

## Beiträge zur Sedimentologie und Paläontologie der Oberen Süßwassermolasse im Allgäu

Von HERBERT SCHOLZ\*)

Mit 9 Abbildungen und 4 Tabellen

Deutschland  
Allgäu  
Molassezone  
Mittelmiozän  
Sedimentologie  
Fazies  
Wirbeltiere  
Gastropoden  
Pflanzenreste

### Inhalt

Zusammenfassung	99
Summary	100
1. Einleitung	100
2. Die Feinklastischen Zyklomere in der OSM	103
2.1. Bankige Mergelfolge	103
2.1.1. Pflanzenreste in der Bankigen Mergelfolge	104
2.1.2. Tierreste in der Bankigen Mergelfolge	104
2.1.3. Konkretionäre Kalklagen in der Bankigen Mergelfolge	108
2.1.4. Ablagerungsbedingungen in der Bankigen Mergelfolge	109
2.2. Mergelige, sandige und konglomeratische Rinnenfüllungen	109
2.2.1. Kohlen und bituminöse Sedimente	111
2.2.2. Bändermergelsteine	113
2.2.3. Sandige und kalkige Vertretungen der Bändermergelsteine	114
2.2.4. Nichtlaminierte mergelige Rinnenfüllungen	117
2.2.5. Rinnenfüllungen mit Onkoiden	118
2.2.6. Konglomerate und Sandsteine als Rinnenfüllungen	121
2.2.7. Die Ablagerungsbedingungen der Rinnenfüllungen	122
3. Die Grobklastischen Zyklomere in der OSM	122
4. Synthese der OSM im Allgäu	124
Literatur	125

### Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit versucht mit Hilfe geologischer, sedimentologischer und paläontologischer Methoden die bisherige Vorstellung über Genese und Paläogeographie der Oberen Süßwassermolasse (OSM) im bayerischen Allgäu zu ergänzen und zu erweitern.

Die mehr als 1000 m mächtigen terrestrischen Ablagerungen, die sich in der Vorlandmolasse im Bereich des Sonnegzuges und der Adelegg (zwischen Kempten und Isny) erhalten haben, können demnach als Reste eines riesigen, mittelmiozänen Schwemmfächers des im alpinen Rückland entspringenden „Hochgratflusses“ gedeutet werden. Seine konglomeratische Schichtfolge wird von mindestens 20 Sedimentationszyklen aufgebaut, die sich jeweils in einen basalen konglomeratischen und einen darüberliegenden, größtenteils feinklastischen Zyklenteil gliedern lassen.

Für die überaus groben, schlecht sortierten und oft völlig ungebankten, fanglomeratischen Konglomerate wird erstmals eine Entstehung durch murenartige Umlagerung vorsortierter Flußablagerungen aus den damals schon tektonisch aktiven, alpennäheren Teilen der Faltenmolasse diskutiert.

Diese fanglomeratischen Bildungen werden nach oben hin allmählich von „normalen“ fluviatilen Ablagerungen der feinklastischen Zyklenteile abgelöst. Hier konnten erstmals sandig-mergelige Überflutungssedimente („Bankige Mergelfolge“), kiesig-sandige, schräggeschichtete Ablagerungen ehemals aktiver Wasserläufe („sandige und konglomeratische Rinnenfüllungen“) und Altwassersedimente („Bändermergelsteine“) sedimentologisch wie paläontologisch unterschieden werden.

Aufgrund detaillierter Profilaufnahmen und der sedimentologischen wie paläontologischen Auswertung zahlreicher Aufschlüsse kann das Bild eines breiten, von verflochtenen wie mäandrierenden Flußsystemen durchflossenen Schwemmfächers entworfen werden, dessen Oberfläche in periodischen Abständen von Decken aus grobkörnigen Muren verschüttet wurde – Ereignisse, die die normalen fluviatilen Sedimentationsverhältnisse eine Zeitlang unterbrechen. Auch in die feinklastischen Zyklenteile eingelagerte, alsteinähnlichen Knollenkalklagen, die als Reste bodenbildender Prozesse gedeutet werden können, sind Hinweise auf längere Sedimentationsunterbrechungen in diesem Bereich.

Aufgrund dieser und einiger weiterer sedimentologischer Beobachtungen erscheinen die von vielen Paläobotanikern für das Mittelmiozän des Alpenvorlandes geforderten hohen Niederschlagsmengen zweifelhaft. Auch die Analyse zahlreicher Vertebraten- und Gastropodenfaunen lassen eine Rekonstruktion des Ablagerungsraumes als eine nur schütter bewachsene

\*) Anschrift des Verfassers: Dipl.-Geol. Dr. HERBERT SCHOLZ, Lehrstuhl für Allgemeine, Angewandte und Ingenieur-Geologie, TU München, Lichtenbergstraße 4, D-8064 Garching.

Flußlandschaft unter einem recht trockenen Klima wahrscheinlich erscheinen, die nur in der Umgebung feuchter Senken mit dichten Wäldern bewachsen war.

## Summary

The following work attempts to extend the recent knowledge of genesis and palaeogeography of the "Upper Freshwater Molasse" (OSM, Miocene) in the Allgäu (SW-Bavaria) with help of geological, sedimentological and palaeontological methods.

The more than 1000 m thick sequence of terrestrial deposits is only preserved within the unfolded, mostly flat-lying „Fore-land Molasse“. Within the Adelegg, low mountains between the towns of Kempten and Isny, the OSM contains sediments of a big middle miocene river system ("Hochgrat-River"), which had its source in the Alpine hinterland. The conglomerate-dominated fluvial fan deposits are built up of at least 20 sedimentary cycles, each divided into a lower coarse grained, conglomeratic, and an upper fine grained, sandy and marly part.

A transfer of pre-sorted river deposits by debris flows is discussed for the origin of the extremely coarse, ill-sorted and in many parts nearly unstratified, fanglomerate-like conglomerates. The source areas of these debris flows seem to be tectonically already active parts of the Molasse basin closer to the Alps.

These conglomerates gradually give way to the „normal fluviale“ deposits of the fine-grained part of a cycle. Cross-stratified sandy and pebbly channel-fillups as well as laminated marly fillups of oxbow-lakes could be identified for the first time adjacent to sandy and marly flood-sediments.

As a result of detailed mapping and the sedimentological as well as palaeontological analysis of numerous sections, the picture of a wide fluvial fan may be drawn up, partly flooded by braided river systems, partly by meandering water courses, and buried periodically under extensive blankets of coarse-grained debris flows. Knobby layers of limestone nodules, similar to the „Albstein“ within the northernmost parts of the Molasse basin, which may be interpreted as petrocalcic horizons of palaeosols, are indications of sedimentary interruptions in this area.

Due to this and some other sedimentological observations, the high precipitation claimed by many paleobotanists for the middle Miocene of the Molasse basin appears dubious. The analysis of numerous vertebrate and gastropode faunas, too, leads to the supposition of a poorly vegetated landscape under a comparatively dry climate, with dense woodland only in humid depressions.

## 1. Einleitung

Nachdem sich das Molassemeer an der Wende Ruppel/Eger durch eine wohl eustatisch bedingte Meeresspiegelschwankung aus dem Gebiet der westlichen Molasse – und damit auch aus dem Allgäu – zurückgezogen hatte, begann sich ein gewaltiger alpiner Schwemmfächer aus dem Hochgratgebiet nach N ins Molassebecken vorzubauen (LEMCKE, 1983). Infolge des komplizierten Wechselspiels zwischen tektonisch bedingter Absenkung des Molasseuntergrundes, des gleichfalls tektonisch gesteuerten Angebotes an Abtragungsschutt aus dem alpinen Bereich (SCHIEMENZ, 1960: 79), der Kompaktion der Molassesedimente und weiterer eustatisch bedingter Meeresspiegelschwankungen konnte das Meer im Eggenburg nochmals in den Ablagerungsraum der Westmolasse vorstoßen. Die Grobschüttung des Hochgratfächers schob sich als weitläufiges Delta in den südlichen Teil dieses Meeresbeckens vor und erreichte in dieser Zeit schon, im Westteil des Sonneckzuges, den späteren Südrand der Vorlandmolasse (Eistobel). Eine kräftige Steigerung der Schuttanlieferung aus dem Alpenraum dürfte schließlich zu einer Verfüllung dieses flachen Molassemeeres

(HANTKE, 1980b) und zu einem kräftigen Vorstoß des Hochgrat-Schuttfächers nach N in den Bereich der zentralen und östlichen Adelegg geführt haben.

Spätestens nach Ausklingen der Molassesedimentation im (?) Pannon (vgl. FUCHS, 1976) wurde auch der proximale Teil dieses Schuttfächers – durch Nordwärtsdrängen der alpinen Orogenfront – gefaltet. Durch teilweise wohl gleichzeitig erfolgende Erosion wurden die weiter im S liegenden Teile des Schuttfächers bis auf ihre untermiozänen, am Alpenrand sogar bis auf ihre mitteloligozänen Schichtglieder hinunter abgetragen. Seine mittel- bis obermiozänen Teile blieben nur im Bereich der Vorlandmolasse erhalten, wo sie nördlich ihres steil aufgerichteten Südrandes mit scharfer Grenze noch konglomeratfreie, terrestrische und marine Molassesedimente (USM und OMM) überlagern. Je weiter man nach Norden kommt, desto jünger sind die aufgeschlossenen Teile dieses Schuttfächers, in dessen zentralem Teil Ablagerungen jedenfalls bis ins Sarmat (MN 8) hinauf erhalten geblieben sind (EBERHARD, 1986, Beitrag in diesem Heft). Im gleichen Maße legen sich die unweit ihrer aufgeschlossenen Basis noch fast senkrecht stehenden Schichten der Oberen Süßwassermolasse nach N zu immer flacher, bis sie im Gebiet der zentralen Adelegg tektonisch nicht mehr verstellt sind. In dieser Gegend dürften die Ablagerungen der Oberen Süßwassermolasse (OSM) Mächtigkeiten von deutlich mehr als 1000 m erreichen. Sie sind nach Art eines Sandwich-Stapels aus einer gleichförmigen Wechsellagerung von mächtigen Mergelsteinsfolgen und Konglomeraten aufgebaut. In den zentralen Bereichen des weit über 10 km breiten ehemaligen Schuttfächers (Adelegg-Schuttfächer, Hochgrat-Schuttfächer) sind es – von der Basis an der Oberkante der Oberen Meeresmolasse aus, bis zu den höchsten, noch von der Erosion verschont gebliebenen Teilen im Gebiet des Änger gerechnet – 20 einzelne, mächtige Nagelfluhpakete, die sich mit ebenso vielen feinklastischen Zwischenlagen etwa gleicher Mächtigkeit abwechseln. Sowohl in N–S- als auch in E–W-Richtung lassen sich Konglomeratplatten wie die feinklastischen Folgen dazwischen über weite Strecken verfolgen. Nur recht selten ist das Auskeilen eines dieser Gesteine beobachtbar.

Nach N zu werden die Nagelfluhpakete dünner, die Körnung der Konglomerate wird feiner, und der Anteil sandig-mergeliger Gesteine an den OSM-Profilen nimmt ständig zu. In der Grönenbacher oder Obergünzburger Gegend sind nur noch ganz wenige, kleingeröllige Konglomerate mit Komponenten alpiner Herkunft vorhanden (SINN, 1974: 96), während in der Gegend von Memmingen schon die trogparallele Schüttung quarzreicher Kiese aus dem E überwiegt, und alpines Material nur noch in Form von feinklastischen Ablagerungen nachweisbar ist (JERZ & WAGNER, 1978: 38).

Auch in östlicher und westlicher Richtung nimmt die Mächtigkeit der Konglomeratbänke und die Körnung ihrer Komponenten sehr rasch ab. Im E ist es etwa die Iller, im W eine Linie, die im N ungefähr dem morphologischen Westabfall der Adelegg folgt und von marginalen Schmelzwasserrinnen des Rheingletschers nachgezeichnet wird (Eschachtal zwischen Leutkirch und Friesenhofen), dann aber Richtung Isny und Röthenbach nach SW umschwenkt, die nur von recht wenigen, bald ausdünnenden Konglomeratbänken überschritten wird (vgl. Abb. 1).

Iller- und Rheingletscher haben diesen alten Schwemmfächer mit seinen widerstandsfähigen Nagel-

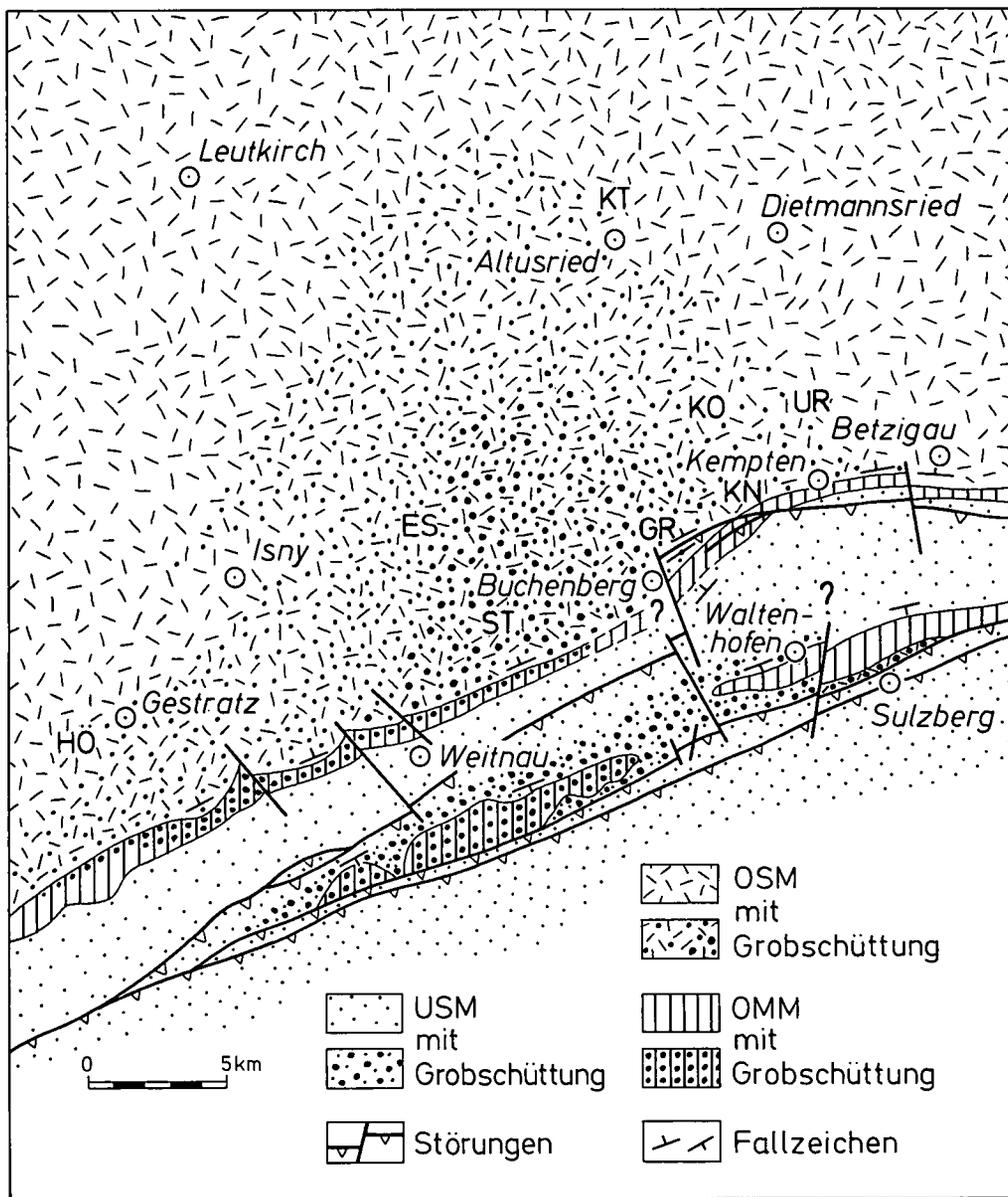


Abb. 1: Abgedeckte geologisch tektonische Übersichtskarte der Vorlandmolasse und der südlich angrenzenden Teile der Faltenmolasse im Allgäu. Die Grobschüttung im Bereich des Adelegg-Schwemmfächers beherrscht den hier dargestellten Kartenausschnitt innerhalb der OSM.  
 HO = Hohe Wand bei Höll; St = Steinebach bei Wengen; ES = Eschach bei Kreuzthal; GR = Große Rottach; KN = Kniebos am Mariaberg; KO = Kollerbach; UR = Illerufer bei Ursulasried; KT = Kaldener Tobel.

flußbänken gleichsam aus seiner feinklastischen Umgebung herauspräpariert und als Hochgebiet zwischen sich stehen lassen, das erst relativ spät im Laufe des Quartärs von der glazigenen Erosion direkt angegriffen wurde (SINN, 1974: 97). Durch tief eingeschnittene Bäche stark zertalt, haben sich in den höchsten Teilen der Adelegg so die Reste einer flachwelligen, präglazialen Landoberfläche erhalten können (WILHELM, 1961: 102).

Nach SCHIEMENZ (1960: 52) hat die Grobschüttung des Hochgratfächers, die sich seit dem Oberoligozän (Chatt) vom Nordrand der Alpen langsam immer weiter ins Molassebecken vorgeschoben hatte, im Untermiozän (Eggenburg) das Hauchenberggebiet erreicht. Während im W des Schuttufächers, im Bereich des aufgerichteten Südrandes der Vorlandmolasse, die ersten Nagelfluhbänke im tieferen Teil der OMM – etwa zur selben Zeit – erscheinen (LEMCKE & VOLLMAYER, 1970: 22), treten erste Konglomeratbänke weiter im E, im Gebiet zwischen Rechtis und Kempten, erst an ihrer

Obergrenze, an der Wende Ottang/Karpat auf. Das Flußsystem hat also seine Achse im Verlauf von einigen Jahrmillionen nach E verlegt, eine Tendenz, die sich auch in anderen tertiären Schuttufächern nachweisen läßt (Corioliskraft?).

In seinem proximalen Bereich entstanden zu allen Zeiten mächtige, teilweise schlecht gebankte und oft recht grobkörnige Konglomerate, die mit geringmächtigen Mergel- und Sandsteinhorizonten wechsellagern („Konglomerat-Assoziation“), während gleichzeitig in seinen distalen Teilen weitgehend konglomeratfreie Mergel- und Sandsteine abgelagert wurden („Sandstein/Mergel-Assoziation“). Zwischen beiden vermittelt eine als „Konglomerat/Mergel-Assoziation“ bezeichnete Fazies, die sich durch die Verbreitung feinkörniger Konglomerate und der mächtigeren Entwicklung der feinklastischen Zwischenlagen auszeichnet (BÜRGISSER, 1981: 22ff.). So sind die groben Konglomeratfolgen der Immenstädter Nagelfluhberge (USM) gute Beispiele

einer Konglomerat-Assoziation, während zur gleichen Zeit weiter im N die „Granitische Molasse“ (ebenfalls USM) in der Fazies einer Sandstein/Mergel-Assoziation abgelagert wurde. Entsprechend lassen sich auch die klastischen Folgen der OSM klassifizieren. Während die zentralen Teile der Adelegg fazielle Verhältnisse am Übergang von BÜRGISSERS Konglomerat-Assoziation zur Konglomerat/Mergel-Assoziation aufweisen, lassen sich die OSM-Profile an der Iller bei Altusried im Bereich der Jungendmoränen gut mit der Sandstein/Mergel-Assoziation des Hörnlfächers vergleichen.

Im E des Adeleggfächers sind die tiefsten Konglomeratbänke noch geringmächtig und kleingeröllig („Rothkreuz-Schotter“, im Gegensatz zu KRAUS, 1932: 213), werden aber zum Hangenden hin bald gröber. In den zentralen Teil der Adelegg, dem Schüttungszentrum des miozänen Adeleggflusses, beginnt aber die Grobschüttung schon mit recht groben Konglomeraten, deren Körnung nach oben hin noch bedeutend zunimmt. Hier finden sich sogar einzelne Gerölle mit Durchmessern von über 40 cm. Zudem nimmt hier der Gehalt an kristallinen Komponenten (zusammen mit Gangquarzen) vom Liegenden zum Hangenden hin deutlich zu, von zunächst 5–10 % auf über 20 % (SCHIEMENZ, 1960: 37; JERZ, 1974: 51; SINN, 1973: 97). Zudem treten in den stratigraphisch höheren Konglomeraten Amphibolite auf, die in allen älteren Ablagerungen des Hochgratfächers völlig fehlen.

Wie EBERHARD (1986, Beitrag in diesem Heft) zeigen konnte, sind neben den hier aufgezeigten Tendenzen auch noch einige weitere Verschiebungen in den Geröllspektren dieser Konglomerate stratigraphisch verwertbar und ermöglichen eine vertikale Untergliederung der Konglomeratfolge in vier geröllpetrographisch unterschiedlichen Niveaus: In den tiefsten Teilen der Konglomerate dominieren Kalkgerölle, im darüber folgenden Niveau Flyschgerölle. In den höheren Teilen der Profile nimmt der Anteil an Amphiboliten kräftig zu, der in den höchsten erhaltenen Konglomeratbänken schließlich wieder abnimmt.

Im Gegensatz dazu weisen die feinklastischen Zwischenlagen keine makroskopisch erkennbaren Unterschiede auf und sind von den tiefsten bis zu den höchsten noch erhaltenen Teilen der OSM recht einheitlich aufgebaut. Stratigraphisch verwertbare Unterschiede in den Schwermineralspektren sind zu erwarten aber bisher noch nicht eingehender untersucht worden.

Die abwechselnd in einem Profil übereinanderliegenden Konglomerat- und Mergelfolgen lassen sich als Ergebnisse zyklischer Sedimentationsprozesse auffassen, wobei immer ein liegender Konglomeratkomplex zusammen mit den darüberfolgenden feinklastischen Bildungen einen Zyklus dokumentiert und somit als ein „Zyklothem“ bezeichnet werden kann (DUFF et al., 1967: 1f.; FÜCHTBAUER, 1967: 276). Die Ursachen, die diese Sedimentationsrhythmen erzeugt haben, werden im Rahmen dieser Arbeit im Abschnitt 3.2. näher beleuchtet und sind im übrigen schon ausführlicher von SCHIEMENZ (1960: 44ff.), FÜCHTBAUER (1967: 276ff.) oder BÜRGISSER (1981: 19ff.) diskutiert worden.

Während die mächtigen Konglomeratbänke gegen die liegenden feinklastischen Bildungen in der Regel durch einen klaren erosiven Kontakt gut abgegrenzt sind, gehen sie in die darüberliegenden feinklastischen Folgen meist ganz allmählich über. Dieser Übergang kommt dadurch zustande, daß in die hangenden Abschnitte der konglomeratischen Zykleteile zunehmend Mergel-

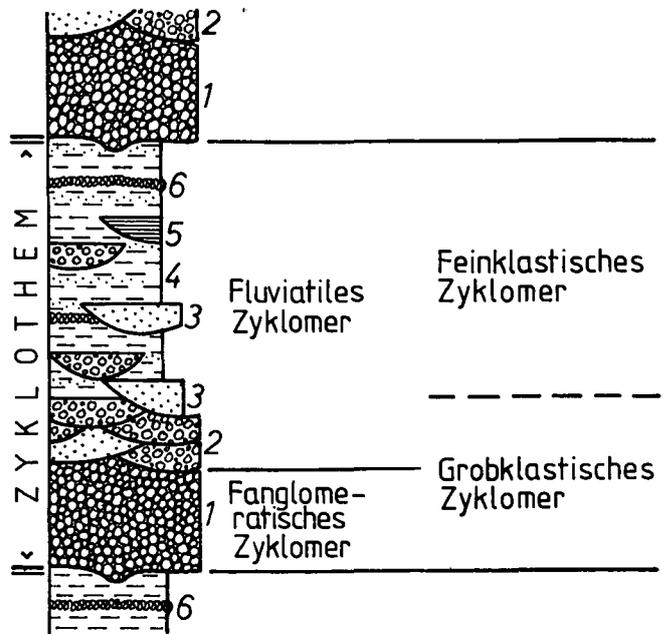


Abb. 2: Schematisches Profil durch die OSM der Adelegg. Zwei mögliche Untergliederungen des Zyklothems in Zyklothemere (Zyklenteile): links nach genetischen, rechts nach lithologischen und morphologischen Gesichtspunkten. 1 = fanglomeratische Konglomerate; 2 = fluviatile konglomeratische Rinnenfüllungen; 3 = sandige Rinnenfüllungen; 4 = Bankige Mergelsteine (Hochwassersedimente); 5 = mergelige Rinnenfüllungen (Altwassersedimente); 6 = Knollenkalke (albsteinartige Bildungen).

bzw. Sandsteinhorizonte eingeschaltet sind. Mitten in den feinklastischen Zykleteilen, und sogar noch in deren höchsten Bereichen, können vereinzelt Konglomerate eingelagert sein. Trotzdem läßt sich ein Zyklothem innerhalb der OSM der Adelegg, anhand des Überwiegens jeweils der Konglomerate auf der einen und der Mergel- und Sandsteine auf der anderen Seite, zwanglos in liegende „Grobklastische Zyklothemere“ und hangende „Feinklastische Zyklothemere“ trennen:

1. Feinklastisches Zyklothem
  2. Grobklastisches Zyklothem
- } Zyklothem

Der an dieser Stelle erstmals gebrauchte Begriff „Zyklothem“ im Sinne von „Zyklenteil“ ist dem manchmal in der Literatur gebrauchten Ausdruck „Hemi-Zyklothem“ im Sinne von „Halbzyklus“ vorzuziehen (DUFF et al., 1967: 111), denn beide Zykleteile müssen durchaus keine ähnlichen Mächtigkeiten aufweisen. Diese Unterteilung erweist sich sowohl beim Kartieren als auch bei der Gliederung dieser Arbeit als vorteilhaft (vgl. Abb. 2).

Die grobklastischen Zyklothemere sind morphologisch meist deutlich erkennbar und bilden steile Geländestufen. Im Gegensatz dazu sind die geringmächtigen Konglomeratbänke, die in die Feinklastischen Zyklothemere eingeschaltet sein können und lateral selten über weitere Strecken hin verfolgbar sind, kaum als eigene Geländeformen erkennbar. Sie heben sich morphologisch meist gar nicht von den Hangverflachungen und Senken ab, die von den Gesteinen der Feinklastischen Zyklothemere unterlagert werden.

Bei der Diskussion der Ablagerungsbedingungen wird sich aber herausstellen, daß dieses einfache Gliederungsprinzip sedimentologisch unsinnig ist (vgl. Abschnitt 3.2. und 3.3.). Nach genetischen Überlegungen bietet sich vielmehr in weiten Teilen der Adelegg die

Abtrennung eines liegenden, ungebankten Teiles der Konglomerate („Fanglomeratisches Zyklomer“) von hangenden, gebankten Teilen der grobklastischen Bildungen an, die zusammen mit den darüberliegenden feinklastischen Schichtfolgen als „Fluviatiles Zyklomer“ bezeichnet werden können (vgl. Abb. 2).

- 1. Fluviatiles Zyklomer
  - 2. Fanglomeratisches Zyklomer
- } Zyklotem

Da ich jedoch einer Diskussion der Genese dieser Zyklen im Anschluß an die Beschreibung der sie aufbauenden Gesteine nicht vorgreifen will, sehe ich mich vorläufig gezwungen, das einfache, vom Aufschluß ausgehende, jedoch künstliche Gliederungsschema zu verwenden.

## 2. Die Feinklastischen Zyklomere in der OSM

Wie oben schon dargelegt, entwickelt sich ein Feinklastisches Zyklomer im Bereich des Untersuchungsgebietes aus einem liegenden Grobklastischen Zyklomer durch Einschalten von immer mehr sandigen und mergeligen Horizonten in die nach oben hin feinkörniger werdenden Konglomerate. Dieser Übergang vollzieht sich gewöhnlich im Laufe von mehreren Profilmetern. Die Grenze zu den basalen Konglomeraten des nächst jüngeren Zyklotems ist dagegen gewöhnlich sehr scharf.

Der weitaus größere Teil eines derartigen Feinklastischen Zyklomers besteht aus schluffig-sandigen Mergelsteinen, die gewissermaßen die Hintergrundsedimentation bilden. Da diese feinklastischen Bildungen bei näherem Hinschauen eine mehr oder weniger ausgeprägte Bankung zeigen, werden sie im folgenden als „Bankige Mergelfolge“ bezeichnet.

In diese recht eintönige Gesteinsfolge sind andere, oft recht auffällige Gesteinstypen eingeschaltet, die jedoch nur einen relativ geringen Anteil am Aufbau der Profile haben. In allen Fällen handelt es sich dabei um die Füllung mehr oder weniger breiter Rinnen, die sich lateral selten einmal über weitere Strecken hin verfolgen lassen, es sei denn, man hat zufällig einmal in Prallhängen Teile eines Längsschnitts durch eine solche Rinnenfüllung erschlossen. Als Füllungen solcher Rinnen treten neben Sandstein und Konglomeraten auch dünnschichtige, laminierte „Bändermergelsteine“, detritische Kohlen, bituminöse Mergelsteine, seltener nicht laminierte Mergelsteine auf, die ebenso wie manche sandige Rinnenfüllungen Süßwasseronkoide enthalten können.

In die Mergelsteine eingelagert und oftmals diskordant über die Rinnenfüllungen hinweggreifend sind immer wieder konkretionäre Horizonte aus Kalkknollen.

Alle Typen von Rinnenfüllungen können in unterschiedlichsten Niveaus neben- und übereinander auftreten, konnten also offenbar synchron entstehen. Sowohl die Hintergrundsedimentation der Bankigen Mergelfolge als auch alle Arten von Rinnenfüllungen können Reste von Organismen enthalten, die – zusammen mit sedimentologischen Beobachtungen – im folgenden zur Rekonstruktion der Ablagerungsbedingungen der OSM in der Adelegg herangezogen werden.

### 2.1. Bankige Mergelfolge

Hellgraue, rote, geflammte, blaugraue, grüngraue, manchmal auch gelbliche Mergelsteine mit sehr unterschiedlichen Gehalten an Schluff, Sand, Karbonat und organischer Substanz sind überall innerhalb der Feinklastischen Zyklomere verbreitet. Gewöhnlich sind sie so von unregelmäßigen Klüften durchschwärmt, daß das Gestein eine bröckelige Textur besitzt und schon in leicht angewittertem Zustand entlang dieser Klüfte in kleine, polygonal begrenzte Stücke zerfällt. Obwohl diese häufig mit bräunlichen Bestegen belegten Klüfte tektonisch entstanden sein dürften, finden sie sich auch am Nordrand des Schuttfächers, mehr als 15 km vom tektonisch durchbewegten Südrand der Vorlandmolassen entfernt. Diese Mergelsteine wirken vielfach massig und lassen auf den ersten Blick oft keinerlei Bankung erkennen. Trotzdem sind sie keineswegs so homogen aufgebaut, wie es scheint. Sie bestehen aus einzelnen Lagen, die kaum einmal mächtiger als 20 cm bis maximal 1 m werden und sich durch wechselnde Sand-, Schluff- und Tongehalte unterscheiden. Sind die Aufschlußverhältnisse gut, die Auflockerung des Gefüges durch die Verwitterung nicht so weit fortgeschritten, daß das Auge durch die bröcklige Textur des Gesteins zu stark abgelenkt wird, kann man diese Bankung häufig auch schon von ferne erkennen (Kollerbachprofil K 11). In sandigeren Partien führen schichtparallel eingeregelt Muskovitschüppchen gerne zu bankfugenartigen Ablösungsflächen.

Generell gilt, daß sich alle, oft über 20 m mächtigen, beim flüchtigen Betrachten weitgehend homogen wirkenden Mergelprofile meist schon mit Hilfe einer Lupe in petrographisch abwechslungsreiche, gebankte Schichtfolgen auflösen lassen, die im folgenden als „Bankige Mergelfolge“ bezeichnet werden. Bei unterschiedlich gefärbten Lagen läßt sich nicht selten beobachten, daß die Grenzflächen zwischen beiden unregelmäßig ist, die obere in Taschen in die untere hinuntergreift, was als Bioturbation oder auch als Ausfüllung von Trockenrissen gedeutet werden kann. An Stellen, wo organische Substanz in diesen Gesteinen angereichert ist, zeigen sich blaugraue oder grüngraue Höfe, die bituminöse Flecken umgeben. Gelbliche oder durch Hämatit brennend rot gefärbte Mergelsteine sind dann grau geflammt. Die Rotfärbung der Sedimente ist fast immer auf die höchsten Teile der Feinklastischen Zyklomere beschränkt, in unmittelbarer Nähe der Basis der Grobklastischen Zyklomere. Es liegt der Verdacht nahe, daß Anreicherung und Oxydation des Eisens in diesen Horizonten ursächlich mit der Untergrenze dieser Konglomerate verknüpft ist, vielleicht über die gute Wasserwegsamkeit, die es sauerstoffreichen Grundwässern ermöglicht hat, die unterlagernden Sedimente zu imprägnieren (vgl. Abb. 8).

Nur sehr selten erweisen sich die geschilderten Sedimente als Füllungen von Rinnen, obwohl manche petrographisch unterschiedliche Bänke stellenweise über kurze Strecken auch einen klaren, erosiven Kontakt zueinander aufweisen können. Mehrfach wurde aber innerhalb eines Horizontes eine laterale Zunahme des Sandgehaltes beobachtet, der diese Bankige Mergelfolge seitlich mit schräggeschichteten, sandigen und in tiefere Mergelniveaus eingesenkten Rinnenfüllungen verknüpft (vgl. FRANKE & PAUL, 1982).

Nicht selten führen diese Gesteine organische Reste, die im folgenden ausführlicher gewürdigt werden sollen.

### 2.1.1. Pflanzenreste in der Bankigen Mergelfolge

Recht häufig in die Bankige Mergelfolge eingelagert finden sich inkohlte, stark pyritisierte, seltener strukturierte Hölzer, z. B. an Prallhängen der Eschach südlich Kreuzthal oder in den Schluchten am Osthang des Mariaberges bei Kempten. Die Holzmaserung dieser oft nestartig in manchen Horizonten angereicherten Holzstücke ist vielfach noch erkennbar. Aufgrund der Form, die diese manchmal metergroßen Kohlebrocken besitzen, sowie aufgrund der Lage dieser Maserung bezüglich der Außenflächen, kann man sagen, daß es sich bei der überwiegenden Zahl dieser Hölzer ursprünglich schon um unregelmäßig begrenzte Fragmente von Stämmen gehandelt hat, seltener um zylindrische Teile dünnerer Stämmchen und Äste. In unterschiedlichem Maße sind alle diese inkohlten Holzreste anerodiert. Kleinere Fragmente haben oft eirunde Umrisse; auch die Enden recht langer, brettartiger Kohlestücke sind stark abgerundet. Dies alles spricht dafür, daß diese Hölzer nicht am Ort ihrer Entstehung eingebettet worden sind, sondern einen mehr oder weniger langen Transport in rasch strömendem Wasser hinter sich haben, bei dem sie abgerollt worden sind. Da bei der Ablagerung von tonigen Sedimenten kaum hohe Strömungsgeschwindigkeiten im Spiel gewesen sein dürften, muß das Treibgut aus Bereichen mit hoher Wasserenergie in den ruhigeren Ablagerungsraum der Mergel gelangt sein. Der kleinste Durchmesser der eingeschwemmten Holzreste ist dabei ein Mindestmaß für die Wassertiefe im Sedimentationsraum der Bankigen Mergelfolge zur Zeit der Einschwemmung. Solche detritische Kohlen scheinen im Molassebecken ja eine bedeutende Rolle zu spielen (vgl. CZURDA, 1978).

### 2.1.2. Tierreste in der Bankigen Mergelfolge

An zahlreichen Stellen des Untersuchungsgebietes enthalten gerade die Bankigen Mergelsteine mehr oder weniger gut erhaltene, meist recht artenarme, aber individuenreiche Gastropodenfaunen. Bei den Fundstellen handelt es sich meist um einige Dezimeter mächtige Horizonte, die ohne erkennbare Gesetzmäßigkeit neben zahlreichen Bruchstücken von Schneckenschalen auch ganze, durch Setzungserscheinungen der Sedimente fast immer stark deformierte oder gar zerdrückte Gehäuse enthalten. Wenn man systematisch sucht, finden sich derartige Vorkommen in fast jedem zweiten Aufschluß der Bankigen Mergelfolge. Im Tal der Großen Rottach westlich von Kempten z. B. konnten im Bereich zwischen Ahegg und Buchenberg Schneckengehäuse an 15 verschiedenen Lokalitäten gesammelt werden, während es auf der Länge des auf Abb. 8 dargestellten Profils am Kollerbach 10 Fundstellen sind (nicht alle Aufschlüsse sind abgebildet!). Auch im Eschach-, Kürnach- und Argental sind sie Legion.

Da die Fundstellen im Bereich der Bankigen Mergelfolge nur ein sehr begrenztes Artenspektrum aufweisen, das kaum über die im folgenden (Tab. 1) aufgelisteten Formen hinausgeht, habe ich mich bei der Auswertung – stellvertretend für viele ähnliche Vorkommen – auf wenige derartige Fundplätze beschränkt, die relativ gut erhaltene, bestimmbare Faunen geliefert haben.

Das Material vom Kollerbach stammt von 3 verschiedenen Fundplätzen (Abb. 8, K 4, K 9, K 13; TK 25: Blatt 8227 Kempten (Allgäu); R. 4395020, H. 5291660; R. 4394860, H. 5291525; R. 4394630, H. 5290750). Die

Tabelle 1: Gastropoden aus Bankigen Mergelsteinen der OSM, von verschiedenen Lokalitäten im Bereich der Adelegg.

ES = Prallhang der Eschach südöstlich von Kreuzthal; KO = Kollerbach (K4, K9, K13; vgl. Abb. 22); GR = Große Rottach zwischen Ahegg und Buchenberg; HÖ = Höll bei Gestratz.

	ES	KO	GR	HÖ
<b>Zonitidae (Glanzschnecken)</b>				
<i>Archaeozonites</i> sp. indet.			+	
<i>Archaeozonites costatus</i> SANDBERGER	+		+	
<i>Oxychilus subnitens subnitens</i> (KLEIN)			+	
<b>Helicidae (Schnirkelschnecken)</b>				
<i>Tropidomphalus</i> sp. indet.	+	+		+
<i>Tropidomphalus (Pseudochloritis) incrassatus</i> (KLEIN)				+
? <i>Helix</i> sp. indet.			+	
? <i>Trichia</i> sp. indet.	+			
<i>Helicella</i> sp. indet.			+	
<i>Klikia (Apula) coarctata coarctata</i> (KLEIN)				+
<i>Cepaea</i> div. sp. indet.	+	+	+	+
<i>Cepaea eversa larteti</i> (BOISSY)	+			
<i>Cepaea silvana silvana</i> (KLEIN)				+
<b>Clausiliidae (Schließmundschnecken)</b>				
<i>Tryplichia</i> sp. indet.		+	+	+
<i>Tryplichia</i> cf. <i>teutonica</i> JOOSS				+
<i>Tryplichia</i> cf. <i>helvetica</i> SANDBERGER	+		+	
<i>Tryplichia grandis</i> (KLEIN)	+			
<b>Oleacinidae</b>				
<i>Palaeoglandina</i> sp. indet.	+	+		+

recht gut erhaltenen Gastropodenschalen von der Eschach stammen alle von einem Prallhang südlich von Kreuzthal (TK 25: Blatt 8226 Isny i. Allgäu Nord; R. 3584400, H. 5286450) und wurden – zusammen mit denen vom Kollerbach – vom leider inzwischen verstorbenen H. GALL (München) bestimmt. Die Schneckenfaunen von der großen Rottach sind im Bereich zwischen Ahegg und Buchenberg Anfang der 30er Jahre von F. MÜLLER (Kempten) gesammelt von W. WENZ (Frankfurt) bestimmt worden (WENZ, 1933: 10f.). An eben diesen Fundstellen konnte noch weiteres Material selbst gesammelt und bestimmt werden (TK 25: Blatt 8227 Kempten [Allgäu]: R. 3593250, H. 5286680 u. a.).

Eine biostratigraphische Einstufung dieser Faunen kann aufgrund ihrer relativen Artenarmut kaum gewagt werden. Immerhin läßt sich aber über ihre lithostratigraphische Position innerhalb der OSM etwas aussagen. So liegen die Fundstellen an der Eschach und am Kollerbach 600 bis 800 m über der OMM-Oberkante, sind damit wohl ins Baden oder noch höher einzustufen (NM 6–8). Die Lokalitäten an der Großen Rottach jedoch liegen in den basisnahen Teilen der OSM und sollten damit wohl ins Ottnang oder Karpat (NM 4–5) gehören.

Die häufigsten Gastropoden dieser Fundstellen innerhalb der Bankigen Mergelsteine sind zweifellos Helicidae, vor allem der Gattung *Cepea*. Mit abnehmender Häufigkeit folgen *Tropidomphalus* und Clausiliidae der Gattung *Triptychia*. *Archaeozonites* ist nur in den Fundstellen an der Großen Rottach häufiger anzutreffen. Alle anderen Gastropodenformen finden sich immer nur vereinzelt.

Obwohl das Artenspektrum einer Thanatozönose nicht unerheblich von dem der ursprünglichen Biozönose abweichen kann, ist es dennoch möglich, anhand der bestimmbaren Formen zum einen Aussagen über die ökologischen Verhältnisse in der weiteren Umgebung dieser Fundstellen zu machen, zum anderen Spekulationen über die Entstehung der Sedimente anzustellen. Die ökologischen Verhältnisse lassen sich bis

zu einem gewissen Grad der Wahrscheinlichkeit anhand angenommener Analogien der Umweltansprüche fossiler und rezenter, nahe verwandter Taxa rekonstruieren. Gastropoden sind dafür besonders geeignet, denn viele lebende Gruppen sind auf ganz bestimmte, gut definierbare Biotope beschränkt. Bei fossilen Arten von Gattungen, deren lebende Vertreter möglichst alle ähnliche Umweltansprüche besitzen, dürfte eine Biotoprekonstruktion über derartige Analogieschlüsse recht zuverlässig sein und sollte mit auf anderen Wegen gewonnenen ökologischen Daten in Einklang stehen.

Über die Umweltansprüche ausgestorbener Gattungen hat man zwar indirekt gewonnene Ansichten, die aber nicht in jedem Falle zwingend sein können. Hier vor allem ist Vorsicht geboten (GALL, 1972: 23).

Alle Gastropodengehäuse aus der Bankigen Mergelfolge gehören Landschnecken. Niemals wurden hier die Schalen von Wasserschnecken noch irgendwelche Reste anderer wasserbewohnender Tiere oder Pflanzen gefunden. Unter den Landschnecken lassen sich aufgrund ihrer ökologischen Ansprüche zwei sehr unterschiedliche Gruppen unterscheiden: die eine bevorzugt feuchte Standorte (meist in Wäldern), die zweite ist an relativ trockenes, offenes Gelände angepaßt.

Zur ersten, semihygrophilen bis mesophilen Gruppe gehören die räuberisch lebenden Zonitidae *Archaeozonites* und *Oxychilus*, die – gleich den großwüchsigen rezenten Vertretern dieser Familie – feuchte, schattige Standorte unter Laub und krautigen Pflanzen in feuchten Wäldern und Flußauen bevorzugt haben dürften (GALL, 1980: 73; KERNEY et al., 1983: 73) mit der konchyologisch nahestehenden *Elona quimperiana* (FERUSSAC), einer großen Heliciden, die feuchte Stellen in der Krautschicht und im Buschwerk westeuropäischer Wälder besiedelt. Ähnliche Biotope soll auch *Trichia*, *Klikia* und *Cepaea silvana* (nicht *c. eversa*) bevorzugt haben, während die turmförmigen *Triptychia*-Arten – ausgestorbenen Clausiliidae – feuchte Standorte mit großen Mengen sich zersetzenden Pflanzenmaterials bewohnt haben sollen (NORDSIECK, 1972: 182).

Zur zweiten, mehr xero- und thermophilen Gruppe gehören offenbar *Cepaea eversa* und die Raubschnecke *Palaeoglandina*, die trockene Standorte, besonders vegetationsarme, xerotherme Biotope bevorzugten (GALL, 1980: 74). Auch die rezenten *Helicella*-Arten (Heideschnecken) sind eher auf offenen, trockeneren Stellen – sogar auf Sand und Geröll – zu finden (KERNEY et al., 1983: 248 ff.). Die Ansprüche der rezenten *Helix*-Arten, Verwandte unserer Weinbergschnecke, sind sehr variabel, doch auch diese Schnecken sind nicht selten auf trockenen Standorten anzutreffen.

Der größte Teil der Schneckenfaunen in der Bankigen Mergelfolge dürfte allochthon sein. Bis auf die Gastropodengehäuse der Fundstelle Höll sind die vollständig eingebetteten Schneckenschalen nicht konkretionär gebläht worden, was darauf hindeutet, daß es sich in den meisten Fällen um leere Gehäuse gehandelt haben muß. Die ökologische Analyse der Landschneckenreste in der Bankigen Mergelfolge zwingt zu der Annahme, daß sich in der näheren oder weiteren Umgebung der Fundstellen Wälder mit teilweise sehr feuchten Biotopen befunden haben müssen. Aber auch trockene, vielleicht waldsteppenartige Lebensräume mit vegetationslosen Stellen müssen in der Nähe vorhanden gewesen sein.

Im Gegensatz zu den Gastropodenfundstellen sind Wirbeltierfundplätze innerhalb der Bankigen Mergelfolge

Tabelle 2: Wirbeltierreste von der Lokalität Höll bei Gestratz. Gastropoden von dieser Fundstelle vgl. Tab. 4.

K = Kiefer; Z = Zahn; W = Wirbel; S = Hirnschädel; P = Panzerplatte; E = Extremitätenknochen. Groß geschrieben (z. B. K) = vollständiges Objekt; kleingeschrieben (z. B. k) = Bruchstück. Fundmenge: k = Einzelfund, kk = einige (2–5), kkk = viele (>5) Objekte.

Reptilia (Kriechtiere)	
Ophidia gen. sp. indet.	WW
Lacertilia gen. sp. indet.	k
<i>Testudo</i> div. sp. indet.	ppp, PP, ee
<i>Ptychogaster</i> sp. indet.	p
Aves (Vögel)	
?Strigidae gen. sp. indet.	EE, e
Mammalia (Säugetiere)	
Marsupialia (Beuteltiere)	
<i>Peratherium</i> sp. indet.	zz
Insectivora (Insektenfresser)	
<i>Galerix exilis</i> (DE BLAINVILLE)	kk, zz
„ <i>Talpa</i> “ <i>minuta</i> LARTET	EEE
Insectivora gen. sp. indet.	kk
Rodentia (Nager)	
<i>Sciurus bredai</i> MEYER	kkk, s, ZZ, ee
<i>Cricetodon sansanensis</i> LARTET	KKK, kkk, ZZZ
	eee, EEE
	ZZ, k
<i>Democricetodon</i> ( <i>D.</i> ) <i>affinis mutilus</i> FAHLBUSCH	Z
<i>Democricetodon</i> ( <i>Megacricetodon</i> ) <i>schaubi</i> FAHLBUSCH	Z
Lagomorpha (Hasenartige)	
<i>Prolagus oeningensis</i> (KOENIG)	kkk, ZZZ
<i>Lagopsis verus</i> (HENSEL)	kkk
<i>Amphilagus fontanensi</i> (DEPÉRET)	ZZ
Artiodactyla (Paarhufer)	
Artiodactyla gen. sp. indet.	e
Cervidae gen. sp. indet.	zz, EE, ee, ww
<i>Dicrocerus elegans</i> LARTET	kk, ZZ, s, E,
	ee
<i>Micromeryx florentianus</i> LARTET	kkk, ZZZ
<i>Lagomeryx parvulus</i> MEYER	kk, ZZ
<i>Lagomeryx pumilio</i> ROGER	k, ZZ
<i>Dorcatherium crassum</i> LARTET	kk
Perissodactyla (Unpaarhufer)	
? <i>Brachypotherium brachypus</i> (LARTET)	Z
Proboscidea (Elefantenartige)	
Mastodontidae gen. sp. indet.	zz

ge selten. Die meisten der von EBERHARD (1986, Beitrag in diesem Heft) zur Gliederung der Konglomeratfolge der Adelegg herangezogenen Säugetierfundstellen scheinen einem Fundstellentyp anzugehören, der unter dem Abschnitt 1.2.3. beschrieben wird und mit den Bankigen Mergelsteinen s. s. nichts zu tun hat. Eine Ausnahme bildet allerdings die Wirbeltierfundstelle Höll bei Gestratz (TK 25: Blatt 8325 Wangen im Allgäu Ost; R. 3572150, H. 5279705), wo an einem Prallhang der Argen Wirbeltierreste innerhalb der Bankigen Mergelfolge zu finden sind (Abb. 3). Obwohl diese Fundstelle in der Peripherie des eigentlichen Konglomeratfächers liegt, liefert sie doch so viel Informationen über die Ablagerungsbedingungen der Bankigen Mergelfolge, daß sie hier kurz vorgestellt werden soll (vgl. SCHOLZ, 1966 und SCHOLZ, 1986).

Die seit 1964 durch meinen Vater, Studiendir. a. D. Udo SCHOLZ, und mich ausgebeutete Fundstelle hat im Laufe der Zeit die Reste von mehr als 20 verschiedenen Wirbeltierarten geliefert, die zunächst von R. DEHM, V. FAHLBUSCH, K. HEISSIG und F. OBERGFELL (alle in München), später auch durch mich bestimmt wurden. Das Material befindet sich heute in den Naturwissenschaftlichen Sammlungen im Zumsteinhaus in Kempten.

**Tabelle 3: Pflanzenfunde aus den Bändermergelsteinen vom Steinebach bei Wengen; Früchte und Blätter. Zusammengestellt nach GREGOR (1982, S. 59f). w = Wasserpflanzen; s = Sumpfpflanzen; a = Auenwald-Elemente; at = indifferent; t = auch an relativ trockenen Standorten.**

Taxodiaceae (Sumpfpfropfen-Gewächse)		
<i>Glyptostrobus europaea</i> (BROGN.) HEER		at
Myricaceae (Gagel-Gewächse)		
<i>Myrica</i> sp. indet.		s
<i>Myrica cerciferiformis</i> KOWNAS		s
Juglandaceae (Walnuß-Gewächse)		
<i>Carya</i> cf. <i>ventricosa</i> (STERNBERG) UNGER		at
Betulaceae (Birken-Gewächse)		
<i>Ostrya scholzii</i> GREGOR		t
Ulmaceae (Ulmen-Gewächse)		
<i>Ulmus</i> sp. indet.		at
<i>Celtis lacunosa</i> (REUSS) KIRCHHEIMER		a
<i>Zelkova</i> cf. <i>ungerii</i> KOWNAS		a
Schizandraceae		
<i>Schizandra moravica</i> (MAI in KNOBLOCH) GREGOR	◀Liane	
Lauraceae (Lorbeer-Gewächse)		
Lauraceae gen. spec. indet. ◀nur Blätter		s
? <i>Daphnogene</i> sp. indet. ◀nur Blätter		s
Nymphaeaceae (Seerosen-Gewächse)		
<i>Nymphaea</i> sp. indet.		w
Hamamelidaceae (Zaubernuß-Gewächse)		
<i>Corylopsis urselensis</i> MÄDLER		at
Hamamelidoidea gen. sp. indet.		at
Fagaceae (Buchen-Gewächse)		
<i>Fagus</i> sp. indet.		t
Rosaceae (Rosen-Gewächse)		
<i>Rubus laticostatus</i> KIRCHHEIMER		a
Anacardiaceae (Sumach-Gewächse)		
<i>Spondiaemorpha dehmi</i> GREGOR		at
Rhamnaceae (Kreuzdorn-Gewächse)		
<i>Frangula</i> cf. <i>solitaria</i> GREGOR		a
Vitaceae (Weinreben-Gewächse)		
<i>Vitis</i> sp. indet. ◀Liane		at
<i>Vitis parasilvestris</i> KIRCHHEIMER	◀Liane	at
Oleaceae (Ölbaum-Gewächse)		
<i>Fraxinus</i> sp. indet.		a
<i>Chioanthus kornii</i> GREGOR		a
Hydrocharitaceae (Froschbiß-Gewächse)		
<i>Stratiotes</i> sp. indet.		w
<i>Stratiotes kaltennordheimensis</i> (ZENK.) KEILH.		w
Potamogetonaceae (Laichkraut-Gewächse)		
<i>Potamogeton</i> sp. indet.		w
<i>Potamogeton nochtensis</i> MAI		w
Sparganiaceae (Igelkolben-Gewächse)		
<i>Sparganium</i> sp. indet.		w
<i>Sparganium neglectum</i> BEEBY		w
<i>Sparganium camenzianum</i> KIRCHHEIMER		w
Cyperaceae (Riedgras-Gewächse)		
Cyperaceae gen. sp. indet.		s
<i>Cladium oligovasculare</i> MAI in KNOBLOCH		s

Die Fundstelle Höll liegt in leicht schräggestellten Serien, wenige Kilometer vom Südrand der Vorlandmolasse entfernt, die ca. 500 bis 700 m über der OSM-Basis abgelagert worden sind. Das Artenspektrum, das hier zu Tage kam, der relativ primitive Bau der Zähne von *Cricetodon sansaniensis* LARTET zusammen mit dem Auftreten von *Lagopsis verus* (HENSEL), *Democricetodon affinis mutilus* FAHLBUSCH und *Megacricetodon schaubi* FAHLBUSCH spricht für ein Alter der Fundstelle Höll, das an der Untergrenze von NM 6 (mittleres Baden) liegt (vgl. SCHOLZ, 1966; SCHOLZ, 1986; FAHLBUSCH, 1964: 60; BUCHER, 1982, zitiert in BÜRGISSER et al., 1983; CICHÁ et al., 1972: 137).

Die Fundschicht liegt in gelblichen bis rötlichen, fleckigen, schwach sandigen Mergelsteinen und ist nur wenige Dezimeter mächtig. Vor allem die größeren Knochenreste sind innerhalb der auf mehr als 20 m Länge

ausstreichenden Fundschicht schütter verteilt, während die Kleinsäugerreste nicht selten in Nestern angereichert sind.

Pflanzenreste fehlen hier fast ganz. Dafür finden sich aber zahlreiche Steinkerne von Schneckengehäusen, die zu einem hohen Prozent konkretionär gebläht sind, was nach GALL (1973: 8) auf überaus rasche Einbettung der Gehäuse mitsamt der Weichteile hinweist. Obwohl der schlechte Erhaltungszustand keine genauere Bestimmung zuläßt, kann immerhin gesagt werden, daß keinerlei wasserbewohnende Formen nachweisbar sind.

Fast alle Schildkrötenreste, die in der Fundstelle Höll zu Tage kamen (Tab. 2), waren Bruchstücke des Schultergürtels und des Panzers von Landschildkröten, wohl *Testudo*. Nur ein Epiplastron-Fragment ist zweifelsfrei zu *Ptychogaster* zu stellen, einer terrestrischen bis semiaquatischen Emydiden, die gewisse morphologische Beziehungen zur amerikanischen Dosenschildkröte (*Terrapene*) aufweist (SCHLEICH, 1982: 50).

Bei den Säugerresten dominieren vor allem die von Kleinsäufern (Tab. 2), von denen mindestens 42 fragmentarisch erhaltene Individuen nachgewiesen werden konnten. Von anderen Säugetieren, vor allem von Paarhufern, sind nur die Reste von 12 Individuen nachweisbar. Während die nächsten lebenden Verwandten der hier gefundenen Traguliden und Cerviden reine Waldbewohner sind und zusammen mit den ausgestorbenen Palaeomyrciden vor allem ausgesprochene Buschschlüpfer in unterholzreichen Wäldern gewesen sein dürften (vgl. WALKER et al., 1975: 1381ff.), ergibt sich bei den Kleinsäufern ein wesentlich differenzierteres Bild. Zwar gibt es auch bei ihnen Reste von Tieren, deren rezente Verwandte als baumbewohnende Kletterer auf die Existenz von Baumgruppen bzw. Wälder hinweisen, wie die in Höll nachgewiesenen Sciuridae (Hörnchen, mind. 3 Individuen) und Didelphinae (Beutelratten, 1 Individuum). Auch die in mindestens 4 Individuen nachgewiesenen Echinocricinae (Haarigel) könnten auf die Existenz von Wäldern angewiesen gewesen sein. Im Gegensatz dazu weisen aber die wesentlich häufigeren Cricetidae (Hamster, mindestens 20 Individuen), Ochotonidae (Pfeifhasen, mindestens 9 Individuen) und Talpidae (Maulwürfe, mindestens 5 Individuen) auf die Existenz offener, baumloser Flächen in der Umgebung der Fundstelle hin (vgl. WALKER et al., 1975: 648, 814ff.).

Dichte, unterholzreiche Waldungen und baumfreie Flächen müssen also nebeneinander existiert haben, was auch für andere Fundstellen in der OSM nachgewiesen worden ist (z. B. FAHLBUSCH, 1974: 464; BERGER, 1955: 232). Das Nebeneinander von Tieren aus so unterschiedlichen Lebensräumen innerhalb einer Thanatozönose muß einen plausiblen Grund haben. Da keinerlei zusammenhängende Skeletteile gefunden worden sind, viele Knochen von Kleinsäufern aber in Gruppen beieinander liegen, ist man geneigt, an einen Greifvogel Fraßplatz zu denken, wo sich in den Gewöllen Kleinsäugerknochen aus ganz unterschiedlichen Jagdrevieren nebeneinander finden können. Tatsächlich sind auch Extremitätenfragmente von Vögeln gefunden worden, von denen wenigstens einer nach der Bestimmung von R. DEHM (München) einem eulenartigen Vogel zuzurechnen ist (Tab. 2).

Im Gegensatz zu den Kleinsäugerknochen sind viele Knochen größerer Wirbeltiere vielfach stark angenagt, manchmal bis zur völligen Unkenntlichkeit. Zudem lassen sich an einigen Knochen Bißspuren kräftiger Zähne

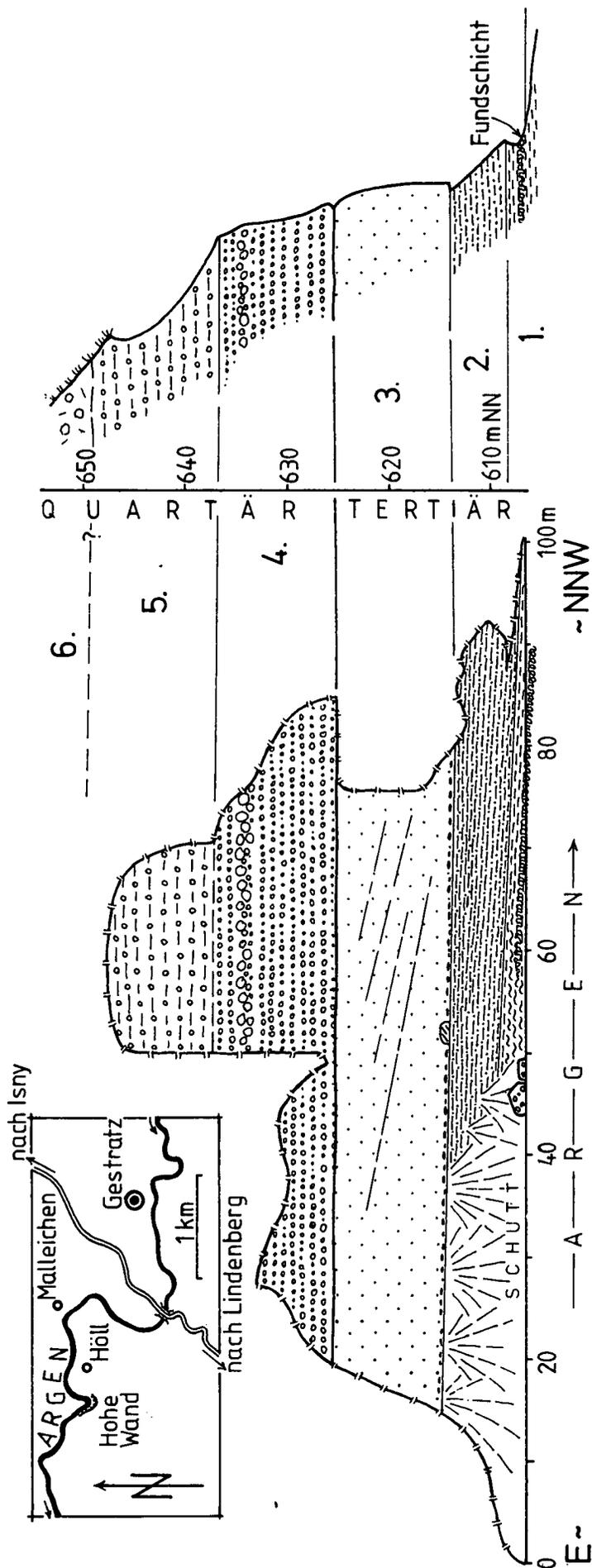


Abb. 3. Maßstabähnliche Ansichtsskizze der Hohen Wand, Höll bei Gestratz an der Argen. In Wirklichkeit ist die Aufschlußwand hakenförmig gekrümmt (vgl. Übersichtskarte). Zustand 1977.  
 1 = schluffiger Kalkmergelstein mit Fundschrift, rechts überwiegend blaugrau, links vor allem rot; 2 = glimmerreiche, sandige Mergelsteine, Sandgehalt nimmt nach oben ab; 3 = schräggeschichteter, grober, grauer, glimmerreicher Sandstein mit Aufarbeitungsschotter an der Basis; 4 = stark verfestigte, vermutlich ribbezeitliche Schotter mit (?) Moränenlage im höheren Teil; 5 = größtenteils unverfestigte wümezeitliche Vorstoßschotter, 6 = Jungmoräne (hier nicht aufgeschlossen).

nachweisen, die wohl von größeren vierbeinigen Raubtieren stammen dürften. Knochen und Zähne aller größeren Tiere von der Fundstelle Höll dürften demnach längere Zeit vor ihrer Einbettung schon auf der Sedimentoberfläche gelegen haben (vgl. SCHOLZ, 1986), nachdem die Tiere zuvor wahrscheinlich von Raubtieren gerissen und hierher gebracht worden waren.

Alle in Höll gemachten Beobachtungen sprechen für eine Fundstelle, an der Tierreste verschiedener Biotope miteinander vermischt und dann sehr rasch zugedeckt worden sind. Wichtig erscheint mir noch, zu betonen, daß der Platz lange Zeit trocken lag, bevor die Sedimentation neu einsetzte.

### 2.1.3. Konkretionäre Kalklagen in der Bankigen Mergelfolge

Ungemein verbreitet innerhalb der OSM der Adelegg und ihrer Nachbargebiete sind knollige Kalklagen, die als wenige Dezimeter bis über 2 m mächtige Horizonte in die Feinklastischen Zyklomere eingeschaltet sind. In den meisten Fällen erscheinen diese Kalklagen in den höheren Teilen einer feinklastischen Mergelfolge, oft unmittelbar unter der Basis von Konglomeraten (vgl. Abb. 6, 8), manchmal zusammen mit brennend rot gefärbten Sandsteinen und Mergeln, die sich fast immer im Liegenden Grobklastischer Zyklomere nachweisen lassen (Abb. 8). Ansonsten aber haben diese Kalkhorizonte wenig mit den rot gefärbten Gesteinen zu tun – greifen sie doch vielfach, ohne sich um Farbe oder Petrographie der Gesteine auch nur im geringsten zu kümmern, diskordant über ganz unterschiedlich ausgebildete Sedimente hinweg. Eindeutig ist dies aber nur in sehr großen Aufschlüssen zu erkennen, wo man derartige Horizonte über größere Strecken hin verfolgen kann (Kollerbach-Profil Abb. 8, Prallhang der Iller bei Kalden). Dabei halten diese knolligen Kalklagen u. U. mehrere hundert Meter lang durch, liegen dabei immer mehr oder weniger parallel zur Schichtung, können aber um kleinere Beträge auf- und absteigen (Abb. 8).

Die dicht liegenden, meist pflaumen- bis faustgroßen Kalkknollen haben meist eine weiße oder grünliche Farbe und lassen unregelmäßige Zwickel zwischen sich frei, die mit abschlämmbarem, mergeligem Sediment gefüllt sind. Gleichwohl sind diese Knollen zu festen Platten verbacken, die, wenn sie mächtiger werden, eine deutliche Bankung erkennen lassen. Diese Platten sind vielfach so hart, daß sie von Bächen und Flüssen in Wasserfällen und Stromschnellen überwunden werden (Iller bei Ursulasried, Abb. 7). Dadurch kann man sie bei flüchtiger Betrachtung mit Konglomeratbänken verwechseln. Der oberste Teil eines derartigen Horizontes zeigt häufig eine brecciöse Struktur. In mächtigeren Kalkplatten können mehrere brecciöse Lagen übereinanderliegen.

Die knolligen Kalklagen sind in der OSM der Adelegg keineswegs auf ein einziges stratigraphisches Niveau beschränkt, sondern finden sich in den tiefsten Teilen der OSM, knapp über der OMM-Obergrenze zwischen Ahegg und Buchenberg im Rottachtal, genauso wie in den hangenden Teilen der OSM-Schichtfolge, mehr als 700 m über der OMM/OSM-Grenze, im Kaldener Tobel bei Altusried.

An einigen Stellen kann man Beobachtungen sammeln, die es erlauben, Aussagen über den Entstehungszeitraum dieser Kalke zu machen. Zweifellos handelt es sich ja um konkretionäre Bildungen, die genau

so gut synsedimentär als auch während der Diagenese entstehen könnten. Für eine Entstehung während der Diagenese schien die Beobachtung zu sprechen, daß sich viele dieser Kalkknollenhorizonte an die Liegendengrenzen von Konglomerathorizonten halten, mit denen sie in einem gewissen Abstand parallel laufen. An einigen Stellen kann man aber beobachten, daß sie durch jüngere Rinnen klar anerodiert sind, die, mit völlig anderem Material gefüllt, die harten Kalkplatten anschneiden. Ein besonders schönes Beispiel hierfür ist an der Iller bei Ursulasried (TK 25: Blatt 8227 Kempten [Allgäu]; R. 3598575, H. 5291125) aufgeschlossen, wo eine Stromschnelle des Flusses genau an der Stelle liegt, wo ein derartiger fossiler Erosionsrand den Flußlauf quert. Die Iller fließt zunächst auf der Oberfläche eines konkretionären Kalkhorizontes, der mit steilem Kontakt an leichter erodierbare, blaugraue, sandige Mergelsteine der ehemaligen Rinnenfüllung grenzt, die heute vom Fluß ausgeräumt sind und zur Entstehung der Stromschnelle geführt haben. Die hier beschriebenen Verhältnisse sind am Flußufer bei Niedrigwasser klar zu beobachten (Abb. 7). Umgekehrt finden sich an der Basis von Rinnenfüllungen nicht selten umgelagerte Konkretionen. Daraus muß man schließen, daß diese konkretionären Kalklagen synsedimentär entstanden sein müssen, d. h. sie waren schon zu einer Zeit fest, als in der unmittelbaren Umgebung ihres Entstehungsortes die Sedimentationsprozesse in der OSM weitergingen.

An einem Aufschluß im Kaldener Tobel bei Altusried kann man an einem über 1 m mächtigen, gebankten Kalkhorizont beobachten, daß nur die unterste der Bänke von einer scharfen Rinne angeschnitten ist, während die höheren konkretionären Lagen ungestört darüber hinwegziehen (Abb. 6). Man kann dies wohl nur mit der Annahme einer polygenetischen Entstehung der mächtigeren konkretionären Horizonte knapp unter oder an der damaligen Geländeoberfläche erklären.

Im Dünnschliff zeigen die untersuchten Konkretionen zahlreiche Sandkörner, manchmal auch dünne Schalen-trümmer, in einer ungleichmäßig dunklen, mikritischen Grundmasse. Viele Konkretionen werden von teilweise mit tonigem Sediment, teilweise mit klarem Kalzit gefüllten, dünnen Rissen durchzogen. In einigen Fällen, so am Kollerbach, fanden sich pisoidartige, rundliche Gebilde in die Konkretionen eingelagert.

In einer ganzen Reihe von Merkmalen stimmen diese konkretionären Kalkhorizonte mit dem Albstein überein, der am Nordrand des Molassebeckens, von der Donau im N bis etwa Memmingen im S verbreitet ist (RUTTE, 1953: 361). Vor allem mit dem „Albstein im weiteren Sinne“, der als Knollenkalk ausgebildet ist und keine konzentrisch-schaligen Kalkkrusten enthält (LEMCKE et al., 1953: 29f.). Besonders die „Übergangsschichten“, die unter dem eigentlichen Albstein liegen, haben eine große Ähnlichkeit mit den Vorkommen in der Adelegg (NÄGELE, 1962: 57, 62f.).

Der Albstein wird unbestritten als Exsudationskalk gedeutet, der sich unter ariden bis semiariden Klimabedingungen auf oder knapp unter der Geländeoberfläche gebildet hat (NÄGELE, 1962: 93). Dieser markiert offenbar längere Zeiten der Sedimentationsunterbrechung (: 101), während derer es zur Anreicherung von Kalk an der Erdoberfläche – infolge des kapillaren Aufstiegs von Grundwasser – kommen kann (: 95). Wie ein Vergleich mit den Entstehungsräumen rezenter Kalkkrusten lehrt, scheint eine ortsteinartige Knollenkalkbildung

auch unter einer geringmächtigen Bodenbedeckung vor sich gehen zu können (: 91).

Eigenartigerweise sind die Knollenkalklagen in der OSM des Allgäus bisher kaum in diesem Zusammenhang gesehen worden, obwohl sie auch früheren Bearbeitern der Molasse aufgefallen waren (z. B. JERZ, 1974: 50, 1978: 36). Nur LEMCKE & VOLLMAYER (1970: 20) haben eine Knollenkalklage aus den basalen Teilen der OSM des Schüttentobels als albsteinähnlich angesprochen, in ihrem Auftreten jedoch einen stratigraphischen Hinweis entdecken wollen, was aufgrund der weiten Verbreitung dieser Gesteine in unterschiedlichsten stratigraphischen Niveaus der Allgäuer OSM aber unmöglich ist. Gleichartige, dünne Knollenkalklagen sind in der USM schon früher als das Ergebnis bodenbildender Prozesse angesehen worden (ETZOLD et al., 1975: 150). So sehe ich vorläufig keinen Grund, die konkretionären Kalklagen der OSM nicht ebenfalls als ortsteinartige Bildungen oder (und) exsudative Krustenkalke aufzufassen, wie sie in heutigen tropischen oder subtropischen Trockengebieten unter und an der Erdoberfläche entstehen. Die Unterschiede zu den „Lepolithen“, dem „Albstein i. e. S.“ (LEMCKE et al., 1953: 31) mögen weniger auf grundsätzlich völlig andersartige Bildungsbedingungen, sondern eher auf die Zeitdauer der Sedimentationsunterbrechung zurückzuführen sein. Diese Unterbrechung ist im Falle des Albsteins zweifellos von längerer Dauer gewesen (: 33f.), während die Knollenkalke des Allgäus kaum in längeren Zeiträumen entstanden waren, als die anderen Sedimente dieser Flußlandschaft.

Einen fossilen Boden im Hangenden dieser Konkretionen – als weiteres Zeichen einer Sedimentationsunterbrechung während der Ablagerung der Bankigen Mergelfolge – habe ich nicht finden können, und früher, als mir die oben dargestellte Deutungsmöglichkeit noch fremd war, auch nicht darauf geachtet. Tatsächlich aber schienen nicht nur eventuell einmal vorhanden gewesen lockere, dünne A-Horizonte bei Wiedereinsetzen der Sedimentation fortgespült worden sein, auch die Knollenkalke wurden offenbar oberflächlich durchgewaschen und teilweise brecciert, mitunter ja sogar erosiv entfernt.

#### 2.1.4. Die Ablagerungsbedingungen der Bankigen Mergelfolge

Die Tatsache, daß in Ablagerungen der Bankigen Mergelfolge bisher nur Reste von eindeutigen Landtieren gefunden worden sind, niemals aber solche von wasserbewohnenden Organismen, spricht – zusammen mit dem bankweisen Wechsel der Petrographie dieser Gesteine – für ihre Entstehung an Stellen, die nur gelegentlich von Wasser überflutet worden sind. Dabei scheinen die eingebetteten Landschneckengehäuse und Wirbeltierknochen kaum über nennenswerte Strecken transportiert, zuweilen mehr oder weniger an dem Ort eingebettet worden zu sein, wo sie das Hochwasser vorfand. Besonders schön läßt sich dies am Beispiel der Wirbeltierfundstelle Höll demonstrieren, wo die Überreste der Mahlzeiten von Raubtieren und Greifvögeln zusammen mit teilweise offenbar noch lebenden Landschnecken von Schlamm überdeckt worden sind.

Der lagenweise Wechsel der Korngröße der Bankigen Mergelfolge könnte demnach auf Hochwässer zurückgeführt werden, die den normalerweise trockenen, höherliegenden Bereich zwischen ständig unter Wasser

stehenden Rinnen während regenreicher Perioden überflutet haben. Dabei müssen Wasserstände erreicht worden sein, die es auch dickeren Stämmen ermöglicht haben – auf dem Wasser treibend – in diese Ablagerungen zu gelangen. Auf keinen Fall sind die hier gefundenen Hölzer autochthon, da sie vor ihrer Einbettung in rascher fließenden Gewässern anerodiert worden waren und regelmäßig Abrollungsspuren aufweisen. Zudem finden sich innerhalb der Bankigen Mergelfolge keine sicheren Hinweise auf eine fossile Durchwurzelung. Wenn man nicht annehmen will, daß die durchwurzelten Horizonte bei jeder neuen Überflutung wieder quantitativ abgetragen worden sind, können diese Bereiche nur eine sehr schütterere Vegetation getragen haben. Dies ist bemerkenswert; denn wenn man von den Schichtmächtigkeiten auf den Anteil dieses speziellen Ablagerungsraumes an der tertiären Flußlandschaft der Adelegg schließt, muß der größte Teil dieses Schwemmfächers vegetationsarm gewesen sein. Dies widerspricht aber entschieden den Vorstellungen einer niederschlagsreichen Waldlandschaft, wie sie von paläobotanischer Seite gefordert wird.

Selbst an Stellen, die durch Überflutungssedimente soweit aufgehöhrt worden waren, daß die Hochwässer diesen Bereich eine Zeitlang nicht mehr erreichen konnten, entstanden keineswegs Wälder, sondern Krustenkalke bzw. Ortstein, die sich unter sehr trockenen klimatischen Bedingungen auf bzw. in steppenhaften Böden bilden. Auch ein Teil der Fauna paßt ausgezeichnet in dieses Bild (*Palaeoglandina*, *Cricetodon*, *Lagopsis*, *Prolagus* u. a.).

Weit entfernt vom nächsten Wald bzw. Wasserlauf sind diese Hochwassersedimente freilich nicht abgesetzt worden, da unter den Mollusken- wie unter den Wirbeltierresten, die sich in der Bankigen Mergelfolge finden, daneben auch zahlreiche Formen sind, die unterholzreiche, dichte und feuchte Waldungen benötigen, um überleben zu können (*Archaeozonites*, *Tropidomphalus*, *Triptychia*, *Lagomeryx*, *Micromeryx*), sich teilweise sogar recht gerne in Wassernähe aufhalten (*Ptychogaster*, *Dorcatherium*, *Brachypotherium*).

#### 2.2. Mergelige, sandige und konglomeratische Rinnenfüllungen

Der größte Teil der Molassemergel gehört dem Typ der Bankigen Mergelfolge an, für die oben der Nachweis erbracht wurde, daß es sich um Sedimente handeln muß, die nur sporadisch von Wasser bedeckt waren. Es stellt sich die Frage, ob es überhaupt mergelige Ablagerungen im Bereich der Adelegg gibt, die unter dauernder Wasserbedeckung – am Boden stehender oder fließender Gewässer – entstanden sind.

Aus anderen Gegenden sind derartige Bildungen ja mehrfach beschrieben worden. Westlich von Augsburg z. B. sind an verschiedenen Wirbeltierfundplätzen in der OSM (Häger, Stätzing, Dinkelscherben u. a.) Reste verschiedener Schildkrötenformen gefunden worden (SCHLEICH, 1982: 60ff.), deren nächste lebende Verwandte Wasserschildkröten sind (*Ocadia*, *Chelydropsis*), die ausschließlich in stehenden oder fließenden, oft sumpfigen Gewässern vorkommen (SCHLEICH, 1981: 137, 190). Ähnliche Ablagerungen sind auch aus Niederbayern mehrfach beschrieben worden und haben u. a. reiche Süßwasserfaunen geliefert, wie in Sandelzhausen

(FAHLBUSCH et al., 1972: 339; GALL, 1972: 30; FAHLBUSCH, 1974: 464) oder Gündlkofen (GALL, 1980: 74). Aber auch im Bereich des alpinen Hörnli-Schwemmfächers in der Ostschweiz müssen vergleichbare Biotope existiert haben, denn hier sind, zusammen mit Säugerresten, auch autochthone Süßwassermollusken und Wasserschildkröten bekannt geworden, zuletzt in Hüllstein und Martinsbrünneli (BÜRGISSER et al., 1983: 756).

Tatsächlich wurden im Bereich der Adelegg an verschiedenen Stellen Gesteine entdeckt, für die sich eine Bildung unter dauernder Wasserbedeckung nachweisen läßt, und die sich zudem meistens signifikant von den Hochwassersedimenten unterscheiden. Meist handelt es sich um feinschichtige oder bituminöse Mergelsteine, Kohlen, Sandsteine und Konglomerate, die allerdings viel seltener zu finden sind als die allgegenwärtige Bankige Mergelfolge. Da vor allem die mergeligen Rinnenfüllungen nicht selten wahre Fossilagerstätten enthalten, neben Mollusken, Blättern und Früchten zuweilen auch Wirbeltierreste geliefert haben, wäre es wünschenswert, mehr Vorkommen dieser Art zu kennen. Im Bereich der Adelegg sind mir bisher folgende Stellen bekannt geworden:

#### **Kollerbach-Profil, Aufschluß K 5**

(Abb. 5, 8)

Prallhang des Kollerbaches, ca. 250 bis 300 m WSW des Weilers Kollerbach, an der Straße von Kempten über Härtnagel nach Wiggensbach (TK 25: Blatt 8227 Kempten [Allgäu]; R. 4384975; H. 5291600).

Es handelt sich um etwa 2,5 m mächtige, spaltbare Mergelsteine mit warvenähnlicher Feinschichtung, die Sandsteine überlagern. Sie gehen zum Hangenden hin in Gesteine der Bankigen Mergelfolge, lateral in Sandsteine über. Neben Blättern und Früchten sind hier Süßwasserschnecken und Süßwassermuscheln gefunden worden.

#### **Kollerbach-Profil, Aufschluß K 10**

(Abb. 5, 8)

Prallhang des Kollerbaches, ca. 225 m SE des Weilers Wegflecken, an der Straße von Kempten über Härtnagel nach Wiggensbach (TK 25: Blatt 8227 Kempten [Allgäu]; R. 4294975; H. 5291350).

Es handelt sich um eine etwa 20 cm mächtige, bituminöse Kohle, die teils Sandsteine, teils Konglomerate überlagert. Nach oben geht sie rasch in Bankige Mergelsteine über, seitlich ist ein Auskeilen des Horizontes zu beobachten. Neben Süßwasser- und Landschnecken finden sich inkohlte Hölzer und Früchte.

#### **Kollerbach-Profil, Aufschluß K 12**

(Abb. 5, 8)

Prallhang des Kollerbaches, ca. 400 m SSE des Weilers Rothmeyers an der Straße von Härtnagel nach Wiggensbach (TK 25: Blatt 8227 Kempten [Allgäu]; R. 3594640, H. 5290775).

Es handelt sich um grünliche Mergel, die eine Lage von Süßwasseronkoiden, teilweise mit Kernen aus Süßwassermuscheln, enthalten. Im umgebenden Sediment finden sich sonst keine anderen Süßwasserorganismen. Im Liegenden des Horizontes kommen Knollenkalke, im Hangenden Bankige Mergelsteine vor.

#### **Kniebos am Mariaberg KN**

(Abb. 5)

V-Tälchen am oberen Ende eines Tobels (Schlucht) am Südhang des Mariaberges (Hohen-Egg), 700 m SW

der Kirche von Mariaberg (TK 25: Blatt 8227 Kempten [Allgäu]; R. 4395300, H. 5287108).

Es handelt sich um etwa 1,5 m mächtige, spaltbare Mergelsteine mit einer warvenähnlichen Feinschichtung, die Bankige Mergelsteine überlagern. Nach oben werden sie mit erosivem Kontakt von Sandsteinen überlagert. Neben gut erhaltenen Blättern finden sich hier große inkohlte Holzreste.

#### **Steinebach bei Wengen ST**

(Abb. 4, 5)

Taleinschnitt des Steinebaches, ca. 900 m NNE Wengen (TK 25: Blatt 8326 Isny im Allgäu Süd; R. 3586500, H. 5283475).

Es handelt sich um etwa 2,5 m mächtige, spaltbare Mergelsteine mit einer warvenähnlichen Feinschichtung (8), die ein bituminöses Kohleflöz (7) überlagern, welches seinerseits einer Konglomeratbank (6) aufliegt. Nach oben gehen diese Bändermergelsteine in Bankige Mergelsteine über, während sie nach der Seite hin von gastropodenführenden Kalkmergelsteinen (9) und grünlichen Sandsteinen (10) abgelöst werden. Neben zahlreichen Blatt- und Fruchtresten finden sich hier inkohlte Stämme und Zweige, Süßwasser- und Landschnecken sowie Reste von Säugern. Die Fauna ist durch H. GALL und K. HEISSIG (München) bestimmt, die Flora durch H.-J. GREGOR (Gröbenzell) bearbeitet und publiziert worden (GREGOR, 1982).

#### **Kaldener Tobel bei Altusried KT**

(Abb. 5, 6)

Prallhang im Tobel (Schlucht) des Kaldener Baches, 300 m N der Ruine Kalden an der großen Illerschleife, NE Altusried (TK 25: Blatt 8127 Gröbenbach; R. 3590925, H. 5299400).

Es handelt sich um einen etwa 1 m mächtigen, weißlich-grünen Mergelhorizont, der kleingeröllige Konglomerate überlagert. Im Hangenden folgen Bankige Mergelsteine. Neben zahlreichen Süßwasser- und Landschnecken wurden hier auch Schildkröten- und Säugerreste gefunden. Das Material wurde von H. GALL, H.-H. SCHLEICH und V. FAHLBUSCH (München) bestimmt. Nach Wildbachverbauungsmaßnahmen und einem schuttbringenden Hochwasser liegt die Fundstelle heute etwa 1–2 m unter dem Bachschotter verborgen.

#### **Iller-Profil bei Ursulasried**

(Abb. 7)

Nur bei Niedrigwasser zugängliche Aufschlüsse an der Iller, 500 m WSW Ursulasried, N von Kempten (TK 25: Blatt 8227 Kempten [Allgäu]; R. 3598575, H. 52911125).

Es handelt sich um spaltbare Mergelsteine mit einer warvenähnlichen Feinschichtung, die seitlich in schräggeschichtete Sandsteine und Konglomerate übergehen. Pflanzenreste wurden gefunden.

Weitere Vorkommen derartiger Rinnenfüllungen sind im Bereich der Adelegg von Herrn M. EBERHARD gefunden worden (mündl. Mitt.). Zusammen mit den oben beschriebenen Plätzen mit derartigen Sedimenten zeigt deren Auftreten, daß sie zwar keinen bedeutenden Anteil am Aufbau der feinklastischen Zyklomere haben, jedoch weit verbreitet sind.

Ein genauere biostratigraphischer Einstufungsversuch ist bisher nur bei der Fundstelle Steinebach gemacht worden, die GREGOR (1982: 166, 171) in die Phytzone 3a seiner phytostatigraphischen Gliederung der

OSM einreicht, was etwa dem Baden (MN 6) entsprechen soll. Die anderen Fundstellen können mit Hilfe der von EBERHARD (1986) aufgestellten stratigraphischen Gliederung des Adelegg-Schwemmfächers eingestuft werden (vgl. EBERHARD, 1986, Beitrag in diesem Heft). Danach gehört die Fundstelle Kaldener Tobel wohl zu MN 8, Kniebos und Kollerbach zu MN 6 oder 7. Auch in den stratigraphisch tiefsten Teilen der OSM im Gebiet der Adelegg (MN 5) kommen derartige Rinnenfüllungen vor.

Obwohl die 6 auf Abb. 5 dargestellten Profile auf den ersten Blick sehr unterschiedlich aussehen, haben sie doch eine ganze Reihe von Gemeinsamkeiten:

- a) Die Profile, die paläontologische Hinweise auf ihre Bildung in stehenden bzw. langsam fließenden Gewässern erbracht haben, sind von Gesteinsfolgen anderer Entstehungsweise innerhalb der OSM auch sedimentologisch klar zu unterscheiden.
- b) Diese Süßwasserablagerungen liegen immer direkt über einer Erosionsdiskordanz oder überlagern Konglomerate – beides das Ergebnis von hohen Wassergeschwindigkeiten vor Beginn einer Stillwasserperiode an diesen Stellen.
- c) Die Profile sind fast immer sehr fossilreich.
- d) Die Profile sind nicht sehr mächtig, meist zwischen 0,5 m und 3 m.
- e) Horizontal lassen sich die am Aufbau dieser Profile beteiligten Gesteine niemals weit verfolgen. In einigen Fällen lassen sich ein seitliches Auskeilen oder der laterale Übergang in verschiedene andere Gesteine beobachten.
- f) Nur eine begrenzte Zahl charakteristischer Gesteine ist an ihrem Aufbau beteiligt: Spaltbare Bändermergelsteine mit einer warvenähnlichen Feinschichtung, bituminöse Gesteine mit unterschiedlichen Gehalten an inkohltem Holz, konkretionäre Gastropodenkalke, ungebankte, schluffreiche, grünliche Mergelsteine.
- g) Nur in der unmittelbaren Umgebung solcher Profile finden sich die einzigen – mir bekannten – fossilen Wurzelhorizonte in der OSM der Adelegg.

Im Gegensatz zu den bisher besprochenen mergeligen Rinnenfüllungen sind sandige und kiesige sehr auffällig und häufig. Leider haben sie – abgesehen von inkohlten Hölzern – nur sehr selten Tier- oder Pflanzenreste geliefert. Zweifellos sind sie von rascher fließenden Gewässern abgesetzt worden.

### 2.2.1. Kohlen und bituminöse Sedimente

Am Aufbau von 4 der 7 untersuchten Profile durch Stillwasserablagerungen sind Kohlen oder (und) bituminöse Gesteine beteiligt.

Im Kollerbachprofil (K 10) und im Steinebach sind inkohlte Holzreste, die in stark bitumenhaltige, sandige Tone eingelagert sind, zu dünnen Flözen angereichert, die kaum mächtiger als 10 bis 15 cm werden. In beiden Fällen liegen die Flözchen auf den Füllungen von Erosionsrinnen, deren hangende Teile bereits zahlreiche Kohlestücke in den grobsandig-bituminösen Zwickelfüllungen zwischen den Geröllen enthalten. Auch die untersten Kohlelagen enthalten noch kleine Steinchen und Tongerölle. Die „Kohle“ selbst besteht im wesentlichen aus kohligem Flitter, der mit Quarzsand und Muskovitschüppchen durchsetzt ist. Im Steinebach (Abb. 4, 5) ist dieses kohlige Sediment von Unmengen plattgedrückter Äste, Zweige und Stämmchen durchsetzt, de-

ren Längsachsen schichtparallel eingeregelt sind, sonst aber wirr durcheinanderliegen. Im Kollerbachprofil (K 10) fehlen im E-Teil (K 10a) größere inkohlte Holzreste fast völlig, während sie im W-Teil (K 10b) häufig, aber nicht so stark angereichert sind wie im Steinebach.

Wenn man sich die Mühe macht, einen Ast vom umgebenden Sediment zu befreien, stellt man fest, daß es sich in vielen Fällen noch um mehrfach verzweigte, oft über 1 m lange Gebilde handelt, deren vormalig runde Querschnitte im Verhältnis 1 : 6 oder gar 1 : 10 plattgequetscht worden sind. An vielen Stellen liegen im Steinebach eine Anzahl geplätteter, handbreiter Äste übereinander. Daraus muß gefolgert werden, daß die Mächtigkeit dieser organischen Sedimente einmal beachtlich größer war als heute. Merkwürdig ist, warum gerade hier der Grad der Plättung so groß ist. An anderen Stellen, wo an inkohlten Stämmen und Ästen ein Pressungsverhältnis ebenso meßbar ist (z. B. Kniebos), zeigen Hölzer bei weitem keinen so hohen Deformationsgrad. Diese Reste liegen aber nicht innerhalb von Kohleflözen, sondern sind einzeln in die umgebenden Sedimente (Sandsteine, Mergelsteine) eingebettet. Im Gegensatz zu den Holzresten aus den Kohlelagen sind die Stammoberflächen z. B. in Kniebos ausgezeichnet erhalten; ebenso die Holzmaserung. Vielleicht waren die Äste und Stämmchen im Steinebach und im Kollerbachprofil (K 10b) schon stark zersetzt – folglich auch besonders leicht zu pressen – als sie von Sedimenten zugedeckt wurden.

Nach oben hin gehen beide Flözchen in dünnblättrige, bituminöse, lagenweise schluff- oder sandreiche Mergelsteine über, die immer noch eine Anzahl geplätteter Äste führen. Sowohl die „Kohlen“ als auch die bituminösen Mergelsteine enthalten Gastropodengehäuse. Im Kollerbach-Profil sind es vor allem die bituminösen Ablagerungen im Hangenden des eigentlichen Flözes, die vereinzelt Schneckenschalen enthalten. Im Steinebach finden sich die Schneckengehäuse zu kreidig weißen, dünnen Bänkchen angereichert – sowohl in die „Kohle“ als auch in die hangenden bituminösen Mergel eingeschaltet. In beiden Fällen ist der Erhaltungszustand der Gehäuse sehr schlecht, da sie völlig zerdrückt sind. In den relativ seltenen Fällen, wo noch eine Bestimmung möglich war, handelte es sich meistens um Wasserschnecken. Im Steinebach konnten hier Lymnaeidae und Planorbidae, im Kollerbach-Profil (K 10a) zudem noch einige Landformen (*Cepaea*, *Triptychia*, *?Tropidomphalus*) nachgewiesen werden. In ähnlichen bituminösen Lagen hat EBERHARD (1986, Beitrag in diesem Heft) zahlreiche Säugerreste im Gebiet der Adelegg nachweisen können.

Auch im höheren Teil des Profils im Steinebach finden sich einzelne Horizonte, wo plattgedrückte Äste häufig sind; im Kollerbach-Profil (K 5) sind die hier vorkommenden Bändermergelsteine von inkohlten Holzresten völlig durchsetzt. Auch im höheren Teil der Bändermergelsteine von Kniebos und in darüberfolgenden Sandsteinen sind metergroße, flachgedrückte Äste und Stammstücke vorhanden, wie schon erwähnt wurde. Diese Holzreste zeigen an allen Kanten kräftige Erosionsspuren, die nur durch ihren weiteren Transportweg erklärt werden können. Verzweigte Äste sind hier seltener.

Zusammenfassend kann man sagen, daß offensichtlich alle im Bereich der Adelegg bisher untersuchten „Kohlen“ detritischer Natur sind. Es handelt sich äh-

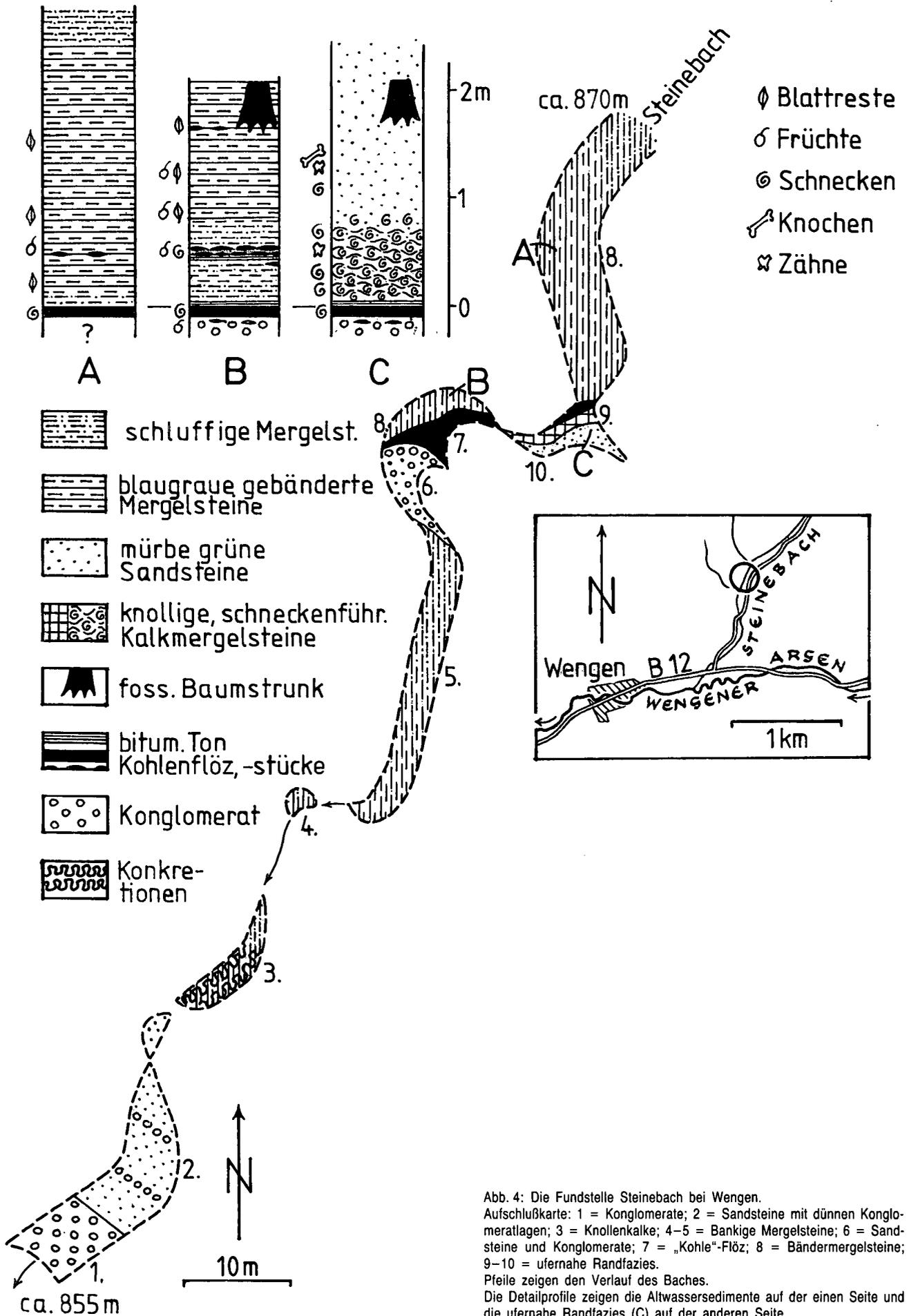


Abb. 4: Die Fundstelle Steinebach bei Wengen.  
 Aufschlußkarte: 1 = Konglomerate; 2 = Sandsteine mit dünnen Konglomeratlagen; 3 = Knollenkalke; 4-5 = Bankige Mergelsteine; 6 = Sandsteine und Konglomerate; 7 = „Kohle“-Flöz; 8 = Bändermergelsteine; 9-10 = ufernahe Randfazies.  
 Pfeile zeigen den Verlauf des Baches.  
 Die Detailprofile zeigen die Altwassersedimente auf der einen Seite und die ufernahe Randfazies (C) auf der anderen Seite.

lich wie bei den Kohleflözen der oberösterreichischen Molasse um die Reste von in Senken zusammengeschwemmten Hölzern (CZURDA, 1978), die teilweise schon einen längeren Transport hinter sich hatten und dementsprechend stark abgerollt sind, teils aber um stärker verzweigte Äste und Zweige vermutlich ufernah wachsender Bäume, die bald nachdem sie ins Wasser gelangt waren, absanken und einsedimentiert wurden. Die starke Plättung der Hölzer in den „Kohlen“ könnte vielleicht damit zu tun haben, daß ihre Holzsubstanz – am Boden eines stehenden Gewässers – schon in Zersetzung begriffen war, die morschen Äste sich folglich leichter plattquetschen ließen.

### 2.2.2. Bändermergelsteine

Die schon mehrfach angesprochenen Bändermergelsteine sind mit ihrer warvenähnlichen Feinschichtung auffällige Gesteine, die im Bereich der Adelegg recht verbreitet zu sein scheinen. So finden sich diese Sedimente in 3 der 6 auf Abb. 5 dargestellten Profile, zudem noch an der Iller bei Ursulasried. Auch bei Begehungen von anderen OSM-Profilen in den zurückliegenden Jahren sind mir diese Gesteine mehrfach aufgefallen. Umso verwunderlicher ist es, daß sich in der Literatur nichts darüber findet. Die Bezeichnung „Bändermergelsteine“ habe ich in Anlehnung an den Begriff „Bändertone“ gewählt. Quartäre Bändertone sehen tatsächlich den tertiären Bändermergelsteinen sehr ähnlich.

Die Sedimente sind aus helleren und dunkleren Lagen von einigen Millimetern bis Zentimetern Dicke, von denen sich viele über die ganze Breite eines Aufschlusses hinziehen. Vielfach läßt sich sogar eine noch feinere Laminierung der Gesteine feststellen. Die helleren Bänder bestehen aus Schluffen und Feinsanden und enthalten viel Kalk. Die dunklen Lagen können als Tonmergel bezeichnet werden und sind oft etwas bituminös. Einzelne bituminöse Bänder können mehrer Zentimeter dick werden. An manchen Stellen ist die feine Bänderung durch Bioturbation etwas gestört, aber trotzdem überall deutlich zu sehen.

Zum Hangenden hin gehen die Bändermergelsteine entweder allmählich in ungebänderte Sedimente vom Typ der Bankigen Mergelfolge über, z. B. im Steinebach, oder grenzen mit scharfem Kontakt an die Füllungen anderer Rinnen, die diese Sedimente von oben her anerodiert haben, wie in Kniebos. Die Liegendgrenzen der Bändermergelsteine sind entweder erosiv, wie im Kollerbach-Profil (K 5), oder die Gesteine gehen nach unten in petrographisch ganz andere Rinnenfüllungen über, die dann ihrerseits einen erosiven Kontakt zum Liegenden aufweisen, z. B. im Steinebach. Das mächtigste Bändermergel-Profil fand sich bisher mit 2,5 bis 3 m im Steinebach, das geringmächtigste ist mit stellenweise nur 1 m das Profil in Kniebos, das allerdings erosiv amputiert ist.

In die Bändermergelsteine konkordant eingelagert sind kohlige dünne Lagen, die aus plattgedrückten Ästchen, Pflanzenhäcksel und Blättern bestehen, die teilweise stark mazzeriert sind. Derartige Horizonte, wo die Blätter und Zweige vielfach übereinanderliegen, finden sich in Abständen von einigen Zentimetern bis Dezimetern im Profil. Dazwischen liegen aber immer wieder einzelne Blätter auf den Schichtflächen. Manche dieser Blattlagen sind an die bituminösen, dunklen Tonmergelbänder gebunden. Hier finden sich nicht selten Pyritkonkretionen. Zusammen mit den Blättern sind in

manchen Horizonten gut erhaltene Früchte angereichert, besonders in den Bändermergelsteinen des Steinebaches und des Kollerbach-Profiles (K 5).

Bisher ist nur die Flora des Steinebaches (= „Wengen“) durch GREGOR (1982: 58ff., 255) ausgewertet worden. Die anderen Floren sind in Bearbeitung, doch zeichnen sich auch hier keine grundsätzlich anderen Verhältnisse ab als in Wengen. Die Fundstelle wurde Ende der 70er Jahre aufgrund eines Hinweises von aus Wengen stammenden Kemptener Schülern entdeckt und im Laufe von mehreren Begehungen, die z. T. im Rahmen von Exkursionen der TU München stattfanden, systematisch ausgebeutet.

GREGOR (1982: 166, 171) stuft die Fundstelle im Steinebach auf phytostratigraphischer Grundlage ins Baden (NM 6) ein. Tatsächlich liegt sie etwa 600 bis 800 m über der Basis der OSM, die am Schönberg im N des Weitnauer Tales als Grenze zur OMM mehr oder weniger gut faßbar ist. Der von GREGOR angenommene Wert von weniger als 500 m ist eindeutig zu niedrig. Dies entspricht aber etwa der Position, die auch die Fundstelle Höll bei Gestratz (vgl. Abschnitt 1.1.2.) relativ zur Basis der OSM einnimmt. Wie nachgewiesen wurde, ist Höll nicht älter als NM 6. JUNG & MAYER (1980: 165) stufen den Steinebach („Wengen“) aufgrund paläobotanischer Erwägungen bedeutend tiefer ein (NM 4 oder NM 5), was wegen der oben angeführten Gründe eher unwahrscheinlich ist.

Die paläobotanischen Ergebnisse GREGORS (1979, 1982) können hier nur insoweit kurz referiert werden, wie sie zum Verständnis der Sedimentationsverhältnisse im Bereich des Adelegg-Schwemmfächers notwendig sind. Aus den Bändermergelsteinen des Steinebaches konnten die fossilen Samen von mehr als 30 verschiedenen Pflanzenarten geschlämmt werden. Die rezenten, mit den tertiären Arten möglichst nahe verwandten Vergleichsarten bewohnen heute fast durchwegs die warm-gemäßigten bis subtropischen Wälder des indischen Himalaya, Japans und Südchinas sowie die sommer- bis immergrünen Wälder des südlichen Nordamerikas (GREGOR, 1982: 182).

Der Charakterbaum der miozänen Flora des Steinebaches bei Wengen, aber auch der von Kniebos und des Kollerbach-Profiles (K 5), ist *Glyptostrobus* (Wasserfichte), dessen Zweige, zusammen mit den kleinen Zapfen dieses Nadelbaumes, ganze Schichtflächen bedecken können. Recht häufig sind auch die auffälligen und großen Nüsse von *Carya* (Hickory), die man nicht selten schon mit bloßem Auge im Aufschluß entdecken kann. Neben vielen anderen Bäumen sind *Corylopsis* (eine Hamamelidacee), *Celtis* (Zürgelbaum), *Ostrya* (Hopfenbuche), *Fraxinus* (Esche), *Myrica* (Gagelstrauch), *Schizandra* (eine Magnoliaceen-Verwandte), *Chioanthus* (eine Oleacee) und *Vitis* (Weinrebe) im Steinebach besonders häufig. Dazu kommen noch die Samen einiger Wasserpflanzen, wie die von *Potamogeton* (Laichkraut), *Sparganium* (Igelkolben) und *Nymphaea* (Seerose). Auffällig ist das Vorkommen großer Mengen ganzrandiger, laurophyller Blätter in den Blattlagen vom Steinebach, die dem Fundort eine gewisse Sonderstellung unter den anderen bekannten Molassefloren zuweist (JUNG & MAYER, 1980: 164). Die Blattflora ist hier noch nicht eingehender bearbeitet worden, doch zeichnet sich ein Verhältnis von 41 % exotischen zu 59 % nativen Formen ab, wobei sich unter den letzteren 42 % arktotertiäre und 8 % paläotropische Florenelemente finden (GREGOR, mündl. Mitt.).

Aufgrund der Verteilung der Arten in den horizontal entnommenen Proben des Profils vom Steinebach herrscht im tieferen Teil (Konglomerat, Kohlen) eine reine „Wasserfazies“ vor, d. h. Samen von Pflanzen, die in der Umgebung offener Wasserflächen gewachsen sind, im mittleren Teil (Bändermergelsteine) eine „Trockenfazies“, d. h. Samen von Pflanzen, die nicht sumpfige, sondern etwas trockenere Standorte bewohnen, und im höheren Teil wieder eine „Wasserfazies“ (GREGOR, 1982: 142f.). Da Wasserpflanzen aber in fast allen Proben des Profils nachgewiesen werden konnten, kann man die Ergebnisse nur dahin gehend deuten, daß während des ganzen Ablagerungszeitraumes an dieser Stelle ein offenes Gewässer existiert haben muß. Dafür sprechen auch die meist stark verdrückten Reste von Schnecken, die zusammen mit kleinen Kohlestücken und Tongeröllchen in wenigen, dünnen Horizonten des Profils angereichert sind. Viele gehören zu den Planorbidae und Lymnaeidae, sind also Wasserschnecken. Zudem fanden sich zahlreiche Characeen-Gyrogonite im Schlämmrückstand.

Ein Großteil der Bäume muß zudem mehr oder weniger nahe am Wasser gewachsen sein, denn die Anreicherung auch relativ schwerer Pflanzenteile in diesen Stillwasserablagerungen – wie Zweige von *Glyptostrobus* oder die Nüsse von *Carya* – ist kaum anders erklärbar. Diese Vermutung wird zusätzlich noch durch das Auftreten von Wurzelhorizonten in der unmittelbaren Umgebung von Bändermergelsteinen (z. B. in Kniebos) gestützt. *Myrica* und *Glyptostrobus* sind ja auch an Standorte der Sumpfwälder und Bruchmoore gebunden, während *Corylopsis*, *Celtis*, *Carpinus*, *Rubus* u. a. Florenlemente feuchter Auenwälder sind. Nur relativ wenige Formen können auch an Standorten mit einem tiefliegenden Grundwasserspiegel vorkommen, wie *Fagus* oder *Ostrya* (vgl. Tab. 3).

Durch den Vergleich der miozänen Pflanzenformen mit den lebenden Vergleichsarten lassen sich über deren Ansprüche an Niederschlagsmengen oder Jahresmitteltemperaturen Anhaltspunkte über das miozäne Molasseklima gewinnen. So gibt HANTKE (1984: 50f.) Jahresmitteltemperaturen um 15°C und Niederschlagsmengen von 1300 bis 1500 mm/Jahr für die OSM der westlichen Molasse an. Auch GREGOR (1982: 190) glaubt, für das Mittelmiozän Jahresmittel von 14 bis 18°C und Niederschlagsmengen von 1000 bis 1500 mm/Jahr annehmen zu müssen. Zudem soll die mittlere Januar-temperatur zwischen 0 und 5° und die mittlere Julitemperatur bei etwa 25°C gelegen haben.

Diese paläoklimatischen Daten, die von Seiten der Paläobotanik kommen, sind nur schwer mit einer ganzen Reihe von anderen – sedimentologischen wie paläontologischen – Beobachtungen vereinbar. Das Vorkommen von zweifellos an offene Vegetation gebundenen Tierarten (vgl. Abschnitt 1.1.2.), Hinweise auf die Entstehung von Kalkkrusten bei Sedimentationsunterbrechung in der OSM (vgl. Abschnitt 1.1.3.) sowie das fast völlige Fehlen einsedimentierter autochthoner Hölzer im Bereich des ursprünglich wohl etwas höher liegenden Ablagerungsraumes der Hochwassersedimente (vgl. Abschnitt 1.1.1.) sprechen eher für ein vergleichsweise recht trockenes Klima. Vergleichbare Beobachtungen ließen auch andere Geologen eher an ein weniger feuchtes Klima glauben, bei dem auch die Existenz vegetationsarmer Flächen über längere Zeit hinweg vorstellbar wäre (vgl. z. B. NÄGELE, 1962: 93; FAHLBUSCH, 1974: 464). Dieser Widerspruch ist im Rahmen

dieser Arbeit nicht lösbar; eine kritische Überprüfung aller bisher als Klimaindikatoren verwendeter Parameter erscheint dringend notwendig. Einiges spricht im Falle der OSM des Adelegg-Fächers dafür, daß die bewaldeten Gebiete weitgehend auf sumpfige Niederungen und Flußauen beschränkt waren. Vielleicht deckten diese Pflanzen ihren Wasserbedarf weniger über die nicht ausreichenden Niederschläge, sondern über den hochliegenden Grundwasserspiegel.

Zusammenfassend kann man sagen, daß die Bändermergelsteine mit Sicherheit in Stillwasserbecken abgesetzt worden sind, deren sumpfige Ufer mit Bäumen bestanden waren. Die Blattlagen, die sich in diesen Sedimenten finden, sind wohl das Ergebnis des herbstlichen Laubfalles, denn fast alle nachgewiesenen Landpflanzen sind laubabwerfende Bäume. Die Sedimentationsrate kann in diesen nicht allzu ausgedehnten altwasserartigen Seen nicht hoch gewesen sein, denn ein großer Teil der Blätter einer Laubschicht ist mazeriert – muß also eine ganze Weile auf dem Seeboden gelegen haben, bevor er durch neuerliche Einschüttung klastischen Materials erneut zugedeckt worden ist. Sicher handelt es sich nicht bei jeder Lamina um eine Jahresschicht; denn es gibt viele Lagen, die frei von Blättern und Holzresten sind. Vielmehr scheint das etwas größere Material der hellen Laminae – ebenso wie seltenere Aufarbeitungslagen mit Tongeröllern, Schnecken und Holzresten – auf Hochwässer eines nahen Flusses hinzudeuten, die kurzfristig mehr Schwebstoffe in dieses Altwasser schütteten. Dagegen war der Sauerstoffgehalt hier normalerweise recht gering, so daß die organische Substanz nur zu einem Teil abgebaut werden konnte. Die Tiefe des Wasserbeckens kann kaum wesentlich größer als die Mächtigkeit seiner Mergelfüllungen gewesen sein, also maximal 2,5 bis 3 m.

### 2.2.3. Sandige und kalkige Vertretungen der Bändermergelsteine

An verschiedenen Stellen kann beobachtet werden, daß die Bändermergelsteine lateral in andere, meist sandige, in einem Falle auch kalkige Gesteine übergehen, die wenigstens z. T. auch Reste von Süßwasserorganismen enthalten. In Kniebos sind es sterile, gelbliche, teilweise grobe Sandsteine und sandige, stellenweise bituminöse Mergelsteine, die nach der Seite hin allmählich die Bändermergelsteine ablösen. Die bituminösen Horizonte beinhalten eine sehr schlecht erhaltene Landschneckenfauna, unzählige Schalenbruchstücke und einige Gehäuse von Süßwassergastropoden (Planorbidae). Im Kollerbach (K 5) sind es gelbliche, teilweise schräggeschichtete Sandsteine und sandige Mergelsteine, die inkohlte, abgerollte Holzreste und an einer Stelle auch doppelklappig erhaltene Süßwassermuscheln (Unionidae) führen. An der Iller bei Ursulared gehen die Bändermergelsteine seitlich in nicht laminierte, sandige Mergelsteine und schließlich in schräggeschichtete Sandsteine und Konglomerate über, die abgerollte inkohlte Holzreste enthalten (Abb. 7).

Im Steinbach bei Wengen fehlen die laminierten Mergelsteine, die auf der nordwestlichen Seite des Bachlaufes das Kohleflöz überlagern, auf dem südöstlichen Hang des Tälchens völlig (Abb. 4). Dafür folgen hier helle, fossilreiche Mergelkalke (0,5–0,8 m mächtig) über dem Kohleflöz und werden ihrerseits von grünlichen, schwach verfestigten Sandsteinen überlagert (>1,5 m mächtig), deren Hangendes nicht aufgeschlos-

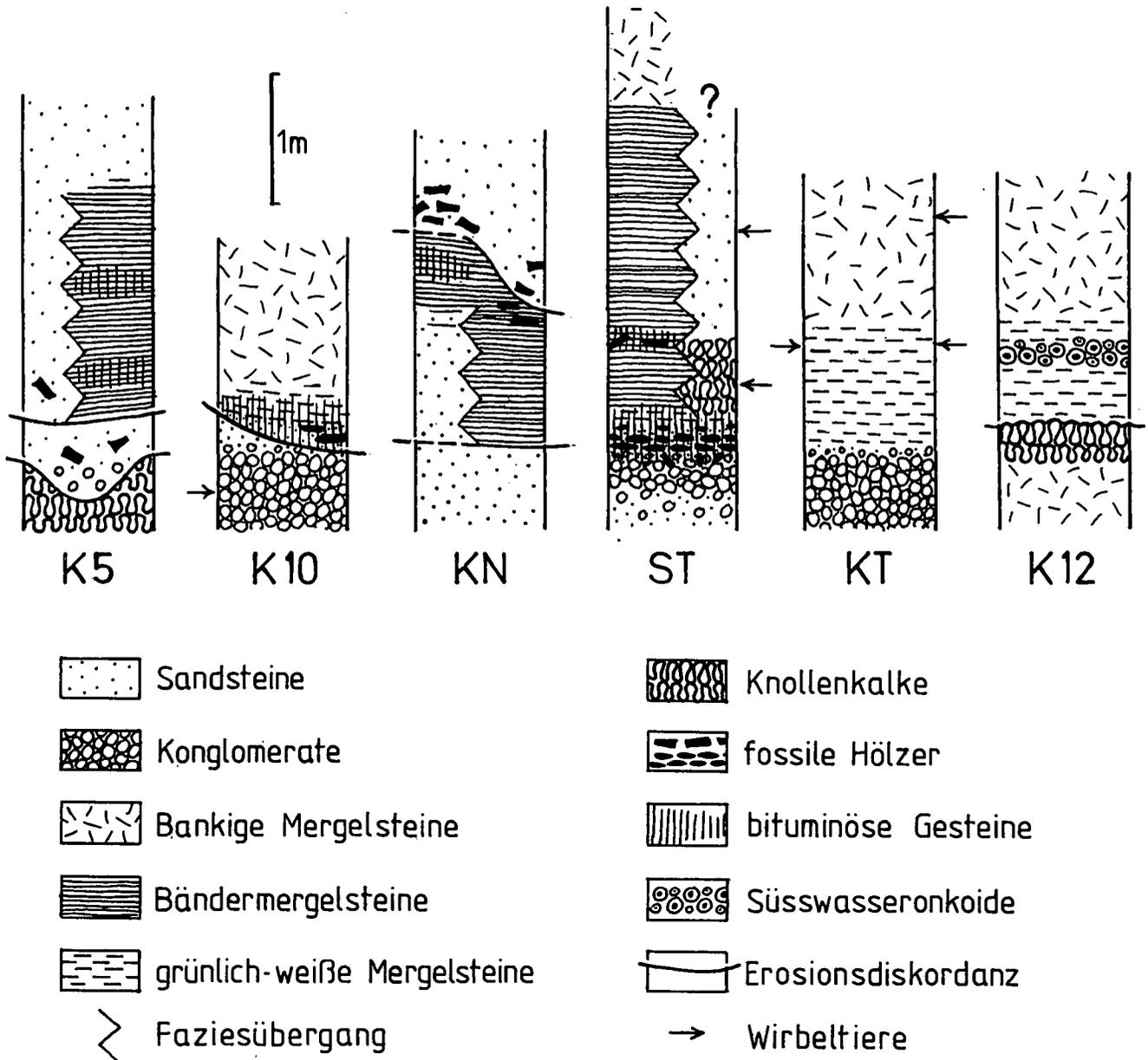


Abb. 5: Sechs etwas generalisierte Profile durch Mergelsteine innerhalb der OSM, die unter dauernder Wasserbedeckung, größtenteils in altwasserartigen Rinnen abgelagert worden sind.

K5 = Kollerbach-Profil, Aufschluß 5 (vgl. Abb. 8); K10 = Kollerbach-Profil, Aufschluß 10 (vgl. Abb. 8); KN = Tobel bei Kniebos am Marienberg; ST = Steinebach bei Wengen (vgl. Abb. 4); KT = Kaldener Tobel bei Altusried (vgl. Abb. 6); K12 = Kollerbach-Profil, Aufschluß 12 (vgl. Abb. 8).

sen ist (Abb. 4). Obwohl das Kohleband ohne Unterbrechung durchzieht, ist der Kontakt zwischen beiden Fazies vom Bach restlos ausgeräumt, so daß nicht mehr entschieden werden kann, ob die Gesteine lateral ineinander übergehen – was in diesem Falle wahrscheinlich ist – oder der Kontakt eher erosiver Natur ist.

Der harte, gelbliche Mergelkalk enthält viele, teilweise ausgezeichnet erhaltene Gastropodengehäuse, die ab 1976 systematisch gesammelt wurden und die H. GALL (München) bestimmt hat. Wegen ihres hohen Kalkgehaltes schrumpfen die klastischen Füllungen der Schneckenschalen nicht, wie es bei fast allen anderen Gastropodenfundstellen in der OSM der Fall ist. Dadurch sind die Gehäuse leicht zu konservieren. Leider sind im schneereichen Winter 1981/82 über dieser Fundstelle stehende Bäume umgestürzt und verhüllen mit ihren Wurzelstöcken die fossilführenden Gesteine fast völlig.

Die von H. GALL durchgeführte und von mir ergänzte Übersichtsbestimmung und Auswertung der Fauna (vgl. Tab. 4) ergab das folgende Bild: Neben häufigen Süßwasserschnecken fanden sich in den hellen Mergelkalcken auch zahlreiche Landschnecken und große Mengen unbestimmbarer Schalentrümmer. Zu den schon von anderen Fundstellen her bekannten Wasserschnecken *Lymnaea* und *Planorbium* tritt hier erstmals *Radix*. Auch bei den Landschnecken findet sich eine ganze Reihe schon bekannter Formen: *Tropidomphalus*, *Cepaea*, *Trichia*, *Triptychia* und *Palaeoglandina*. Neu hinzu treten *Vitrea* (Glanzschnecke), *Helicigona* (Steinpicker), sehr häufige, große Enidae (Turmschnecken) mit zahnlosen Mündungen und oft noch mit ihrem Deckel verschlossene Gehäuse von *Pomatias* (Landdeckelschnecke). Die letzten beiden Formen sind hier die häufigsten Gastropoden.

Ähnlich wie in den bisher schon ökologisch ausgewerteten Landschneckenfaunen (vgl. Abschnitt 1.1.2.),

**Tabelle 4: Floren und Faunen aus mergeligen, sandigen und kiesigen Rinnenfüllungen der Feinklastischen Zyklomere innerhalb der Adelegg.**  
 ST = Steinebach bei Wengen; KT = Kaldener Tobel bei Altusried; KN = Kniebos am Marienberg; UI = Iller-Profil bei Ursulasried; K5 = Kollerbach-Profil (Aufschluß 5); K10 = Kollerbach-Profil (Aufschluß 10); K12 = Kollerbach-Profil (Aufschluß 12).

	ST	KT	KN	K5	K10	K12	UI
<b>Blaugrüne Algen</b>							
Süßwasseronkoiden			+			+	
<b>Grünalgen</b>							
Characeae gen. sp. indet.		+	+	+	+		
<i>Chara turonica</i> (MÄDLER) KNOBLOCH		+					
<b>Höhere Pflanzen</b>							
Nadelbäume		+			+		
Laubbäume		+		+	+		+
Wasserpflanzen		+					
Inkohlte Hölzer		+		+	+	+	+
<b>Landschnecken</b>							
<i>Vitrea</i> sp. indet.		+					
<i>Tropidomphalus</i> sp. indet.		+	+		+		
<i>Cepaea</i> sp. indet.		+	+		+		
<i>Cepaea</i> cf. <i>silvana</i> (KLEIN)		+					
<i>Trichia</i> sp. indet.		+					
aff. <i>Helicigona</i> sp. indet.		+					
Clausiliideae gen. sp. indet.			+				
<i>Tiptychia</i> sp. indet.		+	+		+		
<i>Palaeoglandina</i> sp. indet.		+					
Enidae gen. sp. indet.		+					
<i>Pomatias</i> cf. <i>consobrinum</i> (SANDBERGER)		+					
<b>Süßwasserschnecken</b>							
<i>Lymnaea</i> sp. indet.		+		+	+		
<i>Radix</i> cf. <i>socialis dilatata</i> (NOULET)		+					
<i>Planorbarius</i> cf. <i>corneus</i> (L.)		+	+				
<b>Süßwassermuscheln</b>							
Unionidae gen. sp. indet.			+	+		+	
<b>Süßwasserkrabben</b>							
<i>Potamon</i> sp. indet.		+	+				
<b>Fischzähne</b>		+					
<b>Käferflügel</b>		+		+			
<b>Schildkröten</b>							
<i>Chelydropsis</i> cf. <i>murchisoni</i> (BELL)			+				
<i>Testudo antiqua</i> BRONN			+				
<b>Säugetiere</b>							
<i>Hypotherium</i> sp. indet.		+					
<i>Dorcatherium crassum</i> LARTET		+					
Cervidae gen. sp. indet.			+		+		
<i>Micromeryx florensianus</i> LARTET			+				
<i>Heteroprox larteti</i> (FILHOL)					+		

sind auch hier wieder semihygrophile Bewohner feuchter Stellen am Waldboden und im Buschwerk (z. B. *Triptychia*, *Tropidomphalus*, *Vitrea*, *Trichia* und Enidae) neben mehr xero- und thermophilen Formen vertreten, die eher trockenere, vegetationsarme Bereiche bevorzugten (z. B. *Pomatias*, *Palaeoglandina*).

Zusammen mit den Gastropoden fanden sich in den Mergelkalken Burchstücke von Krabbenschere (*Potamon*) sowie 4 Molarenfragmente eines kleinwüchsigen Schweins (*Hypotherium*).

Die Mergelkalke sind so hart, daß die Fossilien mit Hammer und Meißel gewonnen werden müssen. Beim Zerschlagen zerfällt das Gestein in knollige Bruchstücke. Es handelt sich um konkretionäre Bildungen, die sowohl zwischen den recht dicht liegenden Fossilien als auch bevorzugt im Inneren vieler Schneckengehäuse gewachsen sind, die dem Gestein seine Festigkeit verleihen. Die Konkretionen haben viele dieser Gastropodenschalen zerrissen und kräftig aufgebläht. Davon sind vor allem *Pomatias*, aber auch die Enidae sowie andere Gattungen betroffen. Wie im Abschnitt 1.1.2.

schon dargestellt, sind ähnliche Erscheinungen auch an Kalkmergelsteinen der Fundstelle Höll beobachtet worden. Nach GALL (1973: 8), der vergleichbare Konkretionen in Schneckengehäusen aus Sandelzhausen beschrieben hat, sind diese Bildungen frühdiagenetisch entstanden. Vorbedingungen hierfür sei eine rasche Überdeckung der u. U. noch lebenden Tiere mit Sedimenten gewesen. Die Fäulnisgase der sich langsam zersetzenden Weichteile ließen nach GALL am und im Fossil die Löslichkeit der Karbonate durch pH-Wert-Erhöhung abnehmen, was zum Wachstum der Kalkkonkretionen führte. Tatsächlich muß man ja annehmen, daß zumindest die noch mit ihrem Deckel verschlossenen *Pomatias*-Gehäuse zusammen mit dem Weichkörper eingebettet wurden. Trotz ihrer hellen Farbe haben diese Mergelkalke einen recht hohen Bitumengehalt und stinken beim Zerschlagen.

In den darüberliegenden, grünlichen, schwach verfestigten Sandsteinen finden sich gleichfalls noch vereinzelt ausgezeichnet erhaltene Schneckengehäuse, die nicht durch Konkretionen gebläht, jedoch brüchig und schwierig zu bergen sind. Etwa 1 m über der Sandstein-Basis stand bis zum Ende der 70er Jahre ein fast kubikmetergroßer inkohlter Holzrest aufrecht im Gestein, der aussah wie ein Wurzelstock eines Baumes. Inzwischen ist er durch die Erosion weitgehend abgetragen worden. Ein zweiter, vergleichbar großer Kohleblock von ähnlichem Aussehen fand sich im selben Niveau auf der anderen Seite des Baches, mitten in den Bändermergelsteinen (Abb. 4 B, C). Es ließ sich nicht mit Sicherheit klären, ob es sich bei diesen Kohleblöcken um autochthone Stubben handelt, also um die basalen Teile von Bäumen, die hier einmal gewurzelt haben.

Im Sandstein, der unter diesem großen Holzrest lag, fanden sich Reste des Unter- und Oberkiefers, mit einer Anzahl ausgezeichnet erhaltener Zähne, von *Dorcatherium crassum* LARTET. Die Reste wurden von K. HEISIG (München) bestimmt, die Bestimmung von K. A. HÜNERMANN (Zürich) bestätigt. Etwas tiefer fand sich die etwa 30 cm lange Tibia eines Paarhufers, deren Erhaltungszustand jedoch so schlecht war, daß sie nicht geborgen werden konnte. Wie in der Fundstelle Martinsbrünnli in der Ostschweiz haben sich auch hier in ein und derselben Fundstelle die Reste von *Dorcatherium* und *Hypotherium* nachweisen lassen (BÜRGISSER et al., 1983: 752f.). Bisher sind aber im Steinebach noch keinerlei Kleinsäugerreste zutage gekommen (vgl. auch TOBIEN, 1968: 565).

Bei allen hier beschriebenen Gesteinen handelt es sich um Faziestypen, die nach der Seite hin die in Stillwasserbecken abgelagerten Bändermergelsteine ablösen. Die Mergelkalke und die grünlichen Sandsteine vom Steinebach, ebenso die teilweise bituminösen Mergel und Sandsteine in Kniebos, dürften eine ufernahe Randfazies dieser Tümpel darstellen, wo sich Faunenelemente des Süßwassers und des Landes mischen. Vermutlich sind die Tierreste von der Seite her in das Seebecken eingeschwemmt worden. Nichtlaminierte Mergel, kreuzgeschichtete Sandsteine, z. T. auch Konglomerate, die teilweise inkohlte Treibholzreste oder Süßwassermuscheln enthalten und seitlich in Bändermergelsteine übergehen, zeigen wohl eher eine Zunahme der Wasserenergie zur Peripherie dieser Seebecken hin an (Kollerbach-Profil K 5, Iller-Profil bei Ursulasried). Die Verzahnung von kreuzgeschichteten Flußablagerungen (point bar) und fein laminierten, tonigen

Sedimenten ist charakteristisch für Rinnenfüllungen von Altwässern in abgeschnürten Flußschleifen (REINECK & SINGH, 1975: 248f.). Damit ist nicht nur der Altwassercharakter der Seeablagerungen in der OSM der Adelegg bestens belegt. Es ist konsequent zu fordern, daß wenigstens ein Teil der Wasserrinnen den Charakter mäandrierender Flußläufe hatte.

#### 2.2.4. Nichtlaminierte mergelige Rinnenfüllungen

Von allen bisher besprochenen Typen von Süßwasserablagerungen weiche fossilreiche Mergelsteine ab, die im Kaldener Tobel (= Schlucht) nordwestlich von Altusried herauskommen. Die Fundstelle war 1974 von Herrn F. Vachenaue (Altusried) entdeckt worden. Noch im selben Jahr wurde sie durch meinen Vater und mich, zusammen mit Mitgliedern des Naturwissenschaftlichen Arbeitskreises in Kempten, systematisch ausgebeutet. Leider mußten die Arbeiten wegen des Wintereinbruchs unterbrochen werden. Der Bau eines Wehres unterhalb der Fundstelle führte zu einem Rückstau von Bachschotter, der infolge eines starken Hochwassers zur völligen Zuschüttung der Fundschicht führte. Bis zum heutigen Tage liegt der fossilführende Horizont mehr als 1,5 m unter dem Schutt verborgen und könnte nur durch aufwendige Maßnahmen weiter ausgebeutet werden (Abb. 6). Das im Herbst 1974 geborgene Material wurde von H. GALL, R. FÖRSTER, V. FAHLBUSCH, H.-H. SCHLEICH und P. WELLENHOFER (alle München) bestimmt.

Zuunterst lagen, etwa auf dem Niveau des ehemaligen Bachgrundes, kleingeröllige Konglomerate unbekannter Mächtigkeit, die weiter unten im Bach nicht mehr herauskommen, also auskeilen. Sie enthielten Gerölle aus dem alpinen Rückland – was bei der Lage dieser Fundstelle an der Peripherie des Adelegg-Schuttfächers durchaus keine Selbstverständlichkeit mehr ist. Die OSM-Gesteine, die nur wenige 100 m weiter im E an einem mehr als 50 m hohen Illerprallhang herauskommen, enthalten fast keine Konglomeratbänke mehr.

Über diesen Konglomeraten folgen schluffreiche Mergelsteine von grünlich-weißer Farbe, die eine Mächtigkeit von etwas mehr als 1 m erreichen. Diese Gesteine stehen heute noch etwas weiter unten im Bach an (Abb. 6) und enthalten – auch im immer noch sichtbaren Teil – vereinzelte Wirbeltierreste und Gastropodenschalen. In einer etwa 15 cm mächtigen Lage im oberen Drittel dieses Horizontes waren die Organismenreste zu einer Art Fossilagerstätte angereichert. Diese Fundschicht keilt aber nach N zu aus, bevor sie das heutige Bachniveau erreicht hat.

Mit scharfer Grenze folgen über diesen Gesteinen die typischen Bankigen Mergelsteine, die an dieser Stelle besonders deutlich gebankt sind und zahlreiche sandige Zwischenlagen enthalten. Auch sie lieferten vereinzelt Wirbeltierreste. So entdeckte Herr F. Vachenaue hier Plastron und Teile des Carapax einer größeren Landschildkröte, *Testudo anitqua* BRONN, und Extremitätenreste von Paarhufern. Obwohl diese Fossilien nicht in den darunterliegenden Süßwasserablagerungen gefunden wurden, sondern in eindeutigen Hochwasserseimenten, sind sie in der Tab. 4 mit den anderen Organismenresten dieser Fundstelle zusammengefaßt. Die Schichtfolge schließt nach oben hin mit mächtigen Knollenkalklagen und quartären Schottern ab.

Die Fundschicht in den grünlichen Mergelsteinen enthielten neben zahlreichen Wirbeltierresten vor allem große Mengen gut erhaltener Gastropodengehäuse. Die meisten dieser Schneckenschalen sind Reste von Landschnecken, vor allem *Cepaea*, aber auch *Triptychia* und *Tropidomphalus*. Einige Funde von Planorbidae, zusammen mit großen Mengen von Characeen-Gyrogoniten, einigen schlecht erhaltenen Süßwassermuscheln (Unionidae) und Scherenresten von Süßwasserkrabben (*Potamon*), sprechen für einen aquatischen Ablagerungsraum dieser Sedimente; das Auftreten von *Planorbarius* und Characeen für ein stehendes oder langsam fließendes Gewässer. Auch die Wirbeltierreste passen in dieses Bild. Nur der kleinste Teil der Funde gehört zu Landsäußern. So fand sich, neben einigen Ceryvidenzähnen (*Heteroprox*), ein linker Oberkiefer von *Micromeryx*

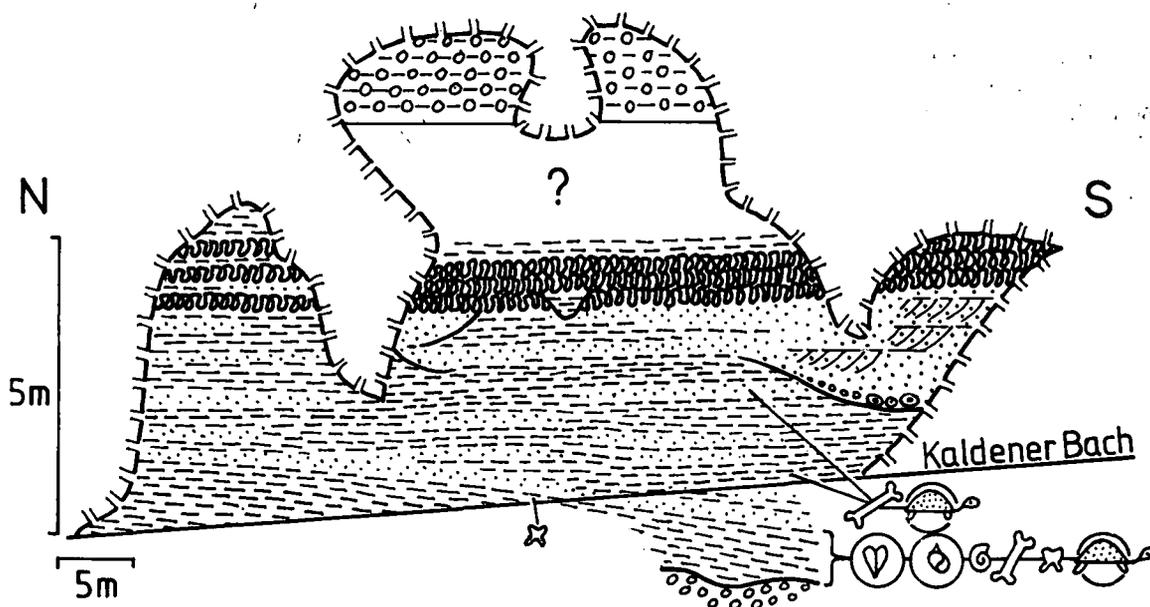


Abb. 6: Stark überhöhte, maßstäbliche Aufschlußskizze der Reptilfundstelle im Kaldener Tobel bei Altusried. Zustand im Frühjahr 1984. Die fossilführende Lage befindet sich heute unter mehr als 1,5 m Schotter des Kaldener Baches. Ansicht der Aufschlüsse auf der Ostseite des Tobels. Bemerkenswert sind die mächtigen Knollenkalke und die Rinne mit Onkoiden an der Basis, die seitlich in Bankige Mergelsteine übergeht. Legende siehe Abb. 8.

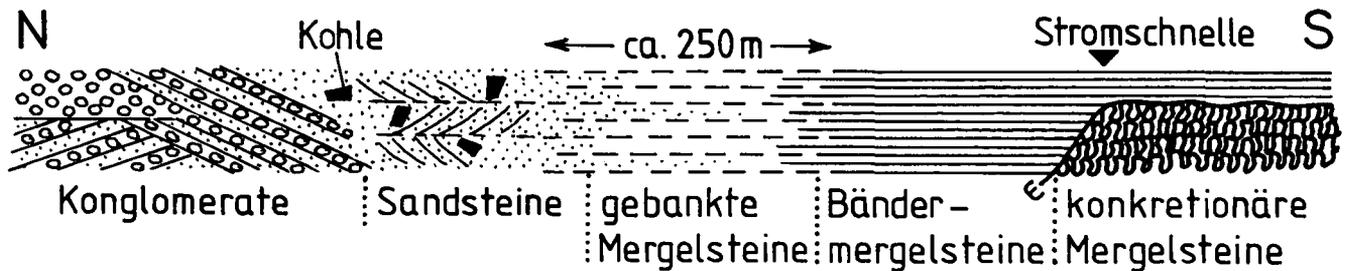


Abb. 7: Schematisiertes und nicht maßstäblich gezeichnetes Profil an der Iller bei Ursulasried, nördlich von Kempten. E = Erosionsfläche. Die Höhe der Aufschlüsse beträgt tatsächlich nur 1 bis 2 m.

*flourensianus* LARTET mit der vollständigen Bezahnung. Auf einer Länge von etwa 5 m kamen in der Fundschicht eine ganze Reihe von Schildkrötenpanzern heraus, von denen mindestens 3 weitgehend vollständig zu sein schienen. Sie waren flachgedrückt und in kleine Splitter zerbrochen, was das Bergen recht problematisch machte. Der hintere Teil eines Carapax, der verkehrt im Sediment lag, konnte eingegipst und vollständig geborgen werden. Nach SCHLEICH (1981: 361) handelt es sich dabei um *Chelydropsis cf. murchisoni* (BELL). Obwohl der Rest des Materials bisher weder präpariert noch bearbeitet ist, scheint es sich auch hierbei um Chelydridae (Schnappschildkröten) zu handeln, da die Carapaxfragmente – bis auf die stark verdickten Peripheralränder und die geriffelten, rippenartigen Fortsätze der Nuchale – überaus dünn sind. Zudem wurde ein Teil des Materials damals nicht entnommen, da ja an eine Fortsetzung der Grabung gedacht war. Mit den Panzern zusammen lagen in der Fundschicht nur wenige Panzerbruchstücke, jedoch viele Wirbelreste und Extremitätenfragmente, die ebenfalls von Schildkröten stammten. Die Wasserschildkröten schienen also noch weitgehend vollständig in die Ablagerungen geraten zu sein, bevor sie zerfielen. Die dünnen, selbst bei adulten Individuen unvollständig verknöcherten Panzer (SCHLEICH, 1981: 180) vertragen wohl kaum einen nennenswerten Transport.

Nach allem, was bisher an Fakten zu dieser Fossilagerstätte gesammelt worden ist, müssen wir annehmen, daß es sich hierbei – wie bei den Bändermergelsteinen – um die Ablagerungen eines kaum bewegten Wassers handelt, obwohl sie keine deutliche Schichtung erkennen lassen. Die autochthonen Tier- und Pflanzenreste stammen alle von Bewohnern stehender oder langsam fließender Gewässer. Auch die rezenten Schnappschildkröten leben räuberisch am Grunde tieferer Seen und träger Flüsse (SCHLEICH, 1981: 190). Es ist kaum denkbar, daß diese Sedimente unter ähnlichen Bedingungen wie die Bändermergelsteine entstehen, also in abgeschnürten Flußschlingen. Klärung könnten hier nur weitere Untersuchungen des fossilführenden Horizontes bringen, was vorerst aber leider unmöglich erscheint.

### 2.2.5. Rinnenfüllungen mit Onkoiden

Die einzigen primären Süßwasserkalke, die innerhalb der OSM des Untersuchungsgebietes auftreten, sind Süßwasseronkoide (Großonkoide). In der Literatur gibt es zahlreiche Hinweise auf das Vorkommen derartiger Onkoide in der Molasse des Alpenvorlandes, z. B. bei BATSCHE (1957: 269) oder BÜRGISSER et al. (1983: 739). Auch aus dem Allgäuer Raum sind Onkoid-Fundstellen

aus der OSM bekannt. So hat JERZ (1974: 52) schon die Onkoide aus dem Kollerbach gekannt, und WENZ (1933: 11) berichtet von Schneckenmumien aus der OSM des Pfändergebietes.

Nur in einem einzigen Fall ist es mir gelungen, im Anstehenden eine neue Fundstelle zu entdecken, die ich zusammen mit der bekannten Fundstelle im Kollerbach an Ort und Stelle untersuchen konnte. Zu Vergleichszwecken konnte eine Fundstelle vom Pfändergebiet herangezogen werden, von der mir aber nur die Onkoide selbst und eine Probe des umgebenden Sedimentes zur Verfügung standen. Allerdings konnte die Kenntnis von Molasse-Onkoiden über onkoidführende Molasse-Erratika in Moränen des Illergletschers entscheidend erweitert werden (SCHOLZ, 1985). Obwohl diese Geschiebe aus dem höheren Teil der USM, vor allem aus den festländischen Äquivalenten der OMM stammen dürften, sind sie doch wichtige Zeugen für die weite Verbreitung onkoidführender Sedimente in den jungtertiären Flußlandschaften des Allgäus. Auch im Gebiet der Adelegg müssen diese Bildungen weitaus verbreiteter sein, als es die wenigen Fundplätze vermuten lassen. Immer wieder kann man im Bachgeröll von Tobeln, die in die OSM eingeschnitten sind, isolierte Bruchstücke von Onkoiden finden, deren Herkunft sich in keinem Fall klären ließ, die aber mit Sicherheit fossil sind und aus den Feinklastischen Zyklomen der OSM stammen dürften.

Tatsächlich ist es aber kaum verwunderlich, daß man diese oft mehr als faustgroßen Großonkoide übersieht. Selbst wenn man die Stelle im Kollerbach genau kennt, die an einem Prallhang des Tobels etwa mannshoch über dem Wasserspiegel gelegen ist, muß man doch immer wieder länger suchen, bis man den Horizont erneut gefunden hat. Bei flüchtigem Hinschauen kann man u. U. selbst Massenvorkommen solcher Onkoide mit Konglomeraten verwechseln. Erst in aufgebrochenem Zustand fallen sie mit ihrem konzentrischen Lagerbau auf.

Das Onkoid-Vorkommen vom Kollerbach ist Anfang der 70er Jahre von Herrn F. Vachenauer (Altusried) durch Zufall entdeckt worden. Die Onkoide sind hier, wie in manchen anderen Fundstellen in der OSM und USM (SCHWERD, 1983 a: 39) auch, an Mergelsteine gebunden. Diese Mergelsteine haben eine grünlich-weiße Farbe und sehen ganz ähnlich aus wie die im Abschnitt 1.2.4. beschriebenen Gesteine der Fundschicht vom Kaldener Tobel. Die onkoidführende Schicht ist etwa 20 bis 30 cm mächtig und auf 15 bis 20 m Länge am Bachufer entlang zu verfolgen. Die Mergelsteine überlagern einen über mehrere 100 m verfolgbaren konkretionären Kalkhorizont, dessen Oberfläche, jedenfalls an den hier zur Diskussion stehenden Stellen, den Charakter einer

Erosionsfläche hat. Im Hangenden gehen die grünlichen Mergelsteine, die selbst keine deutliche Bankung zeigen, in erst graue, dann rot gefärbte Bankige Mergelsteine über, die wiederum von mächtigen Konglomeraten des nächst jüngeren Zyklolithems überlagert werden.

Die Onkoide lassen sich sehr leicht vom umgebenden Sediment befreien. Viele dieser kartoffelförmigen Kalkknollen sind kaum 1 cm groß, andere erreichen Durchmesser von fast 10 cm. Manche sind völlig rund, andere ellipsoidisch oder an einer Seite etwas eingedellt, seltener unregelmäßig gewachsen. Die meisten zeigen im Inneren keine deutlich sichtbaren Kerne. Nachdem aber die onkoidbildenden Cyanophyceen ein Substrat brauchen, das sie umkrusten können, werden sich im Inneren dieser Onkoide wohl kleine Bruchstücke älterer Onkoide befinden, die kaum von den jüngeren Krusten zu unterscheiden sind. Jede der konzentrisch verlaufenden Kalklagen ist etwa 1 bis 4 mm dick und vielfach nur recht undeutlich gegen die Nachbarkrusten abgegrenzt. Sie bestehen aus senkrecht zur Oberfläche der Knolle orientierten, winzigen Säulchen, die sich zu blumenkohlartigen Strukturen oder zu unregelmäßig gebauten, oft fein gebänderten Krusten zusammenschließen (NICKEL, 1983: 177, 126). Die Oberflächen dieser Knollen sind folglich überaus rau und warzig, die ganzen Onkoide recht poröse Gebilde, mit einem Anteil von mehr als 10 % sedimenterfüllter Hohlräume. Die einzelnen Krusten lassen sich streckenweise wie die Schalen einer Zwiebel ablösen. Da diese brüchigen Onkoide aber in allen beobachteten Fällen keinerlei Erosionsspuren zeigten, ist eine Umlagerung dieser Großonkoide kaum wahrscheinlich. Sie sind wohl in den Sedimenten entstanden, wo wir sie heute finden können.

Im Dünnschliff lassen sich gelegentlich noch senkrecht zur Oberfläche orientierte, im Durchlicht hell erscheinende fädige Strukturen erkennen, die in die mikritische Substanz der Säulchen und Krusten eingelagert sind. Primäre Ultrastrukturen lassen sich mit dem REM hingegen in diesen diagenetisch doch überraschend stark veränderten Onkoiden nicht mehr nachweisen. Damit ist es jedoch auch kaum mehr möglich, die Cyanophyceen-Gruppe zu erraten, die das Karbonat dieser Onkoide gefällt hat.

Obwohl in Flüssen und Seen Süddeutschlands auch heute noch Süßwasseronkoide entstehen (OTT, 1980; SCHÄFER & STAPF, 1978), scheint es aber gerade den hier beschriebenen Typ nicht mehr zu geben. Die „Schneggliteine“ des Seelitorals wie die ähnlichen Onkoide des „glattschaligen Typs“ aus Flüssen (OTT, 1980: 38), die offenbar im wesentlichen von den Oscillatoriaceen *Schizothrix*, *Lyngbya* und *Phormidium* erzeugt werden, bestehen im Gegensatz zu den hier besprochenen Onkoiden aus dünnen, konzentrischen, lamellenförmigen Kalkkrusten; säulchenförmige Strukturen treten nicht auf. Zudem besitzen diese Onkoide keine sedimenterfüllten Zwickel. Der zweite von OTT (1980: 39) beschriebene Onkoidtyp aus den Flüssen Amper und Alz, der auch in Nordamerika vorzukommen scheint (GOLUBIĆ & FISCHER, 1975), ist zwar viel lockerer gebaut, hat aber eine insgesamt viel gröbere Struktur und eine nur auf die innersten Lagen beschränkte konzentrische Schichtung. Kuppelförmige Polster, die in allen diesen Onkoiden auftreten und mit den oben beschriebenen Säulchen der tertiären Formen verglichen werden könnten, werden durch Cyanophyceen der Gattung *Rivularia* erzeugt. Die von *Rivularia* hinterlassenen

Mikrostrukturen sind leicht zu erkennen und selbst in kräftig rekristallisierten Karbonaten oft noch recht gut erhalten (*Zonotrichites* z. B. des Wettersteinkalkes). Da aber vergleichbare Strukturen in keinem der untersuchten Molasse-Onkoide zu sehen waren, können wir ausschließen, daß Rivularien an ihrem Aufbau beteiligt waren. Prof. E. Ott (München) hat mich aber darauf aufmerksam gemacht, daß Oscillatoriaceen-Tuffe aus der Hürbe, einem Flößchen in der Schwäbischen Alb, im Dünnschliff eine ganz ähnliche Struktur besitzen wie die konzentrischen Krusten der tertiären Onkoide. Diese Tuffe werden vor allem von *Schizothrix* erzeugt.

Außer den Onkoiden führen die Gesteine im Kollerbach keine anderen Fossilien, die auf die Existenz von Süßwasser an dieser Stelle hinweisen, wenn man davon absieht, daß isolierte, sehr schlecht erhaltene Muschelschalen als Kerne unregelmäßig gebauter Großonkoide vorkommen.

Im Gegensatz dazu sind Onkoide, die bei Baumaßnahmen am Pfänder durch Herrn M. Procher (München) entdeckt wurden, in recht fossilreiche, graugrüne Mergelsteine eingebettet. Die Stelle, die in der 3. Kehre der Straße von Lochau nach Lutzenreute lag (TK 25: Blatt 8424 Lindau [Bodensee]; R. 3558100, H. 5266625) ist heute leider nicht mehr zugänglich und von einer Stützmauer verdeckt. Dies ist umso bedauerlicher, weil hier ein völlig anderer Onkoidtyp vorliegt. Nach den mir vorliegenden Stücken handelt es sich ausschließlich um langgestreckte, fingerförmige Mumien der Süßwasserschnecke *Brotia* sp. (Abb. 9). *Brotia*-Mumien beschreiben auch BÜRGISSER et al. (1983: 740) und WENZ (1933: 11) aus der OSM der Westmolasse. In den umgebenden Mergelsteinen finden sich neben verdrückten Süßwasserschnecken (*Planorbarius*, *Radix*) auch Kohlestücke, Knochensplitter und Characeen-Gyrogonite. Die konzentrischen Krusten bestehen aus sehr dünnen, hellen und dunklen Lamellen, die nur schwach undulieren und keine säulchen- oder blumenkohlartigen Strukturen zeigen (Abb. 9). Auch sedimentgefüllte Zwickel fehlen völlig. So können diese Formen eher mit den Onkoiden des „glattschaligen Typs“ verglichen werden, die heute im wesentlichen von Cyanophyceen-Gattungen *Lyngbya*, *Schizothrix* und *Phormidium* erzeugt werden (OTT, 1980: 38; SCHÄFER & STAPF, 1978).

Ein weiteres Onkoidvorkommen konnte 1983 im Kaldener Tobel oberhalb der im Abschnitt 1.2.4. besprochenen Wirbeltierfundstelle entdeckt werden. Hier fanden sich die Onkoide nicht in Mergelsteine eingebettet, sondern an der Basis einer mit nur schwach verfestigten, schräggeschichteten Sandsteinen gefüllten Rinne, die seitlich in Sedimente der Bankigen Mergelfolge übergeht (Abb. 6). Direkt über der basalen Erosionsfläche findet sich hier eine Sandsteinlage, in der etwas gröberes Material mit vereinzelt kleinen Geröllchen angereichert ist. Hier liegen auch kleine Onkoide, die nur wenige Zentimeter groß werden und unregelmäßige Formen zeigen. Sie bestehen aus schlecht gegeneinander abgegrenzten konzentrischen Lagen, die eine den Onkoiden vom Kollerbach verwandte Feinstruktur besitzen. Die Onkoide vom Kaldener Tobel müssen in diesem sandigen Milieu tatsächlich gewachsen sein, da sich im mikritischen Kalk der Krusten zahlreiche, grobe Sandkörner finden, die beim Wachstum der Knolle überkrustet worden sind.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß Onkoide in Süßwasserablagerungen der miozänen Molasse sowohl in sandigen als auch in mergeligen Rinnenfüllungen

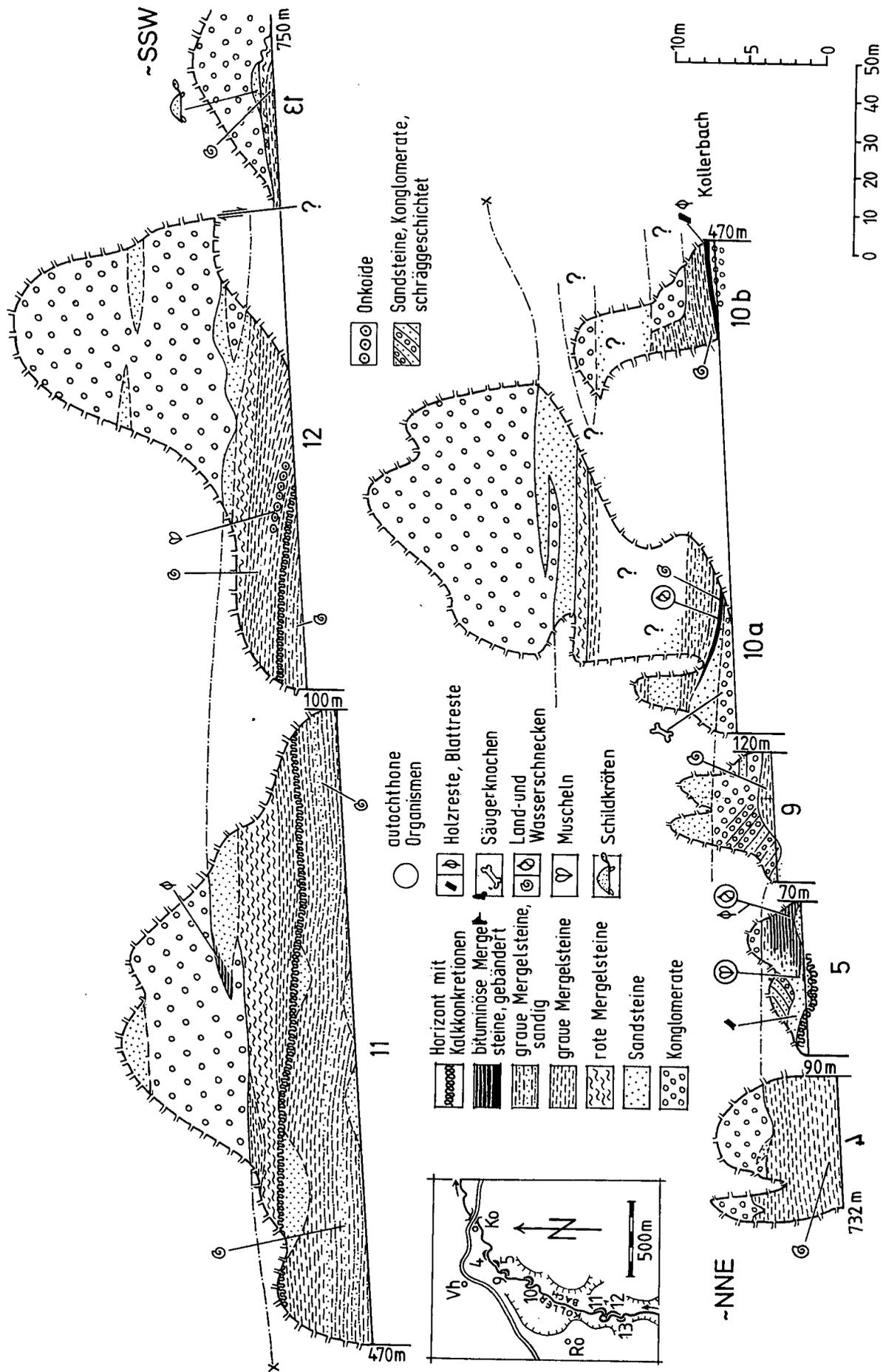


Abb. 8: Stark überhöhtes Profil durch den Kollerbach. Die Aufschlüsse sind durchnummeriert, die kleineren und weniger wichtigen der Übersichtlichkeit halber weggelassen. Aufschlüsse auf der Westseite des Baches sind, um sie im Profil darstellen zu können, seitenverkehrt gezeichnet (4 und 13). Abkürzungen auf dem Übersichtskärtchen: Ko = Kollerbach; Vh = Vorderhalden; Ro = Roithmeyers. Die Meterangaben beziehen sich auf die Abstände zwischen den abgebildeten Aufschlüssen, den Bachlauf entlang gemessen. Aufgenommen 1982. Aufschlüsse 12 und 13 nach SCHOLZ (1983) in SCHWERD (1983b).

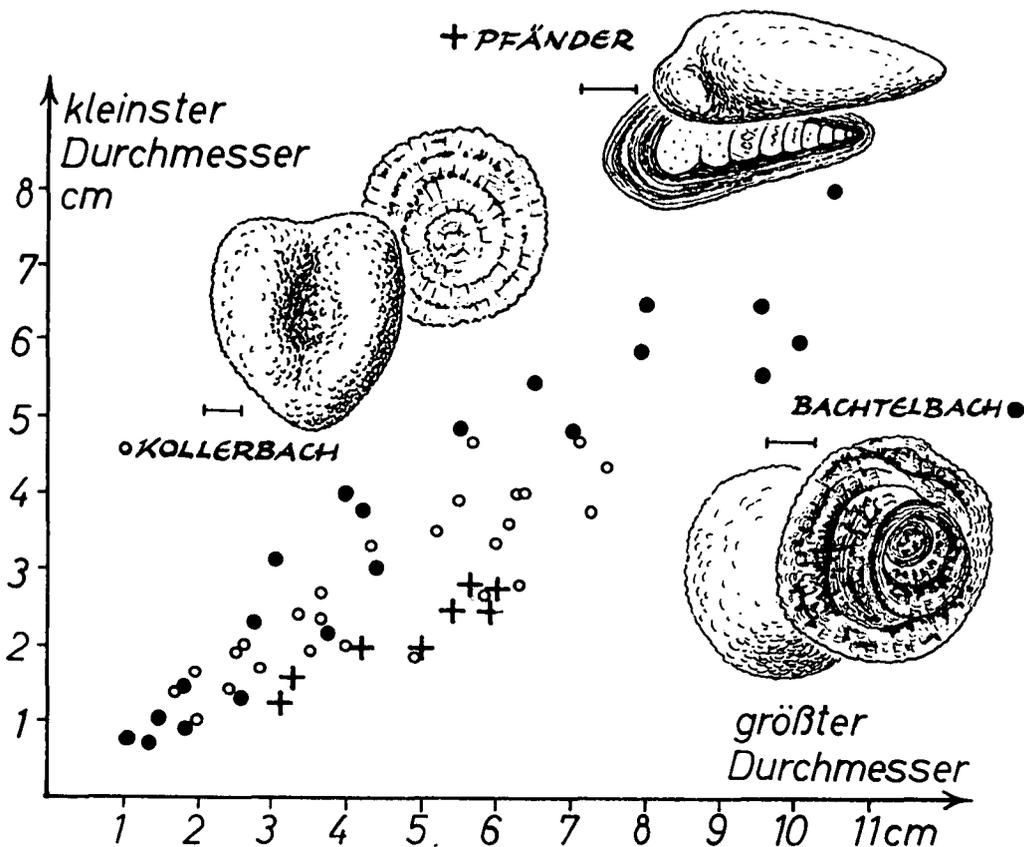


Abb. 9: Morphologie und Schnittbilder von Onkoiden aus der OSM vom Kollerbach (bei Kempton) und Pfänder (bei Bregenz) mit *Brotia* sp. als Kern. Zum Vergleich ein mehrphasig gewachsenes Onkoid mit internen Diskordanzen aus einem Sandstein-Erratiker, wahrscheinlich aus den terrestrischen Äquivalenten der OMM (vgl. SCHOLZ, 1985) vom Bachtelbach bei Kempton. Der abgebildete Maßstab ist jeweils 1 cm lang. Diagramm mit den größten und kleinsten Durchmessern aus diesem Vorkommen.

vorkommen können. Während die Onkoide in den Mergeln regelmäßig konzentrisch umkrustete Kerne aufweisen, sind die Onkoide aus sandigen Rinnenfüllungen manchmal unregelmäßig gewachsen und zeigen interne Diskordanzen, was auf ein unruhigeres Bildungsmilieu hinweist. In schlammiger Umgebung scheinen Onkoide konzentrisch wachsen zu können, ohne daß sie sich zu drehen brauchen (PIA, 1933: 186f.).

### 2.2.6. Konglomerate und Sandsteine als Rinnenfüllungen

In ganz unterschiedlichen Niveaus in die Feinklastischen Zyklomere eingelagert finden sich größere Sandstein- und Konglomeratkörper, die jedoch kaum einmal mächtiger als 5 oder 6 m werden (vgl. Abb. 5, 7). Auch lateral sind solche Rinnenfüllungen nur dann über weitere Strecken zu verfolgen, wenn man einen derartigen Sedimentstrang zufällig der Länge nach angeschnitten hat. Die Unterseiten dieser Konglomerate zeigen immer klare erosive Kontakte, die Hangengrenzen sind meist ebenfalls recht scharf, häufig aber wird ein Feinerwerden der Körnung nach oben hin beobachtet. Die Sandsteine sind teilweise kreuzgeschichtet; in manchen Fällen weisen Rinnen einsinnig – meist nordwärts – schräggeschichtete sandige Füllungen auf, die als am Boden von schmalen Wasserläufen entstandenen Ablagerungen von nach Norden wandernden Großrippeln gedeutet werden können. Oft sind diese Ablagerungen kaum verfestigt, seltener zu karbonatisch gebundenen Quarzsandsteinen verbacken, die man mit Sandsteinen der USM verwechseln könnte („Granitische Molasse“).

Die Konglomerate sind niemals sehr grob (Fein- bis Mittelkies, seltener Grobkies), haben ein sandiges, oft auch mergeliges Bindemittel und sind nur selten kornunterstützt. Große Teile dieser Konglomerate weisen eine überaus deutliche Bankung auf; schräggeschichtete Partien sind sehr verbreitet.

Organische Reste sind in diesen Gesteinen gar nicht selten. An vielen Stellen trifft man auf abgerollte, inkohlte Holzreste von oft beträchtlicher Größe; an der Basis mancher sandgefüllter Rinnen finden sich Süßwasseronkoide (vgl. Abschnitt 1.2.5.). Gelegentlich entdeckt man sogar zuweilen Wirbeltierreste, die gleichfalls Abrollungsspuren zeigen können. So hat etwa F. Vachenaier (Altusried) in kleingerölligen Konglomeraten des hier zur Diskussion stehenden Typs im Kollerbach (Abb. 8, K 10a) den zerbrochenen Rest der Abwurfstange eines kleinen Cerviden – *Heteroprox larteti* (FILHOL) – und das Metacarpus-Fragment eines größeren Paarhufers entdeckt.

Interessant ist die Beobachtung, daß sandige oder kiesige Rinnenfüllungen, die oft eine basale Geröll- oder Tongeröll-Lage über einer klaren Erosionsrinne aufweisen, nach der Seite hin in eine bankige Mergelfolge ganz allmählich übergehen können (Abb. 6). In diesem Fall lassen sich Hochwassersedimente mit einem zugehörigen Drainagesystem verknüpfen.

Auch zwischen den Konglomeraten des hier beschriebenen Typs und gleichalten Stillwasserablagerungen lassen sich in einigen Fällen Beziehungen herstellen, wie schon in Abschnitt 1.2.2. gezeigt worden ist (vgl. Abb. 7). Dies gelingt jedoch nur bei den hier beschriebenen, in Feinklastische Zyklomere eingeschalteten

Grobsedimenten, die lateral niemals lange durchhalten und damit Bestandteile dieser Zyklomere sind.

### 2.2.7. Die Ablagerungsbedingungen der Rinnenfüllungen

Innerhalb der Feinklastischen Zyklomere der OSM im Adelegg-Gebiet haben Sedimente, die unter dauernder Wasserbedeckung entstanden sind, eine weite Verbreitung. Sie haben jedoch, was ihren Anteil am Aufbau der Profile anlangt, nur eine untergeordnete Bedeutung. Allen diesen Ablagerungen ist gemeinsam, daß sie horizontal niemals lange durchhalten, also meist in Rinnen, mit basalem Erosionskontakt abgelagert worden sind. Neben Sedimenten, die im strömenden Wasser entstanden sind – vor allem Sandsteine und Konglomerate – finden sich auch Stillwasserablagerungen – vor allem laminierte Mergel – von denen aber bisher nur relativ wenige Fundstellen bekannt geworden sind.

Vor allem diese Stillwassersedimente stehen wegen ihres Fossilreichtums im Mittelpunkt des Interesses. Neben bituminösen, teilweise kohleführenden Horizonten, die sich offenbar am Boden seenartiger, relativ seichter Gewässer bildeten, füllten vor allem an Warventone erinnernde, feinschichtige Bändermergelsteine diese wassergefüllten Hohlformen auf, die kaum tiefer als 2,5 bis 3 m waren. Neben Süßwasserschnecken finden sich hier auch Reste von Wasserpflanzen, die auf die Existenz von offenen Wasserflächen hinweisen. Früchte und Blätter von Bäumen, die sich in diesen spaltbaren Mergelsteinen ausgezeichnet erhalten haben, stammen vor allem aus ufernahen Bruchmooren und feuchten Auenwäldern. Nur eine sehr kleine Anzahl der hier nachgewiesenen Arten kommt auch an trockeneren, vom Grundwasser unabhängigen Standorten vor. Unter den Landschnecken, die sich vor allem in kalkigen und sandigen Gesteinen einer ufernahen Randfazies dieser Süßwasserbecken erhalten haben, sind neben hygrophilen Bewohnern dieser Laubwälder vor allem auch Formen häufig, die an trockene Biotope mit einer eher offenen Vegetation gebunden sind. Daß fossile Wurzelböden bisher nur aus der unmittelbaren Umgebung dieser Stillwasserablagerungen bekannt sind, es bei einer Sedimentationsunterbrechung offenbar weniger zu einer Bewaldung, als viel mehr zur Bildung von krustenkalk- oder ortsteinähnlichen Karbonathorizonten kam, spricht gegen die von manchen Paläobotanikern angenommenen, sehr hohen Niederschläge im Mittelmiozän. Neben den Bändermergelsteinen sind auch manche ungebankte, helle Mergelsteine, die teilweise reiche Süßwasserfaunen enthalten, nur als Stillwassersedimente deutbar. Während die Bändermergelsteine aber zwanglos als Altwasserablagerungen angesprochen werden können, die in abgeschnürten Schleifen eines mäandrierenden Flusses entstanden sind, ist die Genese der ungebänderten Süßwassermergelsteine noch unklar.

Daneben finden sich überall in den Feinklastischen Zyklomeren immer deutlich gebankte, oft schräg- oder kreuzgeschichtete Sandsteine und Konglomerate, die in stärker strömenden Gewässern abgelagert worden sind. Außer abgerollten Holzresten und Wirbeltierknochen, selten auch einmal Onkoiden, sind hier kaum Reste von Organismen zu finden.

Alle Sedimenttypen, die sich im Bereich der Feinklastischen Zyklomere finden, sind durch beobachtbare laterale Übergänge miteinander verbunden. Rinnenfüllun-

gen und Überflutungssedimente lassen sich am eindrucksvollsten in den Aufschlüssen im Kaldener Tobel miteinander in Beziehung bringen. Stillwasserablagerungen eines Altwassers sind auf anschauliche Weise im Iller-Profil bei Ursulasried miteinander verknüpft. Die hier aufgeschlossenen schräggeschichteten Konglomerate und Sandsteine lassen sich als Ablagerungen einer Kiesbank deuten, die den Rand einer Flußrinne begleitet (point bar), welche sich weiter im N, außerhalb des Profils, befand. Diese Kiesbank dämmte offenbar einen älteren Teil dieser Rinne weiter im S ab, der nur noch bei Hochwasser des Flusses direkten Wasserzulauf hatte, in dem sich aber normalerweise unter leicht stagnierenden Bedingungen gebänderte Stillwassersedimente abgelagerten (vgl. REINECK & SINGH, 1975: 231f., 239).

Damit können wir das Bild einer weiten Flußlandschaft entwerfen, die bei nur geringen Reliefunterschieden von wenigen Metern durch zahlreiche, teils trockene, teils von Gewässern erfüllte Rinnensysteme gegliedert war. Teils mögen es breite verflochtene Flußsysteme (braided rivers), teils mäandrierende Flüsse und Bäche gewesen sein, die über den nur sehr flach geneigten, mehr als 20 km breiten Schwemmfächer pendelten. Geschlossene Wälder, in denen eine reiche Tierwelt lebte, konnten sich offenbar nur dort entwickeln, wo in verlassenen Rinnen der Grundwasserspiegel das ganze Jahr über genügend hoch lag. Der größte Teil dieser Flußlandschaft trug vielleicht nur eine schütterere Vegetation. An Stellen, die längere Zeit hindurch bei Hochwässern nicht mehr überflutet wurden, wo die Sedimentation eine Zeitlang unterbrochen war, entwickelten sich Kalkkrusten unter einem offenbar recht trockenen Klima.

## 3. Die Grobklastischen Zyklomere in der OSM

Einen völlig anderen Aufbau als die grobklastischen Einschaltungen in die Feinklastischen Zyklomere haben die mächtigen Konglomeratpakete der Grobklastischen Zyklomere, die mit ihren als Steilstufen sichtbaren Schichtköpfen die Berglandschaft der Adelegg prägen. Diese Konglomeratlagen sind – im Gegensatz zu den oben beschriebenen – sowohl in E-W- als auch in N-S-Richtung in fast allen Fällen über viele Kilometer weit zu verfolgen. In den zentralen Teilen des Kürnach-Eschacher Waldes kann man, ausgehend von der OSM-Basis an den Südhängen des Sonneckzuges im Weitnauer Tal, bis zu stratigraphisch höchsten, noch von der Erosion verschont gebliebenen Nagelfluhbänken im Gebiet des Änger (1125 m) und der Großen Schwedenschanze (1126 m) ca. 20 Konglomeratbänke zählen. Die Mächtigkeit der OSM in diesem Gebiet dürfte etwa 1000 m betragen. Das bedeutet, daß im Durchschnitt alle 50 m im Profil ein neues Zyklomere beginnt.

Versucht man nun, mit Hilfe des einfachen Abzählens von Nagelfluhbänken verschiedene Fundstellen innerhalb der OSM der Adelegg miteinander zu korrelieren, kommt man in große Schwierigkeiten (vgl. Abschnitt 1.2.). Hangelt man sich – ausgehend vom Änger – Konglomeratbank für Konglomeratbank weiter nach N, kommt man bei den tiefsten, im Gebiet von Kimratshofen aufgeschlossenen Konglomeraten (etwa 700 m NN) zu dem Ergebnis, daß sie 2 bis 3 Bänke über der Ober-

kante der OMM liegen sollten, obwohl an dieser Stelle die OSM-Basis nach geophysikalischen Untersuchungen in ca. 700 m Tiefe (BREYER & DOHR, 1959) zu suchen wäre. Zu ähnlichen Resultaten gelangt man, wenn man versucht, die Konglomeratlagen des Mariaberges (Hohen Egg) bei Kempton mit denen der zentralen Adelegg zu parallelisieren. Hier kommt man sogar zu dem widersprüchlichen Ergebnis, daß die tiefsten, hier im Tal der Großen Rottach aufgeschlossenen Konglomeratbänke, die aus faziellen Gründen noch nicht an der OSM-Basis liegen können, eigentlich sogar schon zum engeren Grenzbereich gegen die OMM gehören sollten. Wie man etwas weiter im Osten, an den Talhängen zwischen Ahegg und Rothkreuz, beobachten kann, sind die unmittelbar über der OMM folgenden Konglomeratbänke der OSM kleingeröllig und sehr geringmächtig, während die in der Großen Rottach bei Buchenberg wesentlich gröber und mächtiger ausgebildet sind. Da die Konglomeratfazies aber in der Peripherie des Adelegg-Fächers unmöglich früher einsetzen kann als in seinem Zentrum, muß die Zahl der Konglomeratbänke durch Aufspaltung einzelner Lagen vom Zentrum des Schuttfächers in östlicher, nördlicher und westlicher Richtung zunehmen, nicht abnehmen, wie SCHIEMENZ (1960: 55) glaubt.

Über weite Entfernungen liegt die Basis dieser Konglomerate mit einer ausgeprägt scharfen Erosionsfläche dem nächst tieferen feinklastischen Zyklus auf. Meist steigt diese Fläche unmerklich um mehrere Meter auf und ab. Deutliche, breitere Erosionsrinnen oder laterale Verzahnungen der Konglomerate mit feinklastischen Bildungen sind aber sehr selten zu beobachten. Ein schönes Beispiel für eine konglomeratgefüllte Rinne an der Basis eines Grobklastischen Zyklomers, die noch zudem einen seitlichen Faziesübergang zu den umgebenden Mergelsteinen erkennen läßt, findet sich z. B. an den Prallhängen der Wengener Argen, etwa 2 km westlich von Wengen. Auch im Kollerbachprofil (Abb. 8, K 10, K 12) gibt es zaghafte Andeutungen einer Verzahnung der alleruntersten Teile einer Konglomeratbank mit den unterlagernden Mergelsteinen. Untersucht man diese Fälle aber genauer, stellt man häufig fest, daß es sich bei diesen basalen Teilen des Grobklastischen Zyklomers in Wirklichkeit um konglomeratische Rinnenfüllungen innerhalb des nächst tieferen Feinklastischen Zyklomers handelt, die mit scharfer Grenze – innerhalb der Konglomerate oft nur andeutungsweise sichtbar – vom nächsten Grobklastischen Zyklomer überlagert werden.

Anders als die Konglomerate innerhalb der Konglomerat-Assoziation des Hörnli-Fächers, erweisen sich Bankfugen innerhalb der Grobklastischen Zyklomere selten als rinnenförmige Erosionsflächen. Wo die Aufschlußverhältnisse es erlauben – z. B. in den Schluchten am S- und E-Hang des Mariaberges bei Kempton – kann man solche Fugen oft kilometerweit verfolgen, die sich in östlicher und nördlicher Richtung hier allmählich zu sandigen, dann zu mergeligen Zwischenlagen erweitern, bis schließlich zwei getrennte Grobklastische Zyklomere daraus geworden sind. Im proximalen Bereich des Konglomeratfächers scheinen folglich mehrere Grobklastische Zyklomere verschiedener Zyklomere zu einer einzigen Konglomeratlage „amalgamiert“ zu sein.

Die Konglomerate der Grobklastischen Zyklomere machen einen weitgehend ungebankten Eindruck, der vor allem im Bereich des Schüttungszentrums durch die Mächtigkeit der Konglomerate beeindruckend ist. Wäh-

rend etwa im Kollerbach-Profil nur die unteren 5 m der Nagelfluhen keinerlei Bankung erkennen lassen, darüber aber einige Sandsteinbänke in die Konglomerate eingeschaltet sind, ist eine Bankung der weiter im S gelegenen Konglomerate eher die Ausnahme. Erst in den höchsten Teilen der oft bis über 30 m mächtigen Nagelfluhwände in den tief eingeschnittenen Tobeln des Mariaberges oder den Seitenbächen der Kürnach und Eschach in der zentralen Adelegg zeigt sich eine gewisse Bankung der Gesteine; darunter wirken sie homogen. Sie sind um vieles monolithischer als die Konglomerate der „Konglomerat-Assoziation“ BÜRGISSERS (1981: 21f.) aus dem Hörnli-Fächer der Nordostschweiz. Sie haben – mit einem Wort – nicht das Aussehen, das man von fluviatil entstandenen Konglomeraten erwarten sollte.

Zieht man moderne Literatur über die Sedimentologie heutiger Flüsse heran, merkt man schnell, daß es für die großen Schuttfächer der Molasse eigentlich kein passendes Rezentmodell gibt. Die gut untersuchten Flußsysteme, deren Ablagerungen unter ähnlichen klimatischen Bedingungen entstanden sind, wie die der OSM, haben viel zu geringe Gefälle, sind keine „Kiesflüsse“, die als Modelle tauglich sind (z. B. Mississippi bei FÜCHTBAUER, 1967: 279; Brahmaputra bei REINECK & SINGH, 1975: 225ff.). Kiesflüsse vergleichbarer Größenordnung gibt es heute vor allem im Vorfeld arktischer Gletscherzungen (z. B. BOOTHROYD & ASHLEY, 1975; BLUCK, 1979a).

Wenn man derartige Modelle überhaupt akzeptieren will, ist der Weg nicht weit, um sich zu Vergleichszwecken Profile durch die Ablagerungen eines verflochtenen Kiesflusses anzusehen: die eiszeitlichen Schotterfluren im Vorfeld des Rhein- und Illergletschers. Die Ablagerungen dieser Sanderflächen sind aber immer reich gegliedert; homogen erscheinende Kiesbänke von mehreren Metern Mächtigkeit gibt es hier nicht einmal in unmittelbarer am Eisrand entstandenen Schichtfolgen, es sei denn, es handelt sich um Moränen. Dies aber können wir bei unseren tertiären Konglomeraten mit Sicherheit ausschließen.

Derartige Sedimente werden aber offenbar auch von bedeutend kleineren, gut untersuchten Kiesflüssen der wärmeren Breiten nicht abgelagert, die praktisch alle zum mäandrierenden Flußtyp gehören (z. B. GUSTAVSON, 1978). Ablagerungen eines verflochtenen Flußsystems (braided river), bei dem die einzelnen Rinnen dauernd seitlich ihren Lauf verlegen, das ganze Flußsystem aber über den Sedimentationsraum pendelt – wie es schon SCHIEMENZ (1960: 47) oder FÜCHTBAUER (1967: 227) für die Süßwasserablagierungen der Molassen angenommen haben und BÜRGISSER (1981: 26) dezidiert für den Hörnli-Schuttfächer fordert – kann man nur in den Feinklastischen Zyklomeren der Adelegg zwanglos erkennen. Für die mächtigen, ungebankten, tieferen Teile der Konglomeratplatten dieses Gebietes wird man sich wohl einen anderen Ablagerungsmechanismus einfallen lassen müssen. Das gleiche könnte auch für die grundsätzlich ähnlich aufgebauten Schuttfächer des Pfänders und der Ostschweiz gelten. Die Sedimente eines verflochtenen Flußsystems bestehen eben gerade nicht aus lateral weit verfolgbar, teilweise homogen wirkenden Konglomeratplatten, sondern aus seitlich relativ rasch in andere Sedimenttypen übergehenden, im Querschnitt mehr oder weniger linsenförmigen Kies- und Sandsträngen, die auch durch eine noch so perfekte „Amalgamierung“ nicht zu durchge-

henden Konglomeratbänken verschweißt werden können. Die Linsenform der Ablagerungen aller Flußtypen ist das charakteristische gemeinsame Merkmal dieser Sedimente (VISHER, 1972: 96).

Es ist zu überlegen, ob man es bei diesen basalen Abschnitten der Grobklastischen Zyklomere nicht auch in der OSM mit fanglomeratähnlichen Bildungen zu tun hat, die aus vorher schon einmal alpennäher abgelagerten Flußschottern durch murartige Umlagerungsvorgänge entstanden sind.

Die für die Entstehung von Muren notwendige Reliefenergie könnte durch eine beginnende Heraushebung der südlich anschließenden Molassemulden geschaffen worden sein. Bis auf unbedeutende Sedimentreste im Hangenden der OMM des Sulzberger Gebietes, für die eine Zugehörigkeit zu den ältesten Teilen der OSM diskutiert werden kann, gibt es ja auch tatsächlich im Bereich der Subalpinen Molasse des Oberallgäus keinerlei OSM-Ablagerungen (LEMCKE, 1984: 391). Dies könnte bedeuten, daß sie hier entweder der Abtragung zum Opfer gefallen sind, da die Faltenmolasse damals schon – relativ zur Vorlandmolasse – im Aufsteigen begriffen war. Als Edukt der fanglomeratischen Grobschüttungen kommen noch weitgehend unverfestigte Schotter der USM in Frage, denn ein guter Teil der oft kräftigen Lithifizierung der Molassegesteine kann auf die vielleicht erst später und bei höherer Überlagerung wirksame seitliche Verdichtung durch die tektonischen Vorgänge zurückgeführt werden (vgl. LEMCKE, 1984: 393).

Nach BULL (1972: 79) sind mächtige alluviale Fächer immer tektonische Sedimente. Große Schwemmfächer, die ihre Entstehung differentiellen tektonischen Bewegungen des Abtragungs- und des Ablagerungsraumes verdanken, können durchaus Dimensionen erreichen, die mit der des Adelegg-Fächers vergleichbar sind. In vielen rezenten Fächern gibt es eine charakteristische Wechsellagerung zwischen den Sedimenten eines verflochtenen Flußsystems, das über den Fächer pendelt, und schlecht sortierten, deckenartig ausgebreiteten Schlammstrom- und Murablagerungen (BULL, 1972: 66, 70). Der im Vergleich zu den rezenten Beispielen geringe Anteil feinkörniger Ablagerungen und eckiger Komponenten dieser fanglomeratischen Konglomerate in der OSM kann leicht auf eine Vorsortierung und die gute Rundung des erodierten Materials zurückgeführt werden. Große Ähnlichkeit haben diese Konglomerate mit devonischen Old-Red-Konglomeraten Westnorwegens, für die eine Entstehung als Fanglomerate als sicher gilt, und die ich aus eigener Anschauung kenne (vgl. z. B. LARSEN & STEEL, 1978).

In der Zeit nach dem Abgang einer Mure, die die proximalen Teile der Fächer flächenhaft bedeckt, sind die Wasserläufe zunächst damit beschäftigt, die so entstandenen Fanglomerate aufzuarbeiten und umzulagern, was umso vollständiger gelingt, je dünner die Fanglomeratlage ursprünglich gewesen ist (BULL, 1972: 66ff.; LARSEN & STEEL, 1978: 55f.). So wird es verständlich, warum die ungebankten, tieferen Konglomeratabschnitte zunächst in gebankte Konglomerate übergehen, bevor sich die normale Sedimentation des verflochtenen Flußsystems wieder durchsetzt.

Endgültige Aussagen über diese fanglomeratischen Bildungen sind aber erst dann möglich, wenn der Geröllbestand dieser Bildungen getrennt von den anderen Konglomeraten der OSM untersucht wird. Derartige Analysen sind im Rahmen einer Dissertation von Herrn

F. EBERHARD (ETH Zürich) im Gange. Tatsächlich zeichnen sich deutliche Unterschiede zwischen den Konglomeraten der Grobklastischen und Feinklastischen Zyklomere in der OSM ab, die auf unterschiedliche Abtragungsgebiete der beiden Konglomerattypen hinweisen.

#### 4. Synthese der OSM im Allgäu

Die OSM im Allgäu, am Südrande der Vorlandmolasse, ist in zwei unterschiedlichen Ausbildungen entwickelt: einer Grobfazies im Bereich der Adelegg, die bis zu mehr als 20 übereinanderliegende Nagelfluhbänke enthält, und einer weitgehend konglomeratfreien Fazies, die sich im W, E und N an die Grobfazies ohne scharfe Grenze anschließt. Beide Faziestypen sind im Profil durch eine ständige Wechsellagerung von grob- und feinkörnigeren Sedimenten, in einer Größenordnung von mehreren Zentimetern, gekennzeichnet, die als Ausdruck zyklischer Sedimentation gelten mag.

Nach ihrem Gehalt an grobklastischen Ablagerungen lassen sich die Sedimente eines Zyklus (Zyklothem) in einen basalen, gröberen Zyklenteil (Grobklastisches Zyklomer) und einen darüberliegenden, feinkörnigeren, vorwiegend aus Mergel- und Sandsteinen bestehenden Zyklenteil (Feinklastisches Zyklomer) untergliedern. Genetisch ist aber eher ein basaler, grobkörniger und ungebankter Teil der Konglomerate als Fanglomeratisches Zyklomer (1) von einem darüberfolgenden, gut gebankten und zum überwiegenden Teil aus feinklastischen Sedimenten bestehenden Fluviatilen Zyklomer (2) zu trennen.

##### Die Fanglomeratischen Zyklomere

sind nur im Bereich der Grobfazies zu finden. Ihre Mächtigkeit, Korngröße und Verbreitung nimmt von den zentralen Teilen der Adelegg (Änger) zur Peripherie des Schuttfächers hin deutlich ab. In derselben Richtung nimmt aber die Anzahl der fanglomeratischen Konglomeratlagen zu. Vermutlich spalten sich weiter im S „amalgamierte“, unvollständige Zyklotheme in vollständig entwickelte Zyklotheme auf. Diese fanglomeratischen Konglomerate sind schlecht sortiert, enthalten im proximalen Bereich des Schuttfächers Gerölle mit mehr als 50 cm Durchmesser, sind größtenteils unterstützt und zeigen keinerlei erkennbare Bankung, weder im Sinne von Bankfugen, noch im Sinne von Änderungen der Korngröße im Profil. Die Basis dieser Konglomerate ist erosiv, meistens glatt und als mehr oder weniger horizontale Fläche ausgebildet, seltener rinnenförmig in die unterlagernden, feinklastischen Sedimente eingetieft.

Im Bereich rezenter Kiesflüsse, die als Modelle zur Sedimentologie der OSM-Ablagerungen verwendet werden, entstehen keine ungebankten, mehrere Meter mächtigen Schotter. Auch die Beobachtung, daß sich viele Konglomerate als mächtige Nagelfluhplatten sowohl in N-S- als auch in E-W-Richtung über viele Kilometer hin verfolgen lassen, ist mit dem Modell eines verflochtenen Flusses kaum in Einklang zu bringen. Es besteht die Möglichkeit, daß wir es hier mit Einzelereignissen – etwa mit dem plötzlichen Einschütten murartig transportierter Sedimentmassen – zu tun haben, die den Takt der Sedimentationszyklen gesteuert haben. Bei dem angelieferten Material handelt es sich vielleicht um gerundete und vorsortierte Flußschotter, die viel-

leicht durch frühe tektonische Bewegungen im Bereich der südlich anschließenden Molassemulden – gehoben und nach N hin resedimentiert worden sind.

### Die Fluviatilen Zyklomere

entwickeln sich zum Hangenden hin aus den fanglomeratischen Konglomeraten. Die Oberflächen dieser murartigen Sedimente scheinen dabei zunächst aneroziert und umgelagert worden zu sein, bevor sich wieder normale fluviale Verhältnisse einstellen konnten.

Die „Hintergrundsedimentation“ – Sedimente, die den größten Teil der fluviatilen Zyklomere aufbauen – sind mergelige und sandige, mehr oder weniger deutlich gebankte Mergelsteine, die Bankige Mergelfolge. Teilweise mag es sich bei diesen Gesteinen um gewöhnliche Hochwassersedimente, z. T. auch um Ablagerungen handeln, die beim Bruch der natürlichen Flußdämme (levees) entstanden sind (crevasse splays). Dafür spricht neben ihrem mehrfach beobachteten lateralen Übergang in Rinnenfüllungen vor allem die Tatsache, daß sie ausschließlich Reste landbewohnender Organismen enthalten, z. B. die Schalen von Landschnecken, Knochen und Zähne von Wirbeltieren und teilweise auch größere Treibholzreste mit deutlichen Abrollungsspuren. Zeitweise scheinen Teile dieses Ablagerungsraumes über längere Zeiten nicht mehr von Hochwässern erreicht worden zu sein, denn es finden sich als Zeugen bodenbildender Prozesse immer wieder alsteinähnliche Knollenkalklagen eingeschaltet.

In diese recht eintönige Bankige Mergelfolge sind andere Sedimenttypen eingelagert, die teilweise erosive Kontakte zu den Überflutungssedimenten aufweisen, teils lateral in diese übergehen. Es handelt sich um Ablagerungen in Rinnen, die größtenteils unter ständiger Wasserbedeckung entstanden sind. Als Füllung dieser Rinnen treten neben horizontal- und schräggeschichteten Sandsteinen und relativ kleingerölligen Konglomeraten auch verschiedene mergelige Gesteine auf. Vor allem diese sind teilweise äußerst fossilreich.

Als Stillwassersedimente gedeutet werden dünn-schichtige, spaltbare, warvenähnlich gebänderte Mergelsteine, die sowohl die Reste von Land- wie Wasserpflanzen enthalten. An der Basis solcher in Altwässern abgelagerter Sedimente finden sich nicht selten Konglomerate und flözartige bituminöse Lagen mit Kohlen. Seitlich gehen diese Ablagerungen einerseits in fossilreiche ufernahe Bildungen über, die neben Land- und Wasserschnecken auch Wirbeltierreste enthalten können, andererseits in schräggeschichtete Sandsteine und Konglomerate, die als Übergangsfazies zu aktiven Flußrinnen gelten können. Gleichfalls unter dauernder Wasserbedeckung sind helle, ungebankte Mergelsteine entstanden, die neben Säugern und Resten von Land- und Süßwasserschnecken gelegentlich auch Süßwasseronkoide führen können. Großonkoide kommen daneben auch in manchen sandigen Rinnenfüllungen vor.

Alle Rinnenfüllungen werden nur wenige Meter mächtig, keilen seitlich rasch aus und sind in ganz unterschiedliche Niveaus der Bankigen Mergelfolge eingelagert. Alle Sedimente dieser Fluviatilen Zyklomere lassen sich zwanglos als Bildungen eines verflochtenen Flusses (braided river), teilweise auch eines mäandrierenden Flußlaufes deuten, der über den Adelegg-Fächer pendelte, seinen Lauf immer wieder verlagerte und periodisch über die Ufer trat. Diese „Normalsedimentation“ wurde von Zeit zu Zeit von Murgängen unterbrochen, die flächenhaft verbreitete, fanglomeratische

Konglomerate hinterließen. Deren Material mußte in der Folge von dem verflochtenen Flußsystem zunächst wieder aufgearbeitet werden, bevor die „normale“ fluviale Sedimentation wieder Tritt fassen konnte. In solchen Phasen konnten die Flüsse trotz ihres geringen Gefälles (HANTKE, 1980: 369) Schotter aus dem alpinen Rückland in einzelnen Kiessträngen noch weit nach N transportieren.

Bei der Auswertung der mittelmiozänen Floren der Adelegg und anderer Bereiche der Molasse ergeben sich für diese Zeit sehr hohe Niederschlagswerte (1000 bis 1500 mm/Jahr), die zu einer geschlossenen Bewaldung des Sedimentationsraumes hätten führen müssen. Dem widersprechen aber verschiedene andere Fakten, wie die Seltenheit von durchwurzelten Horizonten, die sich immer nur in der Nähe stehender Gewässer nachweisen lassen, der Nachweis von Faunenelementen, die eine offene Vegetation oder überhaupt vegetationsarme Gebiet vorziehen, und die Häufigkeit der oben erwähnten Knollenkalke, die sich nur unter sehr trockenen klimatischen Bedingungen entwickeln können. Dieser Widerspruch bleibt bestehen, auch wenn der Verdacht keimt, daß die Pflanzengesellschaften der OSM ihren hohen Feuchtigkeitsbedarf vielleicht eher über hohe Grundwasserstände als über hohe Niederschläge decken konnten.

### Literatur

- BATSCHKE, H.: Geologische Untersuchungen in der Oberen Süßwassermolasse Ostniederbayerns. – Beih. Geol. Jb., **26**: 261–307, Hannover 1957.
- BERGER, W.: Flora und Klima im Jungtertiär des Wiener Beckens. – Z. dt. geol. Ges., **105**, 228–233, Hannover 1955.
- BLUCK, B. J.: Structure of coarse grained braided stream alluvium. – Transactions of the Royal Society of Edinburgh, **70**, 181–221, Edinburgh 1979a.
- BOOTHROYD, J. C. & ASHLEY, G. M.: Processes, bar morphology, and structures on braided outwash fans, northeastern Gulf of Alaska. – In: JOPLING, A. V. & McDONALD, B. C. (Eds.): Glaciofluvial and glaciolacustrine sedimentation, Publ. Soc. econ. Paleont. Mineral., **23**, 193–222, Tulsa 1975.
- BREYER, F. & DOHR, G.: Betrachtungen über den Bau der gefalteten Molasse im westlichen Bayern mit Beziehung auf das Molasse-Vorland und die angrenzenden Teile der Alpen auf Grund geophysikalischer Untersuchungen. – Erdöl und Kohle, **12**, 315–323, Hamburg 1959.
- BÜRGISSER, H. M.: Fazies und Paläohydrologie der Oberen Süßwassermolasse im Hörnli-Fächer (Nordostschweiz). – Eclogae geol. Helv., **74/1**, 19–28, Basel 1981.
- BÜRGISSER, H. M., FURRER, H. & HÜNERMANN, K. A.: Stratigraphie und Säugetierfaunen der mittelmiozänen Fossilfundstellen Hüllistein und Martinsbrünneli (Obere Süßwassermolasse, Nordostschweiz). – Eclogae geol. Helv., **76/3**, 733–762, Basel 1983.
- BULL, W. B.: Recognition of Alluvial-Fan Deposits in the Stratigraphic Record. – In: RIGBY, J. K. & HAMBLIN, W. K. (Eds.): Recognition of ancient sedimentary environments, Publ. Soc. econ. Paleont. Mineral., **16**, 63–83, Tulsa 1972.
- CICHA, J., FAHLBUSCH, V. & FEJFAR, O.: Die biostratigraphische Korrelation einiger jungtertiärer Wirbeltierfaunen Mitteleuropas. – N. Jb. Geol. Paläont., Abh., **140**, 129–145, Stuttgart 1972.
- CZURDA, K.: Sedimentologische Analyse und Ablagerungsmo- dell der miozänen Kohlemulden der oberösterreichischen Molasse. – Jb. Geol. B.-A., **121/1**, 123–154, Wien 1978.
- DUFF, P. M., HALLAM, A. & WALTON, E. K. (Eds.): Cyclic Sedimentation. – Dev. Sed., **10**, 1–280, Amsterdam – London – New York 1967.

- EBERHARD, M.: Litho- und biostratigraphie im Oberen Süßwassermolasse-Fächer der Adelegg (Südbayern). – Jb. Geol. B.-A., **129/1**, Wien 1986.
- ERB, L.: Zur Stratigraphie und Tektonik der Allgäuer Molasse. – Geogn. Jahresh., **35/1922**, 167–192, München 1923.
- ETZOLD, A., HAHN, W. & KOERNER, U.: Keuper, Jura und Tertiär in Bohrungen der Planungsgemeinschaft BN-Stollen zwischen Bodensee und Neckar. – Jh. geol. Landesamt Baden-Württemberg, **17**, 89–255, Freiburg 1975.
- FAHLBUSCH, V.: Die Cricetiden (Mamm.) der Oberen Süßwasser-Molasse Bayerns. – Bayer. Akad. Wiss., math.-nat. Kl. Abh., N. F., **118**, 1–136, München 1964.
- FAHLBUSCH, V.: Aus Bayerns Tierwelt vor 15 Millionen Jahren, Ausgrabungen fossiler Säuger im Alpenvorland. – Der Aufschluß, **25/9**, 458–464, Heidelberg 1974.
- FAHLBUSCH, V.: Miozän und Pliozän – Was ist was? Zur Gliederung des Jungtertiärs in Süddeutschland. – Mitt. Bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol., **21**, 121–127, München 1981.
- FAHLBUSCH, V., GALL, H. & SCHMIDT-KITTLER, N.: Die obermiozäne Fossil-Lagerstätte Sandelzhausen, 2., Sediment und Fossilinhalt – Probleme der Genese und Ökologie. – N. Jb. Geol. Paläont. Mh., **1972/5**, 331–343, Stuttgart 1972.
- FRANKE, W. & PAUL, J.: Über den Ursprung der Rotfärbung in Sedimentgesteinen der Bohrung Schwarzbachtal 1. – Senckenbergiana lethaea, **63/1–4**, 285–292, Frankfurt a. M. 1982.
- FUCHS, W.: Gedanken zur Tektogenese der nördlichen Molasse zwischen Rhône und March. – Jb. Geol. B.-A., **119/2**, 207–249, Wien 1976.
- FÜCHTBAUER, H.: Die Sandsteine in der Molasse nördlich der Alpen. – Geol. Rdsch., **56/2**, 266–300, Stuttgart 1967.
- FÜCHTBAUER, H. & MÜLLER, G.: Sedimente und Sedimentgesteine. – In: ENGELHARDT, W. VON, FÜCHTBAUER, H. & MÜLLER, G.: Sediment-Petrologie, **2**, 1–176, Stuttgart (Schweizerbart-Verlag) 1970.
- GALL, H.: Die obermiozäne Fossilagerstätte Sandelzhausen, 4., Die Molluskenfauna (Lamellibranchiata, Gastropoda) und ihre stratigraphische und ökologische Bedeutung. – Mitt. Bayer. Staatssamml. Paläont. hist. Geol., **12**, 3–32, München 1972.
- GALL, H.: Die obermiozäne Fossil-Lagerstätte Sandelzhausen, 8., Konkretionäre Aufblähung von Gastropodengehäusen. – Mitt. Bayer. Staatssamml. Paläont. hist. Geol., **13**, 3–18, München 1973.
- GALL, H.: Eine Gastropodenfauna aus dem Landshuter Schotter der Oberen Süßwassermolasse (Westliche Paratethys, Badenien) von Gündlkofen/Niederbayern. – Mitt. Bayer. Staatssamml. Paläont. hist. Geol., **20**, 51–77, München 1980.
- GOLUBIĆ, S. & FISCHER, A. G.: Ecology of calcareous nodules forming in Little Conestoga Creek near Lancaster, Pennsylvania. – Verh. Internat. Verein. Limnol., **19**, 2315–2323; Stuttgart 1975.
- GREGOR, H.-J.: Neue Ergebnisse zur Florengeschichte und Ökologie der Oberen Süßwassermolasse Bayerns. – Cour. Forsch. Inst. Senckenberg, **37**, 36–47, Frankfurt a. M. 1979.
- GREGOR, H.-J.: Die jungtertiären Floren Süddeutschlands. – 1–278, Stuttgart (Enke-Verlag) 1982.
- GREGOR, H.-J.: Die jungtertiäre Florenabfolge der westlichen Vorland-Molasse (Günzburg – Biberach a. d. Riß) und die paläofloristische Bestätigung der DEHMSchen Serien. – Günzburger Hefte, **2**, 79–91, Günzburg (Historischer Verein) 1984.
- GUSTAVSON, T. C.: Bed forms and stratification types of modern gravel meander lobes, Naeces River, Texas. – Sedimentology, **25**, 401–426, Oxford – London – Edinburgh – Melbourne 1978.
- HANTKE, R.: Die Bedeutung der als ausgestorben betrachteten Leguminosen-Gattung *Podogonium* HEER (= *Gletitsia* L.) für die Obere Süßwassermolasse und die Vogesen-Schüttung im Delsberger Becken (Jura). – Eclogae geol. Helv., **73/3**, 1031–1043, Basel 1980a.
- HANTKE, R.: Die Obere Süßwassermolasse der Schweiz, ihr Paläorelief und ihre stratigraphische Fortsetzung in die Vogesen-Schüttung. – Vjschr. naturf. Ges. Zürich, **125/4**, 365–374, Zürich 1980b.
- HANTKE, R.: Fossilinhalt, biostratigraphische Gliederung und Paläoklima der mittelmiozänen Oberen Süßwassermolasse (OSM) der Schweiz und ihrer nördlichen Nachbargebiete. – Günzburger Hefte, **2**, 47–53, Günzburg (Historischer Verein) 1983.
- HEWARD, A. P.: Alluvial fan and lacustrine sediments from the Stephanian A and B (La Magdalena, Cinera – Matallana and Subero) coalfields, northern Spain. – Sedimentology, **25**, 451–488, Oxford – London – Edinburgh – Melbourne 1978.
- JERZ, H.: Erläuterungen zur geologischen Karte von Bayern, 1 : 25.000, Blatt Nr. 8327 Buchenberg. – 1–181, München (Bayer. geol. L.-Amt) 1974.
- JERZ, H. & WAGNER, R.: Erläuterungen zur geologischen Karte von Bayern, 1 : 25.000, Blatt Nr. 7927 Amendingen. – 1–131, München (Bayer. geol. L.-Amt) 1978.
- JUNG, W. & MAYER, H.: Neuere Befunde zur Biostratigraphie der Oberen Süßwassermolasse Süddeutschlands und ihre palökologische Deutung. – Mitt. Bayer. Staatssamml. Paläont. hist. Geol., **20**, 159–173, München 1980.
- KERNEY, M. P., CAMERON, R. A. D. & JUNGBLUTH, J. H.: Die Landschnecken Nord- und Mitteleuropas. – 1–383, Hamburg – Berlin (Parey-Verlag) 1983.
- KINGDON, J.: East African Mammals, 3 B, Large Mammals. – 1–436, London – New York – San Francisco (Academic Press) 1979.
- KRAUS, E.: Sedimentationsrhythmus im Molassetrog des Bayerischen Allgäu. – Abh. Naturforsch. Ges. Danzig, **1**, 1–25, Danzig 1923.
- KRAUS, E.: Geologie des Mittelallgäus, Erläuterung zur geologischen Ausgabe des Blattes 661 Kempten der Karte des Deutschen Reiches 1 : 100.000. – N. Jb. Mineral. etc., Beil.-Bd. **69**, B, 189–256, Stuttgart 1932.
- LARSEN, V. & STEEL, R. J.: The sedimentary history of a debris-flow dominated, Devonian alluvial fan – a study of textural inversion. – Sedimentology, **25**, 37–59, London 1978.
- LEMCKE, K.: Indications of a large eustatic sea-level fall at the Rupelian/Chattian boundary in the German Molasse Basin. – Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. Ing., **49/117**, 57–60, Basel 1983.
- LEMCKE, K.: Geologische Vorgänge in den Alpen ab Obereozän im Spiegel vor allem der deutschen Molasse. – Geol. Rdsch., **73/1**, 371–397, Stuttgart 1984.
- LEMCKE, K., ENGELHARDT, W. VON & FÜCHTBAUER, H.: Geologische und sedimentpetrologische Untersuchungen im Westteil der ungefalteten Molasse des süddeutschen Alpenvorlandes. – Beih. geol. Jb., **11**, 1–109, Hannover 1953.
- LEMCKE, K. & GRAUL, H.: Exkursion in die Molasse und das Quartär zwischen Ulm und Isny. – Z. dt. geol. Ges., **105**, 534–543, Hannover 1955.
- LEMCKE, K. & VOLLMAYR, T.: Führer zur Exkursion in die Allgäuer Faltenmolasse am 21. Juni 1970. – Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. Ing., **37/91**, 18–24, Basel 1970.
- MÜLLER, F.: Die geologischen Verhältnisse des Blattes Buchenberg (Bayerisches Allgäu). – Geologica Bavarica, **13**, 1–24, München 1952.
- MÜLLER, M.: Bau, Untergrund und Herkunft der Allgäuer Faltenmolasse. – Jber. mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F. **66**, 321–328, Stuttgart 1984.
- NÄGELE, E.: Zur Petrographie und Entstehung des Albsteins. – N. Jb. Geol. Paläont., Abh., **115/1**, 44–120, Stuttgart 1962.
- NICKEL, E.: Environmental Significance of Freshwater Oncofids, Eocene Guarga Formation, Southern Pyrenees, Spain. – In: PERYT, T. (Ed.) Coated grains. – 308–329, Berlin – Heidelberg – New York (Springer Verlag) 1983.
- NORDSIECK, H.: Fossile Clausilien, I. Clausilien aus dem Pliozän W-Europas. – Arch. Moll., **102/4–6**, 165–188, Frankfurt a. M. 1972.
- OTT, E.: Großkonkoiden und Algen-Festkalke in der Amper. – In: GROTTENTALER, W.: Erläuterungen zur Geologischen Karte

- von Bayern 1 : 25.000, Blatt Nr. 7833 Fürstfeldbruck, 37–42, München 1980.
- PIA, J.: Die rezenten Kalksteine. – Z. Kristallogr., Mineral., Petrogr., B, Ergänzungsband: 1–420, Leipzig 1933.
- REINECK, H.-E. & SINGH, I. B.: Depositional Sedimentary Environments. – 1–439, Berlin – Heidelberg – New York (Springer-Verlag) 1975.
- RUTTE, E.: Der Albstein in der miozänen Molasse Südwestdeutschlands. – Z. dt. geol. Ges., **105/3**, 360–383, Hannover 1955.
- SCHÄFER, A. & STAPP, K. R. G.: Permian Saar–Nahe Basin and Recent Lake Constance (Germany): Two Environments of Lacustrine Algal Carbonates. – In: MATTER, A. & TUCKER, M. E. (Ed.): Modern and Ancient Lake Sediments, Spec. Publ. int. Ass. Sedimentol., **2**, 83–107, Oxford – London – Edinburgh – Melbourne 1978.
- SCHIEMENZ, S.: Fazies und Paläogeographie der Subalpinen Molasse zwischen Bodensee und Isar. – Beih. geol. Jb., **38**, 1–119, Hannover 1960.
- SCHLEICH, H.-H.: Jungtertiäre Schildkröten Süddeutschlands unter besonderer Berücksichtigung der Fundstelle Sandelshausen. – Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg, **48**, 1–373, Frankfurt a. M. (Diss. Univ. München) 1981.
- SCHLEICH, H.-H.: Jungtertiäre Schildkrötenreste aus der Sammlung des Naturwissenschaftlichen Museums der Stadt Augsburg. – Ber. Naturwiss. Ver. Schwaben, **86/3–4**, 42–88, Augsburg 1982.
- SCHOLZ, H.: Sedimenttypen der OSM am Kollerbach, südöstlich Rothmayers bei Wiggensbach. – In: SCHWERD, K.: Quartär, Molasse und Nordrand des Helvetikums zwischen Kollerbach (nordwestlich Kempten) und Grünten (Exkursion D am 7. April 1983). – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F., **65**, 50–51, Stuttgart 1983.
- SCHOLZ, H.: Sandsteine mit Süßwasseronkoiden aus der Molasse als Geschiebe in Moränen des Illergletschers. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F., **67**, 177–185, Stuttgart 1985.
- SCHOLZ, H.: Eine mittelmiozäne Wirbeltierfundstätte: Höll bei Gestratz. – Natur und Museum, **116**, (3), 65–79, Frankfurt a. M. 1986.
- SCHOLZ, H. & ZACHER, W.: Quartär und Molasse östlich von Kempten (Exkursion A am 5. April 1983). – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F., **65**, 17–23, Stuttgart 1983.
- SCHOLZ, U.: Bericht über eine Fundstelle miozäner Säuger im Argental bei Gestratz. – Mitt. Naturwiss. Arb.-Kreis Kempten, **10/1**, 53–62, Kempten 1966.
- SCHWERD, K.: Erläuterungen zur geologischen Karte von Bayern 1 : 25.000, Blatt Nr. 8328 Nesselwang West. – 1–192, München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1983.
- SINN, P.: Geröll- und geschiebekundliche Untersuchungen im südlichen und mittleren Illergletscher-Vorland. – Heidelberger Geogr. Arb., **38**, 90–108, Heidelberg 1973.
- SINN, P.: Glazigene, fluvioglaziale und periglazialfluviatile Dynamik in ihrem Zusammenwirken an der präwürzeitlichen Talgeschichte der Eschach zwischen Rhein- und Illergletscher. – Heidelberger Geogr. Arb., **40**, 95–120, Heidelberg 1974.
- TOBIEN, H.: Typen und Genese tertiärer Säugerlagerstätten. – Eclogae geol. Helv., **61/2**, 549–575, Basel 1968.
- ULBIG, A.: Geologische und sedimentpetrographische Untersuchungen in der OSM im Raum Freising – Mainburg – Landshut. – Unveröff. Diplomarbeit, München (Techn. Univ. München) 1985.
- VISHER, G. S.: Physical characteristics of fluvial deposits. – In: RIGBY, J. K. & HAMBLIN, W. K. (Ed.): Recognition of ancient sedimentary environments. – Publ. Soc. econ. Paleont. Mineral., **16**, 84–97, Tulsa 1972.
- WALKER, E. P. & Mitarbeiter: Mammals of the world, 1–2. – 1–1500, Baltimore – London (Hopkins Univ. Press) 1975.
- WENZ, W.: Zur Land- und Süßwassermolluskenfauna der subalpinen Molasse des Pfändergebietes. – Senckenbergiana, **15**, 7–12, Frankfurt a. M. 1933.
- WILHELM, F.: Spuren eines vorzeitlichen Reliefs am Alpennordsaum zwischen Bodensee und Salzach. – Münchner Geogr. H., **20**, 1–176, München 1961.
- ZÖBELEIN, H. K.: Die Bunte Molasse bei Rottenbuch (Obb.) und ihre Stellung in der Subalpinen Molasse. – Geologica Bavarica, **12**, 3–86, München 1952.

Manuskript bei der Schriftleitung eingelangt am 2. Juli 1985.