen wirksame Alpha-, Beta-, Gamma- und Kosmische Strahlung überführt Elektronen, die im Grundzustand in einem niedrigeren Energieniveau – dem sogenannten Valenzband – verharren, in das sog. Leitungsband mit einem höheren Energiezustand. Die Elektronen werden an Stellen mit Ladungsdefekten eingefangen und bilden mit diesen paramagnetische Zentren. Mittels der ESR-Spektroskopie (auch EPR genannt: Electron Paramagnetic Resonance) können diese Elektronen nachgewiesen werden; das ESR-Spektrometer zeichnet ein charakteristisches ESR-Signal auf (s. Tabelle 1), dessen Höhe proportional zur Anzahl der eingefangenen Elektronen und somit zur Dosisrate des radioaktiven Feldes und dem Alter der Probe ist – d. h., je höher das Signal, desto älter ist die Probe.

Bei der ESR-Datierung macht man sich die Tatsache zu Nutze, dass die zu untersuchende Probe praktisch ein Dosimeter darstellt, welches beeinflusst wird durch sämtliche radioaktiven Quellen im Umkreis von ca. 30 Zentimetern (der Reichweite dieser Quellen) sowie durch die kosmische Strahlung (in Abhängigkeit von der Lagerungstiefe). Im untersuchten Fall sind die wichtigsten Quellen der natürlichen Radioaktivität die Bestandteile der Uran- und Thorium-Zerfallsreihen (Alpha-, Beta- und Gamma-Strahlung) sowie das Isotop ⁴⁰K (Beta- und Gamma-Strahlung).

Somit berechnet sich ein ESR-Alter nach der Formel: ESR-Alter (a) = D_E (Gray) / D₀ (μGray/a), wobei D_E die gesamte akkumulierte Strahlungsdosis darstellt, welche die Probe seit ihrer Entstehung erhalten hat. Dieser Wert wird über eine additive Bestrahlungstechnik ermittelt, hier mittels einer ⁶⁰Co-Quelle. 15 Aliquots der Probe wurden sukzessive mit der Gamma-Quelle bestrahlt. Die Strahlung bewirkt einen Anstieg der Signale und durch eine exponentielle Extrapolation stellt der Schnittpunkt mit der x-Achse den Wert der Äquivalenzdosis (D_E) dar. Der D₀-Wert (das ist die jährliche Dosisrate) wird über *in situ*-Messung mittels eines portablen Spektrometers oder durch die Bestimmung der Uran-, Thorium- und Kalium-Gehalte des Umgebungsmaterials (externe Dosisrate) und der Probe (interne Dosisrate) bestimmt.

Im vorliegenden Fall erfolgte die Bestimmung der drei ionisierenden Strahlungsarten durch die Uran-, Thorium- und Kalium-Konzentrations-Messung mittels Neutronenaktivierungsanalyse (INAA, Becquerel Laboratories, Sydney, AUS). Die Alpha-Strahlung hat nur eine mittlere Reichweite von ca. 20 μm (Dichte des Materials ca. 2,5 g/cm³); durch die Reinigung der

Probe – ca. 100 µm wurden entfernt – fällt somit die externe Alpha-Strahlung nicht ins Gewicht; demgegenüber müssen die Beta-Strahlung mit ca. 2 Millimetern Reichweite und die Gamma-Strahlung (Reichweite ca. 30 Zentimeter) berücksichtigt werden. Für die Bestimmung der internen Dosisrate ist bei Mollusken im Wesentlichen der Uran-Gehalt (hier 1,15 ppm) ausschlaggebend, d. h. es müssen alle drei Strahlungsarten eingerechnet werden. Der D_0 -Wert wird in µGy/a (Gy = Gray; 1 Gy = 1 J/kg) angegeben (s. Tabelle 1). Bei der Bestimmung der internen Dosis wurde eine Alpha-Effektivität von 0,1 zugrunde gelegt⁵⁵, denn ein Alpha-Teilchen bildet quasi einen «Tunnel», dem entlang die Ionisationsrate alle verfügbaren Fehlstellen mit Elektronen absättigt, d. h. im Gegensatz zur Beta- und Gamma-Strahlung wird ein Grossteil der Elektronen nicht eingefangen; dies bedeutet, dass die ESR-Intensität durch eine Alpha-Dosis geringer sein muss als durch eine äquivalente Beta- oder Gamma-Dosis. Die Bestimmung der sog. Alpha-Effektivität (k-Faktor) ist nicht unproblematisch und sehr aufwändig; sie kann somit nicht bei jeder Probe einzeln durchgeführt werden und man ist gehalten, mit Erfahrungswerten zu arbeiten. Dieser Wert liegt bei Korallen beispielsweise bei 0,05–0,06, bei Mollusken im Bereich um 0,1.

Zwei weitere Faktoren sind zur Bestimmung der jährlichen Dosisrate D_0 noch von Bedeutung: die Lagerungstiefe und der Wassergehalt des Sedimentes. Die Lagerungstiefe hat Einfluss auf die Abschwächung der kosmischen Dosisrate, die an der Erdoberfläche durchschnittlich ca. 300 µGy/a beträgt und mit der Tiefe schnell abnimmt (pro 1 m Tiefe ca. 180 µGy/a). Da sich aufgrund sedimentologischer Prozesse (wie z. B. Erosion oder Akkumulation) die Morphologie eines Gebietes ändern kann und somit auch die jeweilige Lagerungstiefe beeinflusst wird, wurden für die untersuchte Probe zwei alternative Alter für jeweils 3 bzw. 5 Meter Lagerungstiefe berechnet – die Altersdifferenz liegt im vorliegenden Fall aber nur bei ca. 2% und ist somit für die Interpretation nicht ausschlaggebend.

Zudem muss berücksichtigt werden, dass man zwar den aktuellen Wassergehalt des Sedimentes messen kann, die

Kenntnis der paläohydrologischen Bedingungen aber sehr unvollkommen ist. Da ein erhöhter Wassergehalt zur Abschwächung der externen Dosisrate führt, bedingt ein zu hoch angesetzter Wassergehalt eine Alterserhöhung, ein zu niedriger Wert eine Verjüngung. Da eine Rekonstruktion des Paläo-Wassergehaltes im konkreten Fall nicht möglich ist, wurden Alter für einen 15%igen und einen 25%igen Wassergehalt berechnet. Die dabei resultierende Differenz von ca. 5 000 Jahren ist schon beträchtlich, berührt aber die grundsätzliche chronostratigraphische Interpretation des ermittelten Alters nicht.

Weiter wurden zwei Varianten in Bezug auf das Alter ermittelt, welche sich aus der Wanddicke der untersuchten Mollusken ergeben. Wie oben erwähnt, spielt die Wanddicke bei den Auswirkungen der externen Dosisrate, insbesondere bei der Alpha- und der Beta-Strahlung, eine nicht zu unterschätzende Rolle. Da es sich um Mischproben mit unterschiedlichen Wandstärken handelte, wurden jeweils für eine Wandstärke von einem Millimeter (minus 0,1 mm durch Säuberung) und eine Stärke von 0,5 Millimetern (minus 0,1 mm) Alter errechnet, die um ca. 5 000 Jahre differieren.

Ebenso muss noch darauf hingewiesen werden, dass die Altersbestimmung unter der Annahme geschah, die Uran-Aufnahme sei in der Schnecke direkt nach der Deposition erfolgt («Early U-uptake model»). Hätte es sich um eine kontinuierliche Aufnahme gehandelt, würde es dann bei Zugrundelegung des «Linear U-uptake models» (ESR-Programm DATA 7, R. Grün, Canberra) zu einer Alterserhöhung von ca. 5 bis 6 000 Jahren kommen. Bisherige Untersuchungen haben aber gezeigt⁵⁶, dass die Uran-Aufnahme bei Mollusken schon in den ersten Jahrhunderten nach der Ablagerung abgeschlossen ist.

4.1.2 Ergebnisse

Obwohl die ESR-Methode bei der Datierung von marinen Mollusken mittlerweile sehr erfolgreich ist⁵⁷, soll noch darauf hingewiesen werden, dass hinsichtlich der Datierung terrestrischer Gastropoden kaum Erfahrungen bestehen. Aus diesem

Tabelle 1 Riehen, Ludwig-Courvoisier-Strasse (1999/45). Ergebnisse der Neutronenaktivierungs-Analyse (nach INAA, Becquerel Laboratories, Sydney, AUS) der Probe 1999/45/Mol 1a (Labor-Nr. Köln: K-4061). – Umsetzung: Ulrich Radtke.

D_E = gesamte akkumulierte Strahlungsdosis.
 D_0 = Dosisleistung gesamt (intern + extern).

Gemessene Werte					Modellierte Werte				
Uran (int./ppm)	Uran (ext./ppm)	Thorium (ext./ppm)	Kalium (ext./%)	D_E (Gy)	Wasser (%)	Dicke (mm)	Tiefe (m u.F.)	D_0 (µGy/a)	ESR-Modell- alter (a)
1,15±0,1	2,55±0,2	8,78±0,9	0,81±0,8	63,69±1,88					
					15	1,00	5	1305±124	48'820±4'860
					15	1,00	3	1333±125	47'744±4'690
					15	0,50	5	1463±161	43'560±4'960
					15	0,50	3	1492±162	42'700±4'800
					25	0,50	3	1341±150	47'480±5'490
					25	1,00	3	1208±120	52'710±5'460
					25	1,00	5	1178±182	54'100±8'510

Grund darf die Einzeldatierung der Probe aus Riehen nicht überbewertet werden. Hinzu kommt der Umstand, dass für bestimmte Parameter im vorliegenden Fall nur eine grobe Abschätzung möglich war.

Unter Berücksichtigung der verschiedenen Annahmen hinsichtlich Wassergehalt, Lagerungstiefe und Wandstärke der Mollusken ergibt sich ein Ablagerungszeitpunkt, der wahrscheinlich vor ca. 48 000 Jahren lag.

Die Fehlerbreite hierbei ist abhängig von der Betrachtung: Der Fehler der sog. «precision», bei dem eine Gauss-Verteilung zugrundegelegt wird, liegt bei ca. ± 4 bis 5%. Hinsichtlich der für die Interpretation wichtigen «accuracy» müssen aber die oben diskutierten Parameter (Wassergehalt etc.) berücksichtigt werden. Wenn die maximalen Einzelfehler kumuliert werden, ergibt sich ein Fehlerbereich von ca. ± 10 bis 15%. In Tabelle 1 sind die ESR-Alter für unterschiedliche Parameter-Kombinationen berechnet, um die potentielle Schwankungsbreite zu demonstrieren. Die Kombination: geringe Wandstärke, geringer Wassergehalt und geringe Lagerungstiefe ergibt somit ein – theoretisches – Minimalalter von ca. 42 700 Jahren, die oberen Werte ergeben ein – theoretisches – Maximalalter von 54 100 Jahren.

4.2 Optisch Stimulierte Lumineszenz-Datierung (OSL)

(Alexandra Hilgers)

4.2.1 Material und Methode

Zur chronostratigraphischen Einordnung der im Profil Riehen-Gehrhalde aufgeschlossenen Sedimente wurden drei Proben für Lumineszenzdatierungen entnommen (siehe Abb. 16). Mittels optisch stimulierter Lumineszenz (OSL) kann der Zeitpunkt der letzten Sonnenlichtexposition von Mineralkörnern und damit die letzte Verlagerung eines Sedimentes ermittelt werden. Das Lumineszenzalter errechnet sich dabei aus dem Quotienten der Paläodosis (D_e) und der Dosisleistung (D_0). Dabei ist die Paläodosis ein Mass für die im Mineralkorn seit der letzten Belichtung akkumulierte Strahlendosis; die Dosisleistung gibt die natürliche ionisierende Strahlung im Sediment an. Quellen natürlicher Radioaktivität sind im Wesentlichen die Radionuklide ^{232}Th , ^{238}U , ^{235}U und deren Zerfallsprodukte sowie ^{40}K und ^{87}Rb . Zu einem geringeren Anteil trägt die kosmische Strahlung zur Dosisleistung bei. Die Wirkung der kosmischen Strahlung auf ein Sediment ist abhängig von der Breiten-

und Höhenlage des Standortes und der Mächtigkeit des überlagernden Sedimentpakets.

Zur Bestimmung der Paläodosis wurden die Sedimentproben unter gedämpftem Rotlicht aufbereitet. Nach der Trocknung und anschließenden Siebung wurden die Proben mit Salzsäure, Wasserstoffperoxid und Natrium-Oxalat versetzt, um vorhandene Karbonate und organisches Material zu entfernen und Tonaggregate zu dispergieren. Die Korngrößenfraktionierung zur Anreicherung der Datierungsfraktion (4 bis 11 μm) erfolgte durch mehrmaliges Schlämmen in Atterberg-Zylindern. Zur Herstellung der Teilproben (Aliquots) wurden Aluminium-Plättchen mit einem Durchmesser von einem Zentimeter und einer Materialstärke von 0,5 Millimetern verwendet. Das Probenmaterial (je Aliquot ca. 3 mg) wurde in Suspension (Aceton) auf die Probenträger aufpipettiert.

Es wurden verschiedene Verfahren zur Bestimmung der Paläodosis angewandt: neben der Multiple-Aliquot-Technik (Additives Verfahren, MAA) auch die Single-Aliquot-Technik (Regeneratives Verfahren, SAR)⁵⁸.

Sowohl bei den MAA- als auch bei den SAR-Messungen nach dem von H.M. Roberts und A.G. Wintle⁵⁹ beschriebenen Messprotokoll traten methodische Probleme auf, so dass mit diesen Verfahren keine für eine gesicherte Datierung geeigneten Resultate erzielt werden konnten.

Es muss darauf hingewiesen werden, dass sich die Anwendung des Single-Aliquot-Messverfahrens für polymineralische Feinkornproben noch in einem sehr experimentellen Stadium befindet. Anders als bei der in den letzten Jahren breite Anwendung findenden Single-Aliquot-Datierung von Quarzen in der Sandkornfraktion⁶⁰, wurden bislang nur wenige Erfahrungen mit Feinkornproben beschrieben⁶¹. Der experimentelle Charakter der im Folgenden vorgestellten Ergebnisse muss deshalb unterstrichen werden. Allerdings bietet das SAR-Protokoll Möglichkeiten einer differenzierten und im Vergleich zum MAA-Verfahren praktikableren Untersuchung verschiedener Lumineszenz-Eigenschaften des Probenmaterials (z. B. Sensitivitätsänderungen).

Bei einer SAR-Messung zur Bestimmung der Paläodosis werden einzelne Aliquots nach Messung der natürlichen Lumineszenz (und der damit verbundenen künstlichen Nullstellung des Signals) wiederholt radioaktiv bestrahlt, vorgeheizt und optisch stimuliert. Durch die wiederholten Bestrahlungs- und Messzyklen ist es möglich, für jedes einzelne Aliquot eine eigene Dosis-Signal-Wachstumskurve zu erstellen.

Tabelle 2 Riehen, Ludwig-Courvoisier-Strasse (1999/45). Ergebnisse der Neutronenaktivierungsanalyse (NAA), ermittelte Dosisleistungen (D_0), Paläodosiswerte (D_e) und resultierende OSL-Modellalter. – Umsetzung: Alexandra Hilgers.

¹ berechnet für eine Entnahmetiefe von 1,5 m und einen Wassergehalt von 15 Gew.-%.

² gewichtete Mittelwerte (Anzahl der gemessenen Teilproben = 5).

OSL-Probe	Labor-Nr.	Uran (ppm)	Thorium (ppm)	Kalium (%)	D_0 ¹ (Gy/ka)	D_e ² (Gy)	OSL-Alter (Jahre vor heute)
OSL1	C-L1041	2,56 \pm 0,13	8,93 \pm 0,45	0,87 \pm 0,04	2,86 \pm 0,42	56,1 \pm 4,7	19'600 \pm 3'300
OSL6	C-L1042	2,50 \pm 0,13	8,82 \pm 0,44	1,00 \pm 0,05	2,94 \pm 0,41	52,7 \pm 4,3	17'900 \pm 2'900
OSL7	C-L1043	2,38 \pm 0,12	8,51 \pm 0,43	1,05 \pm 0,05	2,91 \pm 0,40	50,9 \pm 4,2	17'500 \pm 2'800

Im weiteren Verlauf der Arbeiten stellte die Anwendung eines Single-Aliquot-Verfahrens mit veränderten Messparametern (SAR-2-Protokoll) den Versuch dar, trotz der beim MAA- und dem bislang verwendeten SAR-Verfahren (im folgenden SAR-1-Protokoll genannt)⁶² aufgetretenen Probleme eine Datierung des Probenmaterials zu ermöglichen⁶³.

Eine entscheidende Variation im neuen Protokoll ist die Verlagerung des Detektionsbereichs vom UV- in den blau-violetten Spektralbereich, in dem Feldspäte, die das Lumineszenzsignal in polymineralischen Feinkornproben dominieren, ihre für die Datierung stabilste Emission haben. Weiterhin wurde nur im Infrarotbereich stimuliert und die Ausleuchtzeiten auf 500 Sekunden verlängert.

Eines der Hauptprobleme der SAR-1-Messungen war das Auftreten von erhöhten «Recuperation»-Effekten («Signal-erholung») von bis zu 20 % der natürlichen Signalintensitäten⁶⁴. Dieser Effekt führt zu einer Altersunterbestimmung, deren Ausmass schwer quantifizierbar ist. Durch Anwendung des SAR-2-Protokolls konnte die «Signal-erholung» deutlich vermindert werden; mit durchschnittlich 4 bis 5 % ist ein Einfluss auf das resultierende Alter gering. Die Messungen wiesen auch eine deutlich bessere Reproduzierbarkeit auf als die nach dem SAR-1-Verfahren durchgeführten Analysen.

Für alle nach dem SAR-2-Protokoll gemessenen Aliquots wurde die Stabilität der zur Datierung verwendeten Signal- und Komponenten überprüft. Dazu wurden die Aliquots im Anschluss an die SAR-Messung erneut bestrahlt und das resultierende Lumineszenz-Signal gemessen. Insgesamt wurden vier Messzyklen durchgeführt, bei denen jeweils zwischen der Bestrahlung und der Lumineszenzmessung verschieden lange Pausen eingehalten wurden (1 sec., 10 min., 60 min. und 7 Monate). Es zeigte sich keine signifikante Veränderung der Signalintensitäten nach einer Verlängerung der Lagerzeit bis zu 60 Minuten im Anschluss an die Bestrahlung. Die Messung nach einer siebenmonatigen Lagerung ergab keine systematische, deutliche Abnahme der Signalintensitäten. Bei instabilen Signalen wäre mit Zunahme der Lagerungsdauer eine Abnahme der Lumineszenz-Intensitäten zu erwarten gewesen, was sich wiederum in nicht quantifizierbaren Altersunterschätzungen ausdrücken würde.

Insgesamt sind trotz des noch sehr experimentellen Charakters dieser Messserie die erzielten Ergebnisse durchaus positiv zu werten. Es wäre für eine sichere Altersbestimmung der Proben jedoch dringend erforderlich, die Resultate auf eine breitere Datenbasis zu stellen.

Zur Berechnung der Dosisleistung wurden die Radionuklidgehalte im Sediment mittels Neutronen-Aktivierungs-Analyse (NAA) bestimmt (Becquerel Laboratories, Sydney, AUS). Die Ergebnisse sowie die resultierenden OSL-Alter sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Die Dosisleistungswerte und die Lumineszenzalter wurden mit dem Programm «age calculation» (revised vers. 1999) von R. Grün, Canberra, berechnet. In die Dosisleistungsberechnung ging bei allen drei Proben ein abgeschätzter Wassergehalt von 15 Gewichts-% ein. Eine Variation des Wassergehaltes um 50 % würde in einer Verjüngung

bzw. Erhöhung der OSL-Alter um ca. 8 % resultieren, was innerhalb der Fehlerbereiche liegt.

4.2.2 Ergebnisse

Die in Tabelle 2 angegebenen und auf den SAR-2-Messungen beruhenden OSL-Alter sollen im Folgenden hinsichtlich ihrer Relevanz für die chronostratigraphische Gliederung des Profils «Riehen-Gehrhalde» diskutiert werden.

Die Proben OSL₁ und OSL₇ wurden aus Schicht 2 entnommen (vgl. Abb. 16) und datieren die Sedimentation dieser Lössdeckschicht in das Hochglazial (19 600 ± 3 300 bzw. 17 500 ± 2 800 Jahre). Vergleichbare Lumineszenzalter für Löss liegen auch aus der Zentralschweiz vor⁶⁵. Handelt es sich bei dem interstadialen Paläoboden im Liegenden des Lösses um den Lohner Boden, dessen Pedogenese in das Denekamp-Interstadial gestellt wird, so liefern die Proben OSL₁ und OSL₇ chronostratigraphisch konsistente Modellalter.

Probe OSL₆ wurde aus Schicht 5a entnommen, die hier, gestützt auf die ESR-Datierung von Mollusken auf 47 ± 5 ka, als mittelwürmzeitliche Verlagerungszone angesprochen wird. Das ermittelte OSL-Alter der Probe OSL₆ von 17 900 ± 2 900 Jahren datiert das Sedimentationsereignis in das Hochglazial, was im deutlichen Gegensatz zum erwarteten Alter (Mittelwürm) steht. Mittels Lumineszenzdatierung wird hier der Zeitpunkt der letztmaligen Umlagerung bestimmt, wohingegen über die ESR-Methode das tatsächliche Alter der Lössmollusken ermittelt wird.

Zunächst einmal ist davon auszugehen, dass das hier verwendete Messverfahren (SAR-2-Protokoll) in der Lage ist, «realitätsnahe» Modellalter zu liefern (siehe Proben OSL₁ und OSL₇). Für Proben, die aus Verlagerungshorizonten entnommen wurden, wie bei Probe OSL₆ der Fall, kommt es eher zu einer Altersüberschätzung als zu einer Altersunterbestimmung, da aufgrund des Transportmechanismus eine vollständige Nullstellung des Lumineszenz-Signales nicht grundsätzlich gegeben ist. Die Diskrepanz der OSL- und ESR-Modellalter liesse sich in unserem Fall nur unter der Annahme eines Eintrags von jüngerem Löss aus dem Hangenden durch Bioturbation erklären. Eine kontinuierliche Beprobung des Sedimentpaketes könnte gegebenenfalls näheren Aufschluss über den Sedimentationsverlauf geben und die Diskrepanz zwischen OSL- und ESR-Alter einer Klärung näher bringen. Dies ist über die Datierung einer Einzelprobe nicht möglich.

5. Synthese und Zusammenfassung

Im Jahre 1999 wurde aus dem Aushub einer Baugrube in der Flur Gehrhalde in Riehen (BS) ein knapp 13 Zentimeter langer, aus alpinem Metaquarzit gefertigter Chopper geborgen (Abb. 1–5). Der kurz nach dem Auffinden publizierte Datierungsvorschlag ging davon aus, dass das mit grosser Wahrscheinlichkeit aus dem untersten Bereich des rund 5,2 Meter mächtigen Lösspaketes (Abb. 12; Abb. 13) stammende Artefakt mindestens 180 000 Jahre alt sei.

In der Tat lässt sich der Chopper aus Riehen anhand typologischer und technologischer Kriterien einer kleinen Gruppe von gleichartigen Funden aus dem Oberrheingebiet zuweisen (vgl. 2.; Abb. 7 und 8). Für ein hohes Alter spricht auch der Umstand, dass derartige Artefakte im Mittelpaläolithikum nur noch vereinzelt vorkommen und im Jungpaläolithikum kaum mehr vertreten sind. Ebenfalls gesichert ist, dass formal verwandte Geröllgeräte aus dem späten Neolithikum resp. aus der Bronzezeit deutlich stumpfere Schneidkanten besitzen (Abb. 9). Demzufolge bestehen aus archäologischer Sicht kaum Zweifel daran, dass der Chopper aus Riehen in der Tradition der altpaläolithischen Industrien steht.

Die Datierung des Choppers ins Altpaläolithikum stützte sich seinerzeit nicht nur auf archäologische Kriterien, sondern auch auf die damaligen Kenntnisse der geologischen Situation an der Gehrhalde (Abb. 10 und 14). Die erste, für die zeitliche Einordnung massgebliche Feldhypothese ging davon aus, dass die auf dem Hochterrassenschotter liegende, über fünf Meter mächtige Lössdecke während der vorletzten Kaltzeit, d. h. vor rund 180 000 bis 130 000 Jahren abgelagert worden sei.

Die geologische und pedologische Auswertung der Erdproben zeigte nun jedoch, dass die Schichtabfolge an der Gehrhalde wesentlich komplexer ist, als damals vor Ort ersichtlich war (vgl. 3. und Abb. 21). Die mikromorphologischen Untersuchungen ergaben, dass die Ablagerung der Lössdeckschichten nicht direkt im Anschluss an die Bildung der Hochterrasse erfolgte, sondern erst zu einem sehr viel späteren Zeitpunkt. Mit anderen Worten: zwischen der Hochterrasse, die aufgrund der Geomorphologie (Terrassenabfolge) vermutlich im Verlauf der «Grossen Vergletscherungen» (d. h. vor rund 350 000 Jahren) entstand, und der Ablagerung des Lösses zeichnet sich eine grosse, durch Verwitterung und Erosion entstandene Schichtlücke ab.

Aus dem mikromorphologischen Befund geht weiter hervor, dass der obere Teil der Hochterrasse tiefgründig verwittert ist (Schicht 6: Parabraunerde aus Schottern; Abb. 15 und Abb. 20, a). Die oberste, rund 0,5 Meter mächtige Zone dieses Schichtpaketes besteht aus zersetzten Schottern und Lösslehm (Parabraunerde aus Löss; Abb. 20, b). Diese Löss-Parabraunerde stellt das Relikt einer vorwürmzeitlichen, d. h. vor über 130 000 Jahren auf der Hochterrasse abgelagerten Lössdecke dar. Diese Beobachtung belegt, dass die Hochterrassenschotter mehrfach durch Bodenbildungen und Erosionen überprägt wurden. Die letzte Bodenentwicklung in den heute nur noch als Relikte erhaltenen Lössablagerungen (Schicht 6) fällt vermutlich mit dem Eem-Interglazial zusammen.

Im untersten Abschnitt der mächtigen Lössdeckschichten (Schicht 5b) markieren Erosionsereignisse den Beginn einer Kaltphase, die nach Ausweis der ESR-Datierung (Tabelle 1) sehr wahrscheinlich ins Frühwürm gehört. Die Erosion führte zur Kappung der über den Schottern liegenden, vermutlich eemzeitlichen Parabraunerde und zur Bildung der aus verlagertem Schotter und Lösslehm bestehenden Schicht 5b. Nach Aussage der anhaftenden Sedimentreste stammt der Chopper höchstwahrscheinlich aus dieser Schicht (Abb. 14 und 20, c.d).

Der darüberliegende humose Löss (Schicht 5a; Abb. 14 und 20, e) stellt ebenfalls ein bekanntes paläopedologisches Phänomen im Oberrheingebiet dar. Es handelt sich um die Erosion der im Frühwürm gebildeten humosen Steppenböden.

Diese Abtragsphase hat sich nach Aussage der Elektronenspin-Resonanz-Datierung (ESR) an Mollusken (Abb. 21) vor ca. 48 000 +/- 5 000 Jahren ereignet und fällt somit ins Mittelwürm (vgl. 4.1 und Tabelle 1). In einem deutlichen Widerspruch zu diesem Datierungsansatz steht jedoch die Altersbestimmung mittels Optisch Stimulierter Lumineszenz (OSL; vgl. 4.2): die OSL-Analyse der Schicht 5a ergab nämlich ein Alter von lediglich etwa 18 000 Jahren. Bei der Bewertung dieses Ergebnisses ist allerdings zu berücksichtigen, dass mittels OSL der Zeitpunkt der letztmaligen Umlagerung der Sedimente bestimmt wird, während mit Hilfe von ESR das tatsächliche Alter der im Löss eingebetteten Mollusken ermittelt wird. Die Diskrepanz der Datierung mittels OSL und ESR liesse sich allenfalls unter der Annahme eines Eintrags von jüngerem Löss durch Bioturbation oder Erosionsprozesse erklären. Diese Vermutung wäre jedoch durch eine systematische Beprobung der fraglichen Schicht zu verifizieren.

Die darüber liegende Schicht 4 (Abb. 17, 19 und 21, f) repräsentiert vermutlich den mittelwürmzeitlichen Lössauftrag, der die Geländemulde weitgehend ausgeebnet hat.

In Schicht 3 (Abb. 19 und 21, g) zeichnet sich ein Sedimentationsunterbruch innerhalb der kaltzeitlichen Lössakkumulation ab, der zur Bildung eines interstadialen Bodens geführt hat. Es könnte sich dabei um den während des Denekamp-Interstadials entstandenen Lohner Boden oder um eine spätere, jungwürmzeitliche Bodenbildung handeln. Schicht 2 wieder spiegelt schliesslich den mächtigen Lössauftrag während des Jungwürms (Abb. 19 und 21, h).

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die geologisch-pedologischen Untersuchungen sowie die naturwissenschaftlichen Altersbestimmungen nicht alle Imponderabilien, welche mit der Datierung des Choppers aus Riehen in das Altpaläolithikum verknüpft sind, ausräumen konnten. Dies ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass der Chopper nicht *in situ* gefunden wurde und nicht mit anderen Funden vergesellschaftet war. Er dürfte zudem aus einem Bereich der Stratigraphie stammen, der durch Verwitterungs- und Erosionsereignisse überprägt worden ist. Letztere führten im Frühwürm zur Kappung der über den Hochterrassenschottern liegenden (eemzeitlichen?) Parabraunerde und zur Bildung der aus verlagertem Schotter und Lösslehm bestehenden Schicht 5b, aus welcher der Chopper höchstwahrscheinlich stammt (Abb. 14 und 20, c.d).

Offen bleibt auch, ob das Artefakt ursprünglich in Schicht 6, die im obersten Abschnitt nachweislich älter als 130 000 Jahre ist, eingebettet war. Demzufolge könnte das Artefakt im Frühwürm erodiert und anschliessend in die Schicht 5b eingelagert worden sein. Plausibel scheint diese Annahme auch deswegen, weil sich im unteren Abschnitt der Lössdeckschichten verlagertes Kies aus der mittelpleistozänen Hochterrasse fand.

Angesichts des guten Erhaltungszustandes des Choppers kann aber nicht à priori ausgeschlossen werden, dass das Artefakt erst während der Bildung der frühwürmzeitlichen Schicht 5b verloren ging. Gegen diese Annahme spricht jedoch, dass derartige Artefakte im Mittelpaläolithikum bereits ausgesprochen selten sind.

Summary

In 1999, a chopper almost 13 centimeter long made of alpine metaquartzite was recovered from the excavated material of a construction site in the «Gehrhalde», Riehen, Canton of Basle (figs. 1–5). The suggested date, published shortly after its discovery, was based upon the assumption that the artifact most probably stemmed from the bottom of a practically 5.2 meter high loess sequence, (fig. 12; fig. 13) was at least 180 000 years old.

Based on typological and technological criteria, the chopper from Riehen can in fact be allocated to a small group of similar finds from the Upper Rhine region (see chap. 2; fig. 7; fig. 8). The fact that such artifacts are already rare in the Middle Paleolithic and hardly represented at all in the Upper Paleolithic also makes a case for its great age. Furthermore, it is certain that the cutting edges of formally related pebble tools dating from the late Neolithic or the Bronze Age are much blunter (fig. 9). Accordingly, from an archeological point of view, there is hardly a doubt that the chopper from Riehen belongs to the tradition of Lower Paleolithic industries.

The dating of the chopper in the Lower Paleolithic was founded not only on archeological criteria but was also based on the geological situation of the «Gehrhalde» (fig. 10; fig. 14). The first field hypothesis that was relevant for the chronological integration was based on the assumption that the loess deposits lying on the «Hochterrasse» were accumulated during the second to last cold period, i.e. between 180 000 to 130 000 years ago (Isotope stage 6).

The geological and pedological analysis of the soil samples however showed that the origin of the stratigraphic sequence in «Gehrhalde» was considerably more complex than was obvious from observation on site at the time (see chap. 3, fig. 18; fig. 21). The micromorphological analyses demonstrated that the deposition of the loess sequence did not occur immediately after the formation of the «Hochterrasse» but much later. In other words: Between the top of the «Hochterrasse» (350 000 years, accumulated during the «Super-Maximum Glaciations»?) and the deposition of the loess there is a large hiatus due to the weathering conditions and erosion.

Furthermore the micromorphological findings show that the upper part of the «Hochterrasse» was profoundly weathered (level 6: argillic brown earth developed on gravel; fig. 15; fig. 20, a). The upper-most, about 0.5-meter high part of this level is composed of weathered gravel and loess loam (argillic brown earth developed on loess: fig. 20, b). These fragments of Bt-horizon represent the relic of a pre-Wuermien loess deposit,

i.e. loess deposited on the «Hochterrasse» over 130 000 years ago and provides evidence that the «Hochterrasse» gravel was repeatedly subject to pedogenesis and erosion. The last pedogenesis, which at present is conserved only as relics (loess loam in level 6), probably occurred in the Eemien interglacial period.

In the lowest most segment of the considerable loess sequence (level 5b) erosion incidents mark the beginning of a cold-phase which according to ESR dating (table 1) most probably belongs to the Early Wuermien period. Erosion led to the truncation of the Bt-horizon from the Eemien period (?) and to the formation of level 5b from reworked gravel and loess loam. The sediment residues, which adhered to the chopper, indicate that it most probably stems from this level (fig. 14; fig. 20, c)

The formation of the above-lying humiferous loess (level 5a; fig. 14; fig. 20, d) also represents a pedological phenomenon well known in the Upper Rhine region. It is a result of the erosion of the humiferous steppe soils formed during the Early Wuerm.

According to Electron Spin Resonance Dating (ESR) on mollusks (fig. 21) this period of erosion occurred about 48 000 +/- 5 000 years ago, which corresponds to the Middle Wuerm (see chap. 4.1 and table 1). However, the dating result obtained with Optically Stimulated Luminescence (OSL; see chap. 4.2) stands in clear contradiction to this result. The OSL analysis resulted in an age of only about 18 000 years for level 5a. In order to assess this result it is necessary to bear in mind that OSL indicates the time at which the sediments were last reworked whereas ESR specifies the age of the mollusks in the loess. The discrepancy between the datings obtained by the OSL and ESR methods could possibly be explained by the assumption that younger loess entered due to bioturbation or erosion processes. This assumption would however have to be verified with systematic samples of this level.

The above-lying Level 4 (fig. 17; fig. 19; fig. 21) probably represents the Middle Wuermien loess accumulation that largely leveled the depression in the terrain.

Level 3 (fig. 19, fig. 21, g) is a buried soil horizon. It could represent Lohner soil (Denekamp ?) or a later, Upper Wuermien pedogenesis. Finally, Level 2 represents the vast loess accumulation during the last Pleniglacial (fig. 19, fig. 21, h).

Summing up, it can be said that the geological-pedological analyses as well as the scientific age determinations were unable to eliminate all the imponderables that are related to the dating of the Chopper from Riehen in the Lower Paleolithic. This is due, on the one hand, to the fact that the chopper was not found *in situ* and that it was not found together with other finds. Furthermore, it most likely comes from the area of the stratigraphy in which weathering and erosion events took place. In the Early Wuerm these led to the truncation of the argillic brown earth (Eemian?) above the Hochterrasse gravel and to the formation of level 5b from reworked gravel and loess loam from which the chopper in all probability stems (fig. 14; fig. 20, c). It remains uncertain whether or not the artifact was originally embedded in level 6, the upper section of which was

ascertained to be older than 130 000 years. Accordingly, the artifact could have eroded in the Early Wuerm and subsequently been redeposited in level 5b. This assumption appears plausible because there was also reworked gravel from the Hochterrasse in the lower section of the loess level.

Due to the good state of conservation of the chopper however it cannot a priori be excluded that the artifact was lost during the formation of the Early Wuermien level 5b. However, the fact that this type of artifact was already very rare in the Middle Paleolithic speaks against this assumption.

Anschriften der AutorInnen

Alexandra Hilgers, Geographisches Institut der Universität Köln, Albert-Magnus-Platz, D-50923 Köln.

E-mail: a.hilgers@uni-koeln.de

Reto Jagher, Seminar für Ur- und Frühgeschichte der Universität Basel, Ältere und naturwissenschaftliche Abteilung, Petersgraben 9-11, CH-4051 Basel.

E-mail: reto.jagher@unibas.ch

Ulrich Radtke, Geographisches Institut der Universität Köln, Albert-Magnus-Platz, D-50923 Köln.

E-mail: u.radtke@uni-koeln.de

Philippe Rentzel, Seminar für Ur- und Frühgeschichte der Universität Basel, Geoarchäologie, Petersgraben 9-11, CH-4051 Basel.

E-mail: philippe.rentzel@unibas.ch

Peter-Andrew Schwarz, Seminar für Ur- und Frühgeschichte der Universität Basel, Jüngere und provinzialrömische Abteilung, Petersgraben 9-11, CH-4051 Basel.

E-mail: peter-andrew.schwarz@unibas.ch

Literatur

Aitken 1998

Martin Jim Aitken, An Introduction to Optical Dating – The Dating of Quaternary Sediments by the Use of Photon-stimulated Luminescence (Oxford University Press 1998).

Arbeitsgruppe Bodenkunde 1982

Arbeitsgruppe Bodenkunde (Hrsg.), Bodenkundliche Kartieranleitung (3. Auflage, Hannover 1982).

Aubry et al. 2000

Denis Aubry, Michel Guélat, Jean Detrey, Blaise Othenin-Girard, Dernier cycle glaciaire et occupations paléolithiques à Alle, Noir Bois. Cahiers d'archéologie jurassienne 10 (Porrentruy 2000).

Banerjee et al. 2001

Debabrata Banerjee, Andrew S. Murray, Lars Böttter-Jensen, Andreas Lang, Equivalent dose estimation using a single aliquot of polymineral fine grains. Radiation Measurements 33, 2001, 73–94.

Beckmann 1991

Thomas Beckmann, Mikromorphologische Untersuchungen am Lössprofil der Ziegeleigrube Allschwil (Basel-Landschaft). Freiburger Geographische Hefte 33, 1991, 47–53.

Bitterli-Brunner 1987

Peter Bitterli-Brunner, Geologischer Führer der Region Basel. Veröffentlichungen aus dem Naturhistorischen Museum Basel Nr. 19 (Basel & Boston 1987).

Bosinski 1996

Gerhard Bosinski, Les origines de l'homme – Atlas des sites paléolithiques en Europe et en Asie (Paris 1996).

Braun 1998

Ingmar Braun, Zum Neufund eines Faustkeiles und anderen paläolithischen Artefakten aus Bettingen. JbAB 1998, 75–82.

Braun & Schwarz 1999

Ingmar Braun, Peter-Andrew Schwarz, Bettingen BS, Ein rund 100 000 Jahre alter Faustkeil – das älteste menschliche Werkzeug im Kanton Basel-Stadt. Archäologie der Schweiz 22.3, 1999, 157.

Brézillon 1983

Michel Brézillon, La dénomination des objets de pierre taillée. Supplément à Gallia Préhistoire 4, 1983, 7–423.

Brochier & Joos 1982

Jacques-Léopold Brochier & Marcel Joos, Un élément important du cadre de vie des Néolithiques d'Auvernier-Port: Le lac. Approche sédimentologique. In: André Billamboz et al., La station néolithique d'Auvernier-Port. Cadre et évolution.

Cahiers d'Archéologie Romande 25 = Auvernier 5 (Lausanne 1982) 43–67.

Bullock et al. 1985

Peter Bullock, Nicolas Fedoroff, Amilius Jongerius, Georges J. Stoops, T. V. Tursina, Handbook for soil thin section description (Wolverhampton 1985).

Courty et al. 1989

Marie Agnès Courty, Paul Goldberg, Richard Macphail, Soils and micromorphology in archaeology (Cambridge 1989).

Fischer et al. 1971

Hermann Fischer, Lukas Hauber, Otto Wittmann, Geologischer Atlas der Schweiz 1:25 000, Blatt 1047: Basel. Erläuterungen der Schweizerischen Geologischen Kommission (Bern 1971).

Grün 1989

Rainer Grün, Electron spin resonance (ESR) dating. Quaternary International Vol. 1, 1989, 65–109.

Hahn 1991

Joachim Hahn, Erkennen und Bestimmen von Stein- und Knochenartefakten. Archaeologica Venatoria 10 (Tübingen 1991).

Heman 1983

Peter Heman (Hrsg.), Bodenfunde aus Basels Ur- und Frühgeschichte (Basel 1983).

Hilgers (in Vorbereitung)

Alexandra Hilgers, Single-Aliquot Regenerative-Dose protocols for equivalent dose estimation of polymineralic fine-grains: various problems and several suggestions. Ancient TL (in Vorbereitung).

Holstein 1991

Dieter Holstein, Die bronzezeitlichen Funde aus dem Kanton Basel-Stadt. Materialheft 7 (Basel 1991).

Jagher 2001

Reto Jagher, Le galet aménagé de Walheim, témoin du Paléolithique ancien dans le Sundgau. Cahier de l'Association pour la Promotion de la Recherche Archéologique en Alsace (APRAA) 17, 2001 (sous presse).

Jagher & Juppé 1998

Reto Jagher, Detlev Juppé, Un nouveau témoin des premières industries humaines d'Alsace. Cahiers de l'Association pour la Promotion de la Recherche Archéologique en Alsace (APRAA) 14, 1998, 1–3.

Jagher-Mundwiler 1982

Erwin et Nelly Jagher-Mundwiler, Trouvailles préhistoriques à Raedersdorf. Annuaire de la Société d'Histoire sundgavienne 1982, 15–19.

Kadereit 2000

Annette Kadereit, IR-OSL-datierte Kolluvien als Archive zur Rekonstruktion anthropogen bedingter Landschaftsveränderungen. Das Fallbeispiel Bretten-Bauerbach/Kraichgau. Unpublizierte Dissertation an der Universität Heidelberg (Heidelberg 2000).

Keeley & Toth 1981

Lawrence H. Keeley, Nicolas Toth, Microwear polishes on early stone tools from Koobi Fora, Kenia. Nature 293, June 18 1981, 464–465.

Le Tensorer 1998

Jean-Marie Le Tensorer, Le Paléolithique en Suisse. Préhistoire d'Europe 5 (Grenoble 1998).

Leakey 1967

Mary Leakey, Preliminary survey of the cultural materials from Beds I and II, Olduvai Gorge, Tanzania. In: Walter W. Bishop and J. Desmond Clark (Hrsg.), Background to Evolution in Africa (Chicago 1967).

Leuzinger 1998

Urs Leuzinger, Inventar der steinzeitlichen Fundstellen im Kanton Basel-Stadt. Millefiori – Festschrift für Ludwig Berger. Forschungen in Augst 25, 1998, 285–289.

Leuzinger 2002

Urs Leuzinger, Steinartefakte. In: Annick de Capitani et al., Die jungsteinzeitliche Seeufersiedlung Arbon Bleiche 3 – Funde. Archäologie im Thurgau 11 (Frauenfeld 2002).

Levrey 1999

Jean-Michel Levrey, L'industrie lithique du Bronze Final, étude typo-technologique. Archéologie neuchâteloise 24 (Neuchâtel 1999).

Malmberg & Radtke 2000

Richard Malmberg, Ulrich Radtke, The α -efficiency of corals and its importance for ESR dating. Radiation Measurements Vol. 32(5–6), 2000, 747–750.

Moosbrugger-Leu 1972

Rudolf Moosbrugger-Leu, Die Ur- und Frühgeschichte. In: Gemeinderat Riehen (Hrsg.), Riehen, Geschichte eines Dorfes (Riehen 1972) 21–78.

Murray & Wintle 2000

Andrew S. Murray, Ann G. Wintle, Luminescence dating of quartz using an improved single-aliquot regenerative-dose protocol. Radiation Measurements Vol. 32, 2000, 57–73.

Penck & Brückner 1909

Albrecht Penck und Eduard Brückner, Die Alpen im Eiszeitalter (Leipzig 1909).

Preusser et al. 2001

Frank Preusser, Benjamin U. Müller and Christian Schlüchter, Luminescence dating of sediments from the Luthern Valley, Central Switzerland, and implications for the chronology of the Last Glacial Cycle. *Quaternary Research*, 55, 2001, 215–222.

Rentzel 1994

Philippe Rentzel, Geologisch-bodenkundliche Untersuchungen an den Niederterrassenfeldern bei Basel unter besonderer Berücksichtigung der spätatlänzeitlichen Fundstelle Basel-Gasfabrik. *JbAB* 1994, 31–52.

Ribaux 1986

Philippe Ribaux, L'homme et la pierre. *Archéologie neuchâteloise* 3 – Cortaillod-Est, Vol. 3 (Saint-Blaise 1986).

Richner 1990

Kaspar Richner, Die Ausdehnung der bronzezeitlichen Grabhügelnekropole im Britzigerwald – Riehen, Der krumme Weg (Britzigerwald), 1990/10. *JbAB* 1990, 18–19.

Roberts & Wintle 2001

H.M. Roberts and Ann G. Wintle, Equivalent dose determinations for polymineralic fine-grains using the SAR-Protocol: application to a Holocene sequence of the Chinese Loess Plateau. *Quaternary Science Reviews* 20, 2001, 859–863.

Schellmann & Radtke 2000

Gerhard Schellmann, Ulrich Radtke, ESR dating of stratigraphically well-constrained marine terraces along the Patagonian Atlantic coast (Argentina). *Quaternary International* Vol. 68/71 (2000) 261–274.

Schlüchter 1988/89

Christian Schlüchter, A non-classical summary of the quaternary stratigraphy in the Northern Alpine Foreland of Switzerland. *Bulletin de la Société neuchâteloise géographique* 32–33, 1988/89, 143–157.

Schlüchter & Wohlfahrt 1993

Christian Schlüchter und Barbara Wohlfahrt, Geologie. In: Schweizerische Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte (Hrsg.), SPM I – Die Schweiz vom Paläolithikum bis zum frühen Mittelalter (Basel 1993) 47–56.

Schlüchter & Müller-Dick 1996

Christian Schlüchter und Kathrin Müller-Dick, Das Eiszeitalter in der Schweiz. Publ. IGCP-378, Geologisches Institut der Universität Bern (1996).

Schwarz et al. 1999

Peter-Andrew Schwarz (mit Beiträgen zur Fundchronik von Christian Bing, Ingmar Braun, Guido Helmig, Peter Jud, Hans Jürg Leuzinger, Urs Leuzinger, Christoph Ph. Matt, Kaspar Richner, Norbert Spichtig, Christian Stegmüller, Udo Schön), Tätigkeitsbericht der Archäologischen Bodenforschung Basel-Stadt für das Jahr 1999. *Jahresbericht der Archäologischen Bodenforschung Basel-Stadt* 1999, 1–85.

Schwarz 2000a

Peter-Andrew Schwarz, Eine archäologische Sensation in Riehen. *Z'Rieche 2000 – Riehener Jahrbuch* 2000, 62–75.

Schwarz 2000b

Peter-Andrew Schwarz, Basel baut für die Zukunft – und erforscht seine Vergangenheit. *Basler Stadtbuch* 2000 (Ausgabe 2001/121. Jahr) 210–216.

Sommé et al. 1986

Jean Sommé, Jean-Pierre Latriou, Jean Heim, Jean Maucorps, Jean-Jacques Puisségur, Denis-Didier Rousseau, André Thévenin et Brigitte Van Vliet-Lanoë, Le cycle climatique du Pleistocène supérieur dans les loess d'Alsace à Achenheim. *Bulletin de l'Association Française pour l'étude du Quaternaire (AFEQ)*, 1–2, 1986, 97–104.

Thévenin 1976

André Thévenin, Les premières industries humaines en Alsace. In: Henry de Lumley (éd.), *La Préhistoire Française* (Paris 1976), 810–816.

Toth 1985

Nicolas Toth, The Oldowan reassessed: a close look at early stone artifacts. *Journal of Archaeological Science* 12, 1985, 101–120.

Van Vliet-Lanoë 1988

Brigitte Van Vliet-Lanoë, Le rôle de la glace de ségrégation dans les formations superficielles de l'Europe de l'Ouest. Thèse de doctorat d'Etat à l'Université de Paris I (Paris 1988).

Van Vliet-Lanoë 1990

Brigitte Van Vliet-Lanoë, The genesis and age of the argillic horizon in weichselian loess of northwestern Europe. *Quaternary International*, Vol. 5, 1990, 49–56.

Weinert 1957

Paul Weinert, Stratigraphie paléontologique et préhistorique des sédiments Quaternaires d'Alsace, Achenheim. *Mémoires du service de la carte géologique d'Alsace et de la Lorraine* 14 (Strasbourg 1957).

Wittmann 1961

Otto Wittmann, Die Niederterrassenfelder im Umkreis von Basel und ihre kartographische Darstellung. *Basler Beiträge zur Geographie und Ethnologie* 3 (Basel 1961).

Wittman et al. 1970

Otto Wittmann, Lukas Hauber, Hermann Fischer, Armin Rieser, Peter Staehelin, Geologischer Atlas der Schweiz, 1:25 000, Blatt 1047 Basel (Bern 1970).

Zollinger 1991

Gaby Zollinger, Zur Landschaftsgenese und Quartärstratigraphie am südlichen Oberrhein – am Beispiel der Lössdeckschichten der Ziegelei in Allschwil (Kanton Basel-Landschaft). *Eclogae geologicae helveticae* 84/3, 1991, 739–752.

Anmerkungen

- 1 Moosbrugger-Leu 1972, 21 ff.; A. Furger-Gunti, in Heman 1983, 12 f.; Holstein 1991, 49 ff.55.62.
- 2 Leuzinger 1998, 285 ff.
- 3 Holstein 1991, 48 ff.; Richner 1990, 18 f.
- 4 Regio-Klima-Projekt (Hrsg.), Klimaatlas Oberrhein Mitte–Süd (Zürich 1995) 212.
- 5 Dies verdeutlicht nach wie vor am besten ein bis vor kurzem im Historischen Museum Basel (HMB) ausgestelltes und in Heman 1983, 17, abgebildetes Modell von Marius Rappo.
- 6 Braun 1998, 75 ff.; Braun & Schwarz 1999, 157.
- 7 Schwarz 2000a, 67. H.J. Leuzinger sei an dieser Stelle nochmals herzlich für seine seit Jahrzehnten geleistete ehrenamtliche Tätigkeit gedankt.
- 8 H.J. Leuzinger, R. Jagher und Ph. Rentzel, Fundbericht Riehen, Ludwig-Courvoisier-Strasse (1999/45). In: Schwarz et al. 1999, 75 ff.; Schwarz 2000a, 69 ff.; Schwarz 2000b, 210 f.
- 9 Vorberichte: H.J. Leuzinger, R. Jagher und Ph. Rentzel, Fundbericht Riehen, Ludwig-Courvoisier-Strasse (1999/45). In: Schwarz et al. 1999, 75 ff.; Schwarz 2000a, 69 ff.; Schwarz 2000b, 210 f. – Presseberichte: Communiqué der Schweizerischen Depeschagentur vom 26.4.2000 (dt./fr./it.); Aargauer Zeitung vom 27.4.2000, Seite 15; Basler Stab (Stadtausgabe) Nr. 99 vom 29.4.2000; Basler Stab (Badische Ausgabe) Nr. 9 vom 18.5.2000, Seite 1; Basler Stab (Regio-Ausgabe) Nr. 34 vom 3.5.2000, Seite 9; Basler Zeitung Nr. 98 vom 27.4.2000, Seite 33; Basellandschaftliche Zeitung vom 27.4.2000, Seite 23; Corriere del Ticino vom 27.4.2000, Seite 5; Der Landbote vom 27.4.2000, Seite 15; Neue Zürcher Zeitung Nr. 98 vom 27.4.2000, Seite 64; Oberbadisches Volksblatt Nr. 102 vom 4.5.2000, Seite 5; Rhy-Zytig 18, 2000, Seite 4; Riehener Zeitung vom 28.4.2000, Seite 1; Riehener Zeitung vom 5.5.2000, Seite 3; Riehener Zeitung vom 26.5.2000, Seite 7; Tribune de Genève vom 28.4.2000, Seite 10; Bieler Tagblatt vom 27.4.2000, Seite 9; Fridolin vom 4.5.2000, Seite 59; Vogel Gryff vom 28.4.2000. Radio DRS, Regionaljournal NW-CH vom 26.4.2000 (Interview mit H.J. Leuzinger und P.-A. Schwarz); TeleBasel, «7 vor 7» vom 26.4.2000 (Interview mit H.J. Leuzinger und P.-A. Schwarz); Schweizer Fernsehen DRS, Nachrichten vom 26.4.2000 (Interview mit H.J. Leuzinger und P.-A. Schwarz); www.netzpress.ch vom 26.4.2000.
- 10 Toth 1985.
- 11 Brézillon 1983, 194.224 ff.
- 12 Hahn 1991, 143.
- 13 Keeley & Toth 1981.
- 14 Dimensionen des Choppers: Breite = 127 mm, Höhe = 81 mm, Dicke = 44 mm, Gewicht = 550 g.
- 15 Leakey 1967.
- 16 Rohmaterialbestimmung Thierry Rebmann, Seminar für Urgeschichte der Universität Basel.
- 17 JbSGUF 70, 1987, 202 f.
- 18 Jagher-Mundwiler 1982.

- 19 Jagher & Juppé 1998.
- 20 Jagher 2001.
- 21 Weinert 1957; Thévenin 1976.
- 22 Ribaux 1986; Levrey 1999.
- 23 Gemeint ist hier das *paléolithique ancien* mit einem Alter von mehr als 250 000 Jahren.
- 24 Leuzinger 2002, 65.
- 25 Ribaux 1986; Levrey 1999.
- 26 Dafür spricht – wie oben (s. 1.) bereits erwähnt – auch der Umstand, dass das Artefakt in der allerletzten Phase des Aushubvorganges zum Vorschein gekommen ist.
- 27 Mittelpleistozän bis Trias (Wittmann et al. 1970).
- 28 Deckenschotter kommen im Wiesental erst nördlich von Lörrach vor (Fischer et al. 1971, 21).
- 29 Für das Niederterrassenfeld A2 liegt die Oberkante der Wieseschotter im Dorfzentrum von Riehen auf 284.00 m ü. M. Das ältere Niederterrassenfeld A1 weist Höhen um 286.00 m ü. M. auf. Diese spätglazialen Schotter von Rhein und Wiese verzahnen sich bei Riehen auf der Höhe der Bettinger Strasse (s. Fischer et al. 1971, 24).
- 30 Wittmann 1961; Rentzel 1994.
- 31 Im Bodenseegebiet endet der Lössauftrag vor 13 000 BP (Wohlfahrt 1993, 63). – Die jüngsten Lössen in der Ajoie datieren vor 16 000 BP (Aubry et al. 2000, 77).
- 32 Rentzel 1994.
- 33 Baugrubenprofile am Fuss der Rütihard, im Bereich der Kreuzung Rütihardstrasse-Stettbrunnstrasse zeigten eine 2,4 m mächtige Schwemmlössablagerung über frostverwitterten Niederterrassenschottern des A1-Feldes. Profilaufnahme des Verfassers vom 21. 2. 2000 im Auftrag der Kantonsarchäologie Baselland (Fundstelle 40.146).
- 34 Wittmann et al. 1970.
- 35 Ausserberg bei Riehen und Solvay-Steinbruch bei Wyhlen. Vgl. dazu zusammenfassend Fischer et al. 1971, 26.
- 36 Aubry et al. 2000, Zollinger 1991.
- 37 Zollinger 1991, Beckmann 1991.
- 38 Zum Aufbau der Lössdeckschichten über der in Allschwil ebenfalls vorkommenden Hochterrasse ist im Detail nichts bekannt. Wir beziehen uns deshalb im Folgenden auf den jüngsten Teil der Lössabfolge über den Deckenschottern, welcher denselben chronologischen Bereich abdeckt.
- 39 Wittmann et al. 1970.
- 40 Fischer et al. 1971, 23, berichten von 16 bis 18 m mächtigen Hochterrassenschottern bei Stetten unterhalb Lörrach (D).
- 41 Für tatkräftige Mithilfe bei den Feldarbeiten sei Regula Ackermann, Christine Pümpin, Marcel Joos und den Mitarbeitern der ABBS herzlich gedankt. Mein Dank für Diskussionsbeiträge im Feld geht auch an Jean-Marie Le Tensorer, Luc Braillard und Michel Guélat. Hansjörg Eichin und Christian Bing danke ich für das Anfertigen der verschiedenen Abbildungsvorlagen.
- 42 Zur Methodik der geochemischen Untersuchungen cf. Brochier & Joos 1982. Korngrößen-Untersuchungen für die Sand- und Kiesfraktion erfolgten mittels Nasssiebverfahren, der Ton- und Siltgehalt wurde mit Hilfe von Lasergranulometrie (Malvern) ermittelt.
- 43 Der Beschrieb der Dünnschliffe orientierte sich an den Vorgaben von Bullock et al. 1985 und Courty et al. 1989.
- 44 Für die Diskussion der Lössfazien von Alle (JU) und die kritische Sichtung der Bodenproben danke ich Michel Guélat.
- 45 5YR 4/4 (reddish brown) nach Munsell Soil Colour Charts (Boston 1954 und 1990).
- 46 Van Vliet-Lanoë 1988, 101.
- 47 Nach dem Eiszeitemsystem von Penck & Brückner 1909. – Siehe z. B. Bitterli-Brunner 1987, 36.
- 48 Schlüchter 1988/89, Schlüchter & Wohlfahrt 1993.
- 49 Schlüchter & Wohlfahrt 1993, Schlüchter & Müller-Dick 1996.
- 50 Sommé et al. 1986; Beckmann 1991.
- 51 Zollinger 1991; Aubry 2000, 74; Sommé et al. 1986.
- 52 Zollinger 1991; Aubry 2000, 74; Sommé et al. 1986.
- 53 In Achenheim wird der frühwürmzeitliche Tschernosem dem Isotopenstadium 5c (Brörup-Interstadial) zugewiesen.
- 54 Siehe dazu auch Van Vliet-Lanoë 1990, 54.
- 55 Grün 1989; Malmberg & Radtke 2001.
- 56 Unter anderem Schellmann & Radtke 2000.
- 57 Schellmann & Radtke 2000.
- 58 Eine ausführliche Beschreibung der verschiedenen Lumineszenz-Messverfahren findet sich z. B. bei Aitken 1998.
- 59 Roberts & Wintle 2001.
- 60 Murray & Wintle 2000.
- 61 Zum Beispiel Banerjee et al. 2001; Roberts & Wintle 2001; Kadereit 2000.
- 62 Roberts & Wintle 2001.
- 63 Für eine ausführliche Beschreibung der Messparameter und eine Diskussion der Messergebnisse und Probleme der Paläodoses-Bestimmung sei auf die Arbeit von A. Hilgers verwiesen: Hilgers (in Vorbereitung).
- 64 Aitken 1998. – Vgl. dazu auch Hilgers (in Vorbereitung).
- 65 Preusser et al. 2001 (Die Lössen aus der Zentralschweiz sind ca. 14 000–21 000 Jahre alt).