

5.4

Weltenburger Akademie	Gruppe Geschichte	S. 1-35	Geologische Karte 10 Abb.	Kelheim/Weltenburg 1983
-----------------------	-------------------	---------	------------------------------	-------------------------



GEOLOGISCHE KARTIERUNG DES GEBIETES ZWISCHEN DONAU BEI KLOSTER WELTENBURG UND ALTMÜHL AM GROSSEN SCHULERLOCH *

von

Jürgen Binder

Böhmenkirch

Z u s a m m e n f a s s u n g :

Oberer Malm (Massen- und Kelheimer Fazies, Schichtfazies) - Kreide - Lehmige Albüberdeckung - Quarzrestschotter - Schotter und Terrassen von Altmühdonau und Altmühl - Holozän - Äußerer Keltenwall - Tektonik

I. EINFÜHRUNG

Die ältesten Gesteine des Untersuchungsgebietes gehören zum oberen Malm. Der im NW des Blattes einmündende Altessinger Kanal weitet sich gegen Süden zur Hienheimer Schüssel, deren geschichtete Kalke in einer N-S gerichteten Faziesgrenze wie auch tektonischen Störungen an die Massenkalke der Weltenburger Riffmassen stoßen. Während kreidezeitliche Relikte überaus dürftig und hauptsächlich in Form von Schutzfelsschichten im Steinbruch Teich überliefert sind, überdecken Bildungen des Tertiärs weite Teile der Albhochfläche. Neben Lehmiger Albüberdeckung und Quarzrestschottern der Molasse im S fin-

den sich im N früheste, hochgelegene Schotterakkumulationen der Altmühdonau. Ablagerungen des Quartärs sind Löß und Lößlehm sowie, im Bereich des Altmühltals, Sand- und Schotterterrassen und Flugsande.

Die Entwässerung der Hochgebiete erfolgt über Dolinen auf unterirdischem Wege.

Zahlreiche, meist durch Ausgrabungen zu Tage geförderte menschliche Dokumente bekunden eine besondere archäologische Signifikanz. Eine kontinuierliche Abfolge der Spuren bezeugt die Besiedlung des Raumes vom ausgehenden Mittelpaläolithikum an.

* Teil einer am Institut für Geologie der Universität Würzburg unter Betreuung von Prof. Dr. Erwin Rutte erstellten Diplomarbeit "Geologische Kartierung 1 : 10000 des Gebietes zwischen Donau bei Kloster Weltenburg und Altmühl am Großen Schulerloch" (1984). Dort sind ausführliche Profilbeschreibungen und die Schichtenverzeichnisse aller Bohrungen enthalten. - Gedruckt mit dankenswerter Unterstützung des Trägervereins Altmühltal, Kelheim.



1983

II. SCHICHTENFOLGE

A. JURA (OBERER MALM)

Die ältesten Juragesteine des Arbeitsgebietes gehören dem oberen Malm an. Eine Abgliederung zum mittleren Malm läßt sich mangels Leitfossilien wie auch aufgrund der besonderen Faziesverhältnisse nicht vornehmen. Die Ausbildung der Gesteine erfordert die Unterscheidung zwischen Massenfazies, Kelheimer Fazies, Plattenfazies und Kanalfazies.

1. MASSENFAZIES UND KELHEIMER FAZIES

Hierher gehören die von BAUSCH (1963) definierten Massenkalk, also die aus Kalk bestehenden, gewachsenen Riffe. Dabei ordnet er die Schwammriffe dem mittleren, die Hydrozoenriffe dem oberen Weißjura zu. Im Kartiergebiet läßt sich eine derartige stratigraphische Zugehörigkeit nicht feststellen.

RUTTE (1962, 1971) bezeichnet lediglich die Schwamm- und Hydrozoenbauten als Massenkalk und faßt die übrigen Gesteine, zu meist fossilreiche, gebankte Detrituskalk, welche BAUSCH als Randfazies abtrennt, zur Gruppe der Kelheimer Kalk zusammen. Die Gesteine dieser Fazies haben im Laufe der Zeiten viele Namen erfahren (BAUSCH 1963).

Massenkalk und Kelheimer Kalk sind im Gebiet untereinander sehr stark verstrickt. Dies erklärt sich aus der Lage des Gebietes am Rande eines größeren Massenkalk-Komplexes: Von den Riffen abbröckelndes Material erzeugt Kelheimer Kalk, auf denen sich teilweise wieder Massenkalk ausbreiten. Nach der Kappung des Profils entsteht die im Kartiergebiet gegebene Situation.

a. Massenkalk

Die Massenkalk bilden die eigentlichen Riffzentren. Im Norden des Altmühltals nehmen sie im Bereich des Schulerlochs ein größeres

Areal ein. Gegen E und W werden sie von Kelheimer Kalk überlagert. Der einzige Kontakt zu anderen Gesteinen findet sich im NW des Blattes: Sie stoßen dort an die dolomitischen Schichten des Altessinger Kanals. Östlich der Altessinger Bucht formen sie, wie auch in der Umgebung des Donautals bei Weltenburg, bis 50 m hohe Felsen. Auf der Hochfläche durchstoßen sie gelegentlich überlagernde Kelheimer Kalk und breiten sich darüber zum Teil aufs neue aus.

Im Regelfalle bilden die Massenkalk kuppelförmige Felsen, die neben den vertikalen Absonderungen auch Übergußschichtung erkennen lassen. Die Bankungsfugen schwanken in der Mächtigkeit zwischen wenigen mm und 10 cm. Sehr schön läßt sich dies an den Felsen des Schlößelberges feststellen.

Geröllagen, wie BAUSCH (1963) sie für die Obermalm-Riffe beschreibt, konnten nicht nachgewiesen werden. Dafür beobachtet man zwischen den Felsen Vorkommen bankig-massiger Kalk. Einerseits handelt es sich dabei um chemische Absatzkalk, die ohne Mitwirkung von Organismen sedimentiert wurden (RUTTE 1962), andererseits um organisch aufgebaute dünnbankige Kalk (10 - 15 cm Bankmächtigkeit), die fast immer kleinere Kuppeln und Gewölbe formen.

In angewittertem Zustand zeigen die Massenkalk fahlgraue Farbe und angeätzte Oberflächen. Sie sind löchrig, wie auch von Klüften und Rissen durchzogen, die ab und zu mit Kalzit gefüllt sind. Beim Anschlagen des spröden Gesteins platzen nicht selten Splitter ab, die dann wie Geschosse davonspritzen.

Die Farbe des frischen Bruchs variiert zwischen weiß, grau und braungelb. Die Bruchfläche ist uneben und weist Strukturen auf, die ferne an Shatter-Cones erinnern. Fällt das Licht günstig, sieht man neben glitzernden Kalzitflächen zahlreiche Risse und Äderchen, die das feinkörnige und dichte Gestein netzartig durchsetzen.

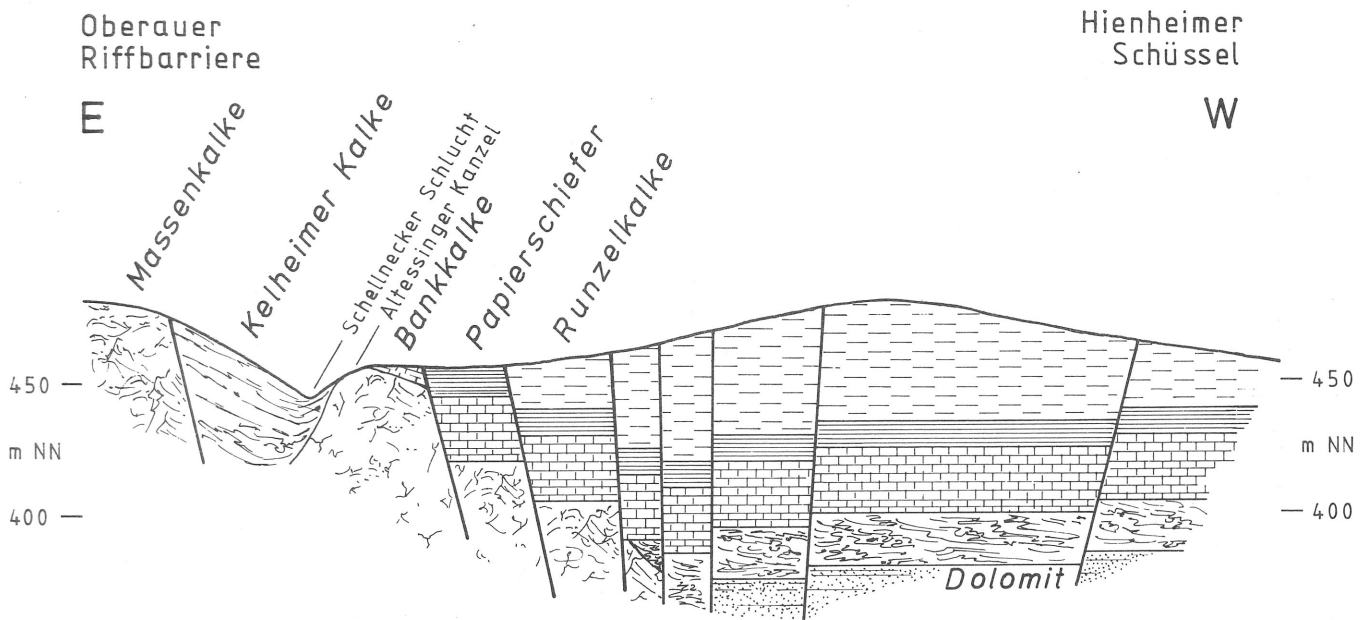


Abb. 1
Grabenbruch an der Hammerleite. Profillänge: 1 km - Überhöhung doppelt

Die Massenkalk, die nach eigenen Analysen zu 82,5 % aus Kalk bestehen und bis 0,7 % $MgCO_3$ führen können, sind fossilarm. Neben vereinzelt Brachiopoden und Einzelkorallen finden sich *Rhynchonella astieriana*, *Terebratula insignis* sowie Crinoidenstielglieder und verschiedene Schwämme. Von den Schwämmen konnte ein Stromatopor *Ptychochaetetes cf. globosus* (KOEHLIN) bestimmt werden. Am Schlüsselberg, w. der Wagnerleite, finden sich in den Lesesteinen von Massenkalk nebeneinander Hexakorallen, Schwämme sowie Brachiopoden.

In der Literatur werden als Hauptgerüstbildner der Massenkalk Schwämme, Hydrozoen und Korallen beschrieben. Eigene Untersuchungen ergaben jedoch, daß diese Vorstellungen auf die Massenkalk des Kartiergebietes nur bedingt zutreffen. Die Dünnschliffe repräsentieren einen Kalk mit wenig Biogenen. Die Grundmasse ist mikritisch und enthält sekundäre Mikrosparitkörnchen. Zwischen den Peloiden und Ooiden finden sich Schill von Lamellibranchiaten und Brachiopoden, gelegentlich Schwammnadeln, Dasycladaceen,

Echinodermenreste und Kleinforaminiferen. Kalkalgen sind durch Filamente und Matten am meisten vertreten. Ab und zu lassen sich coated grains beobachten; es handelt sich um Körner, die von Algen umsiedelt und angebohrt sind, und deren randliche Partien in relativ feinen Kalk umgewandelt wurden. Auch Bioturbationen und geopetale Gefüge lassen sich beobachten. Schüsselförmige Schalen sind mit der Öffnung nach oben eingeregelt, das Sediment unterhalb der Schale zusammengedrückt.

Nicht selten weisen die Schliffe mit sekundärem Sparit verheilte Diskontinuitätsflächen auf. Sie werden bedingt durch karbonatische Lösungen im Bereich kühlerer Meeresströmungen bzw. in größeren Wassertiefen; es sind Subsolutionsflächen (HOLLMANN 1962, 1964).

Andere Schliffproben lassen Zonierung erkennen. Wenig sortierte Groß- und Kleinoide in der Zone relativ starker Wasserbewegung wurden (durch eine Diskontinuitätsfläche) von überlagernden, gut sortierten

und dicht gepackten Ooiden mit Schillresten getrennt, die ihrerseits in weniger bewegtem Wasser abgelagert wurden. Zerbrochene Ooide primärer und sekundärer Entstehung weisen auf eine Aufarbeitung des Sedimentes hin; Hohlräume sind stets mit Sparit verfüllt.

Auffällig sind kleine Calcitrhomboeder, die sich gelegentlich in die mikritische Grundmasse der Massenkalken einschleichen. Da sie an manchen Stellen die Begrenzungslinie von Peloiden durchziehen, müssen sie aus der Grundmasse herauskristallisiert sein. Sie werden deshalb als sekundäre Neubildung interpretiert.

An keinem der untersuchten Schliffe ließ sich feststellen, daß Organismen, ob Schwämme, Hydrozoen, Korallen oder Algen, als Gerüstbildner der Massenkalken fungierten. Vielmehr sprechen die dicht gepackten Komponenten für einen allochthonen Kalk, der im Sinne DUNHAM's (1962) als Packstone und, da er im allgemeinen über 25 % Ooide enthält, im Sinne FOLK's (1959) als Oomikrit bezeichnet werden kann. Aufgrund der lithologischen Ausbildung und auch des Fossilgehaltes gehören die Gesteine nach dem Fazieschema nach WILSON (1975) in die Fazieszone 8, die geschlossenen Plattformbereiche.

Mangels Leitfossilien und wegen des nicht berechenbaren Vorausschreitens der Riffe lassen sich die Massenkalken stratigraphisch nicht abgrenzen. RUTTE (1962, 1971) und BAUSCH (1963) ermittelten ein Alter von Malm Epsilon bis Zeta. MEYER (1977) konstruierte dann 50 - 60 m über dem Malm-Delta eine Epsilon-Zeta-Grenze, wobei ihm auffiel, daß dort, wo der Zeta beginnt, sich die Hänge verflachen. Da aber die Massenkalken am Fuße der Hänge zu denen an den Talrändern bezüglich ihrer lithologischen Ausbildung keine Unterschiede erkennen lassen, und auch die Talform in Zusammenhang mit dem Erosionsverhalten der Altmühlodonau gesehen wer-

den muß, lassen sich im Arbeitsgebiet die Massenkalken nicht in Epsilon bzw. Zeta gliedern; sie werden als oberer Malm angesehen.

b. Kelheimer Kalken

Das Kartiergebiet liegt im Bereich der Sausthalzone. Zur Zeit des oberen Malm bildet sich dort eine Korallen-Diceraten-Hydrozoen-Riffschwelle aus, welche den Hauptlieferanten der Riffdetrituskalken darstellt (RUTTE 1971).

Wegen des Reliefunterschiedes zwischen Riff und Schüssel entstehen Schuttschleppen, die die Riffe umsäumen und in Fahnen weit in die Schüsseln hineinreichen können. Dieser Riffschutt bietet riffbauenden Organismen neue Lebensräume und wird abschnittsweise besiedelt. Deshalb kommen die Kelheimer Kalken nicht nur in bankig-schichtiger Ausbildung sondern auch ungeschichtet vor. Sie sind außerdem mit den Massenkalken sowohl horizontal als auch vertikal verzahnt. Wie ein Zuckerguß den Kirschkuchen, so überzieht die Kelheimer Fazies die Massenkalken; sie füllt die Lücken wie auch kleinere Schüsseln aus.

In der Nähe des Steinbruches Teich läßt sich für die Kelheimer Kalken eine Mächtigkeit von 85 m, am Schlößelberg von 100 m ermitteln. Da die Gesteine aber die Massenkalken girlandenförmig umlagern und somit meist schräg geschichtet sind, müssen diese Angaben als Höchstbeträge verstanden werden.

Der Begriff Kelheimer Fazies umfaßt sehr verschiedene Gesteinsausbildungen, die von RUTTE (1962) und MEYER (1978) beschrieben werden. Die gemeinsamen Merkmale bestehen aus dem hohen Anteil an Organismen und deren Resten, die stets mit Detritus vergesellschaftet sind, sowie in Gestalt von Kleinkomponenten und Ooiden.

Die wichtigste Varietät der Kelheimer Kalke ist auch im Kartiergebiet der Breistein; er findet besonders auf der Hochfläche weite Verbreitung. Er besteht aus einem onkoidreichen, sparitischen Kalk, durchsetzt mit vielen detritären Komponenten und kleinen Fossilien. Das Gestein ist grob sortiert und kaum geschichtet. Ab und zu deutet sich jedoch Bankung an, die meistens grob und undeutlich, am Südhang des Hammerberges jedoch besser ausgebildet ist und dort sogar an Schichtfazies erinnern läßt.

Eine feinkörnige Abart des Breisteins findet sich im Steinbruch Teich. GÜMBEL (1891) beschreibt sie als "vortrefflich, gleichförmig, feinkörnig, blendend weißes Gestein, das bei Großbauten und Bildhauerwerken Verwendung gefunden hatte". Heute sind die im Kartiergebiet befindlichen Steinbrüche der Fa. Teich stillgelegt und wie die gewaltigen Schutthalden am Talhang n. Oberau bewaldet.

Wegen ihrer unebenen und rauhen Oberfläche sind die Breisteine im Geländeausbiß fast immer bemoost. Beim Anschlagen des Felsens brechen unter dumpf klingendem Ton größere Brocken ab. Die Bruchflächen sind ockergelb, können aber durch Eisenlösung rotbraun eingefärbt sein. Sie zeigen fast stets winziges Schalenzerreibsel, Foraminiferen und Anschnitte von Crinoidenstielgliedern.

BAUSCH (1966) hat die Zusammensetzung der Gesteine untersucht: 77,3 % Sediment und Schill, 18,3 % Hydrozoen, 0,5 % Crinoiden, 0,4 % Einzelkorallen, 0,1 % Brachiopoden, 0,3 % Schwämme, 3,1 % Resediment.

Ein repräsentativer Dünnschliff bietet ein polymiktes Gestein aus vielfältigem Detritus: Schalenschill, Echinodermenreste, Foraminiferen stehen als Bioklasten den aus den Massenkalken eingeschwemmten Extraklasten, welche sich deutlich als eckige Komponenten unterscheiden lassen, gegenüber. Das Gestein ist nur grob sortiert; die Grundmasse enthält

deutlich weniger Mikrit als die der Massenkalken. Auch treten die Ooide extrem zurück und weisen auf ein Ablagerungsmilieu mit relativ starker Wasserbewegung hin. Somit gehört auch der Breistein der Fazieszone 8 an (WILSON 1975).

Die nur andeutungsweise geschichteten Grobdetrituskalke sind an der Kreisstraße in der Mitte des Blattes besonders schön aufgeschlossen. Sie zeigen im frischen Anschlag weißgraue Farben mit bräunlichen Tönungen. Viele Partien des Gesteins erinnern zunächst an Massenkalk, sind aber, da immer vollgespickt mit verschiedensten Fossilien, Kelheimer Kalk. Neben Schalenresten beobachtet man Schnecken, Rhynchonelliden, Terebrateln, Crinoidenstielglieder, Pecten; es fand sich auch der perisphincte Ammonit *Lithacoceras cf. ulmensis* (OPPEL). Die Fossilien sind sehr gut erhalten und oft durch Witterungseinflüsse vorzüglich herauspräpariert. Daneben weist das Gestein viele Lücken auf; es ist außerdem von zahlreichen Styolithen durchsetzt.

Im Süden des Blattes grenzen Splitterkalke an die Schichtfazies der Hienheimer Schüssel. Sie sind den Massenkalken ähnlich, weisen auch gleiche Farbtöne auf und reagieren wie diese spröde und hart. Der Unterschied liegt in der Fülle der Fossilien, hauptsächlich Terebrateln und Rhynchonelliden, ab und zu Korallen. Treten die Fossilien zurück, entstehen Übergangsgesteine zur Massenfazies, und eine präzise Unterscheidung läßt sich kaum vornehmen; es sei denn, daß linsenförmige Vorkommen von Breistein eingeschaltet sind.

Ansonsten kommen recht häufig nesterförmige Ablagerungen von Korallen- und Brachiopodenkalken vor, in denen die Fossilien *Cyathophora cylindrata*, *Thekosmia sp.* und Nerineiden gefunden wurden. Am Keltenwall n. des Zangentors und nw. der Schanze formen

Korallen mehrere Meter hohe Stöcke. Auch w. der Franziskus-Marter und des Klovertals findet man Korallenbänke mit linsenförmigen Vorkommen von *Rhynchonella astieriana* und *Terebratulina insignis*.

Eine umfassende Zusammenstellung der Fossilien der Kelheimer Kalke gibt RUTTE (1962).

Manchmal läßt sich nachweisen, daß Massenkalk und Kelheimer Kalk gleichzeitig entstanden sind. Wenn aber die Kelheimer Kalke Massenkalkdetritus enthalten, sind sie eine Phase jünger als die Massenkalke.

Da die Sedimentation der Massenkalke mit dem Malm Epsilon beendet sein dürfte, und die Kelheimer Kalke dazu tendieren, sich über den Massenkalken abzulagern, darf die Hauptsedimentation im Malm Zeta vermutet werden. Naturgemäß liegen die stratigraphischen Grenzen nicht horizontal.

c. Riffwand

An der Altessinger Kanzel, unmittelbar w. des Schlüsselberges, läßt sich beobachten, wie die Massenkalke, die hier dickbankig absondern und mit 150° streichen, unter einem Winkel von 30° nach Westen abtauchen. Nach oben hin bilden sie eine fast ebene Kontaktfläche (Abb. 2), die von Bankkalken überlagert wird. Sie trennt die Riffkalke von den Ablagerungen der Hienheimer Schüssel. Einige unterhalb aus dem Altmühltalhang herausragende Massenkalkkörper wurden zunächst als in der Schüssel emporgewachsene Riffbildungen angesehen; bis nachgewiesen werden konnte, daß es sich um tektonisch abgesenkte Teile der Altessinger Kanzel handelt.

50 m westlich der Kanzel, am Weg zur Grünmarter, finden sich zahlreiche dickschalige Austern; dies könnte ein Hinweis auf eine ehemalige Strandlinie sein.

Der Dünnschliff eines Bankkalks zeigt ein inhomogenes Gestein; Miniooide umgeben Foraminiferen, Ostrakoden, Echinoideen sowie den Schill von Lamellibranchiaten und Brachiopoden. Dabei stützen sich die dicht gepackten Komponenten in der sparitischen Grundmasse gegenseitig ab (allochthoner Kalk oder Packstone nach DUNHAM 1962). Gelegentlich ist aufgearbeitetes Sediment enthalten. Beim Fehlen mikritischer Komponenten ist das Gestein gut sortiert und ausgewaschen, was auf eine stärkere Wasserbewegung schließen läßt. Nach dem Fazieschema von WILSON (1975) handelt es sich um die Mikrofazies-Zone 8.

2. PLATTENFAZIES

In sedimentationsbedingten schüssel- oder schlauchförmigen Vertiefungen zwischen den massigen Komplexen lagern sich die Gesteine der Plattenfazies ab. Sie können sich dabei mit der Massen- bzw. Kelheimer Fazies verzahnen (RUTTE 1962, MEYER 1977).

Ca. 150 m n. der Altessinger Kanzel schieben sich in die Massenkalke Serien von Plattenkalken ein. Sie sind sehr unruhig gelagert. Im Regelfalle grenzen sie entlang einer NW-SE gerichteten Linie, die sich vom Donau- bis zu Altmühltal verfolgen läßt, scharf an die Massenkalke bzw. Kelheimer Kalke und sorgen derart für einen schlagartigen Fazieswechsel.

Die Gesteine der Plattenkalkfazies sind randliche Glieder der Hienheimer Schüssel. Sie fallen mit ca. 2° in s. Richtung ein. Sie lassen sich in Bankkalke, Papierschiefer und Runzelkalke untergliedern.

a. Bankkalke

An der Hammerleite sind die Bankkalke, als älteste Vertreter der Plattenkalkfazies, über einer Schuttschleppe von Kelheimer Kal-

ken aufgeschlossen. Die einzelnen Bänke, in die sich gelegentlich dünnere Lagen einschalten, erreichen im allgemeinen Mächtigkeiten von 5 - 30 cm. Die ebenen, teilweise auch welligen Schichtflächen zeigen im Aufschluß Farben, die in gelbbraunen und gelbgrauen Tönen variieren. Die Bruchflächen des Handstücks sind glatt oder muschelrig; sie zeigen mittlere Körnung. Manchmal läßt sich eine Feinschichtung erkennen. In Klüften und auf Schichtflächen beobachtet man häufig dendritische Fällungen von Eisen und Mangan sowie Lösungserscheinungen.

Der bedeutendste Fossilfund aus den Bankkalken ist der Fisch *Tharsis dubius*. Ansonsten beobachtet man vor allem Fischschuppen, darunter *Gyrodus*, ferner recht zahlreich *Lumbricaria* und Koprolithen. Ein kleiner Seeigel konnte nicht näher bestimmt werden.

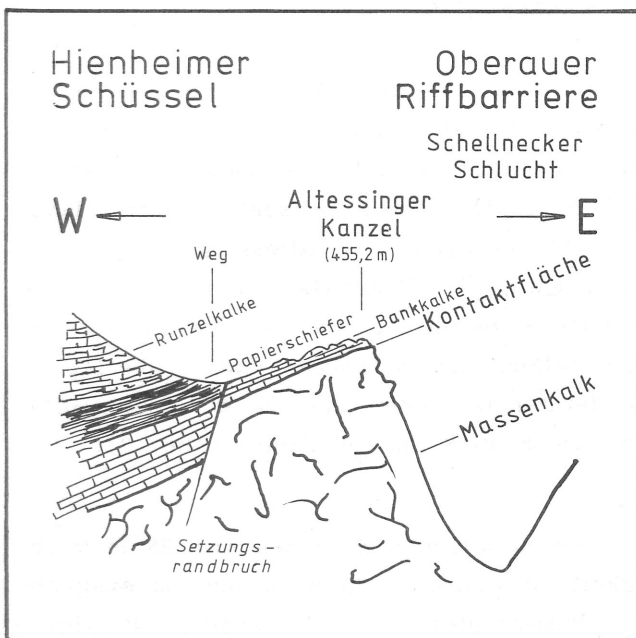


Abb. 2
Kontaktfläche zwischen Massenkalken und überlagernden Bankkalken an der Altessinger Kanzel.

Der unversehrte Mageninhalt des auffällig gekrümmten *Tharsis* weist darauf hin, daß die Einbettung rasch vonstatten gegangen

sein muß. KEUPP (1977) deutet derartige Erscheinungen wie auch die Siphon-Erhaltung von Ammoniten als Hinweis auf euxinische Sedimentationsverhältnisse.

Nicht selten schalten sich zwischen den Bänken Lagen von Kieselknollen und bis 10 cm dicke Kieselbänke ein, die mit Fossildetrituskalken nach Art der Kelheimer Fazies abwechseln können. Dies, wie auch der Fossilgehalt zeigen eventuell Beziehungen zur Setatus-Zone des Malm Epsilon. Da die Gesteine - Mächtigkeiten 25 - 30 m - wie anderorts vom Papierschiefer überlagert werden, spricht nichts dagegen, sie als Basis des Malm Zeta anzusprechen.

In die sanft nach S einfallenden Schichten, die teilweise durch Hangrutsche und auch durch tektonische Einwirkungen aus ihrem ursprünglichen Verband geraten sind und dann klotzig verwittern, sind ferner gelegentlich linsenförmige Einlagerungen von Kelheimer Kalken zu beobachten. Sie sind wahrscheinlich die Füllungen von Rinnen, durch die der Riffschutt in die Schüssel transportiert worden ist. Daneben lassen sich auch einzelne Bänke mit durch Schillschüttung verursachter alternierender Sedimentation beobachten.

Das mikroskopische Bild der Bankkalke zeigt Ooide und Kalkkörner, die zugerundeten Biogenen entsprechen, sowie Algenreste und Schill-Lagen. Unterhalb solcher Schill-Lagen können load marks, wulstförmige Ausbauchungen, die durch den Druck des auflagernden Schills hervorgerufen wurden, entwickelt sein. Auffällig zahlreich sind Foraminiferen, darunter Porzellanschaler. Das Gestein gehört nach WILSON (1975) in die Fazieszone 7, also in die offenen Plattformbereiche, im flachen Undathem der Lagune abgelagert. Nach einer Analyse mit der AAS enthalten die Bankkalke im Durchschnitt 90 % CaCO_3 und 0,7 % MgCO_3 .

b. Papierschiefer

An der Hammerleite streichen die Papierschiefer unmittelbar über den Bankkalken aus; ferner sind sie am s. Blattrand, ca. 300 m w. der Donau, nachgewiesen. Mit einer Mächtigkeit von fast 10 m bilden sie im Gelände gerne charakteristische Verebnungen.

Die Papierschiefer sondern im Aufschluß in dicken Stößen aus feinst geschichteten Kalklagen ab; sie können mit dem Messer mühelos zerlegt und aufgespalten werden. Wegen ihres hohen Tongehaltes (nach BAUSCH (1963) 5 %) lassen sie sich, sofern nicht ausgetrocknet, sehr gut biegen. Wenn sie zerbrechen, entstehen unter dumpfem Rascheln meist viele dünne, kleine Blättchen unregelmäßig begrenzter Form.

Zwischen die Papierschiefer können wenige cm starke Mergelkalkbänkchen, oft mit vollständig erhaltenen Terebrateln, eingeschaltet sein.

c. Runzelkalke

Über den Verebnungen der Papierschiefer stellen die Runzelkalke die jüngsten Ablagerungen des Malm Zeta dar. An der Hammerleite setzen sie mit einer Steilstufe ein; sie bilden auch den Nordhang der Waldabteilung Grünmarter, wo sie allerdings solifluktiv aus dem Verband geraten zu sein scheinen. Schließlich verschwinden sie unter der Lehmi-gen Albüberdeckung, um dann im S, zwischen Nierand und Leite, wieder hervorzutreten; dort gestalten sie die Flanken des nach Stausacker führenden Tales und verwittern bei Nierand zu einem recht fruchtbaren Boden.

Die Mächtigkeit der Runzelkalke erreicht 60 m. Sie zeichnen sich durch einen Mergelanteil von 4 - 6 % aus. Sie sind dabei auffällig ockerfarben, seltener auch graubraun. An den stets unebenen und ruppigen Bruch-

flächen zeigen sie weißliche runzelartige Fasern, die für die Namensgebung herangezogen wurden (BAUSCH 1963). Nach BAUSCH können sie parallel zur Schichtung wie auch konzentrisch zu hell ausgebleichten Entfärbungsrinden an der Außenseite der gut spaltbaren Platten, bzw. entlang von Klüften angeordnet sein.

Die mikritischen Gesteine haben (nach eigenen Analysen) einen CaCO_3 -Gehalt von 80 % und bis zu 1 % MgCO_3 .

Als Fossilien konnten an der Grünmarter Crinoidenstielglieder und dünnchalige Muscheln, nirgendwo aber Ophiuroideen, wie sie sich am nahen Stieberberg so zahlreich anbieten, entdeckt werden. Die Stufe gilt bei BAUSCH (1963) als stratigraphisch nicht gliederbar.

3. KANALFAZIES

Die Gesteine der Massenfazies, Kelheimer Fazies und Plattenfazies können in verschiedenem Umfange sekundär dolomitisiert werden (RUTTE 1965). Im Arbeitsgebiet sind davon die Ablagerungen des Altessinger Kanals - am Ausgang des Hammertals und an der Hammerleite - betroffen. Hier werden sie von Detrituskalken der Kelheimer Fazies überlagert; im Hammertal stoßen sie im W an Massenfazies, im E an Kelheimer Fazies (Abb. 3).

Die Kanalgesteine stehen mit 35 m Mächtigkeit in mehreren Steinbrüchen am Ausgange des Hammertales an und wurden stratigraphisch aufgenommen. Die Profile sind in Abb. 4 zusammengestellt und beschrieben. Da die Kanalgesteine mit Dickbänken einsetzen und mit Dickbänken enden, und dazwischen eine Serie auffällig dünnbankiger und plattiger Schichten lagert, können sie in die Essinger Dolomitbänke, die Hammertalschichten und die Litzelbergschichten gliedert werden.

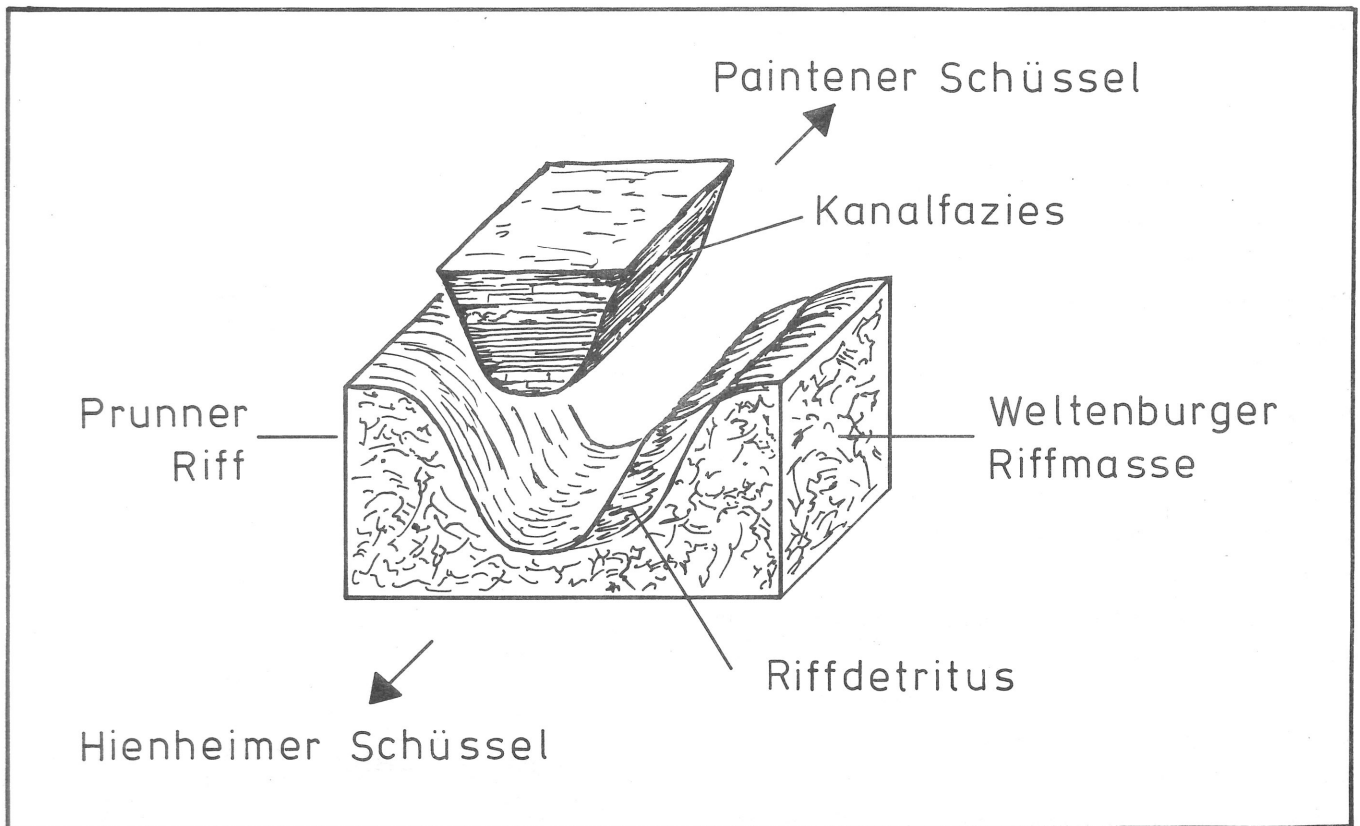


Abb. 3

Der Altessinger Kanal verbindet die Paintener mit der Hienheimer Schüssel. Die Sedimente sind dolomitisierte Plattenkalke, die in vertikalen Faziesgrenzen an die Riffzonen stoßen.

a. Essinger Dolomitbänke

Es handelt sich um bis 1,50 m mächtige Dolomitbänke, in die sich dünne Lagen von mehr oder weniger dolomitisierten Plattenkalken meist linsenförmig einlagern. In den Gesteinen lassen sich Schill-Lagen und dolomitisierte Detrituskalkbänke mit dem Fossilgehalt der Kelheimer Fazies beobachten, wobei die Fossilien körperlich erhalten sein können. Die Essinger Dolomitbänke sind gelegentlich vollständig in Dolomitmehl zerfallen; es kann basal bis 1 m mächtige Anhäufungen bilden.

Die Handstücke zeigen meist rauhen, ruppigen Bruch und gelblich-weiße bis gelbbraune, selten gräuliche Farben. Geochemische Untersuchungen haben gezeigt, daß die Farbe nicht vom Magnesiumgehalt abhängig ist. Das Gestein ist grobkörnig und kavernös; größere Hohlräume können mit Kalzit gefüllt sein.

Die Basis der in alten Steinbrüchen ca. 5 m mächtigen Serien wurde weder in der Essinger Tiefbrunnenbohrung I, die im Auftrage des Bayerischen Landesamtes für Wasserversorgung und Gewässerschutz in München 1960/61 niedergebracht wurde, noch in Bohrungen, die wegen Grundierungsfragen für den Brückenneubau bei Altessing 1969 durchgeführt wurden, erfaßt, weil dort die Kanalgesteine pleistozän ausgeräumt worden sind.

Das Liegende der Essinger Dolomitbänke wurde in der Brunnenbohrung unter 13,8 m Talfüllung in den Bohrmeisterprotokollen in Gestalt nur wenig geschichteter Kalksteine beschrieben. Sofern es sich hierbei wirklich um Kalkstein handelt, erreichen die Essinger Dolomitbänke eine Mächtigkeit von höchstens 8,6 m.

b. Hammertalschichten

Wegen ihrer Feinschichtigkeit lassen sich die Hammertalschichten ohne Schwierigkeiten gegenüber den sonst dickbankigen Ablagerungen der Kanalfazies unterscheiden und abgliedern; der Wechsel in die feinschichtige Serie erfolgt ohne Übergang. Es dominieren Plattendolomite, zwischen die sich gelegentlich (bis zu 1 cm mächtige) feingeschichtete Plattenkalkke einschieben. Damit können die Schichten w. und e. des Hammertals korreliert werden. Schill-Lagen sind lokal vorhanden, Kiesellagen und Horizonte aus Dolomitknollen sind sehr selten.

Kompakte Dolomit-Handstücke haben graue Farben und zeigen rauhe bis poröse Bruchflächen. Die meisten Gesteine aber sind sehr weich und lassen sich mit der Hand zerdrücken. Manchmal sind sie nur noch Sand in gelblichweißen, manchmal gelbbraunen Farben. Eine charakteristische Erscheinung ist das immer wieder anzutreffende Dolomitmehl aus winzigen, zerfressenen Dolomitkristallen. Die Gesteine an der e. Hammertalflanke sind stärker aufgelöst.

An der w. Hammertalflanke sind die Hammertalschichten 6 m mächtig aufgeschlossen.

Südlich Altessing, an der Hammerleite, fallen die 3,5 m mächtigen Hammertalschichten nach N ein. Eine fast 20 m messende Schuttschleppe aus Kelheimer Kalken beendet dort die Sedimentationsfolge der Kanalgesteine. In den Detrituskalken weisen Gleitfalten mit nach W abtauchender Achsenebene auf Rutschungen aus E, vielleicht von der Altessinger Kanzel her, hin.

c. Litzelbergschichten

An der w. Hammertalseite wechseln über den Hammertalschichten meterstarke Dolomitbänke mit bis 1 m mächtigen Plattenkalkserien ab, in die gelegentlich Lagen von Kelheimer Kalken eingeschoben sind. Die Schichten sind unruhig und, mit Faltenlängen bis

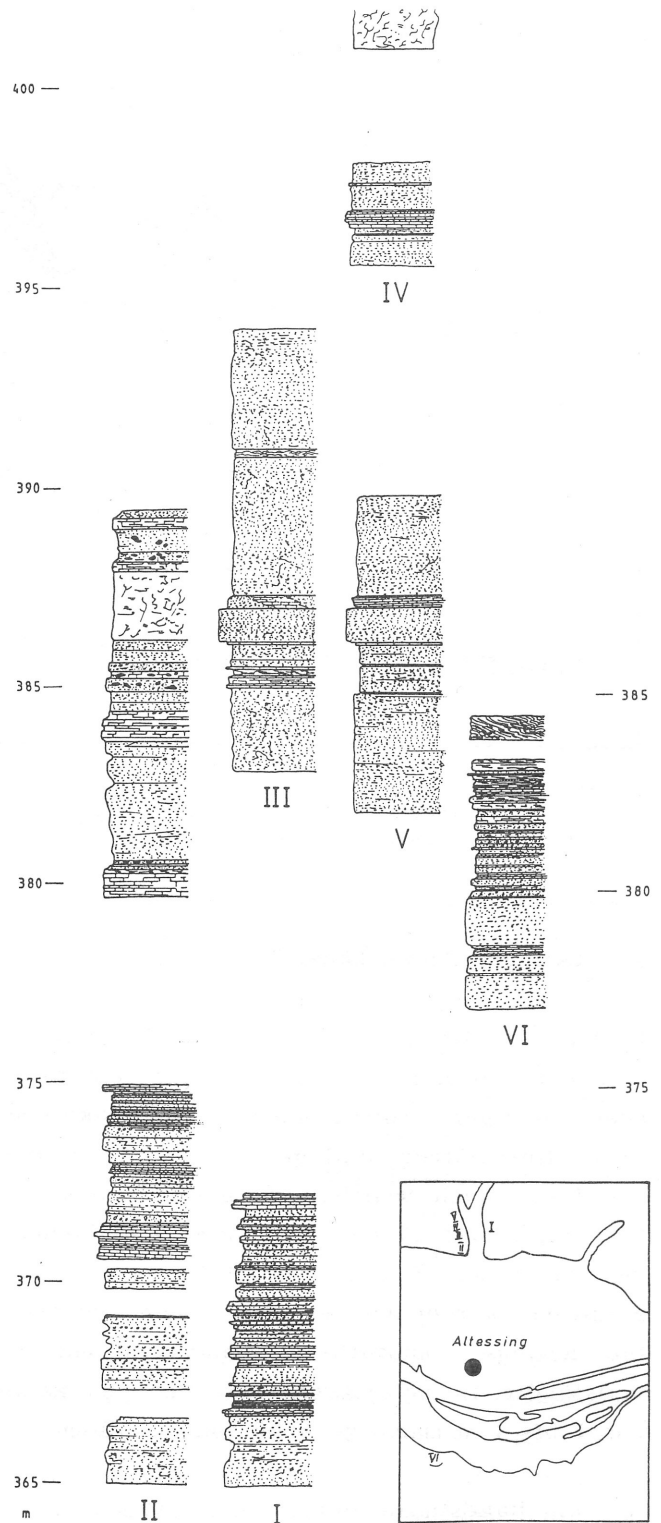


Abb. 4
Schichtprofile der Kanalfazies am Ausgang des Hammertales. Profile I und II Essinger Dolomitbänke zwischen 365 und 367 m, Hammertalschichten von 369 bis 375 m; Litzelbergschichten zwischen 392 und 394 m in Profil III.

zu 50 m bei Amplituden bis zu 1 m, großräumig-wellig gelagert. Besonders gegen Top führen sie lokal Schill sowie Lagen von Dolomitenknollen, Kieselknollen und bis 1 cm große Massenkalkbruchstückchen.

Die Dolomite sind sehr hart und haben nun auffällig graue und graubraune Farben. Die grobkörnigen Bruchflächen zeigen oft glitzernde Rhomboederchen.

Der Fossilgehalt mancher Dolomitbänke mit Echinodermenresten, Bryozoen und Schill von Lamellibranchiaten, Brachiopoden und Muscheln spricht für dolomitisierte Kelheimer Fazies.

Die Litzelbergsschichten erreichen eine Mächtigkeit von mindestens 20 m. Da nun die Kelheimer Kalke an der Hammerleite von Bankkalken, also der Basis des Malm Zeta, überlagert werden, müssen die darunterliegenden Schichten älter sein.

d. Geochemische Untersuchungen der Kanalfazies

Um zu überprüfen, ob es sich beiderseits des Hammertals (Profil I und II in Abb. 4) um dieselben Schichten handelt, wurden Proben auf organischen Inhalt sowie Mg- und Ca-Gehalt untersucht (Abb. 5).

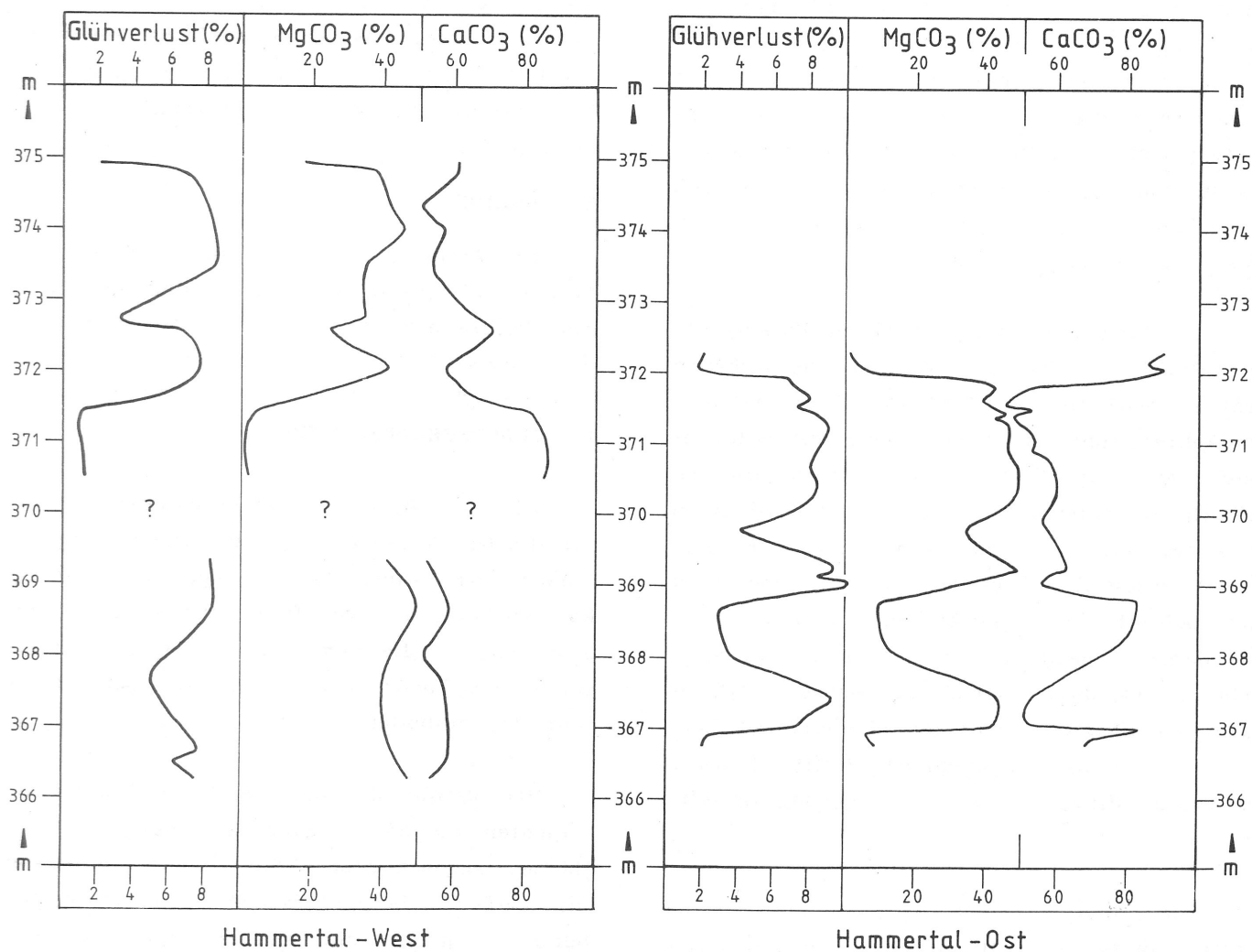


Abb. 5
Diagramme des organischen Inhalts sowie der MgCO₃ - und CaCO₃ -
Gehalte in Ablagerungen der Kanalfazies w. und e. des Hammertals.

Der aus der Gewichts-differenz bei zwei-stündigem Glühen der Proben bei 600° C errechnete Glühverlust gibt Auskunft über den Anteil organischer Substanzen, da diese dabei in Form von Kohlendioxid und anderen Gasen entweichen. Der Glühverlust ist in zwei Möglichkeiten vom Mg-Gehalt abhängig: Entweder ist das $MgCO_3$ an organische Reste gebunden, oder aber es dissoziierte beim Glühen bei 600° C in MgO und CO_2 . Der hohe Glühverlust zwischen 8 % und 10 % deutet auf die letztere Möglichkeit hin.

Die Bestimmung des Magnesium- und Calciumgehaltes erfolgte am Atomabsorptionsspektrometer absorptionsspektroskopisch. Die Werte wurden in Carbonat umgerechnet. Wie bei Dolomit zu erwarten, zeigen die Gehalte von $MgCO_3$ und $CaCO_3$ eine prinzipiell gegenläufige Entwicklung. Nur durch Verunreinigungen wird gelegentlich eine parallele Entwicklung erzielt. Ansonsten sind die Dolomite, die nicht selten $MgCO_3$ -Gehalte von 45,7 % und $CaCO_3$ -Gehalte von 54,3 % erreichen, sehr rein und besitzen keinen Tongehalt, da sie sich in konz. HCL ohne Rückstand auflösen.

Es fällt auf, daß die hohen Kalkgehalte in Profil I (die den Plattenkalkeinschüben entsprechen) in der Mitte von Profil II wiederkehren, und die Veränderung der Salinität sich somit in beiden Profilen einigermaßen gleich andeutet. Da die Hammertalschichten nur zur Hälfte aufgeschlossen sind, läßt sich nicht feststellen, ob der Wechsel von Kalk zu Dolomit in regelmäßigen Abständen und derselben Salinitätsveränderungen wiederkehrt. Es darf angenommen werden, daß es sich um dieselben Schichten handelt. Der Versatz von Profil I gegenüber Profil II um 3 m ergibt Hinweise auf die Lagerungsverhältnisse.

Die Analysenergebnisse erlauben keine Rückschlüsse auf die Genese der Dolomite. BAUSCH (1963 b) erklärt die Dolomitisierung im Gefolge mehrerer Metasomatoseprozesse,

die wiederholt und synsedimentär erfolgten. Nach RUTTE (1965) hingegen sind alle Dolomitvorkommen im Gebiet von Kelheim sekundär. Für diagenetischen Dolomit sprechen die im Dünnschliff auffälligen Dolomitrhomboeder wie auch Kieselgele. An den Rändern von Hohlräumen ist deutlich zu sehen, wie den sonst eng verzahnten Rhomboedern Raum zur Verfügung stand, um auszukristallisieren. Sie sind überdies zonar gebaut, wobei der periphere Teil frei von Einschlüssen ist und deshalb heller aussieht, der Kern aber durch staubförmige Partikelchen dunkel gefärbt ist. Wo in den Hohlräumen noch Platz verblieb, konnten in einer späteren Phase Kieselgele koagulieren.

Epigenetische Dolomite würden sich dadurch ausweisen, daß im Kern der Dolomitkristalle die staubförmigen Teilchen pelitartigen Kalzits fehlen, die rhomboedrische Form der Dolomitkristalle schön ausgebildet und ihre Transparenz gut wäre (PISSARTSCHIK, in RUCHIN 1958).

B. KREIDE

Im Arbeitsgebiet sind Ablagerungen der Kreide weitgehend ausgeräumt und nur noch als Relikte erhalten, oder von Tertiärbildungen bedeckt.

1. SCHUTZFELSSCHICHTEN

Mit dem Rückzug des Jurameeres beginnt für die Malmkalke die Zeit der ersten tiefgreifenden Verkarstung. Sie ist überwiegend vertikal ausgerichtet und führt zur Bildung von Schlotten, in die sich von Norden geschüttete Sande mit Tonen und Kiesen, die Schutzfels-schichten, einbetten.

Im Steinbruch Teich sind die Schutzfels-schichten bis 60 m unter der heutigen Oberfläche angeschnitten. Sie haben hellgraue bis weiße Farbe und bestehen aus tonig gebundenen grob- bis mittelkörnigen Sanden, die sekundär örtlich durch Kalk versintert sein können.

Die Sandfraktion wird in der Hauptsache aus grauen bis graublauen Quarzen gebildet. Diese sind wenig gerundet und durch eine Mattierung gekennzeichnet, welche auf Anlösung, teilweise aber auch, wie einzelne Trapezoederflächen erkennen lassen, auf Rekristallisation zurückzuführen ist. Zusammen mit geringfügigen Anteilen von Ilmenit, Turmalin, Hellglimmer und Rauchquarz sind sie mit kalkfreien Kaolintonen vermenget.

2. GRÜNSANDSTEIN

Als das Meer im Cenoman auf die Altmühlalb übergreift, wird eine Transgressionsfläche geschaffen und anschließend der Grünsandstein abgelagert.

Im Kartiergebiet ist er wieder abgetragen worden. Daß er im Obermiozän, beim Riesereignis, noch in erheblichem Umfange entstanden haben muß, beweisen alemonitisierte Gesteine, die sich in der Lehmigen Albüberdeckung (besonders am Ludwigshain) finden und *Jerea pyriformis*, *Carterella cylindrica* und *Neithea aequicostata* enthalten.

Ein Relikt der Transgressionsfläche ist vom Kloster Weltenburg aus über der Langen Wand der Weltenburger Enge zu sehen.

C. TERTIÄR

1. OBERMIOZÄN

Obermiozäne Bildungen sind die Kiese der Oberen Süßwassermolasse und die Lehmige Albüberdeckung.

Aus den Geländebefunden geht nicht eindeutig hervor, ob die Kiese der Oberen Süßwassermolasse die Lehmige Albüberdeckung überlagern, sich mit ihr verzahnen oder (im E der Grünmarter und der Heidenau sowie e. des Keltenwalls) von unten her durchdringen.

Da die Lehmige Albüberdeckung zeitgleich mit dem Riesereignis (RUTTE 1974) ist, die Molasseschüttung aus S aber erst gegen Ende des Obermiozäns (KRAM 1952) auf das Kartiergebiet übergreifen hat, sollte die Lehmige Albüberdeckung älter sein. Eine paläontologische Entscheidung ist mangels Fossilien nicht möglich.

a. Lehmige Albüberdeckung

Bis RUTTE (1981) wegen der stetigen Beimengung von Alemoniten, den dem Suevit äquivalenten Impactgesteinen (RUTTE 1972), die Lehmige Albüberdeckung als verwitterten Impactstaub deutet, wurde sie als Verwitterungslehm, entstanden aus Malm- oder Kreidegesteinen, angesehen. Auf Grund ihrer Vergesellschaftung mit Sanden erhält sie von SCHUSTER & REUTER (1923) die Bezeichnung Lehmig-sandige Albüberdeckung. BIRZER (1939) beschreibt sie als sandige Lehme, WEBER (1978) nennt sie infolge der Verknüpfung mit Kieselrelikten "Kieselig-lehmige Albüberdeckung".

Als reliefausgleichendes Element überdeckt sie im se. Untersuchungsgebiet die Gesteine der Massen- und Kelheimer Fazies und zwischen Nierand und Grünmarter fast den gesamten Ausstrich der Plattenkalkfazies. Die Mächtigkeit liegt dort zwischen 15 und 20 m. Die Lehme sind Wasserstauer. Besonders im Frühjahr nach der Schneeschmelze sind Pfützen und sonstige Wasseransammlungen eine große Kartierhilfe.

Am Klostertalweg, nw. vom Herrnholz, läßt sich eine solifluktuive Verschleppung von Lehmiger Albüberdeckung beobachten: Aus umgewälzten, rötlichen, teils sichtbar entfärbten und mit Löß vermengten Lehmmassen werden Alemonite, die Fließ- und Wandergefüge nachzeichnen, ausgepreßt.

Auf der Hochfläche wird sie meist von einem geringmächtigen Lößschleier überdeckt. Auch Kiese bzw. Quarzrestschotter wurden oberflächlich als Gemengteile beobachtet.

Die Alemonite sind im Lehm von brauner, gelb- oder rotbrauner Farbe ohne System in willkürlicher Anzahl und Anordnung sowie in mannigfaltigen petrographischen Varietäten verteilt. Die Hauptkennzeichen der Alemonite sind nach ROOS (1976): Totale Verkieselung, säulig-achsige Absonderung, Blasen bzw. blasenartige Hohlräume, brekziöses Gefüge. Für das Kartiergebiet unterscheidet er die Varietätengruppen

Qb brekziös - Qu Brekziengrenzen unscharf, z.T. schlierig - Qp makroskopisch überwiegend unstrukturiert, homogen, opalartig (Lesesteine oft plattig, bankig, kantig).

Die makroskopisch unstrukturierten Alemonite sind am weitesten verbreitet. Besonders in der Umgebung von Nierand und in der s. Heidenau treten sie verstärkt auf. Wo sie Kindskopfgröße überschreiten, wurden sie in der Karte gekennzeichnet. Die Lesesteine sind oft mit auffällig rot-schwarzen Rändern umkrustet.

Brekziöse Alemonite sind ebenfalls rötlich bis gelblich gefärbt, aber nicht ockergelb, wie die dichten Alemonite. Die Bruchflächen sind immer uneben, die Bruchkanten weniger scharf. Sie sind weniger verwitterungsbeständig; teilweise ausgelaugt und manchmal mürbe.

Die größten Alemonite erreichen das Volumen eines halben Kubikmeters. Es gelang nicht, anstehendes Gestein bzw. Alemonitdecken ausfindig zu machen.

Große Alemonite, darunter viele grobbrekziöse Abarten, finden sich auch e. der Ritzelschlucht.

In Lesesteinhaufen am Grünmarter und nw. der Langwiese finden sich verkieselte

Gesteine mit Crinoidenstielgliedern, Terebrateln, Rhynchonellen, Muscheln, Lamellibranchiaten u.a. Fossilien. Es handelt sich um einen in situ verkieselten Kelheimer Kalk. Verkieselte, alemonitisierte Grünsandsteinbrocken mit den typischen Leitfossilien *Jerea pyriformis*, *Neithea aequicostata* und *Carterella cylindrica* bezeugen beim Rieseinschlag im Arbeitsgebiet anstehende Oberkreide.

b. Quarzrestschotter

Im Obermiozän dringt die Obere Süßwassermolasse (OSM) in das Gebiet der südlichen Altmühlalb ein und bringt Süßwasserkalke und -mergel, Tone, Sande und Kiese zur Ablagerung (KRAM 1952).

Zwischen Hirschberg und Heidenau ließen sich geringmächtige Vorkommen von Sanden und Kiesen kartieren. Sie werden als Quarzrestschotter definiert.

Auf eine Aufarbeitung auch von Schutzfelsschichten lassen die in der Sandfraktion immer wieder auffälligen, relativ großen Fibrolith- und Sillimanitschuppen schließen. Ferner sind Grünsandsteinbröckchen sowie weiße bis gelbliche Verkieselungen mit glaukonitgefleckten Splittern zahlreich vertreten. Erstaunlich hoch ist der Anteil der opaken Minerale Zirkon, Magnetit und Ilmenit; letzterer ist lokal so häufig, daß er an ein Seifenlager erinnert. An hellem Anteil finden sich Muskovit und Quarze; die schlecht gerundeten sind klein und wasserklar, die kanten- bis sehr gerundeten meistens mattiert.

Die Durchmesser der größeren Komponenten liegen zwischen 0,5 und 2,0, ausnahmsweise auch 3,0 cm. Eine Auswertung von 758 Geröllen ergab folgende Werte:

- 31 % Gangquarze, grau bis hellgrau; kreuzweise geädert, gut gerundet.
- 21 % Quarze, überwiegend glasklar, aber auch grau und rötlich; gut poliert und gerundet.
- 19 % Alemonite, gelblich bis rötlich, brekziös und wenig zugerundet.

- 16 % Quarze, milchig weiß, angeschlagen schwach getrübt; mattiert, kantengerundet.
- 10 % Quarzite, vermutlich alemonitisierte Sandsteine der Danubischen Kreide, blaugrau, gelb bis rötlich; teilweise sehr schön rekristallisiert, wenig gerundet.
- 3 % Sonstiges: Lydite, Radiolarite und milchig weiße bis rötliche, wulstförmig geknäuelte Kieselkonkretionen.

2. PLIOZÄN (Hochgelegene Schotter)

Mit der Verlandung des obermiozänen Süßwasserbeckens bildet sich nach dem Riesereignis die Urdonau aus, die im Gebiet zwischen Rennertshofen - Dollnstein - Kelheim Altmühdonau genannt wird. Die ältesten Spuren der Altmühdonau sind im Kartiergebiet die "Hochgelegenen Schotter".

In der NE-Ecke des Kartenblattes am Steinbruch Teich kommt 110 - 120 m über dem

heutigen, künstlich aufgefüllten Talboden (120 - 130 m über der einstigen Altmühl) eine bis 10 m mächtige Schotterdecke aus gelblichen und rötlichen Sanden und Lehmen vor. RUTTE (1962) bezeichnet sie als Hochschotter, TILLMANN (1977) als Hochflächenschotter.

Aus verschiedenen Aufschlüssen n. des Steinbruches Teich wurden insgesamt 778 Gerölle petrographisch sowie morphometrisch untersucht:

- 45 % Gangquarze, hellgrau bis milchig weiß, teils rötlich; netzartig zerklüftet, manchmal zertrümmert und brüchig, viele klar und durchscheinend; gut zugerundet; bis 6,9 cm.
- 14 % Kieseliefer, hellgrau bis braun; gleichmäßig dicht bis feingeschichtet, plattig; eventuell aus Heller Kieselieferserie des Thüringer Waldes; bis 9 cm.
- 12 % Sandsteine, gelblich bis ockerbraun, selten rötlich; viele cremefarben gebleicht; fein- bis mittelkörnige Bruchflächen mit zahlreichen Poren, teils mit Fossilresten vermutlich mesozoischer (fränkischer) Abkunft; plattig abgerollt; bis 6,1 cm.
- 10 % Malmkalke, weiß bis hellgrau, gelblich; fein- bis mittelkörnig; manche dicht, mit netzartigen Klufmusername; plattig bis gut gerundet; Lokalkomponenten verschiedener Fazies; überwiegend aber Massenkalk; bis 5 cm.
- 5 % Alemonite, ockergelb bis rötlich, mit Eisenkrusten; brekziös und klotzig, wenig zugerundet und transportiert, ehemalige Sandsteine und Kalke; bis 10 cm.
- 5 % Radiolarite, typisch rotbraun, mit wenig Quarzäderchen durchsetzt; wenig gerundet; gequältes Gestein alpiner Herkunft; bis 5,9 cm.
- 3 % Hornsteine, ockergelb bis grau, gleichmäßig dicht, Malm oder Keuper ?; bis 6,5 cm.
- 2 % Lydite, dunkelgrau und schwarz; mit Quarzäderchen durchsetzt; schwarze Kieseliefer des Thüringer Waldes; bis 4 cm.
- 2 % Feinbrekzien und Grobsandsteine, gelblich bis rötlich, leicht eingekieselt, vermutlich aus alpiner Flyschzone; bis 4,8 cm.
- 1 % Süßwasserkalke und Kalksandsteine, weiß bis gelb, unebene Oberflächen, teilweise feingeschichtet, mit Fossilresten; vermutlich aus obermiozänen nahegelegenen Ablagerungen; bis 6,7 cm.
- 1 % Sonstiges: Kieselschwämme aus Oberkreide (*Jerea pyriformis*); verkieseltes Holz, diverse verkieselte Kalke und Sandsteine; Quarzite, Windkanter.

Aussagen über die Dominanz eines n. oder s. gelegenen Liefergebietes lassen sich aufgrund der Analyse nicht machen.

D. QUARTÄR

1. PLEISTOZÄN

a. Fluviale Ablagerungen

Die Altmühl-Donau tieft sich im Quartär in die Albtal ein und hinterläßt mehrere Fels- und Schotterterrassen. Im Bereich des Altmühl-Donau-Tals, hauptsächlich in der Umgebung von Dollnstein, konnte TILLMANN (1980) eine Abfolge von 8 Schotterakkumulationen ausscheiden.

Schulerloch-Terrasse

Dort, wo im Kartiergebiet das Altmühltal eng wird und senkrechte Felsen die Talflanken bilden, ist in 400 m NN eine Erosions- bzw. Felsterrasse mit Karsterscheinungen ausgebildet. "Mit Sanden, Geröllen und Lehmen verfüllte Karstspalten finden sich relativ häufig in diesem Niveau, wodurch sich eine gewisse Sonderstellung dieses Niveaus andeutet" (TILLMANN 1977).

Gerölle der Talschotter finden sich in Form eines Schottersehlers auch im Großen Schulerloch. Sie liegen ca. 55 m über der ehemaligen Altmühl; sie sollten damit TILLMANN'S 45 - 55 m ü. T.-Terrasse angehören. Eine Analyse (BINDER 1983) ergibt jedoch, daß sich aufgrund der Verteilung der Leitgerölle

- Quarze	31 %
- Radiolarite	5 %
- Lydite	2 %
- Alpine Kalke + Sandsteine	62 %

eher ein Bezug zu TILLMANN'S 35 - 45 m ü. T.-Terrasse ergibt.

Während die Quarze mäßig bis gut zugerundet sind, weisen die alpinen Kalke eine deutliche Tendenz zu den plattigen Formen auf, womit wieder eine Abhängigkeit der Rundung von der Struktur des Ausgangsgesteines belegt wäre. Betrachtet man die einzelnen Korngrößen-Klassen, so stellt man fest, daß

die Quarze gegenüber denen der Hochschotter bei kleinen Größen und runden Formen keine eigentlichen Schwerpunkte erkennen lassen. Es mag daran liegen, daß sie nun in der Hauptsache aus dem alpinen Raum angeliefert wurden und von anderem Habitus sind. Die Anreicherung scheibenförmiger Gerölle in der kleinsten Fraktion - besonders bei den alpinen Kalken - muß wohl aber so gedeutet werden, daß es sich um Bruchstücke größerer Gerölle handelt. Die alpinen Kalke haben aufgrund ihrer "gequälten" Natur die Neigung scherbzig zu brechen.

Talrandkonglomerat

200 m n. der Schleuse N° 4 des Ludwig-Donau-Main-Kanals befinden sich 17 m ü.T. (363 m NN) unterhalb der Jeep-Straße zu einem ca. 3 m mächtigen Konglomerat verbackene Gerölle der Altmühl-Donau. Das Spektrum wird fast ausnahmslos durch alpine Kalke bestimmt, nur untergeordnet beteiligen sich Quarze, Radiolarite, Lydite und Hornstein.

Geht man davon aus, daß die Talsohleschotter ursprünglich 14 m mächtig waren (BIRZER 1951) - und Bohrungen der RMD-AG anstehenden Fels dort bei 338,6 m NN erreichten - kommt eine ältestpleistozäne Datierung in Betracht, denn andernfalls wäre für die Talsohleschotter eine sonst nirgends bestätigte Mächtigkeit von mindestens 27 m anzunehmen.

Talsoleschotter

Die letzten Zeugen der Altmühl-Donau sind die Talsoleschotter. Typlokalität ist die (inzwischen aufgefüllte) Kiesgrube am östlichen Ortsrand von Altessing (RUTTE 1981). Im Kartiergebiet sind sie gegenwärtig nur noch n. Altessing auf den Feldern verbreitet.

Im April 1981 waren bei den Bauarbeiten für den RMD-Kanal 200 m se. Schleuse N° 4 Gruben aufgeschlossen, in denen 1696 mindestens hühnereigroße Gerölle aufgesammelt wurden. Eine Bestimmung ergab:

Alpine Gerölle

- 15 % Alpine Kalke, hell- bis dunkelgrau, gut gerundet, taubeneigroß; ca. 1/10 scherbige Kalke von 10 - 15 cm, vermutlich aus Moränenmaterial.
 - 12 % Radiolarite, 6/10 typisch rotbraun, sonst grau, schwarz, grün, faust- bis walnußgroß.
 - 4 % Feinbrekzien und Grobsandsteine, vermutlich Flysch.
 - 3 % Gangquarze, hellgrau bis milchig weiß; faust- bis walnußgroß, insgesamt sehr gut gerundet.
 - 41 % Nicht näher bestimmte alpine Gerölle; von weiß bis schwarz stark variierende, bunte Farben, walnuß- bis hühnereigroß, alle sehr gut gerundet; 2/10 alpine Sandsteine sowie Metamorphite.
-
- 75 %

Nichtalpine Gerölle

- 21 % Malmkalke, weiß, gelb und braun; gut kantengerundet; viele Stücke mit mehligter Verwitterungsrinde; Sinterbezüge an Kontaktflächen und eisenverkrustete Oberflächen.
8/10 Massenkalk, sonst Kelheimer- und Plattenkalke; 3/10 faustgroß, 4/10 hühnereigroß, 3/10 walnußgroß.
 - 3,7 % Alemonite, geglättet und kantengerundet; durchschnittlich faustgroß.
 - 0,3 % Sonstiges:
 - (vermutlich) Doggergesteine: ockergelb bis braunrot; fein- und mittelkörnig, eisenschüs- sig; mit Fossilresten;
 - Dolomite, Jurahornsteine;
 - (unbestimmbare) Fossilien: 1 Ammonit, 1 Koralle.
-
- 25 %

Beim Weiterbau des RMD-Kanals konnten Ende 1982 150 m se. des Sportplatzes von Alt- essing unterhalb des Grundwasserspiegels meh-

rere Schaufeln Material eingesammelt wer- den. Nach dem Sieben mit der Maschenweite 1 cm blieben (rein zufällig) 100 Gerölle zwi- schen 1 - 4 cm übrig:

Alpine Gerölle

- 19 alpine Kalke
 - 10 Radiolarite
 - 5 Gangquarze
 - 9 alpine Sandsteine
 - 31 Sonstige: Kristallin, nicht näher bestimmbar
-
- 74

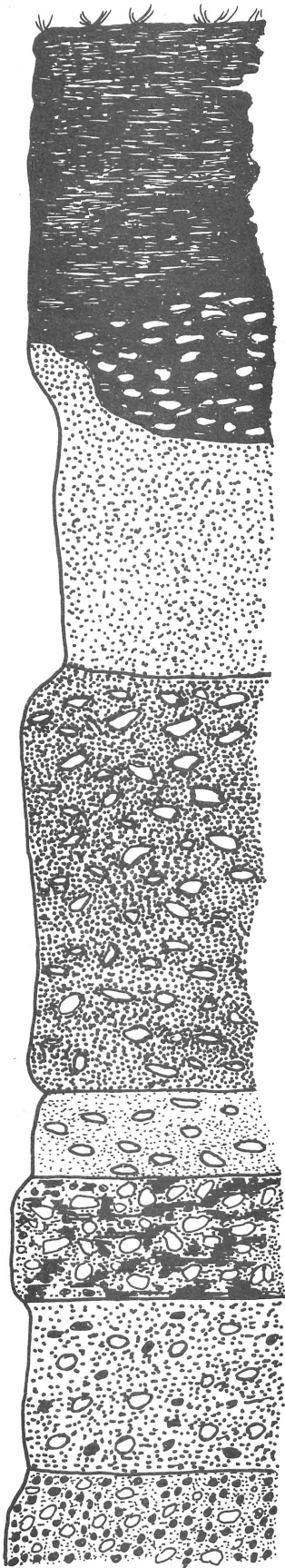
Nichtalpine Gerölle

- 20 Malmkalke
 - 4 glaukonitische Sandsteine der Oberkreide
 - 2 Alemonite
-
- 26

Altmühlschotter

Wieder zeigt sich der alpine Raum als Hauptliefergebiet. Nur werden jetzt weniger Kalke, dafür andere, auch kristalline Kompo- nenten geschüttet. Bemerkenswert ist das Vor- kommen glaukonitischer Kreidesandsteine, das nur über das Hammertal aus der nördlich gelegenen Region mit der westlichsten danubi- schen Kreide gekommen sein kann.

Seitdem die Altmühldonau vermutlich ge- gen Ende des Mittelpleistozäns ihr Tal verlas- sen hat, benutzt die Altmühl das für sie zu breite Flußbett. Seitdem wird kein alpines Material mehr angeliefert, und die Altmühl- schotter erschöpfen sich hauptsächlich in Um- gelagertem sowie scherbigen Malmkalkkompo- nenten.



- 0,5 m: 0,5 m Auelehme, schwarz bis braun, sandhaltig, Mächtigkeit stark schwankend, teilweise von Sand überspült.

- 0,8 m: 0,3 m ausschließlich Malmkalk, scherbig, in sandigen Lehm gebettet, Mächtigkeit lokal variierend; Geröllage kann manchmal fehlen.

- 1,2 m: 0,4 m Sand, ockergelb bis braun, nicht geröllführend, kann anderorts mehrere Meter mächtig werden.

- 1,9 m: 0,7 m Malmkalke, scherbig, wenig gerundet, in dunklen Sand gebettet.

- 2,1 m: 0,2 m Malmkalke in hellgelbem Sand

- 2,3 m: 0,2 m Malmkalke und untergeordnet kleinere alpine Gerölle (17 %) in dunkelviolettem Sand.

- 2,7 m: 0,4 m Malmkalke, alpine Gerölle (20 %), sehr viel Sand.

- 2,9 m: Liegendes: Talsohleschotter, gut abgerollte alpine Gerölle, bis 3 cm; Malmkalke um 20 %, wenig Sand.

Abb. 6
Profil durch die Altmühlschotter bei Altessing

b. Äolische Ablagerungen

Löß, Lößlehm

Während der letzten pleistozänen Eiszeit waren die aus W kommenden Winde mit Staub beladen, den sie dann im Lee von Erhebungen als Löß ablagerten. Demgemäß findet er sich heute an den E-exponierten Hängen; von wo aus er sekundär in die Täler verschwemmt wurde. Nur selten lassen sich im Anstehenden mehr als 1 m Mächtigkeit nachweisen. Die Lössse auf der Hochfläche wurden meist soweit abgetragen, daß nur noch ein Lößschleier vorliegt. Vermischungen mit der unterlagernden Lehmgigen Albüberdeckung (z.B. am Ludwigs-hain) führen zu einer Anreicherung der Böden mit Nährstoffen, weshalb im ältesten Naturschutzgebiet des Landkreises Kelheim mächtige Eichen stehen.

Alle Lößvorkommen sind Entkalkungsprozessen unterworfen worden und liegen heute als Lößlehm vor. Er ist im Regelfall von aschgrauer bis brauner Farbe. Im trockenen Zustand zerbröseln er aufgrund des lockeren Gefüges; ist er aber feucht, registriert man einen luftig-frischen Duft. Diese Merkmale erleichtern die nicht immer einfache Unterscheidung zu Lehmen der Lehmgigen Albüberdeckung.

REISCH (1979) meldet aus einem Hangschutt-Löß-Profil bei Altessing eine umfangreiche Molluskenfauna mit der bislang e. des Schwarzwaldes nicht bekannten Art *Jamnia quadridens* (O.F. MÜLLER) und ökologische Varianten der Art *Pupilla muscorum* (LINNÉ).

Flugsand

Durch die jungpleistozänen W-Winde wurden auch Sande transportiert und als Flugsand abgelagert.

Im Kartiergebiet wurden während des Baues des RMD-Kanals s. der Altmühl größere Flugsandvorkommen umgebagert und umgewälzt. Die Flugsande im unteren Altmühltal

sind durch Anreicherung mit Hellglimmer gelb bis ockerbraun; auf den Feldern werden sie infolge landwirtschaftlicher Bearbeitung dunkler. Im trockenen Zustand rieselt Flugsand durch die Finger, ohne zu stauben. Die Korngrößen liegen hauptsächlich im Mittel- bis Feinsandbereich, weshalb an den von LKW's aufgeschütteten Halden schon schwache Niederschläge Schwemmkegel von 2 - 3 m Lobusweite entstehen ließen.

Der größte Teil der Flugsandvorkommen ist dem RMD-Kanal zum Opfer gefallen. An eine ehemals mehrere Meter mächtige Flugsanddecke erinnern die mit Abschlammungen und Lößlehm vermischten Sande n. der Wagnerleite; sie dürfte aus umgelagerten Terrassensanden entstanden sein.

Die Unterscheidung des Flugsandes von Flußsand, der hinter der Autowerkstatt CRISTL Altessing sowie auf den Feldern n. Altessing durch Gerölle belegt ist, ist stellenweise schwierig und konnte nur subjektiv erfolgen.

c. Windschliffe

Die mit Sand und Staub beladenen Winde erzeugten verschiedentlich Windpolituren und Windkanter an Geröllen aus Malmkalk, Almonit oder Radiolarit.

2. HOLOZÄN

a. Hangschutt, Schuttfächer

An den Steilabfällen des Altmühltals wie auch an der Langen Wand vermengen sich abgesonderte größere Gesteinsblöcke mit verschiedenen abstürzenden Gesteins- und Bodenbildungen. Zwischen den Felsen am Fuße des Schlöbelberges erreichen die Schuttmassen 8 - 10 m Mächtigkeit.

An der Fischerleite finden sich mehrere Kubikmeter große, meist scheibenförmige Riesenblöcke. Es sind relativ massive, wenig zer-

klüftete Massenkalken, die sich gravitativ an Klüftzonen abgelöst haben. An der Hammerlei- te sind die Gesteine intensiver zerklüftet, weshalb sie kleinere Blöcke liefern. Ein Fazieswechsel der Malm-Gesteine macht sich auch im Hangschutt bemerkbar.

Wo die Hänge flacher werden, treten große Blöcke zurück, die Schuttmassen gehen, oft in fließendem Wechsel, in Abschlämmassen über.

b. Abschlämmassen, Schwemmkegel

Vom Hangschutt unterscheiden sich die Abschlämmassen durch hohe Anteile an Lockermaterial. Sie bestehen aus allem Abschwemm- baren der Hochflächen und Talflanken: Leh- me, Sande und Kiese (besonders w. der Lang- wiese), Malmschutt und Alemonite. Die Kompo- nenten sind mehr oder weniger stark ver- mischt und ergeben "ein geradezu kennzeich- nend uneinheitliches Bild" (WEBER 1978).

Durch ständiges Begehen und Befahren bildeten sich in den Wegen der Talböden fast überall Hohlwege, die durch erodierende und abschwemmende Niederschlags- und Schnee- schmelzwässer weiter eingeschnitten werden; sie lassen örtlich auf eine Mächtigkeit der Kolluvionen von 2 - 3 m schließen.

An den Mündungen der Täler schütten sich meist kleinere Schwemmkegel uneinheitlicher Zusammensetzung auf. Ca. 130 m s. der ehe- maligen Fabrik von Schellneck konnten 1/2 m unter der alluvialen Talfüllung aufgrund rot- braun gefärbter Lehme ein kleiner, und dort, wo die Altmühl die Felsen erreicht, ein grö- ßerer Schwemmkegel mit einem Lobus von 50 m nachgewiesen werden. Sie sind heute von künstlichen Aufschüttungen zugedeckt.

c. Aue-Bildungen

Die alluvialen Talfüllungen der Altmühl bildeten s. Altessing eine auffällige Ebene, weshalb sie gegenüber den talwärts sanft ein- fallenden Abschlämmassen klar zu begrenzen

waren. Es handelt sich um pechschwarze Schlufflehme mit gelegentlich eingeschalteten dünnen Sandlagen. Da vor dem Bau des RMD- Kanals Hochwässer das Gelände häufig über- fluteten, konnten die Aue-Bildungen landwirt- schaftlich ausschließlich als Grünland genutzt werden. Im Zuge des Kanalbaues wurden die Alluvionen weggeräumt.

Donau-Aue

Am linken Donauufer schiebt sich von S ein kleiner Streifen von Auelehmen etwa 50 m weit in das Kartiergebiet hinein. SCHMIDT- KALER (1968) beschreibt sie als grau gefärb- te, hochkalkhaltige, glimmerreiche Schluffle- me.

Am Prallhang an den Massenkalken der Donau gibt es keine Flußablagerungen. Am gegenüberliegenden Gleithang vor dem Kloster Weltenburg bleiben im gewaltigen Schotter- komplex bis zu 4 cm große Gerölle liegen, an denen die Geröllfracht der jungen Donau stu- diert werden kann:

76	%	alpine Kalke
12	%	alpine Sandsteine
4,5	%	Quarze
3,5	%	helle Kieselgesteine
2	%	Radiolarite
2	%	Metamorphite

d. Dolinen

Die Entwässerung des Gebietes erfolgt ausschließlich über Dolinen auf unterirdi- schem Wege. Die in der topographischen Kar- te vermerkten wurden durch Beobachtungen im Gelände ergänzt und in Abb. 7 dargestellt. Auf das Gebiet der Massenkalken entfallen 25 %, auf das Gebiet der Plattenkalken 75 % aller registrierbaren Dolinen. Auf der e. Blatthäl- fe sind sie mehr oder weniger an N-S-gerich- tete Trockentäler gebunden, im SW scheinen sie sich unregelmäßig auf der Hochfläche zu verteilen. Einige Dolinenreihen haben einen NW-SE-gerichteten Verlauf.

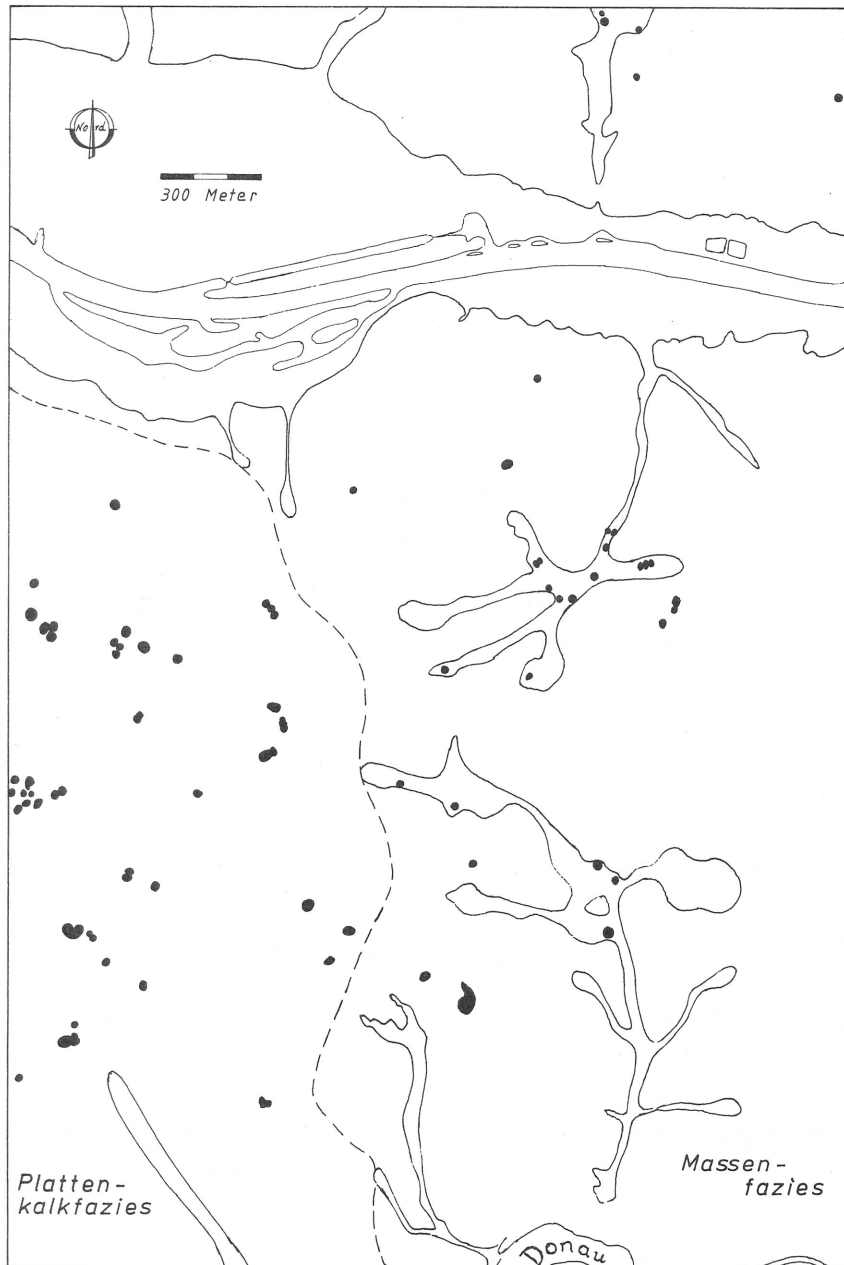


Abb. 7
Verteilung der Dolinen und Täler

Die meisten Dolinen sind 4 - 5 m tief. Sie können, besonders innerhalb der Lehmigen Albüberdeckung, verstopft und mit Wasser gefüllt sein. Es ist anzunehmen, daß viele Dolinen tektonisch verursachte Schwächezonen des Gesteins markieren.

e. Künstliche Aufschüttungen

Wo Gesteine in größerem Maße abgebaut wurden, sind Abraum- und Schutthalden übrig

geblieben. So finden sich an der Hammerleite in ca. 420 m NN kleine Halden, die dem Schürfen nach Plattenkalken entspringen, kurz oberhalb der Wegegabelung aber ehemaligen Dolomitabbau als Ursache haben. Ebenso kennzeichnen die Schutthalden w. des Hammertals dort einst lebhaft betriebene Steinbrüche.

Die größten Abraummassen kommen unterhalb der Steinbrüche Teich vor. Hier wurden früher Kelheimer Kalke als Bildhauerstein ge-

wonnen, das unbrauchbare Material aber den Talhang hinuntergekippt. Die Halden nehmen eine Fläche von mehreren Hektar ein. Sie sind heute bewaldet und auch von Absturzmassen bedeckt.

Im Zusammenhang mit dem Bau der Schleuse Gronsdorf des RMD-Kanals mußte ein Gefälleausgleich erfolgen und das Gelände höher gelegt werden. Im Kartiergebiet sind sämtliche tiefer als 350 m NN gelegene Talabschnitte künstlich aufgefüllt worden. Nach dem Abräumen aller alluvialen Sedimente wurden entsprechende Mengen an steinigem Aufschüttungsmaterial, vorwiegend aus der ausgehobenen Kanal-Trasse des Kartiergebietes wie auch aus weiter entfernten Gegenden angeliefert und eingeebnet. Darauf wurden abschließend die zuerst weggeräumten alluvialen Schichten und die nutzbaren Böden in einer Auflage bis zu 1/2 m gleichmäßig verteilt.

f. Vor- und Frühgeschichte

Wie zahlreiche Funde bestätigen, ist das Gebiet seit dem ausgehenden Mittelpaläolithikum besiedelt. Von großer Bedeutung sind hierbei die Schulerlochgrabungen von Prof. BIRKNER aus dem Jahre 1915, die u.a. zur Begründung einer altmenschlichen Kultur, der "Altmühlgruppe" beigetragen haben. Weitere steinzeitliche Artefakte fanden sich 1980 beim Bau des Rhein-Main-Donau-Kanals am Fuße der Schellnecker Wänd und in der Unterau; hier konnten auch bronzezeitliche Funde geborgen werden.

Die über das ganze Kartiergebiet verteilten Grabhügel bestehen heute aus Gesteinen der jeweiligen näheren Umgebung. Sie leiten über zur Eisenzeit, die sich im wesentlichen durch keltische Zeugnisse dokumentiert.

Äußerer Keltenwall

Als ein das Oppidum Alkimoennis im W begrenzendes Element zieht sich der Äußere Keltenwall auf über 3 km Länge von der Altmühl zur Donau (Abb. 8). Nach HERRMANN (1975) handelt es sich um eine ehemalige Pfostenschlitzmauer mit hintergeschütteter Erdrampe. Tatsächlich konnten e. der Langwiese an der w. Wallböschung herauswitternde Plattenkalke festgestellt werden. Sie mußten, da der Wall ausschließlich im Gebiet der Massen- bzw. Kelheimer Fazies verläuft, und die nächsten Plattenkalke sich erst an der Hammerleite und e. Nierand finden, antransportiert werden. Die Erdmassen hingegen wurden beiderseits des Walles entnommen, so daß vielfach ein Graben entstehen konnte. Auf der e. Seite des Äußeren Keltenwalles lassen sich Grabenaushübe nur stellenweise, dafür viele Trichtergruben beobachten.

Vermutlich waren es strategische Überlegungen, beim Bau morphologische Elemente zu berücksichtigen. Ca. 250 m se. der Langwiese stößt der Wall an eine Massenkalkbarriere. Hier ändert er seinen Verlauf und knickt ab, eine Felsrippe wird integriert, die Gräben enden.

Der Äußere Keltenwall wurde vermessen und aufgenommen und in Abb. 8 dargestellt:

- 1 Als Einlaß ins Oppidum erbauten die Kelten im hochwassersicheren Gebiet ein Zangentor, dessen n. Zange von einem Weg angeschnitten ist. Das Tor entstand in der dritten Bauphase (HERRMANN 1975). Die Felsen bestehen aus Massenkalk, in denen aber immer wieder Nester aus Kelheimer Kalk nachzuweisen sind.
- 2 Da hier der Steilabfall eine natürliche Hochkante bildet, war kein Kunstwall nötig.
- 3 Am Beginn der Kulmination macht der Wall einen leichten Knick. Morphologisch bedingt liegt das Gelände im E tiefer. Wegen der harten Massenkalkfelsen konnten die Kelten keinen Graben ausheben. Das Gelände ist eben.

- 4 Unmittelbar am Wall befindet sich ein ehemaliger Steinbruch von 10 x 10 m Grundfläche.
- 5 Ein querlaufender Felsriegel aus Massenkalk verursacht die höchste Wallstelle.
- 6 Der Wall ist steil und hoch, der Graben tief; er enthält auffällig viele Felsen.
- 7 Beiderseits des Wegedurchbruchs stehen Massenkalken an.
- 8 An der Kulmination knickt der Wall nach E ab, um dem Tal auszuweichen. Im W stellt sich eine Felsenlandschaft ein, die eine gegen S immer markantere Treppe zwischen Graben und Wall erhalten hat.
- 9 Durch einen Weg wird der Wall unterbrochen. Im W ist eine Treppe vorhanden, wodurch der Graben vom Wall abgesetzt ist. Im E finden sich Trichtergruben und Massenkalken.
- 10 Die Schüttungsseite der Erdaufschüttung s. der Kreisstraße ist 2 m höher als das Grabentiefste im W (Massenkalkfelsen).
- 11 An der w. Dammseite findet sich eine kleinere steinbruchartige Abgrabung.
- 12 Wo der Wall abknickt, macht sich eine Treppe bemerkbar. Die Wallkrone enthält Malmblöcke, die aus der nächsten Umgebung stammen.
- 13 Der Aushubgraben ist auffällig. Im E deutet sich ein flacher Graben an, neben dem ein auffällig tiefes, schachtartiges Loch zu sehen ist. Die Gesteine sind Mischformen der Kelheimer Fazies, einschließlich des Breisteines.
- 14 Im engeren Radius des getreppten Keltenwalles finden sich massenhaft Felsbildungen in bankig absondernden Kelheimer Kalken. Hier kann im W die Faziesgrenze Kelheimer Kalk - Massenkalk gefaßt werden. Die Gesteine weisen auffällig viele Stylolithen auf.
- 15 Auf der Kulmination sind viele große Alemonite in die Wallkrone eingebaut; dies belegt, daß das Aufschüttungsmaterial auch von E herantransportiert wurde. Dort verbreitet sich nämlich die nächstgelegene Lehmmige Albüberdeckung; sie kommt hier bis auf 30 m an den Wall heran. 30 m s. der Kulmination wird der Wall im W extrem steil und hoch und nicht getreppt, der Graben ist tief. Im E breitet sich eine steinbruchartige Felsenlandschaft aus.
- 16 Nach ENGELHARDT (1982) ist das mittlere Zangentor in jüngeren Bauphasen eingeschnitten worden, da der Wall ohne Veränderung weiterläuft. Während die n. Zange fast völlig zerstört wurde, ist die andere noch sehr gut erhalten. Der Graben ist nicht tief, dennoch als Aushubsystem zu erkennen. Gegen S führt der Wall in einen Hochwald und geht dort gelegentlich in eine Doppeltreppe über. Die anstehenden Gesteine sind Kelheimer Kalke; sie finden sich auch in den Erdmassen des Walles.
- 17 Der Wall ist durch einen Weg unterbrochen. Eine Waldschneise quert hier den Wall (Orientierungspunkt). Im Graben beobachtet man künstliche Grablöcher. Sie sind aber jünger als der Wallgraben und haben mit den Kelten nichts zu tun. Da man in den Grablöchern Schlacken und Holzkohle findet, ist anzunehmen, daß es Bauernschmelzen waren, in denen Eisen verhüttet wurde (RUTTE (1967)). Das Gelände liegt im W mindestens 5 m tiefer als im E. Da der Graben dem Damm etwas vorgelagert ist, entsteht eine Doppeltreppe. Im E ragen viele Felsköpfe auf, die teilweise von Massenkalken gebildet werden; sie künden, noch im Areal der Kelheimer Kalke, die im S gelegene Massenkalkbarriere an.
- 18 In der Mitte der Wallkrümmung werden Massenkalken häufig, Kelheimer Kalke treten zurück. Im E befindet sich ein Feld von künstlichen Grablöchern.
- 19 Die Massenkalken repräsentieren eine Barriere, die sich von SW nach NE bis über den Wall hinaus erstreckt, und dann große Felsen bildet.
- 20 Nach W hin fällt das Gelände über die Massenkalkbarriere zum Klostertal ab. Da der Wall auf der Hochfläche verlaufen soll, um nicht an Verteidigungswert einzubüßen, biegt er nach E um. Ein auffälliger Knick gibt eine gute Orientierungshilfe. Im E hat ein Graben von gleicher Tiefe wie im W-Graben eingesetzt. Treppung ist nicht immer entwickelt.
- 21 An einer Felskante erfolgt eine scharfe Biegung. Der Wall fällt zu einem E-W-gerichteten Tal hin ab, weshalb er relativ hoch aufgeschüttet werden mußte, und verläßt den Massenkalkriegel. Folgt man dem Weg nach E, sieht man links alte Abbaue von stylolithenreichen Kelheimer Kalken. Steinbruchartige Gruben können als E-Graben gedeutet werden. Die Gräben dies- und jenseits des Damms sind gleich tief und von enormer Breite. Örtlich ist eine Treppe angedeutet.

- 22 Südlich des Straßendurchbruchs finden sich in den Gräben mehrere Wassertümpel, weil Abschlamm-
massen, hauptsächlich aus verschleppter Lehmgiger Albüberdeckung, als Wasserstauer wirken.
Im W-Graben befindet sich eine seltsame künstliche Anlage, die aus einem umwallten, etwa 4 x
7 m großen Loch und einer daneben liegenden Trichtergrube besteht. Sinn und Zweck dieser An-
lage konnten nicht geklärt werden.
- 23 Der Wall wurde in das Gelände eingepaßt. Da eine Felsrippe integriert ist, konnten Gräben
nicht mehr ausgehoben werden. Sie enden deshalb an der querlaufenden Kalkbarriere; der Wall
knickt.
- 24 Ein Knick führt einen N-S-Verlauf herbei. Der W-Graben liegt 20 - 30 m vom Wall entfernt; dies
bleibt auf den folgenden 300 m gleich. Da für diese recht auffällige Erscheinung keine geologi-
sche Ursache in Frage kommt, bleibt zu überlegen, ob strategische Überlegungen eine Rolle
spielten.
Im E finden sich trichterförmige Gruben mit Wallandeutung. Sie sind größer als normale künst-
liche Grablöcher. Ähnliche Vertiefungen lassen sich noch 200 m weit verfolgen.
- 25 Der Graben klingt mit dem Gefälle aus, um in Form steinbruchartiger Gruben mit Felsköpfen am
scharfen Übergang zum Talhang wieder einzusetzen.
- 26 Neben einer felsigen Talböschung täuscht ein tief eingeschnittener Weg beachtliche Ausmaße des
s. Zangentores vor. Der Wall weist nach innen gekrümmte Flanken und halbmondförmige Gräben
auf. Der n. Teil ist auf Kelheimer Kalken gebaut, die s. Zange steht auf einem kleinen Massen-
kalkvorkommen, das sich nach SE fortsetzt. 40 m s. der Straße befindet sich darin eine größere
Materialentnahmestelle.
- 27 An der Materialentnahmestelle läßt sich im W bis zu einer Entfernung von 20 m das Grabensy-
stem nur noch in Form ungleichmäßiger grubenförmiger Schürfe erkennen.
- 28 Kelheimer Kalke überlagern die Massenkalken, es bilden sich teilweise Mischgesteine. Beiderseits
des Walles herrscht steiniges Gelände vor.
- 29 Während sich ein Lappen von Kelheimer Kalken w. des Walls weiter talwärts schiebt, stoßen im
E Massenkalken durch, die ein felsiges Gelände verursachen.
- 30 Beim Straßendurchbruch sind beiderseits des Walles Gräben vorhanden, die sich in Richtung S
aus grubenartigen Schürfen zusammensetzen. Die Gesteine sind Massenkalken, die den abschüssi-
gen Hang zum Klostertal und die felsigen Böschungen im E verursachen.
- 31 An der Kulmination endet der w. Graben gegen S mit zwei tiefen, vom Wall 25 m entfernten Lö-
chern. Schlangenförmig angeordnete Gruben führen als Äquivalente des üblichen Grabens weiter.
Auch im E sind breite, aber flache Gruben am Wall angedeutet. Das Gelände ist steil und fel-
sig, im E sind Massenkalken steinbruchartig erschlossen.
- 32 Wegen der Felsenkalke konnten tiefere Gräben nicht ausgehoben werden.
- 33 Am Süden des Äußeren Keltenwallen finden sich beiderseits flache, breite, unregelmäßige Grä-
ben. Gegen S bilden Massenkalken den Steilabfall zur 65 m tiefer liegenden Donau.

Da der Äußere Keltenwall mit nur rela-
tiv primitiven Hilfsmitteln errichtet werden
konnte, ist zu ventilieren, wie lang die Bau-
zeit gewesen sein könnte. Nach ENGELHARDT
(1982) mußten 400.000 cbm Erde, 7.000 Bäume
und 3.000.000 Kalkplatten bewegt werden.

Für eigene Berechnungen wurde der ge-
samte Wall von der Altmühl bis zur Donau im
Längs- und Querprofil vermessen. Mittelwerte
aus 16 Querprofilen ergaben ein gleichschen-
liges Trapez mit parallelen Seiten von 4 m

und 17 m bei einer Höhe von 4,5 m. Daraus
errechnet sich eine Fläche von $(\frac{4\text{ m} + 17\text{ m}}{2} \times 4,5\text{ m}) = 47,25\text{ m}^2$, die auf eine Länge von
3.287,7 m ein Volumen von $(3.287,7\text{ m} \times 47,25\text{ m}^2 =) 155.344\text{ m}^3$ ergibt. Das ist weni-
ger als die Hälfte von ENGELHARDT's Vorstel-
lungen.

Da sich der Wall in der Zeit von 2.000
Jahren gesetzt hat und ursprünglich höher ge-
wesen ist, werden für die folgenden Überle-
gungen 6 m Höhe und 200.000 m³ Volumen und
primitivste Hilfsmittel angenommen.

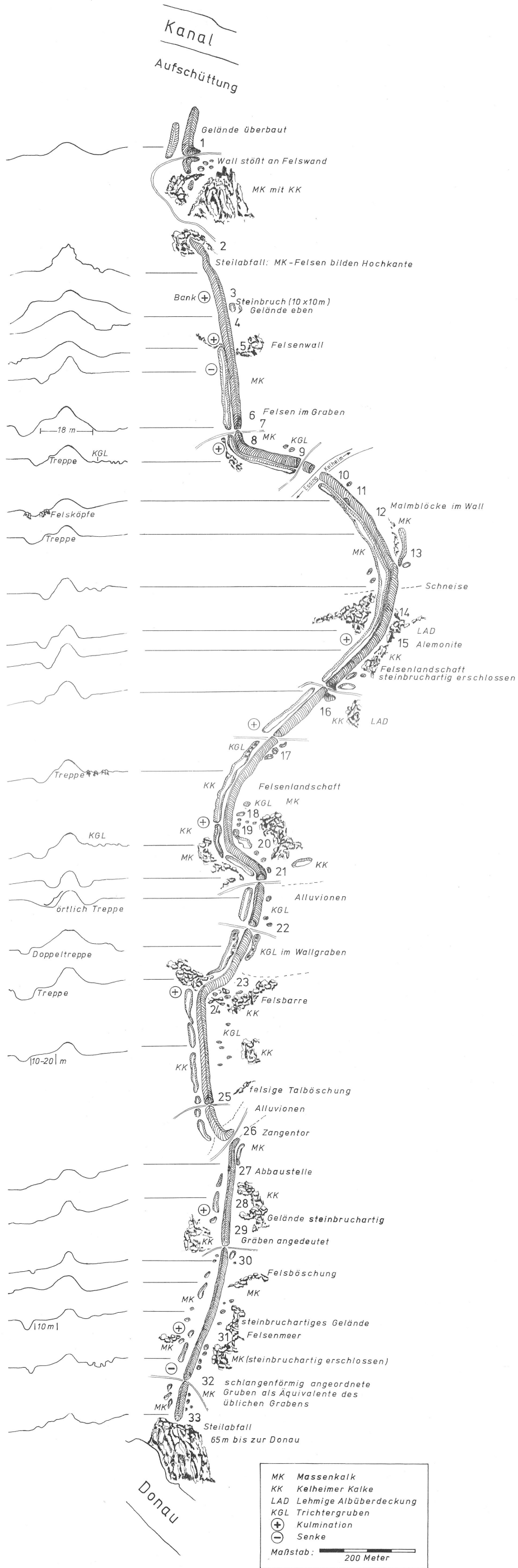


Abb. 8
Äußerer Keltenwall - Geologische Aufnahme: März/April 1981

Demnach arbeiteten die Kelten mit Körben, die zu 8 l aufgefüllt wurden. Bei einer mittleren Dichte der Lockersedimente von 1,5 erreicht ein Korb ein Gewicht von $1,5 \text{ kg/l} \times 8 \text{ l} = 12 \text{ kg}$, den der Kelte auf dem Rücken den Tag über - jeweils vom Graben zum Wall - beförderte. Da Gesteinsbrocken mit ihrer größeren Dichte beim selben Volumen schwerer sind, arbeiteten zwei Kelten zusammen und transportierten gemeinsam. Ein gewisser Zeitausgleich erfolgt insofern, als größere Gesteinsbrocken nicht eingefüllt werden mußten.

Wenn nun 1 Kelte 8 Stunden am Tag arbeitete und in der Lage war, in 10 Minuten 1 Korb mit Erde zu füllen, um ihn dann sogleich einem zweiten Kelten zu überreichen, der ihn zum Wall transportierte und dort ausschüttete (es mußten immer zwei Körbe sein, damit der nächste schon gefüllt war, wenn der "Läufer" nach 10 Minuten wieder zurückkam), dann schafften 2 Kelten zusammen ($480 \text{ min/d} : 10 \text{ min} = 48$ Körbe am Tag, 100×2 Kelten aber (100×48 Körbe $= 4.800$ Körbe. Die 200.000 m^3 Erde ergeben umgerechnet in Körbe zu 8 l ($200.000 \text{ m}^3 \times 1.000 = 200.000.000 \text{ dm}^3$ bzw. l; $200.000 \text{ l} : 8 \text{ l} = 25.000.000$ Körbe. Verteilt man diese nun auf die 4.800 Körbe, die täglich von 100×2 Kelten bewegt wurden, so bleiben ($25.000.000$ Körbe $: 4.800$ Körbe/d $= 5.208$ Tage übrig, die 200 Kelten für die Erdaufschüttung benötigten.

Beim Bau einer Pfostenschlitzmauer sind weitere Faktoren zu berücksichtigen. So ist zu überlegen, welcher Arbeitsaufwand für den Transport der Plattenkalke notwendig war.

Die nächsten Plattenkalke finden sich im Kartiergebiet zwischen Hammerleite und Nierand. Dazwischen verbreitet sich lehmige Albüberdeckung, in der jedoch einige steinbruchartige Gruben vermuten lassen, daß nach Plattenkalken geschürft worden ist. Sicher scheint dies in einer Doline der Grünmarter am W-Rand des Blattes zu sein.

Um das Volumen der in der Mauer verarbeiteten Plattenkalke zu berechnen, wird mit HERRMANN (1975) angenommen, daß alle 2 m ungefähr 50 cm dicke Pfosten aufgestellt waren, die 6 m über den Erdboden hinausreichten.

Für die Laufstrecke des Walls bedeutet das ($3.287 \text{ m} : 2 \text{ m} = 1.643$ Pfosten mit einem Volumen von insgesamt ($1.643 \times 6 \text{ m} \times 0,5^2 \text{ m}^2 \times \pi/4 = 1.936 \text{ m}^3$). Dadurch bleibt für die Plattenkalke, die ja immer zwischen den Pfosten aufgeschichtet wurden, noch ein Raum von ($3.287 \text{ m} \times 6 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} - 1.936 \text{ m}^3 = 7.925 \text{ m}^3$ übrig.

Vermutlich wurden die Platten mit Karren an den Wall herangefahren. Mußten sie jedoch zu Fuß und in Körben herangeschafft werden, dann wurden entsprechend einer mittleren Dichte von 2,5 insgesamt ($2.500 \text{ kg/m}^3 \times 7.925 \text{ m}^3 = 19.812.500 \text{ kg}$ Plattenkalke transportiert.

Da nun - auch wenn unwegsamem Gelände durch Umwege ausgewichen werden muß -, keine Stelle des Walles weiter von den nächst anstehenden Plattenkalken entfernt ist als 2 km, konnte jedem von 50 starken, wanderfreudigen Kelten zugemutet werden, stündlich 1 x 10 kg Plattenkalke an den Wall zu bringen und wieder zurückzumarschieren. Das macht in 8 Stunden am Tag ($50 \times 8 \times 10 \text{ kg} = 4.000 \text{ kg}$ und in 5.208 Tagen, in denen der Wall fertig gestellt sein muß, ($5.208 \text{ d} \times 4.000 \text{ kg/d} = 20.832.000 \text{ kg}$ oder 20.832 t, etwas mehr als die für die Mauer errechnete Menge.

Während nun ununterbrochen Plattenkalke angeliefert werden, müssen im Wall 1.643 Pfosten aufgestellt werden. Dazu genügte es, ungefähr an jedem dritten Tag einen Baum zu fällen, auszuasten, in gleiche Längen zu bringen, auf den Wall zu transportieren und ca. 1 m tief im Boden zu versenken. Die Pfosten mußten deshalb 7 m lang sein. Nun er-

gibt sich bei einem mittleren Durchmesser von 50 cm für jeden Pfosten ein Volumen von $(7 \text{ m} \times 0,5^2 \text{ m}^2 \times \pi/4 =) 1,37 \text{ m}^3$. Sein Gewicht errechnet sich dann aus 70 % seines Volumens mit der Dichte 0,5 für trockenes Fichtenholz sowie 30 % mit der Dichte 1, da frisches Holz rund 30 % Wasser enthält. Somit wiegt jeder Pfosten $(0,959 \text{ m}^3 \times 500 \text{ kg/m}^3 + 0,411 \text{ m}^3 \times 1.000 \text{ kg/m}^3 =) 890,5 \text{ kg}$. Da nun einen 7 m langen Pfosten durchaus 29 Mann - 14 von links und 15 von rechts, jeweils gegeneinander um 25 cm versetzt - auf die Schulter nehmen können, entfallen auf jeden $(890,5 \text{ kg} : 29 =) 30,7 \text{ kg}$; demnach konnten die Pfosten auch aus weiterer Entfernung herangetragen werden. Für 29 Kelten sollte es kein Problem gewesen sein, pro Tag einen Pfosten aufzustellen. Da aber nur jeden dritten Tag 1 Pfosten herantransportiert werden mußte und dabei von $(5.208 \text{ d} : 3 =) 1.736$ sogar $(1.736 - 1.643 =) 93$ Pfosten übrigblieben, die ihrerseits gleich zu Querbalken verwendet werden konnten, hatten die 29 Kelten noch genügend Zeit, sich um weitere $(1.643 - 93 =) 1.550$ Quer- und Längsbalken zu kümmern und dort, wo Not am Mann war, auszuhelfen.

Zählt man nun alle Kelten zusammen, die am Wallbau beteiligt waren, so ergeben sich zusammenfassend

- 200 Kelten für die Erdaufschüttung
(Tragegewicht 12 kg)
 - 50 Kelten für die Plattenkalke
(Tragegewicht 10 kg)
 - 29 Kelten für Pfosten und Balken
(Tragegewicht 30,7 kg)
-
- 279 Kelten also, die 14 Jahre, 3 Monate und 8 Tage mit dem Wallbau beschäftigt waren.

Wahrscheinlich haben die Kelten rationaler als in den hier dargelegten Beispielen gearbeitet. Demnach waren relativ wenige Kelten in der Lage, in relativ kurzer Zeit den Äußeren Keltenwall zu bauen.

Künstliche Grablöcher, Trichtergruben

Künstliche Grablöcher und Trichtergruben finden sich im ganzen Arbeitsgebiet, besonders häufig - in Form von Grubenfeldern - zwischen Nierand - Heidenau - Langwiese sowie e. des Keltenwalls in Höhe der Langwiese und n. des Herrnholzes. Sie sind an keine Gesteinsart gebunden. Die einzige Region, wo keine Grablöcher vorkommen, ist der Bezirk Grünmarter, weil die auch hier vorhandenen Trichtergruben im Mittelalter beim Feldbau überpflügt und eingeebnet wurden.

Nach früherer Meinung und Ansicht der Archäologen (ENGELHARDT 1982, u.a.) dienten die Gruben dem Schürfen nach Eisenerz durch die Kelten. Sie sind auf topographischen Karten wiederholt als vorgeschichtliche Erzschürfstellen gekennzeichnet.

RUTTE (1967) hingegen hat bewiesen, daß die Masse der künstlichen Grablöcher Reste von Bauernschmelzen sind, in denen Eisenerz verhüttet wurde. Gegen ein keltisches Alter spricht auch, daß sich in und auf keltischen Anlagen später angelegte Trichtergruben befinden können. Oft findet man jüngere Grablöcher in größeren, älteren Gruben. Es fällt auf, daß sich die Grubenfelder bevorzugt an vermutlich tektonischen Linien befinden.

Schlacken

Wo Eisen verhüttet wird, fallen naturgemäß Schlacken an. Eine beachtlich große Halde befindet sich am Talanfang der Leite. Die Schlacken enthalten oft noch erhebliche Eisenmengen und sind öfters magnetisch. Die Schlackenhalden sind an ihrer Oberfläche teilweise mit Böden bedeckt und deshalb relativ alt. Die in der Nähe der Halden nie fehlenden großen Aemonite haben auffällig rote, gelbe, grüne Farben; sie dienten vermutlich zum Auskleiden, wie auch als Kamine der Bauernschmelzen.

III. TEKTONIK

Das Kartiergebiet befindet sich unmittelbar w. der von RUTTE (1970) postulierten Sausthal-Zone, einer N-S-gerichteten Struktur, die im Riedenburger Hoch die Landshut-Nürnberger Schwelle begrenzt. Die Streichkurven der Grenze Dogger-Malm nehmen Bezug auf moderne Bohrungen. Es läßt sich deutlich die S-Abdachung des Bezugshorizontes erkennen.

Von NW her nähert sich dem Kartiergebiet in se. Richtung eine Störung, die von TRUSHEIM (1953) als Setzungsrandbruch angesehen wird. In ihrer Verlängerung wird auf Blatt Neustadt (SCHMIDT-KALER 1968) eine Störung vermutet. Auch n. des Untersuchungsgebietes verläuft im Hammertal eine Verwerfung, die in ihrer Fortsetzung bei FREYBERG (1969) im Hienheimer Tal registriert ist.

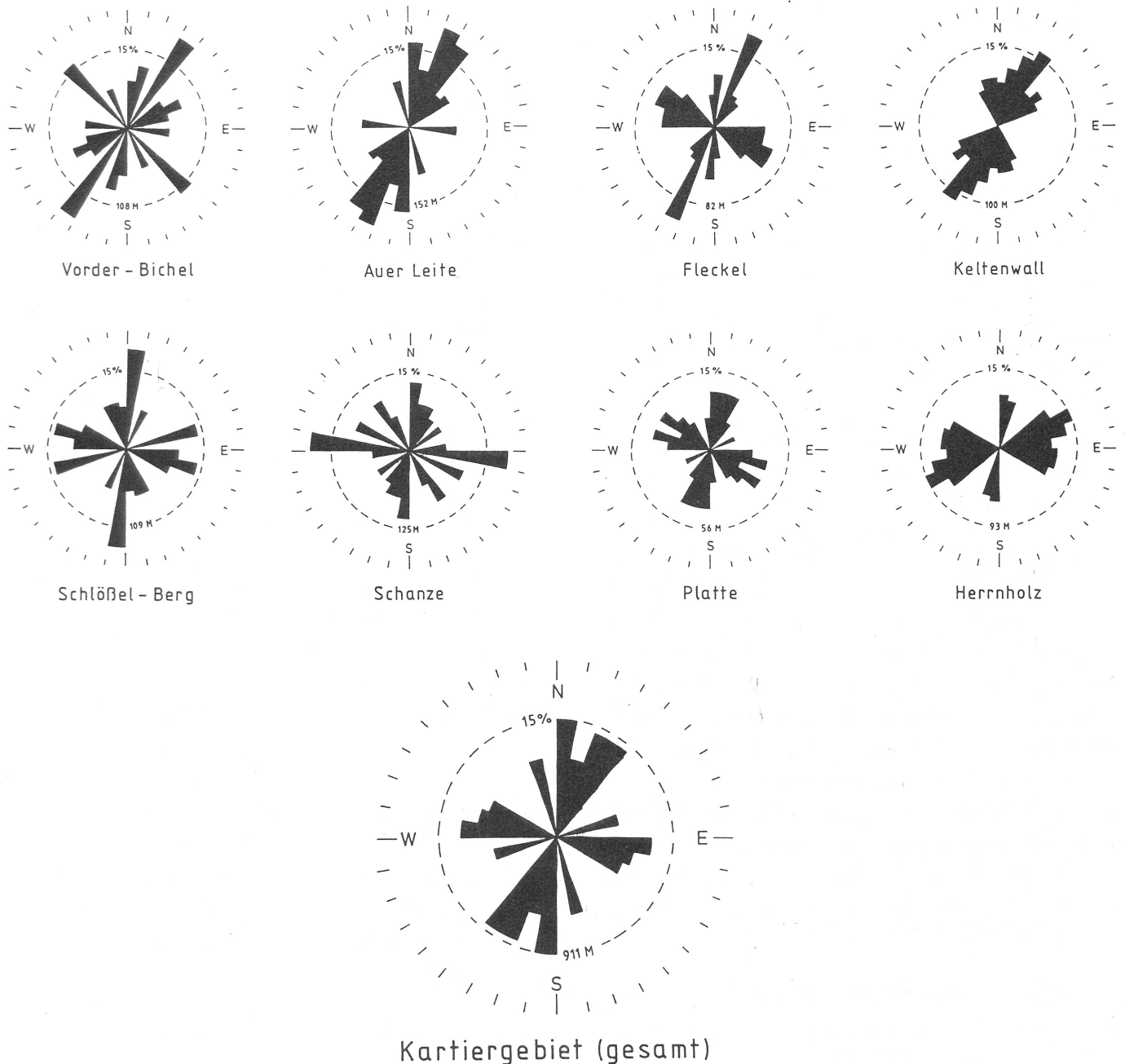


Abb. 9
Kluftrichtungen der Massen- und Kelheimer Kalke des Kartiergebietes.

A. KLÜFTE

Während in den Plattenkalken an der Hammerleite aufgrund überwachsender und ver- stürzter Aufschlüsse keine Klüftrosen erstellt werden können, bieten sich die Massenkalke geradezu an, Klüftmessungen durchzuführen. Bei der Erstellung von Rosen zeigte sich als- bald, daß einheitliche Richtungen nicht vor- herrschen, vielmehr fast alle Richtungen ver- treten sind, so daß selbst Maxima höchstens 10 % ausmachen. Im Herrnholz e. des Kelten- walles sind in einem Felsen alle Richtungen gleichmäßig verteilt.

Um die Maxima darstellen zu können, wurden alle Richtungen, die weniger als 5 % ausmachen, nicht berücksichtigt. Abb. 9 zeigt, wie stark die Kluftrichtungen innerhalb kurzer Entfernung streuen können. Klüftscharen liegen zwischen $0^\circ - 40^\circ$ und $90^\circ - 120^\circ$ so- wie, untergeordnet, als Klüftpaar mit aufein- ander senkrecht stehenden Maxima von $80^\circ - 90^\circ$ und $160^\circ - 170^\circ$.

Die extrem starke Häufung verschieden gerichteter Klüfte bewirkt vielerorts, besonders aber am Ausgang zum Schulerloch, w. der Rit- zelschlucht und am Keltenwall e. der Langwie- se, eine intensive Zertrümmerung der Gesteine.

Im Altmühltalhang sind zurücktretend E- W-streichende Klüfte vertreten, die durch gra- vitatives Nachbrechen parallel zum Talverlauf bedingt sind. Nicht selten stürzen dort schei- benförmige Riesenblöcke ab. Am Schulerloch mußten vor Jahren Sprengungen durchgeführt werden, um die Verbindungsstraße Essing-Kel- heim vor unkontrollierten Abstürzen von Fels- massen zu bewahren. Aus ähnlichen Gründen wurden über den Felsen von Essing Auffang- zäune errichtet.

Nach RUTTE (1971) verlaufen die Klüfte an den Felsen der Weltenburger Enge unge- fähr in N-S-Richtung. Im benachbarten Herrnholz tritt diese Richtung untergeordnet auf; dafür sind E-W-Klüfte dominant (Abb. 9).

B. STÖRUNGEN

Während sich in den Massenkalken Bruch- störungen nur schwer nachweisen lassen, bie- ten die Aufschlußverhältnisse im engeren Be- reich um Altessing gute Dokumentationsmöglich- keiten.

1. Hammertal-Verwerfung

Gut läßt sich die Störung am Ausgang des Hammertals belegen. Die geochemischen Untersuchungen der Dolomite und Kalke zeig- ten bereits, daß sich ein Versatz der w. Schichten um 3 m nach oben ergibt. Während diese aber keine dominierenden Richtungen aufweisen, fallen die e. Schichten mit einem Streichen von 45° mit $10^\circ - 15^\circ$ nach NW ein. Daraus ergibt sich, wenn die Störung in der Talmitte verläuft, eine Sprunghöhe von 9 - 13 m. Vermutlich verursacht die Störung am Ausgang des Hammertales eine Rinne in den Abschlämmassen. Daß hier ehemals fließendes Gewässer erodierte, ist deshalb unwahrschein- lich, weil sich die Rinne nach SW fortsetzt, also entgegen der Fließrichtung der Altmühl.

2. Hammerberg-Verwerfung

Eine Rinne in der Verlängerung des Täl- chens zwischen Hammerberg und Vorderbichel könnte ebenfalls als Folge einer Störung in Betracht kommen, zumal auf der w. Talseite Massenkalke scharf an Kelheimer Kalken ab- stoßen.

3. Hammerleite-Verwerfungsbündel

An der Hammerleite sorgt zwischen Altes- sing und Grünmarter ein NNW-SSE streichendes Verwerfungsbündel für unruhige Lagerungsver- hältnisse:

Die Störung am w. Blattrand ist durch die gegen W einsetzende erhebliche Verebnung der Papierschiefer bestätigt. Diese werden nach E um 5 m abgesenkt.

Der Weg, der an der Hammerleite vom Tal zum Schlöfelberg hinaufführt, läßt weitere Verwerfungen gut registrieren (Abb. 10). Sie verhalten sich von W nach E wie folgt:

- 1 Das Profil beginnt bei der Weggabelung an der Hammerleite. Dort verläuft eine Verwerfung, die dolomitische Gesteine zertrümmert und mächtigen Hangschutt entstehen läßt. Am Berg verschwindet die Verebnung der Papierschiefer gegen E. Sprunghöhe etwa 5 m.

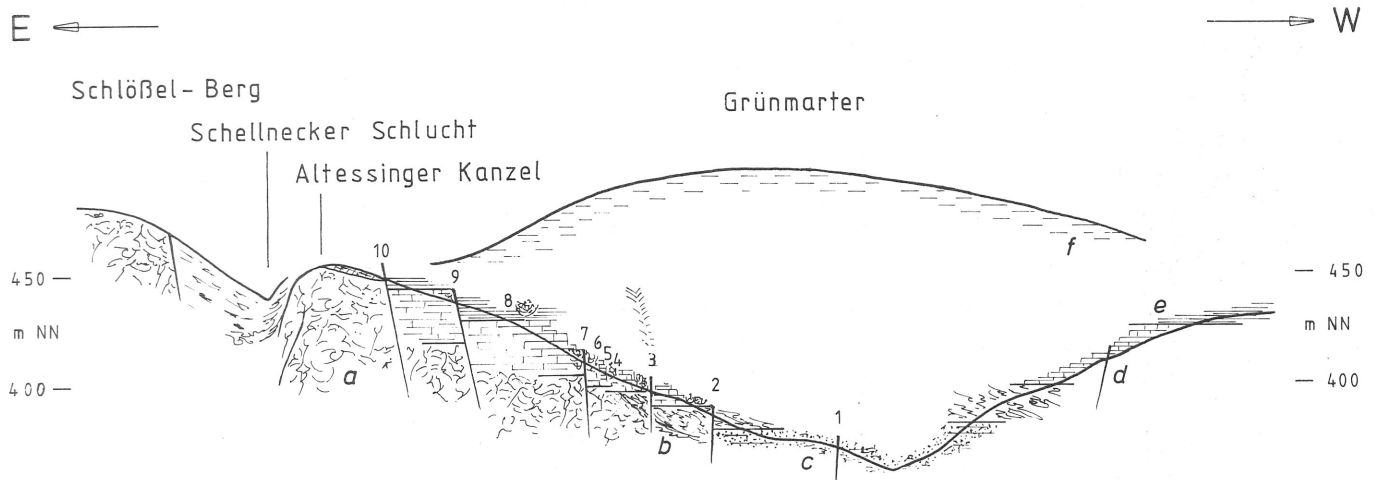


Abb. 10

Profil durch die Hammerleite. Länge ca. 1.300 m - Überhöhung doppelt (a. Massenkalk, b. Kelheimer Kalk, c. Dolomit, d. Bankkalk, e. Papierschiefer, f. Runzelkalk).

- 2 Massives Auftreten von Kalzitdrusen und Verwerfungsbrekzien bestätigen den Weiterverlauf der im NW des Gebietes von TRUSHEIM (1954) und BAUSCH (1963) als Setzungsrandbruch angesehenen Störung. Die Gesteine sind plattig-bankig und enthalten Kieselbänder. Malm Epsilon konnte nicht nachgewiesen werden. Die Störung senkt die Schichten gegen E um 10 m ab. In der n. Verlängerung konnte sie nw. Altessing durch Verwerfungskalzit in der Bohrung B 14, die wegen Grundierungsfragen für den Brückenneubau über die Altmühl bei Altessing niedergebracht wurde, sowie durch Bohrungen des Wasser- und Schiffsamtes Nürnberg (Ke 117, 118, 119, 120), in denen ein Versatz von Dolomit gegen Kalk erfolgt, belegt werden. Gegen S hin ist sie wegen der Lehmigen Albüberdeckung nicht mehr nachzuweisen. In der Verlängerung jedoch fällt sie in den Talverlauf am Klosterholz und könnte in weiterer Fortsetzung die Donau-Talung gesteuert haben.
- 3 Hier findet sich eine auffällige Kerbe im Gelände, die den Verlauf einer Störung nachzeichnet und neben der gegen E die Verebnung der Papierschiefer einsetzt, wobei die Schichten um 5 m angehoben werden. Am Weg äußert sich die Verwerfung in klotzigen und verstürzten Kelheimer Kalken. Bergaufwärts schalten sich bankige Lagen ein, mit denen ein Einfallen in s. Richtung registriert werden konnte.
- 4 Die Gesteine sind bankig geschichtet, nehmen aber gegen E zusehends klotzigen Charakter an. Eine Störung ist nicht nachzuweisen.
- 5 Die Gesteine sind bankig und sehr gut geschichtet. Eine Verwerfung zu den klotzigen bei Nr. 4 ist nicht nachzuweisen.
- 6 Bergauf nehmen die Gesteine wieder ruppig-klotzigen Charakter an. Die Basis liegt horizontal.
- 7 Der Versatz gegen E um 15 m läßt bergauf eine Zunahme von gut gebankten und teils feinschichtigen Dickbänken erfolgen. Sie führen Kieselbänder und Knollenkiesel, die nur selten in Lagen auftreten.

- 8 Eine Linse von klotzigen Kelheimer Kalken stellt eine Rinnenspülung aus dem Gebiet der Massenkalk in die Hienheimer Schüssel dar. Daneben finden sich subaquatische Rutschungen. Eine Verwerfung ist nicht nachzuweisen. Die stark mergeligen Papierschiefer verwittern weich. Eingelagerte dickere Bänke ähneln mit dem hohen Tongehalt den Runzelkalken. In diesen braun verwitternden Schichten finden sich vereinzelt vollständig erhaltene Terebrateln.
- 9 Eine Störung verwirft stark verwitterte Papierschiefer gegen Bankkalk. Sprunghöhe etwa 15 m. Nicht selten treten in den Bankkalken Kalzitdrusen auf. Ein talwärtiger Massenkalkfelsen wird ebenfalls verworfen.
- 10 Ein markanter Setzungsrandbruch, der am Talhang eine auffällige Kerbe hinterläßt, versetzt einen ursprünglich zur Altessinger Kanzel gehörigen Felsen um ca. 20 m, ebenso die Bankkalk, die dem Massenkalk aufliegen.

An der Hammerleite ist also deutlich zu sehen, daß eine Serie von Setzungsrandbrüchen den Saum der Massen- und Kelheimer Fazies begleitet. Die letzte nachweisbare Störung befindet sich am Schlößelberg. Kelheimer Kalk-Felsen stehen hier in einer Linie. Ein im Herbst 1981 zusammengebrochener Felsen steht vermutlich damit im Zusammenhang. Nachgewiesen werden konnte die Störung weiterhin durch die Bohrungen Ke 123, 126, 128 der RMD-AG, weil im Untergrund Kalke gegen Dolomit versetzt werden.

Die Verwerfungen an der Hammerleite streichen mit 160°. Es handelt sich nicht nur um ein Verwerfungsbündel von Setzungsrandbrüchen, sondern auch um einen Staffel-Rand-Graben-Bruch, der eine Folge der paläogeographischen Situation der Verbindung Paintener und Hienheimer Schüssel sein könnte und aus dem Zusammentreffen gegensinnig einfallender Setzungsrandbrüche resultiert (Abb. 1).

Auch zeigen am s. Blattrand die Faziesgrenzen Massenkalk/Kelheimer Kalk und Kelheimer Kalk/Plattenkalk dieselbe Richtung; es ergibt sich die Wahrscheinlichkeit eines Setzungsrandbruches; dies kann auch erklären, weshalb im S keine Dolomite anzutreffen sind.

4. Schellnecker-Verwerfungen

Von den Felsen der Schellnecker Wänd ist am besten zu sehen, daß am n. Talhang viele Felsen in einer Reihe stehen, die den Ver-

lauf der Schellnecker Verwerfung nachzeichnen. Die Fortsetzung nach S gerät an die auffällig abgebrochene W-Wand des Felsens. In der Bohrung Ke 130 wurde starke Klüftigkeit des Untergrundes vermerkt. 200 m n. der Schleuse N° 4 stoßen Kelheimer Kalke an Massenkalk, wobei beide Fazies von einem Konglomerat der 10 - 30 m Terrasse überlagert werden. Die Verwerfung ist deshalb älter als ausgehendes Ältestpleistozän.

Da in den Bohrungen Ke 127 und 129 Kalke und Dolomite einander gegenüberstehen, wird im Bereich des Rhein-Main-Donau-Kanals n. der Schellnecker Wänd eine Störung vermutet.

5. Ritzelschlucht-Verwerfung

Eine Störung vermuten läßt auch der auffällige N-S-Verlauf der Ritzelschlucht, welcher sich, nach einem horizontalen Versatz um 150 m, gegen S im Tal der Wagnerleite und schließlich im Klostertal fortsetzt. In der Ritzelschlucht am n. Blattrand ist eine Doline zu erwähnen, deren Ponor ausnahmsweise nicht mit Lehm verfüllt ist; eine Tiefenmessung ergab 15 m. Es ließ sich feststellen, daß sich hier eine N-S-streichende tektonische Linie mit einer 30° verlaufenden schneidet. Unterhalb des Einstiegloches ist deshalb ein größerer Hohlraum entstanden.

Weitere Störungen können im Bereich der Massenfazies nicht festgestellt werden.

L I T E R A T U R

- AMMON, L. v. (1906): Erläuternde Bemerkungen zum geologischen Übersichtskärtchen der Gegend von Weltenburg und Neustadt a.d. Donau. - Ber. Naturwiss. Ver. Regensburg, 10, S. 116 - 118, Regensburg.
- BARTHEL, K.W. (1972): The Upper Jurassic (Tithonian) Coral-Bering Faciescomplex in Southeastern Germany. - Proc. Sym. Corals and Coral Reefs 1969, Mar. biol. Ass. Indians, S. 81 - 86, Cochin.
- BARTHEL, K.W., JANICKE, V., SCHAIRER, G. (1971): Untersuchungen am Korallen-Riffkomplex von Laisacker bei Neuburg a.d.D. - N. Jb. Geol. Paläont., Mg., 1971 (1), S. 4 - 23, Stuttgart.
- BAUSCH, W.M. (1963): Der Obere Malm an der unteren Altmühl. Nebst Untersuchungen über das Riffproblem. - Erl. Geol. Abh., 49, 38 S., 22 Abb., 7 Taf., Erlangen.
- (1963 b): Geologisches Erscheinungsbild eines Dolomitierungsprozesses. - Geol. Bl. NO-Bayern, 13, 2, S. 89 - 92, Erlangen.
- BAUSCH, W.M. & ZEISS, H. (1966): Zur Zusammensetzung des Kelheimer Riffkalkes. - Geol. Bl. NO-Bayern, 16, 4, S. 240 - 242, Erlangen.
- BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDESAMT (1964): Geologische Karte von Bayern, 1 : 500.000, 2. Aufl. mit Erläuterungen, 344 S., München.
- (1972): Gutachten über die Untergrundgegebenheiten im Bereich der RMD-Kanalstrecke Gronsdorf - Riedenburg.
- (1979): Geologische Karte des Naturparks Altmühltal Südliche Frankenalb. - 1 : 100.000, München.
- BINDER, J. (1983): Vorkommen fossilführender Schotter in der Schulerloch-Höhle im Altmühltal. - Weltenburger Ak., Erwin Rutte-Festschrift, 35 - 40, Kelheim/Weltenburg.
- (1985): Geologie des Großen Schulerloches. - Höhlenführer, (im Druck), Oberau/Regensburg.
- BIRZER, F. (1939): Verwitterung und Landschaftsentwicklung in der Südlichen Frankenalb. - Z. dt. geol. Ges., 91, S. 1 - 57, 2 Abb., 1 Taf., Berlin.
- (1951): Die jüngere Entwicklung des unteren Altmühl- und Sulztals. - Geol. Bl. NO-Bayern, 1, S. 127 - 139, Erlangen.
- BLINK, M. (1960): Ein Beitrag zur morphometrischen Schotteranalyse. - Z. Geomorph., 4, S. 202 - 242.
- DUNHAM, R.J. (1962): Classification of carbonate rocks according to depositional texture. - Mem. Amer. Ass. Petrol. Geol., 1, p. 108 - 121, 7 tab., Tulsa.
- ENGELHARDT, B. (1980): Ergebnis der archäologischen Ausgrabungen 1976 - 1980 im Zuge der Altmühl-Mündungstrecke des Main-Donau-Kanals. - Sonderdruck aus: Baubericht 1980 der Rhein-Main-Donau AG, 11 S., München.
- (1982): Führer zum archäologischen Wanderpfad "Weltenburger Enge". 1. Etappe: Von Kelheim nach Weltenburg. - 34 S., Beilage zum Amtlichen Schulanzeiger für den Regierungsbezirk Niederbayern.
- FOLK, R.L. (1951): Stages of textural maturity in sedimentary rocks. - J. Sediment Petrology, 21, p. 127 - 130.
- (1959): Practical petrographic classification of limestones. - Amer. Ass. Petrol. Geol. Bull., 43, 1, p. 1 - 38, Tulsa.
- FORSTMAYER, A. & SCHNITZER, W.A. (1974): Windschliffe an Malmkalken, Donauschottern und Windkanterhorizonte in Flugsanden des Altmühltals. - N. Jb. Geol. Paläont. Mh., 11, S. 675 - 684, Stuttgart.
- FREYBERG, B. v. (1964): Geologie des Weißen Jura zwischen Eichstätt und Neuburg/Donau (Südliche Frankenalb). Mit geol. Spezialkarte 1 : 25.000. - Erlanger geol. Abh., 54, Erlangen.
- (1968): Übersicht über den Malm der Altmühl-Alb. - Erlanger geol. Abh., 70, Erlangen.
- (1969): Tektonische Karte der Fränkischen Alb und ihrer Umgebung. - Erlanger geol. Abh., 77, Erlangen.
- GÜMBEL, C.W. v. (1891): Geognostische Beschreibung der Fränkischen Alb. Kassel.
- HERRMANN, F.R. (1969): Testgrabung im Oppidum von Kelheim 1964. - Germania, 47, S. 91 - 96, Berlin.

- (1975): Das keltische Oppidum Alkimoennis bei Kelheim. - Amtlicher Schulanzeiger für den Regierungsbezirk Niederbayern, S. 21 - 24.
- HOLLMANN, R. (1962): Über Subsolution und die "Knollen Kalke" des Calcarea Ammonitico Rosso Superiore in Monte Baldo (Malm, Norditalien). - N. Jb. Geol. Paläont. Mh., 1962/4, S. 163 - 179, 8 Abb., Stuttgart.
- (1964): Subsolutions-Fragmente. - N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 119, 1, S. 22 - 28, 7 Abb., 7 - 10 Taf., Stuttgart.
- KEUPP, H. (1977): Ultrafazies und Genese der Solnhofener Plattenkalke (Oberer Malm, Südliche Frankenalb). - Abh. Nat.-hist. Ges. Nbg., 37, 128 S., 18 Abb., 30 Taf., Nürnberg.
- KRAM, R. (1952): Die nachjurassische Entwicklung der südlichen Frankenalb im Gebiet von Kelheim - Steinsdorf. - Diss. Erlangen, 81 S., Erlangen.
- KRUMBECK, L. (1927): Zur Kenntnis der alten Schotter des nordbayrischen Deckgebirges. - Geol.-Paläont. Abh., 15.
- MEYER, R.K.F. (1974a): Landpflanzen aus den Plattenkalken von Kelheim (Malm). - Geol. Bl. NO-Bayern, 24, S. 200 - 210, 5 Abb., Erlangen.
- (1974b): Ammoniten aus den Kelheimer Riffkalken und der Kelheimer Wanne. - Geol. Bl. NO-Bayern, 24, S. 92 - 100, 5 Abb., Erlangen.
- (1975): Mikrofazielle Untersuchungen in Schwammbiohermen und -biostromen des Malm Epsilon (Ober-Kimmeridge) und obersten Malm Delta der Frankenalb. - Geol. Bl. NO-Bayern, 25, S. 149 - 177, Erlangen.
- (1977a): Mikrofazies im Übergangsbereich von der Schwammfazies zur Korallen-Spongiomorphiden-Fazies im Malm (Kimmeridge-Tithon) von Regensburg bis Kelheim. - Geol. Jb., A 37, S. 40 - 75, Hannover.
- (1977b): Stratigraphie und Fazies des Frankendolomits und der Massenkalk (Malm) Südliche Frankenalb. - Erlanger geol. Abh., 104, 40 S., 5 Taf., Erlangen.
- MEYER, R. & SCHMIDT-KALER, H. (1983): Erdgeschichte sichtbar gemacht. - Ein geologischer Führer durch die Altmühlalb. - Bayer. Geol. Landesamt, 260 S., 26 Abb., 2 Beil., München.
- REISCH, L. (1979): Ein mittel- bis jungpleistozänes Hangschutt-Löß-Profil bei Altessing im unteren Altmühltal. - Quartär, 19/30, S. 49 - 75, Taf. 1 - 4, Bonn.
- ROOS, W.F. (1976): Kartierung von Alemoniten im Ostteil der Südlichen Frankenalb. - Oberrhein. geol. Abh., 25, S. 75 - 95, Karlsruhe.
- RUCHIN, L.B. (1958): Grundzüge der Lithologie - Lehre von den Sedimentgesteinen. - Akademie-Verlag, 806 S., Berlin.
- RUTTE, E. (1963): Karst- und Überdeckungsbildungen im Gebiet von Kelheim. - Quartär, 14, 69 - 80, Bonn.
- (1962): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 25.000, Bl. 7037 Kelheim. - Bayer. Geol. Landesamt, 243 S., München.
- (1965): Beziehungen zwischen Dolomitisierung und Fazies im Kelheimer Jura. - Z. dt. geol. Ges. Jg. 1963, 115, 1, S. 100 - 108, Hannover.
- (1967): Zur Frage der Kelheimer Erzgrubenfelder. - 24 S., Beilage zum Amtlichen Schulanzeiger für den Regierungsbezirk Niederbayern.
- (1970): Neue Daten zur Geologie des Bereichs von Kelheim. - Geol. Bl. NO-Bayern, 20, 3, S. 119 - 139, 5 Abb., Erlangen.
- (1971a): Geologischer Führer Weltenburger Enge. - Weltenburger Akademie, 58 S., 25 Abb., Kelheim/Weltenburg.
- (1971b): Neue Ries-äquivalente Krater mit Brekzien-Ejekta in der Südlichen Frankenalb, Süddeutschland. - Geoforum, 7, S. 84 - 92, Braunschweig.
- (1972): Alemonit - der Suevit-äquivalente Impactgesteinstyp der Südlichen Frankenalb. - Naturwiss., 59, 214 S., Heidelberg.
- (1974a): Alemonit - Gestein der Einschlagkrater östlich vom Ries. - Aufschluß, 25, S. 420 - 426, Heidelberg.

- (1974b): Neue Befunde zu Astroblemen und Alemoniten in der Schweifregion des Rieskometen. - Oberrhein. geol. Abh., 23, S. 66 - 105, Karlsruhe.
 - (1975): Das Silifizierungsphänomen des Impactkraters Saal a.d. Donau. - Z. dt. geol. Ges., 126, S. 183 - 197, Hannover.
 - (1981): Geologie im Landkreis Kelheim. - Landkreisbuch, 1 Geol. Karte, 48 S., Kelheim
- SCHMIDT-KALER, H. (1968): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 25.000, Bl. 7136 Neustadt a.d. Donau. - Bayer. Geol. Landesamt, 167 S., München (1968a).
- SCHUSTER, M. & REUTER, L. (1923): Die Geologischen Verhältnisse des Bayerisch-böhmischen Waldgebirges und der vorgelagerten Schichtstufenlandschaft. - Abriß der Geologie von Bayern r. d. Rh. in 6 Abtl., München.
- TILLMANN, W. (1977): Zur Geschichte von Urmain und Urdonau zwischen Bamberg, Neuburg/Donau und Regensburg. - Sonderveröff. Geol. Inst. Univ. Köln, 30, 198 S., 1. Abb., 4 Tab., 7 Beil., Köln.
- (1980): Zur plio-pleistozänen Flußgeschichte von Donau und Main in Nordostbayern. - Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver. Nr., 62, S. 199 - 205, 3. Abb., Stuttgart.
- TRUSHEIM, F. (1936): Die geologische Geschichte Süddeutschlands während der Unterkreide und des Cenomans. - N. Jb. Mineral. usw. Beil.-Bd., 75, Abt. B, S. 1 - 109, Stuttgart.
- (1954): Über die Beziehung zwischen geschichteter und ungeschichteter Fazies im höheren Malm der östlichen Altmühlalb. - Z. dt. geol. Ges., 105, (1965), S. 246 - 251, Hannover.
- WEBER, K.H. (1978): Erläuterungen zur Geol. Karte von Bayern 1 : 25.000 Bl. 7137 Abensberg. - Bayer. geol. Landesamt, 386 S., München.
- WILSON, J.L. (1975): Carbonate Facies in Geologic History. - Springer-Verlag, 471 p., 138 fig., 30 tab., Berlin u.a.
- ZEISS, A. (1964): Zur Stratigraphie des Untertithons der südlichen Frankenalb. - Colloque du Jurassique a Luxembourg 1962, S. 619 - 627, Luxembourg.
- (1968a): Über Stratigraphie und Faziesräume des Malm der Frankenalb. - Jber. u. Mitt. oberrhein. geol. Ver., NF., 50, S. 101 - 114, Stuttgart.
 - (1968b): Untersuchungen zur Paläontologie der Cephalopoden des Untertithon der Südlichen Frankenalb. - Bayer. Akad. Wissensch., NF., 132, 190 S., München.
- ZINGG, Th. (1935): Beitrag zur Schotteranalyse. - Schweiz. miner. petr. Mitt., 15, S. 39 - 140.

Impressum :

Autor : Jürgen Binder, Böhmenkirch.
Layout : Anton Röhrl, Weltenburg.
Druck : Hausdruckerei der Weltenburger Akademie.
Bezugsquellen : Weltenburger Akademie, Postfach 1270,
8423 Abensberg, Buchhandel und Archäologisches Museum der Stadt Kelheim.
Bestell-Nr. : 5.4
Auskunft : Anton Röhrl, Asamstr. 32,
8420 Kelheim-Weltenburg.

© Verlag der Weltenburger Akademie 1984



- | | |
|-------------|----------|
| [Symbol 1] | 1 |
| [Symbol 2] | 2 |
| [Symbol 3] | 3 |
| [Symbol 4] | 4 |
| [Symbol 5] | 5 |
| [Symbol 6] | 6 |
| [Symbol 7] | 7 |
| [Symbol 8] | 8 |
| [Symbol 9] | 9 |
| [Symbol 10] | 10 |
| [Symbol 11] | 11 |
| [Symbol 12] | L 12 |
| [Symbol 13] | 13 |
| [Symbol 14] | x x 14 |
| [Symbol 15] | 15 |
| [Symbol 16] | 16 |
| [Symbol 17] | a, b, 17 |
| [Symbol 18] | ▲ 18 |

Maßstab

1000 Meter

Geologische Karte des Gebietes zwischen Altessing-Schulerloch und Kloster Weltenburg.

Jura: Malm - 1 Massenkalk (Epsilon/Zeta) - 2 Kelheimer Kalk (Epsilon/Zeta) - 3 Kanalfazies (Epsilon/Zeta) - 4 Bankkalk (Zeta) - 5 Papierschiefer (Zeta) - 6 Runzelkalk (Zeta) - Tertiär: 7 Lehmmige Albüberdeckung - 8 Quarzrestschotter - 9 Hochschotter - Quartär: Pleistozän - 10 Talrandkonglomerat - 11 Talsohleschotter - 12 Lößlehm - 13 Flugsand - Quartär: Holozän - 14 Hangschutt, Abschlämmassen - 15 Alluvium - 16 Anthropogen überprägt - 17 Verwerfungen: a, sicher; b, vermutet - 18 Aemonite größer als 15 cm³.