

14. Wirbeltierlagerstätten im Lettenkeuper

Hans Hagdorn, Rainer Schoch, Dieter Seegis und Ralf Werneburg

Abstract

The Lower Keuper in Germany is well known for its extraordinary rich fossil vertebrate sites which range among the most diverse late Ladinian limnic to brackish lagerstätten in the world. This chapter gives an overview of the 19th century historical sites like the Gaildorf Vitriolschiefer, which yielded the first "labyrinthodont" amphibians, the *Ceratodus* site of Bibersfeld-Rieden, and the Hoheneck limestone, which became famous for the earliest finds of the small marine sauropterygian *Neusticosaurus*, and the fossil sites of Kupferzell, Vellberg, Wolpertshausen, Michelbach, Schwäbisch Hall-Steinbach, and Kirchberg on River Jagst, which were discovered and exploited during the last 30 years. All these localities located in northern Württemberg originated from lacustrine and/or brackish to restricted marine environments. Lagerstätten of similar origin and fossil content were also discovered in Thuringia. From the sedimentological and palaeontological record of these lagerstätten, their changing palaeoenvironments and vertebrate palaeocommunities are reconstructed. Additionally to these conservation lagerstätten, the Lower Keuper is rich in bone beds. These condensation lagerstätten are characterized by prefossilized and reworked vertebrate material from different stratigraphic horizons that were condensed over longer periods of time. The most famous of these bone beds is the Muschelkalk-Keuper boundary bone bed that covers thousands of square kilometers over a low angle disconformity. Besides this "bonanza of fossil bones", additional and less well known Lower Keuper bone beds are described.

1. Einführung

„Fossilagerstätten“ gehört zu den Begriffen, die aus dem Deutschen ins Englische und damit in die internationale Fachterminologie aufgenommen wurden. Das ist der äußerst erfolgreichen Arbeit im Tübinger ‚Sonderforschungsbereich 53 Palökologie‘ der Deutschen Forschungsgemeinschaft zu verdanken, wo im Projektbereich ‚Fossil-Lagerstätten‘ Definition, Klassifizierung und prominente Beispiele erarbeitet und untersucht wurden (SEILACHER 1970; SEILACHER et al. 1985). Nach diesen Autoren sind Fossilagerstätten Gesteinskörper, die ein nach Qualität und Quantität ungewöhnliches Maß an paläontologischen Informationen enthalten. Von den Fossilagerstätten des Lettenkeupers waren es die Bonebeds, deren Genese und Klassifizierung einen besonderen Untersuchungsgegenstand bildeten (REIF 1971, 1982) während die Wirbeltierlagerstätten vom Typ Kupferzell damals noch ungenügend erfasst waren. Den Wirbellosen des Lettenkeupers wurde naturgemäß weniger Aufmerksamkeit geschenkt, denn sie haben weit weniger spektakuläres Material geliefert.

Im Lettenkeuper sind beide Grundtypen von Fossilagerstätten vertreten, die Konservatagerstätten, die durch außergewöhnliche Erhaltung zusammenhängender Skelette gekennzeichnet sind, und die Konzentratlagerstätten, in denen zerstreutes Material in großer Dichte konzentriert liegt. Im Gegensatz zu den marinen Konservatagerstätten wie dem Posido-

nien-schiefer des Schwarzen Juras, die in meist großflächigen, sauerstoffarmen, stagnierenden Bodenschichten entstanden sind, ist dieser Typus im Lettenkeuper eher in kleinflächig parzellierten Faziesmustern verbreitet, die sich im Bereich weniger Zehnermeter lateral ändern. Zerfall der Skelette und Erhaltung der Knochen weisen auf Transport der Wirbeltierleichen im strömenden Wasser, auf eine mehr oder weniger lange Zeit, in der sie frei lagen, und eine anschließende Verschüttung durch rasch angeliefertes Sediment. Zu diesem Typ lakustriner oder fluviatiler Verschüttungslagerstätten gehören die bedeutendsten baden-württembergischen Fundpunkte im Limpurger und Hohenloher Land und im Hällischen bei Gaildorf, Kupferzell, Michelbach an der Bilz, Wolpertshausen und Vellberg-Eschenau (Abb. 14.1), aber auch die Lagerstätten von Arnstadt in Thüringen. Die Lagerstätten im Hohenecker Kalk und in der Albertibank von Schwäbisch Hall-Steinbach haben brackisch-randmarine oder lakustrine Entstehung, aber gleichfalls nur geringe laterale Ausdehnung.

Im Gegensatz zu diesen primären Lagerstätten handelt es sich bei den zu den Konzentratlagerstätten gehörenden **Bonebeds** um Anreicherungen von Wirbeltierresten, die aufgrund von sedimentologischen Prozessen präfossilisiert und dann aufgearbeitet, disartikuliert, fragmentiert und schließlich in kondensierter Form auf sekundärer Lagerstätte abgesetzt wurden. Bonebeds entstanden sowohl im fluviatilen als auch im marinen Bereich und unterscheiden sich nach Genese und Geometrie. Als Beispiele werden hier das Muschelkalk/Keuper-Grenzbonebed und



Abb. 14.1 Lage wichtiger Fossilagerstätten im Lettenkeuper des nördlichen Baden-Württemberg. 1 Gaildorf, 2 Rieden-Bibersfeld, 3 Hoheneck, 4 Kupferzell, 5 Vellberg-Eschenau und Obersontheim-Ummenhofen, 6 Michelbach an der Bilz, 7 Wolpertshausen-Heidehöfe, 8 Schwäbisch Hall-Steinbach, 9 Crailsheim und Satteldorf-Neidenfels, 10 Kirchberg an der Jagst, 11 Untermünkheim-Wittighausen, 12 Öhringen-Unterohrn, Kartengrundlage: Geologische Schulkarte von Baden-Württemberg 1 : 1 000 000.

einige weitere Bonebeds aus dem nordwürttembergischen Lettenkeuper näher beschrieben.

2. Das Gaildorfer Vitriolbergwerk (DIETER SEEGIS)

In früheren Jahrhunderten wurden im württembergischen Lettenkeuper an mehreren Stellen dunkle, schwefelkiesreiche, teils kohlige Tonsteine bergmännisch abgebaut. Der Rohstoff diente u. a. zur Gewinnung von Eisenvitriol und Eisenalaun, beides damals wichtige Chemikalien zum Beizen und Färben von Leder und Stoffen.

Eines der bekanntesten dieser Bergwerke lag bei Gaildorf, am heutigen Nordostrand der Ortschaft (HAGDORN 1988; WEBER 1996, 2013; Kap. 19). Der Abbau erfolgte in den Jahren 1763 bis 1895; die Stollen sollen sich

weit nach Norden und Nordosten erstreckt haben. Das Mundloch der alten Stollen lag nahe der Mündung des Hagersbachs in den Kocher, nur wenig über dessen Wasserspiegel. Es ist heute jedoch nicht mehr sichtbar (Abb. Kasten Kap. 12). Der Abbau war mühsam; nicht nur, weil die Stollen sehr niedrig waren, sondern die Lage wenig über dem Kocher brachte es auch mit sich, dass die Stollen bei Hochwasser teilweise absoffen.

Was das Gaildorfer Bergwerk aus paläontologischer Sicht gegenüber anderen, ähnlichen Gewinnungsstellen im Lettenkeuper heraushebt, sind die Wirbeltierfunde von dort. Um 1824 und in den Jahren 1831–1833 und um 1840 wurden in diesem Bergwerk drei Schädel sowie zahlreiche Einzelknochen und -zähne von *Mastodonsaurus* entdeckt. Es waren die ersten überhaupt je aufgefundenen Reste dieser gigantischen Urlurche. Dabei stammt

ein Teil der *Mastodonsaurus*-Knochenfunde von Skeletten, die an Ort und Stelle zerfallen waren, was durch mehrere eng beieinander liegende Extremitätenknochen, ein längeres Wirbelsäulenstück sowie einen der Schädel, dem ebenfalls noch ein zusammenhängendes Stück der Wirbelsäule mit neun Wirbeln anhaftet, belegt wird. Obwohl der baden-württembergische und thüringische Lettenkeuper in den letzten Jahrzehnten zahlreiche *Mastodonsaurus*-Reste geliefert hat, ist Gaildorf immer noch der einzige Fundpunkt, an dem artikulierte Skelettreste dieser Riesensaururche zutage kamen.

Neben *Mastodonsaurus* fanden sich auch einige Reste von *Plagiosuchus* und *Kupferzellia* – beides Gattungen, von denen man heute wesentlich besseres Material aus anderen Fundstellen kennt, ferner spärliche Nothosaurier-Reste. Der aus heutiger Sicht jedoch rätselhafteste Fund war ein fragmentarisches Skelett des mutmaßlichen Archosauriers *Zanclodon laevis*, von dem leider heute nur noch ein Kieferfragment mit den unverkennbaren Zähnen vorhanden ist. Trotz der umfangreichen Wirbeltier-Aufsammlungen im Lettenkeuper der letzten Jahrzehnte gelangen bis heute keine neuen Knochenfunde dieser Art mehr, so dass ihre systematische Stellung nach wie vor ungeklärt ist (Kap. 10).

Die kohligten Schichten im Gaildorfer „Alaunschiefer“ waren darüber hinaus reich an Pflanzenresten (über-

wiegend *Equisetites*) und nichtmarinen Muscheln unklarer Gattungszugehörigkeit („*Anodonta*“ *lettica* QUENSTEDT). Letztere zeigten nicht selten die, sog. „Schmetterlingsstellung“, bei der beide Schalen wie Schmetterlingsflügel aufgeklappt und nur noch am Schlossrand mit dem Ligament verbunden sind – eine Erscheinung, die ein Absterben der Muscheln, ein anschließendes Ausspülen der zusammenhängenden Klappen aus dem Sediment und schließlich deren horizontale Einregelung mit nachfolgender Einbettung auf der Sedimentoberfläche, also dem ehemaligen Gewässerboden, anzeigen kann. Die Schmetterlingsstellung lässt sich aber auch anders deuten: Nach der Verwesung der Weichteile kann der Schließmuskel der Muschel die Klappen nicht mehr zusammenhalten. Dann drückt das antagonistisch wirkende, gleichfalls organische, aber widerstandsfähigere Ligament die Klappen auseinander.

Dass all diese Funde aus dem Gaildorfer Vitriolbergwerk im 19. Jahrhundert überhaupt beachtet wurden und der Nachwelt erhalten blieben, ist in allererster Linie dem Engagement des Grubenbesitzers, FRIEDRICH LUDWIG DIETERICH (1791–1879), zu verdanken. Er veranlasste ab 1831 nicht nur die Bergung der teils großen und zentnerschweren Gesteinsblöcke, welche die Knochen und Skelettreste enthielten, sondern ließ sie auch nach Stuttgart schicken, zunächst an das Königliche Naturalienkabinett, später an



Abb. 14.2 Profil des Lettenkeupers im Vitriolbergwerk Gaildorf (nach KURR 1852).

die Centralstelle des Landwirtschaftlichen Vereins (ZIEGLER 1986, 1988). 1864 wurden die Sammlungen des Landwirtschaftlichen Vereins vom Stuttgarter Naturalienkabinett übernommen, aus dem das heutige Staatliche Museum für Naturkunde Stuttgart hervorgegangen ist. Die ersten Funde aus der Zeit um 1824 liegen im Institut und Museum für Geologie und Paläontologie der Universität Tübingen.

Bis heute konnte die exakte stratigraphische Herkunft der Gaildorfer Saurierfunde innerhalb des Unterkeupers nicht zweifelsfrei geklärt werden (Abb. 14.2). WEBER (1992, 1996) vertritt nach einer sorgfältigen Auswertung der im 19. Jahrhundert publizierten Profile der Grube die Ansicht, die Funde seien in den oberen Teil der Estherienschiefer zu stellen, während HAGDORN (1988) eher für eine Herkunft aus den Sandigen Pflanzenschiefern eintritt. Nach den alten Angaben (zitiert in WEBER 1992) war die Fundschicht nur wenige Dezimeter dick und bildete langgezogene, seitlich rasch ausdünnende Linsen. Ein solches an *Mastodonsaurus* reiches Vorkommen erscheint einerseits für die Estherienschiefer etwas ungewöhnlich; andererseits betonten die früheren Autoren jedoch stets, dass die Fundschicht dicht unter einem bis über 2 m mächtigen, pflanzenführenden Sandstein lag, bei dem es sich wahrscheinlich um den Hauptsandstein gehandelt hat (WEBER 1992), der aber auch zu den Sandigen Pflanzenschiefern gehören könnte. Die späteren *Mastodonsaurus*-Funde stammen demgegenüber alle aus Lagen deutlich über dem Hauptsandstein. Zur Klärung der stratigraphischen Position der Fundschicht wurden 2011 im ehemaligen Bergwerksbereich Sondierungsbohrungen niedergebracht, deren Ergebnisse zurzeit ausgewertet werden (SIMON in Vorbereitung).

Als Fundschichten auszuschließen sind jedoch sicher die Vitriolschiefer im Sinne der heutigen Unterkeuper-Stratigraphie. Im 19. Jahrhundert bezeichnete man generell schwefelkies- und kohlereiche Schichten des Lettenkeupers als „Vitriolschiefer“ oder „Alaunschiefer“ und es wäre daher ein grober Fehler, die Gaildorfer Fundschicht unkritisch mit dem lithostratigraphischen Vitriolschiefer gleichzusetzen.

3. Kupferzell (Rainer Schoch & Dieter Seegis)

Die Fossilagerstätte Kupferzell (Hohenlohekreis) beschränkt sich auf ein relativ kleines Areal entlang der ursprünglichen Grabungsstelle, die teilweise auf Untermünkeheimer Gemarkung im Landkreis Schwäbisch Hall liegt. Weil sich der Name Kupferzell in der Literatur eingepreßt hat, verwenden wir ihn jedoch weiter. Das Gelände ist in Privatbesitz und damit nicht öffentlich zugänglich; außerdem verhindert eine beträchtliche alluviale Überdeckung die Fossilsuche. Alles, was sich über die Fossilagerstätte



Abb. 14.3 JOHANN WEGELE †, der Entdecker der Kupferzeller Wirbeltierlagerstätte, zeigt den ersten präparierten *Mastodonsaurus*-Schädel, mit dem die Bedeutung der Funde für die Öffentlichkeit unterstrichen wurde. Foto SMNS.

sagen lässt, stammt aus Erkenntnissen, die während der Fundbergung oder im Einzelfall nach Einsichtnahme des Fundmaterials gewonnen werden konnten. Da die Bergung unter erheblichem Zeitdruck stand, konnten keine Fundskizzen, feinstratigraphischen Profile oder sedimentologischen Untersuchungen vorgenommen werden. Eine Zusammenfassung der im Verlauf der Kupferzeller Grabung gewonnenen Erkenntnisse geben WILD (1978, 1980), MUNDLOS & WEGELE (1978) und URLICHS (1982). Trotz der vergleichsweise kurzen Dauer der Grabung (Abb. 14.3) sind die Befunde sehr viel umfangreicher als bei allen älteren Fundpunkten, einschließlich Gaildorf und Hoheneck. Die wirbeltierreichen Schichten der Fossilagerstätte Kupferzell beschränken sich auf das obere Drittel der Unteren Grauen Mergel. Sie zeichnet sich durch folgende Besonderheiten aus:

- Massenhafte Anreicherung von Einzelknochen bis hin zu kompletten Schädeln.
- Sehr vereinzelt Auftreten zerfallener Skelette, die aber nie den Artikulationsgrad wie in Gaildorf erreichen (*Gerrothorax*, *Mastodonsaurus*, *Batrachotomus*).

- 90% der Funde stammen von zwei Arten (*Gerrothorax*, *Mastodonsaurus*).
- kalzitische Verkittung von tektonisch bedingten Knochenbrüchen im Laufe der Diagenese, was die Bruchfestigkeit der Fossilreste erhöht.
- Die Häufigkeit fossiler Knochen nimmt rapide nach allen Seiten ab, obwohl die Gesteine durchweg sehr ähnlich bleiben.
- Die Mikrofauna enthält viele Zähne, Schuppen und Einzelknochen von Knorpel- und Knochenfischen verschiedenster Zugehörigkeit, Knochen von Jungtieren oder Larven der großen temnospondylen Amphibien, ebenso winzige Knochen von Reptilien unsicherer systematischer Stellung.

Die Schichtenfolge der Fossilagerstätte Kupferzell (Abb. 14.4) beginnt mit einem schwarzgrauen, kohleführenden Tonstein, der kleine, zerbrochene Knochen, Schuppen und Zähne enthält (URLICHS 1982). Solche Kohlebänder sind aus vielen Lettenkeuper-Profilen in Süddeutschland bekannt und finden sich meistens im oberen Drittel der Unteren Grauen Mergel (BRUNNER 1973; PÖPPELREITER 1999). Sie enthalten Armeleuchteralgen (Characeen), die nach Kenntnis heutiger Arten nur im Süßwasser oder in stark ausgesüßtem Brackwasser leben. Die Kohle im Unterkeuper stammt entweder von hygrophilen Pflanzen, die an Ort und Stelle wuchsen, was verbreitete Wurzelhorizonte belegen, oder aber von Pflanzenmaterial, das vom Festland und von der Uferregion eingespült wurde. In letzterem Falle handelt sich also um eine allochthone Kohle, die nicht am Ort ihrer Ablagerung entstanden ist, sondern aus einiger Entfernung angeliefert wurde. Es wird angenommen, dass das zeitweilig existierende Lettenkeuper-See von feuchtigkeitsliebenden Pflanzen gesäumt wurde, das Hinterland aber deutlich trockener war (Kap.13). Dies wird durch Sporen und Pollen entsprechender Pflanzengruppen angezeigt (URLICHS 1982). Flüsse und kleinere Rinnsale transportierten die Pflanzenreste in Lagunen und randmeerische Teilbecken, und im Mündungsbereich dieser Zuflüsse siedelten Armeleuchteralgen, deren Fortpflanzungsorgane (Oogonien, Abb. 15.9) in großen Massen in dem schwarzen Tonstein abgelagert wurden. An anderen Stellen finden sich in diesen kohlehaltigen Schichten Schädel und Skelettreste von Mastodonsauriern, Trematosauriern und Plagiosauriern, die darauf hindeuten, dass die Tiere nicht weit davon gelebt haben müssen.

Auf die kohleführende Schicht folgt an der Ausgrabungsstelle ein 15–20 cm mächtiger, graugrüner bis brauner Siltstein mit dunkelroten Flecken und Knollen von Rotenstein, einem verwitterten Eisenerz. Diese Schicht ist stellenweise sehr verwitterungsbeständig und lässt sich auf Äckern viel leichter ausfindig machen als die sie umgebenden mürben Tonsteine und Mergel. Der Siltstein ent-

hält die Muschel *Myophoria transversa*, die normale Salzgehalte vertrug, und erweist sich damit als marine Bildung. Außerdem zeigt seine Oberseite Sedimentstrukturen, die von schnell fließendem Wasser erzeugt wurden. An der Ausgrabungsstelle ist der Siltstein mächtiger und hat eine deutlich gewellte Oberfläche, in die stellenweise längliche Rinnen eingetieft sind. Solche Rinnen zeugen von Kanälen oder Wasserläufen, die schnell geflossen sind. Vermutlich handelt es sich um fluviatile Rinnen, wie sie z.B. im Gefolge einer marinen Regression entstehen können. Der Siltstein liegt nämlich am Top einer Abfolge von immer flacheren Meeresablagerungen, über denen schließlich annähernd unter Süßwasserverhältnissen entstandene Sedimente lagern. Der Einfluss des Süßwassers lässt sich u.a. anhand des Ostrakoden *Darwinula* belegen, einer Gattung, die bis heute lebt und Süßwasser oder sehr schwaches Brackwasser bevorzugt (Kap. 15; Abb. 15.10). Dies deutet auf einen Rückzug des Meeres und zunehmenden Einfluss der Uferregion und ihrer Süßwasserreservoirs hin.

Auf den Siltstein folgt ein sehr mürber, ungeschichteter grüner Tonstein, der Tausende kleiner und kleinster Knochen, Zähne und Schuppen enthält. Wo er die Rinnen im liegenden Siltstein plombiert hat, liegen in ihm Reste größerer Wirbeltiere und selten auch Skelette. Zahlreiche Mastodonsaurier-Schädel und vier disartikulierte Rausuchier-Skelette wurden dort gefunden, daneben zahllose Einzelknochen des Plagiosauriers *Gerrothorax*. Diese Rinnen bildeten vermutlich Stellen, an denen größere Leichen oder bereits durch Fäulnis und Fraß mazerierte Skelette bevorzugt hängen blieben.

Im Strömungsschatten der großen, sperrigen Knochenhaufen verfangen sich zahllose kleine und kleinste Knochen, Schuppen und Zähne, die von bereits zerfallenen Skeletten kleinerer Wirbeltiere stammten. So kamen Reste verschiedener Wirbeltiere zusammen, darunter Reptilien, deren Kadaver wohl aus weiter landeinwärts gelegenen Bereichen angeliefert wurden, zum größeren Teil aber von Amphibien und Fischen, die in teilweise abgeschlossenen, ausgesüßten Flachwasserbereichen der Umgebung gelebt hatten. Es ist also unwahrscheinlich, dass die Rausuchier und Amphibien am selben Ort lebten, zumal ihre Skelettanatomie für Anpassung an ganz unterschiedliche Lebensräume sprechen. Allerdings belegen deutliche Zahneindrücke auf Mastodonsaurierknochen, dass es Nahrungsbeziehungen zwischen Reptilien und Amphibien gegeben haben muss, wie im Kapitel 15 ausgeführt wird.

Vorsichtig geschätzt, lag die relative Häufigkeit von Plagiosaurierresten bei ungefähr 70%, die von *Mastodonsaurus* bei über 20% (WILD 1980), während alle anderen Arten nur sehr untergeordnet vorkommen. Es ist natürlich im Nachhinein schwer zu entscheiden, wie man solche Mengen auszählen soll. Denn erstens sind insgesamt vielleicht nur ein Viertel aller Funde präpariert und zwei-

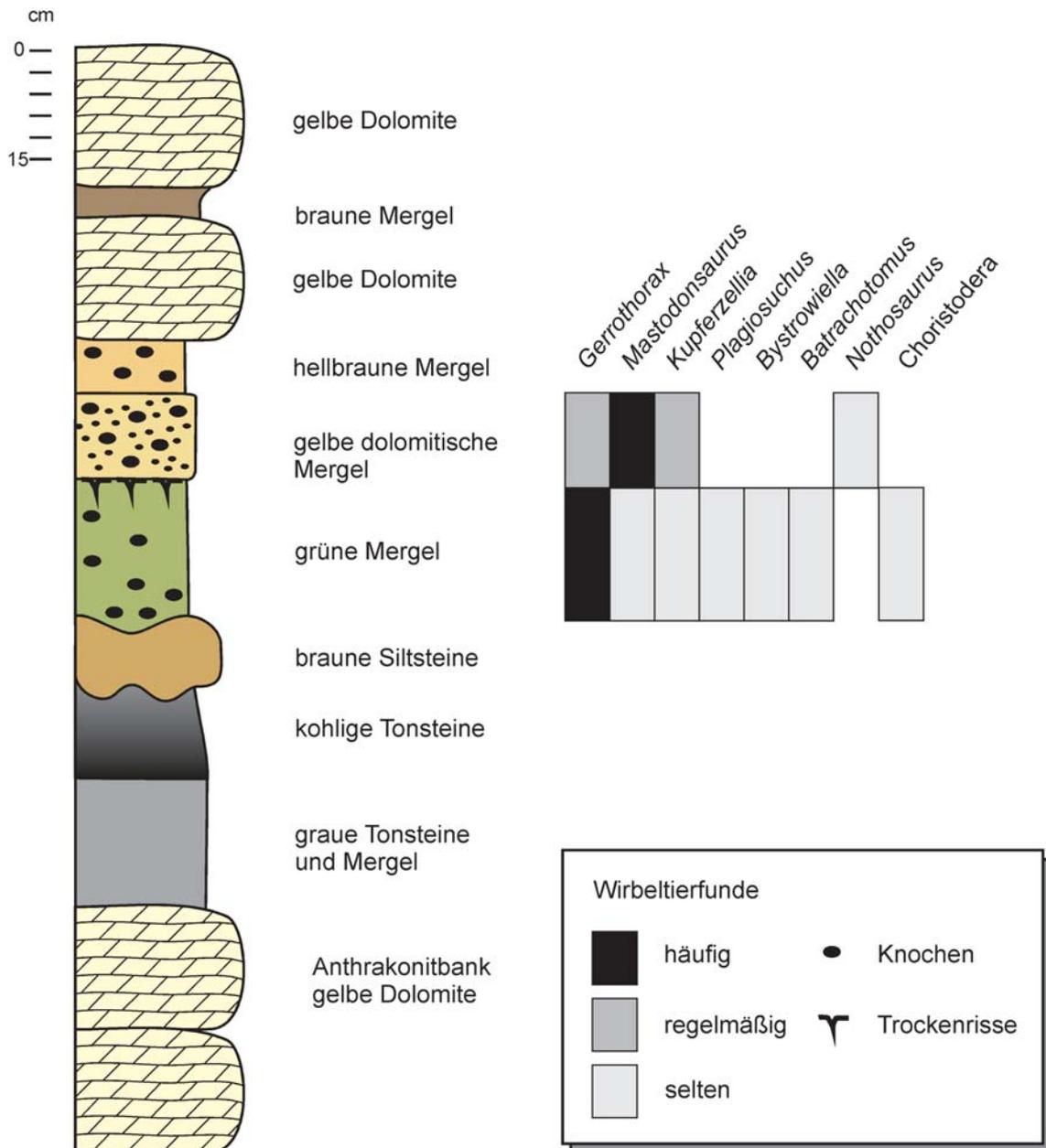


Abb. 14.4 Profil des Lettenkeupers und Verteilung der Wirbeltierfunde im Einschnitt der A 6 bei Kupferzell (nach URlicHS 1982).

tens wurde vor der Präparation gezielt nach Schädeln, Unterkiefern und Schultergürtelknochen geforscht, während kleinere Elemente naturgemäß geringere Priorität hatten und noch der Präparation harren. Eine Erfassung der präparierten Stücke kann also nur ein verzerrtes Bild wiedergeben. Schließlich ist es auch möglich, dass während der Grabung kleinere Knochen nicht in entsprechender Häufigkeit gesammelt wurden, weil ein enormer Zeitdruck auf

dem Team lastete. Es war unvermeidlich, dass die sorgfältige Bergung der wertvollen Schädel im Vordergrund stand, und nicht zuletzt werden ja auch beim Herausschneiden großer Blöcke im Gipsmantel umliegende Knochen geopfert, was auch bei modernster Grabungstechnik unvermeidbar ist. Insgesamt hat sich aber auch nach mehrmaligem Nachzählen der präparierten und unpräparierten Funde für *Gerrothorax* und *Mastodonsaurus* ein

Verhältnis von 3:1 bestätigt. Es ist verblüffend, wie selten andere Amphibien und Wirbeltiere sind, denn an allen anderen gut bekannten Fundstellen ist das Verhältnis anders.

Die Oberfläche des grünen Mergels ist an einigen Stellen von tiefgründigen Trockenrissen durchzogen. Dies belegt, dass der Grundwasserspiegel nach Ablagerung der knochenreichen Schicht stark absank, die Geländeoberfläche also trocken fiel. Die Risse sind bis zu 10 cm tief und mit einem bräunlichen Mergel verfüllt, der in der darauf folgenden Phase abgelagert wurde. Risse dieser Größe und Gestalt können nur beim Trockenfallen entstehen und belegen überdies eine weit reichende Austrocknung entweder durch langes Trockenliegen oder schnelles Austrocknen in besonders heißem Klima; beides ist denkbar. Zwar können Trockenriss-ähnliche Strukturen, so genannte Synärese-Risse, auch unter Wasser entstehen, bevorzugt bei erhöhtem Salzgehalt, doch diese sind viel kleiner und haben eine deutlich andere Form, passen also nicht zu den Kupferzeller Befunden.

Der hangende Mergelstein, der auch die Trockenrisse ausfüllt, kann je nach Karbonatgehalt braun, beige oder hell gelb gefärbt sein. Er enthält stellenweise Knollen von reinem Kalkstein oder Kalkmergelstein und auch einzelne durchgehende Kalksteinhorizonte. Die bräunlichen Lagen unmittelbar über den Trockenrissen sind sehr fossilreich: Daraus stammen etwa 20 vollständige *Mastodonsaurus*-Schädel, mehrere fast vollständige Skelette von *Gerorhox* im Verband und zahlreiche weitere zerfallene Plagiosaurierreste, darunter auch solche von *Plagiosuchus*, sowie viel seltener Schädel und Unterkiefer von *Kupferzelleria*. Rausuchier oder andere landlebende Reptilien fehlen, und es gibt nur ganz wenige isolierte Knochen von Trematosauriern, darunter allerdings solche von sehr großen Tieren. Es fällt auf, dass die Skelette besser erhalten sind als in der grünen Schicht, woraus man auf geringere Wasserbewegung schließen kann. In einer etwas höher gelegenen sehr dünnen Lage fanden sich Zähne und Schädelknochen des großen Lungenfisches *Ptychoceratodus*. Die Ablagerung dieser bräunlichen Schicht setzt nochmals Wasserbedeckung, also einen erneuten Grundwasseranstieg, voraus.

Die Kupferzeller Fossilagerstätte lässt sich vielleicht folgendermaßen erklären. Während einer Phase des Meeresrückzugs, ausgelöst durch einen stetig sinkenden Wasserspiegel im südlichen Germanischen Becken, verlandete das lagunär-ästuarine Gewässersystem im Gebiet des heutigen Hohenloher Landes stellenweise. Süßwasserzuflüsse, die dem sich zurückziehenden Meeresbecken folgten und sich auf das niedrigere Erosionsniveau einstellten, führten lokal zur Bildung von ausgeprägten Rinnen. Als der Meeresrückzug zum Stillstand kam und die Rinnen langsam wieder mit tonigem Sediment verfüllt wurden, konnten sich in ihnen Skelette verfangen und zahllose Ein-

zelknochen anreichern. Ein solcher Wechsel hin zu ausgereiften Verhältnissen wird angezeigt durch Wurzelböden, Armleuchteralgen, Süßwasser-Ostrakoden und die Dominanz nichtmariner Wirbeltiergruppen. Die Muschelfauna ist verarmt und es fehlen marine Arten wie etwa *Myophoria transversa*.

Offenbar gab es bei der Kupferzeller Fossilagerstätte eine topographische Besonderheit, möglicherweise eine nur leicht eingetieftete Wanne, in der nach dem Meeresrückzug noch Wasser zurückblieb oder sich nach stärkerem Regen sammeln konnte. Nachströmendes Süßwasser schwemmte in zunehmendem Maße Armleuchteralgen und Ostrakoden ein, die wohl in ganz seichtem Wasser leben konnten. Wo die grüne Schicht am dicksten ist, lag offenbar der tiefste Punkt der Depression.

Wirbeltierreste aus ganz verschiedenen Lebensräumen wurden von den Wasserläufen angeschwemmt und kamen in der Wanne, vor allem in den nach dem Meeresrückzug eingetieften und sich nun langsam wieder auffüllenden Rinnen, zur Ablagerung. Sie stellen einen zwar artenreichen, prozentual jedoch nur geringen Anteil der Gesamtfaua. Die Masse der Knochen stammt dagegen von Plagiosauriern und Mastodonsauriern, die in der Nähe lebten. Es bleibt ungewiss, wie genau dieser benachbarte Lebensraum beschaffen war. Denkbar ist, dass es sich um ehemalige Gewässer handelte, die trocken fielen, als sich mit dem Meeresrückzug Veränderungen des hydrologischen Regimes ergaben, woraufhin ihre Lebewelt abstarb. Bei gelegentlichen Überschwemmungen gelangten kurz darauf die skelettierten Überreste der abgestorbenen Wirbeltierfauna in die Rinnen. Die erhebliche Anzahl präfossilisierter Knochen in dem Fundgut belegt aber, dass auch die Aufarbeitung bereits abgelagerter Knochen eine gewisse Rolle spielte; ein Bonebed im engeren Sinne wie in der Lagerstätte Vellberg ist aber in Kupferzell nicht ausgebildet.

In einer solchen, mit grünem Mergel verfüllten Rinne fanden sich nahe beisammen die Skelette des Rausuchiers *Batrachotomus*. Anscheinend verfielen sich Kadaver, die aus topographisch höheren, landeinwärts liegenden Bereichen stammten, bei Überschwemmungen in der Rinne.

Nach der Ablagerung des grünen Mergels fiel die Wanne zumindest unter Bildung tief reichender Risse teilweise trocken, wobei sogar präfossilisierte Einzelknochen zerbrachen. Der dann jedoch wieder ansteigende (Grund-) Wasserspiegel mit der Ablagerung der bräunlichen Mergel ermöglichte erneut die Etablierung eines lakustrinen Ökosystems, in dem Mastodonsaurier, Plagiosaurier und Lungenfische lebten. Da sich unter der vermutlich ortsansässigen Amphibien-Fauna nun auch vollständigere Reste fanden, ist nicht ganz auszuschließen, dass auch die Gewässer, welche die bräunliche Schicht abgelagerten,

schließlich ebenfalls trockenfielen und die Tiere dadurch zu Tode kamen. Zu echten Massenansammlungen artikulierter Kadaver kam es aber nicht mehr, denn manche Knochenteile ein und desselben Individuums – so Schädelknochen des Lungenfisches *Ptychoceratodus* – wurden über größere Flächen verstreut gefunden. Demnach war auch zu diesem Zeitpunkt noch eine ausreichende Wasserbedeckung vorhanden, um den Zerfall von Skeletten und das Verspülen von Knochen zu ermöglichen. Über der braunen Schicht setzen dann wieder Dolomite ein, die eine erneute, wahrscheinlich brackische Überflutung belegen.

4. Vellberg (RAINER SCHOCH & DIETER SEEGIS)

Die Lagerstätten bei Vellberg (Eschenau und Ummenhofen, Landkreis Schwäbisch Hall) wurden etwa zeitgleich mit Kupferzell entdeckt und von engagierten Hobbypaläontologen gezielt besammelt. Hinzu kamen mehrere wissenschaftliche Grabungen (Universität Tübingen, Staatliches Museum für Naturkunde Stuttgart), in deren Verlauf zuletzt auch feinstratigraphische und taphonomische Befunde gesammelt und ausgewertet wurden (SCHOCH 2002). Die wichtigsten Fundhorizonte liegen im oberen Teil der Unteren Grauen Mergel und in den Anoplophoradolomi-

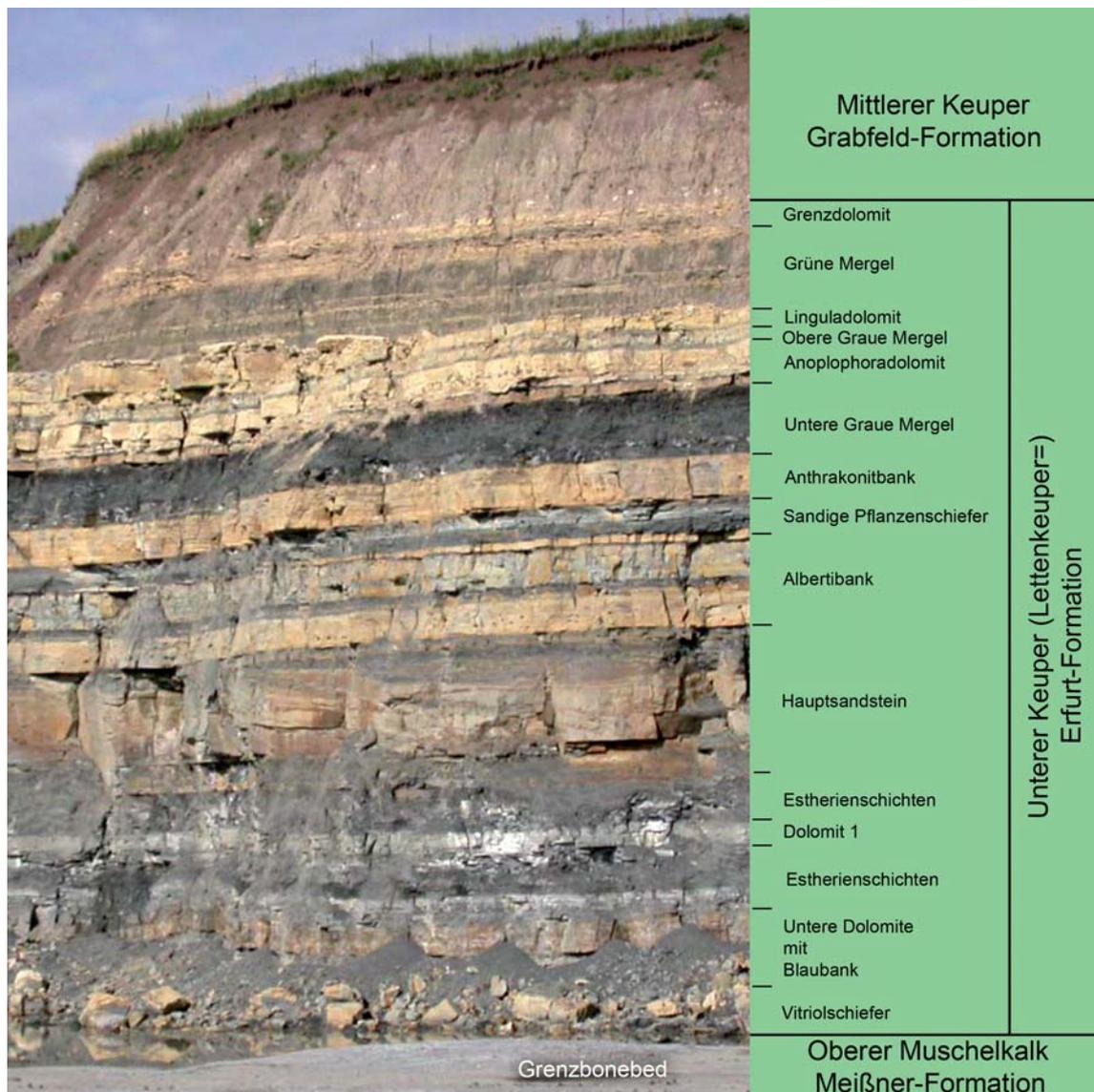


Abb. 14.5 Die 26 m mächtige Schichtenfolge des Lettenkeupers im Schotterwerk Vellberg-Eschenau. Die Wirbeltier-Fundsichten liegen im oberen Bereich der Unteren Grauen Mergel. Foto HAGDORN 2009.

ten (Abb. 14.5, 14.6). Das entspricht ziemlich genau dem Niveau der Hauptfundhorizonte bei Kupferzell, doch ist die Lithologie eine andere. Folgende Besonderheiten wurden in Vellberg beobachtet:

- Neben zahlreichen Einzelknochen selten vollständige Skelette einzelner Arten.
- Besonders häufig Funde mittlerer bis kleiner Größe, darunter Panzerplatten, Zähne, Wirbel und Knochenfragmente.
- Amphibienfunde verteilen sich ziemlich gleichmäßig auf *Callistomordax*, *Trematolestes*, *Mastodonsaurus*, *Kupferzellia*, *Plagiosuchus*, *Gerrothorax*, von denen keine dominiert.
- Plagiosaurier sind insgesamt viel seltener als in Kupferzell. *Gerrothorax* und *Plagiosuchus* kommen zusammen in denselben Horizonten vor, *Plagiosternum* stets in anderen.
- Rausuchier sind bis auf Zähne selten, gepanzerte Archosauriforme und andere Landreptilien dagegen in bestimmten Schichten häufig.
- Kleine Reptilien (Choristoderen, Archosauriforme) treten in einzelnen Schichten in großer Zahl auf. Ihre Skelette sind meistens zerfallen, weshalb die Knochen nicht gleich erkannt oder mit Knochenfisch-Knochen verwechselt werden.
- Die Fischfauna ist artenreich und divers; am häufigsten sind *Serrolepis*, fragliche Redfieldiiden, Coelacanthiden und Lungenfische, wobei die größten Arten 30 cm Körperlänge nicht überschritten haben dürften.
- Von Coelacanthiden und Lungenfischen fanden sich überwiegend Jungtiere, deren Reste oft als Speiballen.
- Muscheln (*Unionites*, *Bakevellia*) treten in dünnen, ganz konkreten Lagen sehr häufig, in Schillhorizonten sogar massenhaft auf.
- Neben den Wirbeltierresten in den Tonsteinen und Mergeln finden sich auch in massiven Dolomitsteinbänken Knochenanreicherungen und sogar artikulierte Skelette.

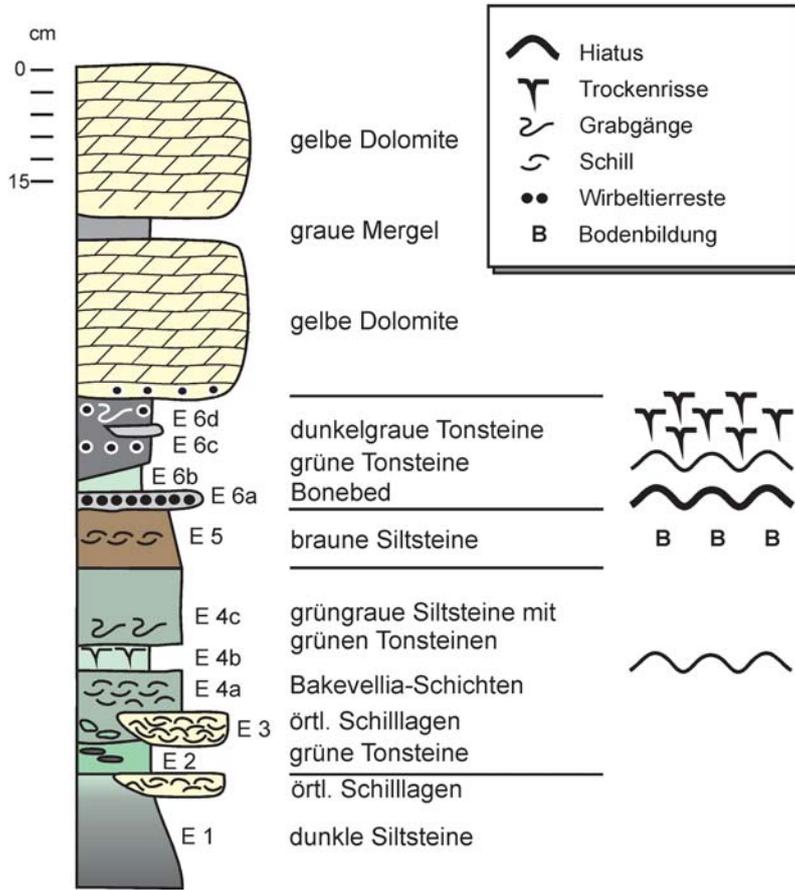


Abb. 14.6 Profil der Wirbeltierlagerstätte im Schotterwerk Schumann bei Vellberg-Eschenau.

Das wirbeltierreiche Schichtpaket und die Vergesellschaftung von Arten sind in Vellberg also deutlich verschieden von denen bei Kupferzell. Zunächst fällt auf, dass sich die Wirbeltierfunde auf mehrere, lithologisch recht unterschiedliche Schichten verteilen (Abb. 14.6). Im Gegensatz zu Kupferzell haben diese einzelnen Lagen sehr geringe Mächtigkeit, zumeist wenige Zentimeter. Die Mächtigkeit einzelner Lagen kann seitlich enorm schwanken, und einzelne Bonebeds treten örtlich sehr begrenzt auf.

Für die Entstehung der Lagerstätte bei Vellberg bietet sich folgendes Erklärungsmodell an. Ähnlich wie in Kupferzell muss eine kleinparzellierte Differenzierung der Lebensräume geherrscht haben. Viele Schichten halten lateral nicht durch oder ihre Fazies wechselt. Der rasche, oft abrupte Wechsel von brackischen, marinen und Süßwasser-Sedimenten im Profil könnte auf Schichtlücken hindeuten. Dies wird durch häufige, lokal sehr unterschiedlich ausgeprägte Bonebeds, Schillhorizonte und eingetiefte Rinnen gestützt, die Erosion und Aufarbeitung belegen. Die Anreicherung von Wirbeltieren ist also in den Bonebeds sekundärer Natur, und hier ist auch davon auszugehen, dass



Abb. 14.7 Disartikulierte Reste von *Mastodonsaurus* und *Batrachotomus* in der grauen Schicht (Schicht 6) von Vellberg-Eschenau. Grabung KUGLER 2006. Foto HAGDORN.

spielsweise Skelettreste von *Nothosaurus*, *Mastodonsaurus*, *Callistomordax* und *Batrachotomus* (Abb. 14.7, 14.8). Solche durchmischten Faunen sind aus anderen Schichten – etwa der brackisch-marinen Schicht 4 oder der eigentlichen, reptilienreichen Schicht 6 – niemals belegt. Eine Unterscheidung von sekundären und primären Lagerstätten ist hier also besonders wichtig. Es ergibt sich demnach eine zeitliche Abfolge verschiedener Lebensräume:

- Grüne, graue und braune Mergel im unteren Profilabschnitt enthalten vor allem in Eschenau häufig Zähne von *Acrodus* und regelmäßig Reste von Nothosauriern und *Plagiosternum*. Ganz vereinzelt treten auch Knochen von *Kupferzellia*

Arten aus unterschiedlichen Primärlagerstätten vermischt wurden. So fanden sich in dem Bonebed an der Basis der besonders reichen grauen Schicht 6 (SCHOCH 2002) bei-

und *Mastodonsaurus* auf. Die Lithologie dieser Schichten kann sich lateral verändern und geht häufig in karbonatische Bänke mit erosiver Basis und Muschelschill

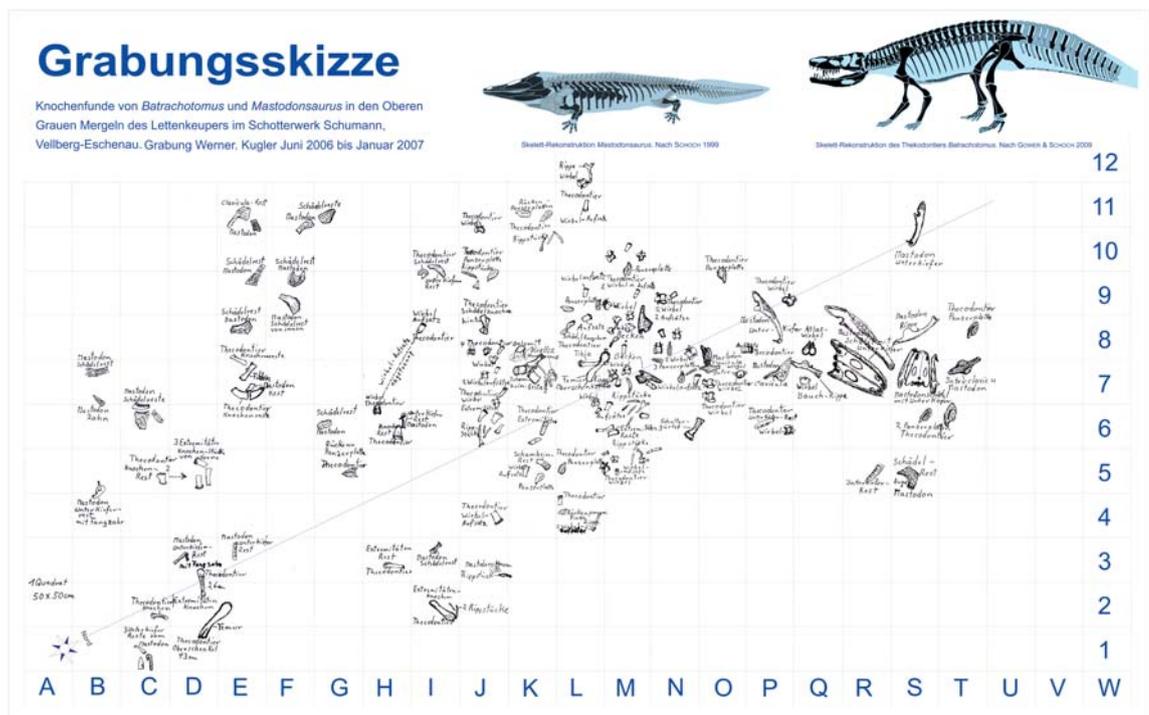


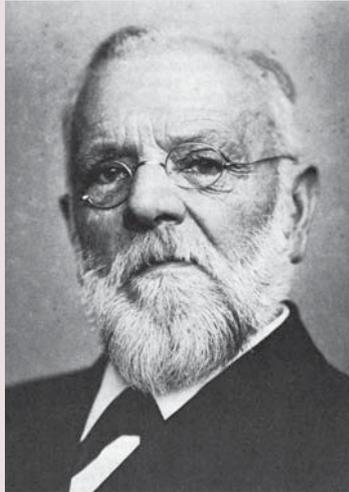
Abb. 14.8 Plan der Grabungen KUGLER 2006–2009 im Schotterwerk Schumann. Disartikulierte Reste von *Mastodonsaurus* und *Batrachotomus*.

über. Die Befunde sprechen für eine Ablagerung unter höherer Wasserenergie und in einem marinen bis brackischen Milieu, was durch die massenhaft auftretenden Bakevellen gestützt wird. Wir interpretieren diese Fazies als früheres, salzreiches Stadium eines Bracksees.

- Eine zweite Fazies umfasst dunkelgraue bis schwarze, kohleführende Schichten, die in Eschenau nur stellenweise ausgebildet und fossilarm sind, im nahe gelegenen Ummenhofen regelmäßig Skelettreste und Einzelknochen von Amphibien und Landreptilien geliefert haben. Diese Situation erinnert an die Gaildorfer Fossilagerstätte. Charophyten-Oogonien aus Eschenau (SCHOCH 2002) deuten auf Süßwasser hin. Über die Herkunft der Skelettreste und die Ökologie des Gewässers liegen keine weiteren Befunde vor. Diese Fazies könnte im Mündungsbereich eines Flusses in einen brackischen See entstanden sein; die fortdauernde Existenz eines größeren Gewässers während der Ablagerung der Unteren Grauen Mergel bei Vellberg ist wahrscheinlich.
- Die grünen bis grauen Tonsteine, die sich im Profil wiederholt einschalten, enthalten neben nesterweise auftretenden Muscheln (die euryhaline *Unionites brevis*) vor allem eine reiche Fisch-, Lurch- und Landreptilienfauna. In Eschenau ist dies die Schicht 6 und die Basis der karbonatischen Bank 7, in Ummenhofen die oberste Lage direkt unter der ersten Bank der Anoplophoradolomite (Abb. 14.7). Diese Schichten sind gewöhnlich nur 2–10 cm, selten lokal über 15 cm mächtig, teils durch fischschuppenreiche Lagen geschichtet und karbonatärmer als die umgebenden Lagen. Insgesamt deuten Fauna und Lithologie auf teils ruhige, zumeist aber sturmbedingte Ablagerung in einem nicht ganz flachen Gewässer hin, das autochthone Fisch- und Lurchfaunen beherbergte, aber durch Zuflüsse vom nahen Land regelmäßig mit allochthonen Reptilskeletten beliefert wurde. Dieser Gesteinstyp entspricht am ehesten der in Kapitel 13 beschriebenen Bracksee-Fazies, allerdings einem ausgesüßten Stadium, da jegliche Hinweise auf brackische Arten fehlen.
- Im Profil gehen die grünen und grauen Tonsteine mancherorts unvermittelt in gelbe Mergel, Steinmergel und Dolomite über, z.B. in Eschenau an der Grenze der Unteren Grauen Mergel gegen die Anoplophoradolomite. Die Karbonate können eine ähnliche Fauna enthalten wie die Tonsteine, allerdings nicht in derselben Anreicherung. Sehr bezeichnend ist, dass häufig Knochen aus den liegenden grüngrauen Tonsteinen hereinragen. Die ausgeprägte lithologische Grenze zwischen Tonstein und Dolomitstein ist allerdings durch die Diagenese verstärkt worden: Die obere karbonatische Bank konnte, wie bei Karbonatgesteinen üblich,

RICHARD BLEZINGER

* 6. 11. 1847 in Gaildorf
† 4. 6. 1928 in Crailsheim



RICHARD BLEZINGER. Familienarchiv BLEZINGER, Crailsheim.



Titelblatt aus RICHARD BLEZINGERS Gästebuch mit Eintrag von EBERHARD FRAAS. Familienarchiv BLEZINGER, Crailsheim.

Nach der Lehre in der väterlichen Apotheke in Gaildorf studierte BLEZINGER in Stuttgart Pharmazie. 1874 ließ er sich in Crailsheim als Apotheker nieder. Dort bearbeitete er die Flora für die Oberamtsbeschreibung und baute eine bedeutende Lokalsammlung von Fossilien aus Muschelkalk und Keuper auf. Als beim Bau der Bahnlinie Crailsheim-Bad Mergentheim das Grenzbonebed flächenhaft abgeschlossen war, stellte BLEZINGER einen Arbeiter an, der die „Crailsheimer Knochenbreccie“ auf ihre Fossilischatze systematisch abbaute. Besonders wertvoll sind die vielen Saurierfunde, die mit seiner Sammlung nach Stuttgart und Tübingen kamen. Auf dem Karlsberg vor den Toren Crailsheims legte BLEZINGER einen botanischen Garten an und errichtete eine geologische Pyramide. Die Universität Tübingen verlieh ihm 1927 die Ehrendoktorwürde, die Stadt Crailsheim ernannte ihn zum Ehrenbürger. Nach ihm benannt sind u.a. das rätselhafte Reptil *Blezingeria*, die Schnecke *Chemnitzia blezingeri* und die Muschel *Myalina blezingeri*.

- BERCKHEMER, F. (1928): Hofrat Dr. h.c. RICHARD BLEZINGER †. – Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg, **84**: XXIV–XXV.
- FRAAS, E. (1900): Die Triaszeit in Schwaben. Ein Blick in die Urgeschichte an der Hand von R. BLEZINGERS geologischer Pyramide. 40 S.; Ravensburg (O. Maier).
- HAGDORN, H. (1979): Ein Fossilien-sammler und seine Sammlung. – Dr. h.c. RICHARD BLEZINGER aus Crailsheim zum 50. Todestag. – Jahreshefte der Gesellschaft für Naturkunde in Württemberg, **134**: 111–125.
- HAGDORN, H. (1988): Crailsheim und die Erforschung der Trias in Württemberg. – Gesellschaft für Naturkunde in Württemberg, Sonderbände, **1**: 9–21.

ihre ursprüngliche Mächtigkeit dank früher Zementation und weitgehend bewahren, während die unterlagernden

und zwischengeschalteten, einst wasserreichen Tonsteine erheblich kompaktiert wurden. So sind Schädel in den Karbonaten dreidimensional erhalten, in den Tonsteinen stark verdrückt. Es handelt sich hier also wahrscheinlich um früdiagenetische Dolomite, die aus demselben Sediment entstanden sind wie die zuvor behandelten Tonsteine. Sie gehören demnach zur selben Fazies wie diese, einem ausgesüßten, landnahen Bereich eines größeren Bracksees.

- Bonebeds oder bonebedartige Lagen sind immer auf dünne Lagen beschränkt, die oft nur lokal vorkommen. Am fundreichsten ist das Bonebed der Schicht 5, welches die bereits erwähnte Mischfauna geliefert hat. Hier ist eine Bildung unter hoher Wasserenergie und eventuell über längere Zeiträume wahrscheinlich.

Insgesamt häufen sich in Vellberg also Hinweise auf schwankende Milieus und Lebensräume, die jedoch kaum so unmittelbar aufeinander folgten, wie sie sich im Ge-

stein abbilden (Abb. 14.9). Mindestens drei verschiedene Lebensräume lassen sich rekonstruieren: (1) ein marines bis brackisches Gewässer (Bracksee-Fazies im Sinne von NITSCH, Kap. 13) mit Haien, den Sauropterygiern *Nothosaurus* und fraglichen Placodontiern sowie den salztoleranten Temnospondylen *Plagiosternum*, eingeschränkt auch *Mastodonsaurus* und *Kupferzellia*, (2) eine durch Brackwasser bis Süßwasser dominierte Fauna aus Süßwasserhaien, zahlreichen Knochenfischen, Temnospondylen, Chroniosu-chiern und Choristodern, und schließlich (3) eine sicherlich terrestrische Fauna aus Procolophoniern, urtümlichen Echsen und Brückenechsen, Protosauriern (*Tanystropheus*-Verwandte), Archosauriformen („Zwergdrachen“ und „Gürteldrachen“) und weiteren bislang noch rätselhaften Archosauriern und kleinen Synapsiden. Diese Fauna ist bislang erst bruchstückhaft bekannt und wohl nicht in Gänze überliefert.

Am interessantesten erscheint uns derzeit der Nachweis eines örtlich begrenzten Gewässers, das offensichtlich ausgesüßt war (Eschenau, Schichten 6–7). Dieser See mag sich aus den im Liegenden von Schicht 6 dokumentierten, brackischen Gewässern entwickelt haben, oder aber eine Neubildung nach einer Trockenphase sein (die aber nicht durch Trockenrisse oder Gipsknollen belegt ist). Im ausgesüßten Stadium der Schicht 6 hatte der See vielleicht nur wenige Kilometer Durchmesser, denn in Ummenhofen findet sich keine direkt vergleichbare Schicht. Anscheinend diente er als Laichgebiet und Kinderstube für Coelacanthiden und Lungenfische, was auf einen Zufluss hindeutet, über den die Erwachsenen zu- und nach der Eiablage wieder abwanderten. Die Seltenheit vor allem von Resten ausgewachsener, großer Lungenfische deuten wir zumindest so, dass die Erwachsenen nicht dauerhaft im See lebten. Das deckt sich mit dem überwiegenden Fehlen einer Bodenfauna (Muscheln, Schnecken), von welcher zumindest die Lungenfische hätten leben müssen. In der Frühphase des Süßwassersees, die stellenweise durch

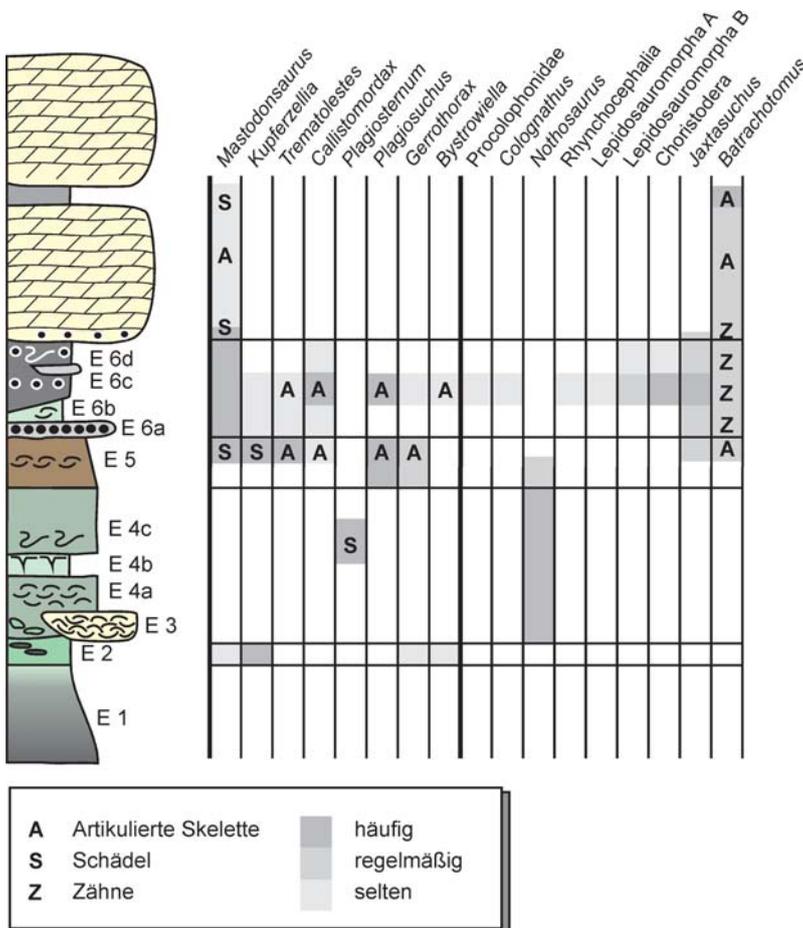


Abb. 14.9 Stratigraphische Verteilung und relative Häufigkeit von Wirbeltieren in der Lagerstätte Vellberg-Eschenau.

eine andernorts erodierte grüne Tonsteinlage erhalten ist, war die Ablagerung ruhiger und der Boden belebt, so dass sich Muscheln ansiedeln konnten.

Die dunkle Farbe der Tonsteine (Schicht 6) bezeugt den Reichtum an organischen Stoffen. Pyrit und Limonit finden sich häufig. Beides deuten wir als Hinweis auf eine (zumindest in sturmfreien Zeiten) stagnierende Bodenzone, die zeitweise lebensfeindlich gewesen sein könnte. Tatsächlich ist die Muschel *Unionites* – mit Ausnahme seltener, eingespülter Einzelklappen, die mindestens teilweise gewölbt-unten, also in strömungsinstabiler Lage, eingebettet wurden –, nur auf wenige Nester in den unteren Lagen der Tonsteine beschränkt. Die Existenz einer sauerstoffärmeren Bodenzone lässt weiter auf eine normalerweise bestehende Schichtung des Wasserkörpers schließen und darauf, dass der See etliche Meter bis wenige Zehnermeter Tiefe erreicht hat. Der wahrscheinlich am Gewässerboden lebende Plagiosaurier *Gerrothorax* ist selten und konnte allenfalls während besser durchlüfteter Phasen in dem See existieren, oder seine seltenen Reste sind eingeschwemmt. *Plagiosuchus* schwamm dagegen wahrscheinlich aktiv in höheren Wasserschichten, wo sich wohl auch die Fische und anderen Lurche aufhielten. Insgesamt deuten die zahlreichen Fisch- und Lurcharten auf ein komplexeres Ökosystem hin, das längere Zeit gebraucht haben wird, sich zu etablieren. Daraus lässt sich auf eine längere Persistenz des Gewässers schließen, die mindestens in der Größenordnung einiger Tausend Jahre gelegen haben dürfte.

Ein Ufersaum von Pflanzen ist zu erwarten, denn es kam durchweg nur eine feine Tonfracht zur Ablagerung; der Eintrag siltiger Sedimente wurde vermutlich durch Röhricht-artigen Uferbewuchs zurückgehalten. Allerdings sind die Pflanzenreste überwiegend klein und kaum bestimmbar. Weiter finden sich häufig dolomitische Schmitzen und Gerölle zusammen mit Pflanzenresten, was wir als Anzeichen für eine karbonatische Uferbeschaffenheit deuten.

Wie zuvor erwähnt, könnte sich der See (Schichten 6–7) durch Aussüßung aus einem mehr brackischen Gewässer entwickelt haben, das in den unmittelbar unterlagernden Schichten (2–5) dokumentiert ist. In diesen finden sich in den untersten Lagen *Nothosaurus*, *Plagiostemum*, *Acrodus* und die marin-brackische Muschel *Bakevella*, während nach oben hin *Nothosaurus* und *Acrodus* seltener werden, *Plagiostemum* verschwindet und *Gerrothorax*, *Plagiosuchus*, *Mastodonsaurus*, und *Callistomordax* sowie Lungenfische hinzukommen. Im eigentlichen Seehorizont 6 (graue Tonsteine) fehlen *Nothosaurus* und *Acrodus* gänzlich und Landreptilien treten schlagartig in großer Anzahl und Vielfalt hinzu (Abb. 14.7, 14.8).

5. Wolpertshausen-Heidehöfe (HANS HAGDORN)

Beim Bau der A 6 Heilbronn–Nürnberg wurden 1977–1978 nahe den Heidehöfen (Gemeinde Wolpertshausen, Landkreis Schwäbisch Hall) an der südlichen Böschung fossilführende Schichten des Lettenkeupers angeschnitten (HAGDORN 1980; URLICHS 1982). Das nur ca. 3,5 m umfassende Profil wurde in die Unteren Grauen Mergel eingestuft, wenn auch nicht ganz zweifelsfrei (GEYER et al. 2005), und ist damit ungefähr gleich alt wie die Lagerstätten von Kupferzell und Vellberg, doch ist auch hier die Lithologie verschieden. Mit einem Schurf wurden ca. 5 m² von der Wirbeltier-Fundschiefer entlang dem Ausstrich der Lagerstätte abgegraben (Abb. 14.10).

Über einem Sandstein mit Resten von *Equisetites arenaceus* folgen 40 cm grünliche Tonsteine ohne Makrofossilien, dann ein 15 cm mächtiger Dolomitstein mit Nagelkalkbasis und -top, und weitere 135 cm ockerfarbige, braunviolette und schließlich grünlichgraue Tonsteine. Darüber lag eine bis 18 cm dicke, rinnenartig ins Liegende eingeschnittene graue, schwach bituminöse Schillbank mit Kohleschmitzen, die nach Westen völlig auskeilte. Die fast ausschließlich disartikulierten Schalen sind diagenetisch kaum verändert und so gut erhalten, dass nicht nur unterschiedliche Schalenschichten, Oberflächenskulptur und Schlösser, sondern sogar Farbmuster zu erkennen sind. Wegen ihrer exzeptionellen Erhaltung wurde die Molluskenfauna eingehend untersucht (GEYER et al. 2005), obwohl sie nur wenige Arten umfasst. Einzelklappen der marinen *Myophoria transversa* und *Bakevella subcostata* lagen ausschließlich an der Bankbasis, während Klappen der limnisch-brackischen *Unionites donacinus* und *Unionites brevis* die ganze Rinne erfüllten. Hinter den Muscheln traten die Gastropoden *Neritaria* aff. *matercula*, *Neritaria interscripta* und zwei weitere, nicht benannte *Neritaria*-Arten, Ostrakoden und *Microconchus germanicus* wegen ihrer geringen Größe in der Biomasse völlig zurück. An Wirbeltieren fanden sich in der Bank nur Schuppen kleiner Actinopterygier, darunter *Serrolepis*. Der Wechsel in der Faunenkomposition wird mit rascher Veränderung der Salinität von marin-brackisch zu limnisch-brackisch erklärt.

Über der Schillbank folgen 12 cm rötlich-violette Mergelsteine, dann 5–7 cm schwarzgraue, kohlige Tonsteine mit vereinzelt Resten von *Plagiosuchus*. Sehr häufig waren Wirbeltierreste in den folgenden 17 cm rötlichbraunen bis violetten Tonsteinen. Wegen der insgesamt geringen abgegrabenen Fläche verbieten sich quantitative Aussagen über die Faunenkomposition, doch war die Funddichte groß. Sehr häufig waren Schuppen von *Serrolepis* und anderen, unbestimmten kleinen Actinopterygiern. Ein Speiballen ist aus zerfallenen Schädelknochen, einem Zahnfragment und Schuppenresten eines



Abb. 14.10 Trasse der A 6 bei Wolpertshausen-Heidehöfe während des Autobahnbaus in Blickrichtung nach Osten. Von der Fundschicht unter der hellgrauen Karbonatbank an der südlichen Böschung wurden ca. 5 qm abgegraben. Im Detailprofil folgt über der Schillbank die kohlige Lage mit *Plagiosuchus*, darüber die braunviolette Lage mit *Mastodonsaurus*, *Plagiosuchus*, Thekodontiern und anderen Wirbeltieren. Fotos HAGDORN 1978.

juvenilen *Ptychoceratodus* zusammengesetzt (Kap. 8). Von *Mastodonsaurus* fand sich ein größerer Schädel, der jedoch von den Baufahrzeugen stark fragmentiert war, ein in Auflösung befindlicher Schädel eines juvenilen Individuums, ein Unterkieferast, eine Interclavicula, einige Rippen und mehrere isolierte Zähne. Von *Kupferzella* und *Trematolestes* wurden wenige isolierte Knochen gefunden. Häufiger war *Plagiosuchus*, von dem eine Interclavicula und mehrere Claviculae sowie Wirbel, Rippen, Beckenelemente und isolierte Schädelknochen geborgen wurden. *Gerrothorax* fehlt. Der Schurf lieferte auch Reste von Reptilien, und zwar Zähne von *Batrachotomus* und von einem kleineren Thecodontier, außerdem wenige Wirbel von *Bystrawiella* und von einem Chroniosuchier. Sämtliche Wirbeltierreste waren isolierte Knochen; Skelette oder Skeletteile wurden nicht gefunden.

Über der Fundschicht lag eine 15 cm mächtige, an der Basis laminierte Karbonatgesteinsbank mit Actinopterygier-Schuppen, darüber bis zum Boden ca. 100 cm ockerfarbige und grünliche Tonsteine.

In der Abfolge von der Schillbank bis zu der Wirbeltierfundsicht lässt sich – ähnlich wie in den Lagerstätten Kupferzell und Vellberg – ein Übergang von marinen zu limnischen Fossilvergesellschaftungen erkennen.

6. Michelbach an der Bilz (HANS HAGDORN)

Im Zuge der Erschließung des Baugebietes Leitenacker II am nördlichen Ortseingang von Michelbach an der Bilz bei Schwäbisch Hall ergaben sich 1979/1980 Aufschlüsse im Oberen Lettenkeuper, in deren Abraum sich Reste von Wirbeltieren und Wirbellosen fanden (HAGDORN 1980). Es konnte ein lückenloses Profil vom Top des Hauptsandsteins bis zur Basis der Grundgipsschichten des Mittelkeupers aufgenommen werden (Abb. 14.11). Die äußerst reichen Wirbeltier-Lagerstätten liegen in dem ca. 1 m mächtigen Bereich zwischen dem Top der Albertitbank und der Basis der Anthrakonitbank, also in den Sandigen Pflanzenschiefern. Die Lagerstätte ist damit einen Kleinzyklus, also ca. 100.000 Jahre älter als Kupferzell, Vellberg und Heidehöfe. In einer Schürfgrubung wurden davon ca. 8 m² freigelegt und eingehend durchsucht.

Über ockerfarbigem Dolomit der oberen Karbonatgesteinsbank der Albertschichten (= Serrolepisbank), aus der nur isolierte Reste kleiner Actinopterygier geborgen wurden, folgen ca. 15 cm eines zähen, grüngrauen Tonsteins mit tiefen Trockenrissen, die von den hangenden 13–18 cm mächtigen dunkelblaugrauen Tonsteinen mit grünen Glaukonitkörnern und bonebedartiger Anreicherung

von Wirbeltierresten erfüllt sind; in etwas helleren Tonsteinschmitzen lagen unregelmäßig entkalkte Reste von Schalen unbestimmter Muscheln. Am Top der Trockenrisslage fanden sich mehrere artikulierte Wirbelsäulen, Rippen und assoziierte Reste von Schulter- und Beckengürtel und der Extremitäten von *Plagiosuchus*, jedoch keine Reste des Schädels. Die plattigen Knochen des Kehlbrustpanzers waren durchweg in mehrere Stücke zerbrochen und disloziert eingebettet, ließen sich aber an den alten Bruchkanten zusammensetzen; allerdings fehlten jeweils größere Teile der Panzerplatten. Von der dorsalen Hautpanzerung sind mm-große Granulae erhalten geblieben, die auf den Wirbelkörpern Eindrücke hinterlassen haben.

In dem bonebedartigen Tonstein dominieren unter den Fischen Reste kleiner Actinopterygier, vor allem *Serrolepis*, während von *Ptychoceratodus* Kaupplatten eines adulten und eines juvenilen Tieres, von einem großen Coelacanthiden ein Pterygoid gefunden wurden. Aus dieser Bank stammen außerdem zahlreiche Wirbel, z. T. mit Aufsatz, sowie Knochenplatten des Schultergürtels von *Gerrothorax*, Zähne und Fragmente von *Mastodonsaurus*-Knochen und wenige Zähne und Wirbel von *Batrachotomus*, außerdem einige Wirbel des Chroniosuchiers *Bystrowiella*. Die plattigen Knochen in dieser Bank steckten meist senkrecht

oder schräg im Sediment; Harnische zeigten Setzungsbe-
wegungen im Sediment an („Würgeletten“, vgl. Kap. 13).

Darüber folgen im Profil 5 cm schichtig spaltender Tonmergelstein mit unbestimmten, kohligh erhaltenen, größeren Pflanzenresten und vereinzelt Actinopterygierschuppen und -zähnen. Aus dieser Schicht stammen zwei vollständige, artikulierte Amphibienskelette, das Typus-exemplar von *Trematolestes* (SCHOCH 2006) und ein *Gerrothorax*, dessen Knochen jedoch wegen einer wasserführenden Kluft kleinstückig zerfallen waren und nicht präpariert wurden. Beide Skelette von ungefähr gleicher Größe waren in Bauchlage und in WSW-ONO-Richtung eingebettet, wobei jedoch bei dem langsnauzigen *Trematolestes* der Schädel nach WSW zeigte, der des breitschädelligen *Gerrothorax* nach ONO. Der im Beckenbereich umgeschlagene Ruderschwanz des *Trematolestes* deutet auf Einregelung durch eine von ONO, also vom Festland kommende Strömung; darauf weist auch die Einbettung des *Gerrothorax*-Skeletts, wenn man eine verankernde Wirkung des schweren Schädels annimmt (gehemmte Einsteuerung).

Darüber folgt im Profil eine 2–4 cm mächtige Lage von grauem Tonstein mit zahlreichen Konkretionen aus etwas hellerem Mergelstein, dann 12 cm hellgrauer, zäher, feinschichtiger Tonstein mit Pflanzenhäcksel und



Abb. 14.11 Böschung an der Zufahrt zum Baugebiet Leitenäcker II in Michelbach a. d. Bilz mit der Fundschicht (F) in den Sandigen Pflanzenschiefern; der Kohle-Horizont in den Unteren Grauen Mergeln (K) ist horizontbeständig. Zustand nach Abschluss der Grabung. Fotos HAGDORN 1980.

Setzungsharnischen. Die hangenden 11 cm eines hellgrauen, schmierigen Tonsteins enthalten wieder zahlreiche bis faustgroße, hellgraue Mergelstein-Konkretionen, jedoch keine Makrofossilien.

Darüber liegt das Basisbonebed der Anthrakonitbank, hier im Aufschluss ein bis 2 cm dicker Mergelstein mit gerundeten Tonstein-Intraklasten aus dem Liegenden und mit Resten mariner Wirbeltiere wie *Gyrolepis*, *Neusticosaurus* und *Nothosaurus*. Die Anthrakonitbank, mausgraue, plattig bis bankig spaltende Dolomitmergel mit drusigen Hohlräumen, ist 95 cm mächtig. In ihrem obersten Bereich fanden sich Conchostraken, lingulide Brachiopoden und ein Exemplar der marinen Muschel *Hoernesia socialis*.

In dem nahe gelegenen Schotterwerk Wilhelmsglück, wo der gesamte Lettenkeuper großflächig aufgeschlossen ist (BRUNNER 1973; AIGNER et al. 1990), sind die Sandigen Pflanzenschiefer bereits anders ausgebildet und haben bisher keine nennenswerten Wirbeltierreste geliefert. Es liegt demnach nahe, dass die Fossilagerstätte Michelbach – anders als die Lagerstätten bei Vellberg – in einer Rinne entstanden ist. Aus Schichtenfolge und Faunenverteilung ergibt sich ein Wechsel von einem trocken gefallenen Gewässerarm, der von *Plagiosuchus* bewohnt war. Fragmentierung der Knochenplatten und selektive Erhaltung der Skelette lassen auf die Anwesenheit von Aasfressern schließen. Der hangende bonebed-artige Tonstein, welcher die Trockenrisse auffüllte, dürfte als Absatz einer katastrophalen Schichtflut nach Starkregen zu deuten sein, mit der zunächst isolierte, aufgearbeitete Wirbeltierreste antransportiert wurden, während intakte, driftende Leichen erst mit dem letzten Absatz der Tontrübe in Strömungsrichtung eingesteuert und eingebettet wurden. Die Konkretionen im Hangenden zeigen mit ihrem erhöhten Karbonatgehalt bereits den Übergang vom terrestrisch-limnischen in den marinen Bereich an, der dann mit der Anthrakonitbank vollzogen ist. Bei der Transgression hat sich die Anthrakonitbank, mit der ein neuer „shallowing-upward“-Zyklus beginnt, rinnenartig ins Liegende eingetieft, wie im Schotterwerk Wilhelmsglück zu beobachten war (AIGNER et al. 1990).

7. Rieden-Bibersfeld und Schwäbisch Hall-Steinbach (HANS HAGDORN)

Aus demselben stratigraphischen Niveau, den Sandigen Pflanzenschiefern, stammen die einst berühmten Funde von Lungenfisch-Zahnplatten, die um 1840 unter der Fundortangabe „Bibersfeld“ in die Sammlungen gelangten. Die Sandsteinbrüche im Biberstal oberhalb Rieden und bei der Comburg lieferten im 19. Jahrhundert hervorragende Pflanzenreste (QUENSTEDT 1880; HAGDORN 1990) und lockten viele Sammler an, unter ihnen auch den Dich-

ter EDUARD MÖRIKE, der 1844 in Hall am Kocher wohnte und dort seiner Leidenschaft, dem Petrefaktensammeln, frönte (UNGERER 1950). QUENSTEDT (1880) stellte klar, dass der wirkliche Fundort der *Ceratodus*-Zähne der bereits zu seinen Zeiten aufgelassene Steinbruch beim Kastenhof nahe Rieden war: *Biegt man beim Kastenbauer auf die durch zwei schlanke Pappeln bezeichnete Brücke über die Biber [sic] ein, so kommt gleich rechts (am Lämmerberg) ein längst mit Gras überwachsener Steinbruch, wo an den alten Halden noch Knochen vom Nothosaurus, eigenthümliche Schildstücke des Mastodonsaurus und faltige Zahnreste von Ceratodus, freilich sparsam darin zerstreut liegen. Es ist das für Kenner immerhin ein seltenes freudiges Ereigniß* (QUENSTEDT 1880: 16). Sammler und Händler hatten den wahren Fundort der seltenen Fossilien verheimlicht und nur der Zufall half QUENSTEDT, die schon zu seiner Zeit historische Fundstelle wiederzuentdecken. *Die Sache wäre wahrscheinlich nie aufgeklärt, wenn nicht 1865 zufällig ein alter Arbeiter mir von Knochen erzählt hätte, die früher in Masse dort gesammelt worden wären. Gleich beim ersten Eintritt erkannte ich mit Freude an dem grünlichen Thone, welcher an den Knochen haftete, dass hier das verheimlichte Nest sei* (QUENSTEDT 1880: 17). Das detaillierte Profil, das QUENSTEDT (1880) vom Riedener Lettenkeuper aufnahm, lässt sich leicht mit den Profilen von der rechten Kocherseite korrelieren. Demnach entsprechen Quenstedts „Windheuchel mit Leber“ der Albertibank und die grünen Letten, aus welchen die Funde stammen, den Sandigen Pflanzenschiefern (HAGDORN 1990). Außer Lungenfischzähnen, die hier offenbar besonders häufig waren, erschürfte Quenstedt darin Panzerplatten und Wirbel von *Mastodonsaurus* sowie Panzerplatten von Plagiosauriern, die er wegen ihrer nadelkopffähnlichen Skulptur mit devonischen Panzerfischen verglich, denn die Plagiosaurier wurden erst später, durch E. FRAAS (1889) als selbständige Amphibiengruppe bekannt. Die „oberen Windheuchel“, für die QUENSTEDT Estherien, Linguliden und große Hoernesien aufführt, sind mit der Anthrakonitbank zu korrelieren.

Die obere Karbonatbank der Albertibank erwies sich in der näheren Umgebung von Schwäbisch Hall als sehr reich an Wirbeltierresten. QUENSTEDT (1880) hatte die bis 30 cm mächtige Bank nach den häufigen und charakteristischen Schuppen des kleinen Actinopterygiers *Serrolepis suevicus* benannt, wegen ihres Bitumengehaltes auch als Stinkstein bezeichnet. Aus dem Abraum der Steinbrüche des Biberstals beschrieb er daraus neben den häufigen *Serrolepis*-Schuppen *Ceratodus gypsatus* (= *Ptychoceratodus serratus*), Panzerplatten von *Mastodonsaurus*, und ein Zahnfragment von *Batrachotomus*.

Neue Aufsammlungen in der *Serrolepis*-Bank von Schwäbisch Hall-Steinbach (aufgelassene Steinbrüche Scheuermann und Hirsch, heute Naturschutzgebiet, Abb. 14.12) erbrachten in den vergangenen Jahren zahlreiche

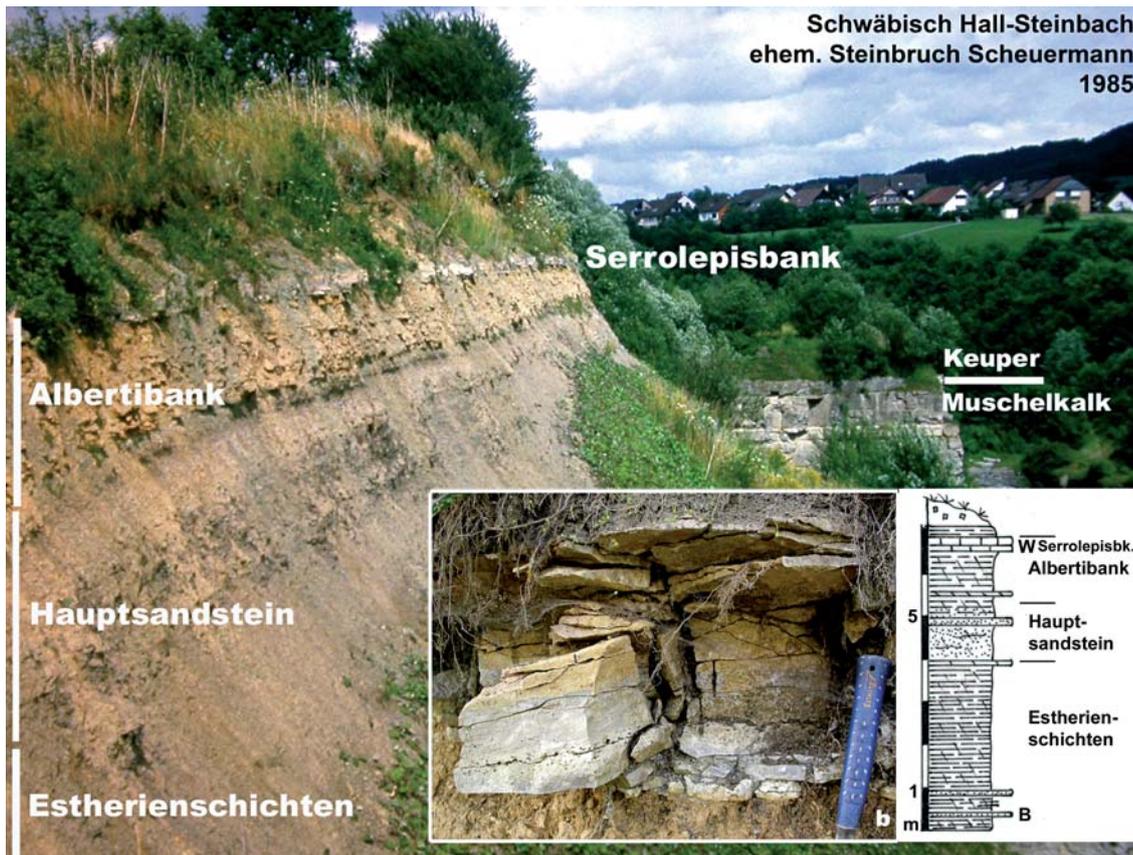


Abb. 14.12 Aufgelassener Steinbruch Scheuermann bei Schwäbisch Hall-Steinbach. Das Bonebed in den Estheriensichten (B) war zum Zeitpunkt der fotografischen Aufnahme bereits im Hangfuß verschüttet. Im oberen Profilbereich bildet die obere Lage der Albertibank, die Serrolepisbank, ein Sims. Wenige Meter weiter westlich ist eine Sandsteinrinne bis auf die Blaubank eingetieft. In der Detailansicht der Serrolepisbank Hohlräume nach Steinsalzkrystallen. Fotos HAGDORN 1985.

Wirbeltierreste, die eine Rekonstruktion des Habitats und seiner Bewohner erlauben (BRUNNER & HAGDORN 1985; SIMON et al. 2001; HAGDORN & MUTTER 2011). Die *Serrolepis*-Bank ist hier ein bis 30 cm dicker, grauer, schwach dolomitischer Ostrakoden-Biomikrit mit bis 5 mm dicken vertikalen Rissen, die mit braunem Dolomitmergel verfüllt sind. Die unteren 20 cm der Bank sind stellenweise von würfelförmigen Hohlräumen durchsetzt, die von aufgelösten Steinsalzkristallen herrühren. Hier fanden sich mehrere Zahnplatten von *Ceratodus* cf. *concinus* und *Ptychoceratodus serratus*, meist im Verbund mit den zahntragenden Knochen, und zwar ausschließlich von juvenilen oder halb erwachsenen Individuen. Im 150 m weiter östlich gelegenen Steinbruch Hirsch fehlen Trockenrisse und Hohlräume, doch die obersten 3 cm der Bank sind hier dunkler, etwas bituminös und spalten feinschichtig; nach oben folgen hier kohlige Mergelsteine, die zahlreiche kleine Wirbeltierreste enthalten. Aus dem feinschichtigen Top der Bank stammen mehrere Skelette von *Serrolepis suevicus* und von einem klei-

nen fraglichen Redfieldiiformen in mehr oder weniger weit fortgeschrittenem Zerfall, außerdem zahlreiche Schädelknochen eines großen Coelacanthiden. An weiteren Wirbeltieren fanden sich in der *Serrolepis*-Bank: Zähne eines kleinen Haies, die zu *Lissodus* gestellt wurden, Kieferreste und Zähne eines kleinen *Saurichthys*, Schädelreste und Zähne von *Gerrothorax* und *Mastodonsaurus*, Wirbel eines kleinen *Nothosaurus* sowie Zähne von *Batrachotomus* und einem kleineren Thekodontier mit glatten Schneidekanten, außerdem ein Osteoderm eines doswelliden Archosauriers. Diese Wirbeltiervergesellschaftung, der typische marine Elemente wie die hybodontiformen Haie *Acrodus*, *Polyacrodus*, *Palaeobates*, *Parhybodus*, die Actinopterygier *Colobodus*, *Gyrolepis*, *Birgeria* und große *Saurichthys* sowie große Nothosaurier und Placodontier fehlen, deutet zusammen mit den Ostrakoden auf Ablagerung in einem ausgesüßten randlichen oder isolierten Bereich des Albertibank-Bracksees, der trocken fiel. Dabei sammelten sich kleine Fische in lokalen Resttumpeln, wo ihre aus-

getrockneten Leichen in unterschiedlichen Zerfallsstadien eingebettet wurden. Die häufigen Ostrakoden waren vermutlich Haupt-Nahrungsbasis der kleinen Actinopterygier, die wiederum den größeren Räubern (Coelacanthiden, *Gerrothorax*) als Beute dienten. Das Fehlen zusammenhängender Reste von größeren Wirbeltieren lässt sich vielleicht auf aasfressende Rausuchier zurückführen.

8. Hoheneck (DIETER SEEGIS)

Wohl seit der Gründung der Stadt Ludwigsburg und bis ins frühe 20. Jahrhundert hinein wurde nahe der Ortschaften Hoheneck und Eglosheim in größerem Umfang Dolomitgestein aus dem Oberen Unterkeuper als Baumaterial abgebaut. Dieses als *Hohenecker Kalk* bekannte Dolomitgestein lieferte ab dem 19. Jahrhundert zahlreiche Wirbeltierfunde und trug so maßgeblich zur Bekanntheit des Lettenkeupers als wirbeltierreichem Schichtenabschnitt bei (BERCKHEMER 1929; KOLB 1929). Da der Großteil der Funde, die in die öffentlichen und privaten Sammlungen gelangten, allerdings von den Steinbrechern erworben wurde und es nie gezielte Aufsammlungen gab, ist heute über Häufigkeiten und Verteilung der Wirbeltierreste wenig bekannt. Dementsprechend eingeschränkt sind die Aussagemöglichkeiten zur Genese des Sediments.

Beim *Hohenecker Kalk* handelt es sich um einen gelblichen, meist körnig-rauen und stark porösen Dolomitstein, dessen Eigenschaften – das Auftreten teils dicker, kompakter Bänke und die dank des porösen Gefüges gute Bearbeitbarkeit – ihn als Baumaterial besonders geeignet machten. Er erreicht eine für Unterkeuper-Dolomite ungewöhnlich hohe Mächtigkeit von etwa 8–9 m. Die bekanntesten Steinbrüche lagen am Kugelberg bei Hoheneck, sie sind jedoch heute verfüllt und teils überbaut (KOLB 1929). Aus anderen Gebieten als dem Raum Ludwigsburg kennt man im oberen Unterkeuper keine vertebra-reichen Dolomite dieses Typs und dieser Mächtigkeit. Stratigraphisch wird der *Hohenecker Kalk* als Sonderausbildung der *Linguladolomite* und fazielle Vertretung eines großen Teils der *Grünen Mergel* angesehen, wobei die sehr hohe Mächtigkeit dennoch auffällt.

Petrographisch handelt es sich um einen rekalkzitierten Schilldolomit bis schillführenden Dolomit, wobei die ehemaligen Muschelschalen allerdings diagenetisch aufgelöst sind und damit maßgeblich zur Porosität des Gesteins beitragen. Die Lösungsporen sind mit teils grobem Dolomit- und Calcizement ausgekleidet. Kleine, gelbliche Mergelgerölle sind häufig. Trotz der gesteinsbildenden Häufigkeit der Muschelschalen waren besser erhaltene Stücke eher selten. Die Muschelfauna wird von *Myophoria intermedia*, *Costatoria goldfussi*, *Unionites*, *Bakevella sub-*

striata, *Pleuromya* und *Pseudocorbula* dominiert und hat damit ein deutlich marines Gepräge (Kap. 15). Daneben sind Gastropoden bekannt.

Isolierte, größere Wirbeltierknochen und -zähne waren anscheinend in verschiedenen Lagen verbreitet. Auffallend ist der an Handstücken des Dolomitgesteins heute noch feststellbare hohe Gehalt an verteilten kleinen Vertebratenresten (Zähne, Schuppenfragmente und Knochen-trümmer), die meist stark zerbrochen und abgerollt sind. Besonders bemerkenswert ist, dass Wirbeltierreste aller Größen im *Hohenecker Kalk* nicht, wie sonst im Unterkeuper, auf mehr oder weniger dünne Lagen beschränkt, sondern über mehrere Meter vertikale Erstreckung verteilt sind. Demnach herrschten über längere Zeit die außergewöhnlichen Bedingungen vor, die zur Anreicherung der Vertebratenreste führten.

Die Gruppe der hybodontiformen Haie ist im *Hohenecker Kalk*, wie in vielen anderen Schichten des Unterkeupers auch, durch Zähne von *Acrodus*, *Hybodus*, *Palaeobates*, *Polyacrodus*, *Lissodus* und *Parhybodus* vertreten, die offenbar nicht selten waren, jedoch früher kaum aufbewahrt wurden. Mit Ausnahme des euryhalinen *Lissodus* sind es durchweg marine bis marin-brackische Gattungen. Von Haien dieser Gruppe stammen auch große, gut erhaltene Flossenstacheln, die man aber nicht sicher einer bestimmten Gattung zuordnen kann (Kap. 8). Jahrzehntlang war der *Hohenecker Kalk* der einzige Abschnitt des Unterkeupers, der wenigstens gelegentlich zusammenhängende Fischskelette lieferte. Gefunden wurden Ganoidfische der Gattungen *Engycolobodus* und *Gyrolepis*, die jedoch wegen der Erhaltung im rauen Dolomit nur wenige anatomische Details zeigen. Hinzu kommen Einzelknochen, u.a. von *Saurichthys*.

Ganz besonders berühmt war der *Hohenecker Kalk* wegen der sehr zahlreichen Funde von Lungenfisch-Zahnplatten der Gattungen *Ceratodus* und *Ptychoceratodus* (Kap. 8), die auch in großer Zahl in den damaligen Fossilienhandel gelangten und heute noch in vielen öffentlichen Sammlungen liegen. Insgesamt dürften mehr als 500 dieser Zahnplatten gefunden worden sein. Dennoch lag in Hoheneck im Gegensatz zu früheren Annahmen kein Lebensraum dieser großen Fische vor, da sehr viele Zahnplatten Abrollungserscheinungen zeigen, Reste von Kieferknochen den Zahnplatten nur noch selten anhaften und abgerollte Zahnplattenbruchstücke anscheinend häufig waren, aber beim Abbau nur wenig beachtet wurden.

Von Coelacanthiden kennt man einen Schädelknochen und ein zusammenhängendes, jedoch schlecht erhaltenes Skelett. Reste dieser Fischgruppe dürften häufiger gewesen sein, wurden jedoch wohl wegen ihrer Unscheinbarkeit kaum gesammelt.

Nicht weniger berühmt als durch die Fischfunde wurde der *Hohenecker Kalk* auch durch seine Reptil-

fauna. Dort gelangen erstmals zusammenhängende Skelettfunde des kleinen Pachypleurosauriers *Neusticosaurus*, eines nur etwa 20–30 cm großen Sauropterygiers, der heute in großer Anzahl auch aus der marinen Mitteltrias der Südalpen bekannt ist. Bei Eglosheim wurde in einem Steinbruch gegen Ende des 19. Jahrhunderts eine Schichtfläche aufgedeckt, auf der nach E. FRAAS etwa 100 Skelette dieser kleinen Pachypleurosaurier lagen. Bruchstücke dieser Lage werden heute noch in verschiedenen Sammlungen aufbewahrt (Abb. 16.1). Für einen Schilldolomit, der hochenergetische Ablagerungsbedingungen nahe legt, ist die Erhaltung solch fragiler Skelette freilich sehr ungewöhnlich. Deshalb ist anzunehmen, dass hier ganz besondere Umstände vorlagen: Vermutlich setzte aus unbekanntem Gründen zunächst ein lokales Massensterben ein; die Kadaver dürften dann durch Strömungen in sehr flachem Wasser, eventuell gar einem Strandsaum, erst zusammengeschwemmt und sodann rasch mit Karbonatschlamm und Schill überdeckt worden sein, und schließlich fand am Einbettungsort auch nicht die übliche Aufarbeitung der zuvor abgelagerten Sedimente mehr statt. Einzelne Skelette von *Neusticosaurus* fanden sich allerdings auch bei Hoheneck, was auch hier gelegentliche rasche Einbettung belegt.

Knochenreste von *Nothosaurus* waren nicht selten und wurden von den Arbeitern auch stark beachtet. Die größten Stücke, darunter Schädelreste und ein schlecht erhaltenes Teilskelett, stammen von mehrere Meter großen Tieren. Sie werden heute zu *Nothosaurus giganteus* gerechnet, der bereits im Oberen Muschelkalk auftritt. Auch von *Simosaurus* gibt es einen Schädel Fund. Der Placodontier *Psephosaurus* ist durch größere Teile seines aus polygonalen Knochenplatten bestehenden Panzers vertreten, ferner durch zahlreiche einzelne Panzerplatten und einige Zähne.

Reste des großen, im Unterkeuper sonst eher häufigen Urlurchs *Mastodonsaurus* waren dagegen selten und meist bruchstückhaft erhalten, und man muss annehmen, dass sie aus dem nahen Küstenbereich eingeschwemmt wurden. Man kennt lediglich zwei große, unvollständige Schädel und wenige sonstige Knochenreste.

Auf die Existenz von nicht näher bestimmbar Archosauriern weisen wenige mittelgroße Zähne mit gekerbten Schneidekanten hin; auch sie sind sicherlich vom Land her eingeschwemmt.

Die Gesamtf fauna des Hohenecker Kalks erinnert stark an den Oberen Muschelkalk und ist eindeutig als eingeschränkt marin bis marin-brackisch einzustufen. Anscheinend existierte dort für einen längeren Zeitraum ein küstennaher, flacher und hochenergetischer Meeresbereich, in dem Wellenbewegung und Strömungen die Hartteile der reichhaltigen Fauna anreicherten. Auf Landnähe weisen die erwähnten Mastodonsaurier- und Archosaurier-

er-Reste hin. Die an kleinen Vertebratenresten oft zu beobachtende Abrollung und Politur könnte ein Hinweis darauf sein, dass in der Nähe Bonebeds mit präfossilierten Wirbeltierresten aufgearbeitet und die phosphatischen Komponenten – Zähne, Knochen, Schuppen, Koprolithen – im Hohenecker Kalk erneut eingebettet wurden. Möglicherweise erklärt sich so auch die bemerkenswerte Häufung an abgerollten Fragmenten und an vollständigen Lungenfisch-Zahnplatten, deren hochmineralisierte Zahnsubstanz gegen mechanische Zerstörung oder Lösung besonders widerstandsfähig war.

9. Arnstadt im Thüringer Becken (RALF WERNEBURG)

In den letzten Jahren sind in der Typusregion der Erfurt-Formation im Thüringer Becken vor allem durch den Autobahn- und ICE-Trassenbau eine Vielzahl neuer Aufschlüsse entstanden (Abb. 14.13). Hier wurden vom Naturhistorischen Museum Schleusingen und von engagierten Privatsammlern Fossilagerstätten erkundet und dokumentiert. Besonders fossilreich waren zwei Profilerbereiche an der ICE-Trasse auf Höhe der A 71-Abfahrt „Arnstadt-Nord“. Das eine Profil war im Jahr 2002 aufgeschlossen und lag ca. 400 m südlich der Brücke an dieser Abfahrt (WERNEBURG 2004). Es umfasst den höheren Teil der Rotmergelzone, die Dolomite D mit dem Nauendorfer Kalk und den unteren Bereich des Sandsteins S 2 der Thüringer Gliederung (Abb. 14.14). Das zweite Profil war im Jahre 2003 zugänglich und konnte fast 1 km weit nördlich dieser Brücke verfolgt werden (WERNEBURG & WITTE 2005). Es beginnt mit den Dolomiten D und endet in den Lichten Mergeln.

9.1. Profil 2002, südlich Autobahnausfahrt „Arnstadt-Nord“

Das Trassen-Profil 2002 ist fast 12 m mächtig. Im Liegenden der Dolomite D fanden sich innerhalb der Rotmergelzone auf einer dünnen Sandsteinbank fossile Spuren kleiner Krebse (*Diplichnites*). Im Hangenden der Dolomite D waren drei allochthone Fossilagerstätten besonders interessant.

Nauendorfer Kalk (Dolomite D) – Die dunkelgrauen Bereiche dieser Kalksteinbank enthalten massenhaft Feinschill von Süßwassermuscheln. Die weißlichgrauen Kalzitschalentrümmer sind nur 1 bis 3 mm groß und stammen wohl von *Unionites*. Auch eine nur 2 mm große Kleinschnecke wurde hier nachgewiesen. Diese Molluskenreste sind vergesellschaftet mit einzelnen Characeen-Oogonien und resedimentierten Geröllern. Die etwas helleren, mittelgrau bis grünlichgrauen Partien des Nauen-



Abb. 14.13 Erfurt-Formation nahe der Typlokalität. Einschnitt der ICE-Trasse im Bereich des Hauptlettenkohlsandsteins S2 bis Sandstein S3 nördlich der Brücke an der Ausfahrt Arnstadt Nord der A 71. Foto WERNEBURG 2003.

dorfer Kalkes enthalten massenhaft Characeen-Oogonien, aber keinen Muschelschill. Auch Vertebratenreste fehlen hier. Insgesamt gesehen scheint es sich bei dieser Kalksteinbank um einen Aufarbeitungshorizont zu handeln. Die fossilen Schalen müssen weit transportiert und fraktioniert worden sein. Dabei sind in bestimmten Bereichen Mikroschill von Muscheln und anderenorts Characeen-Oogonien massenhaft angereichert worden.

„Muschel-Sandstein“ (basaler Sandstein S 2u) – Die beiden gelbbraunen Sandsteinbänke sind durch und durch mit tausenden Skulptursteinkernen und Abdrücken von Süßwassermuscheln durchsetzt. Meist sind es einzelne, ab und zu aber auch doppelklappige, klaffende Schalen, überwiegend von *Unionites brevis*. Manche Schalen werden deutlich größer (6 cm) und gehören wohl zu dem Formenkreis um die rezente Gattung *Unio* (SEEGIS 1999). Auf manchen Steinkernen haben sich auch die spiralig gewundenen *Microconchus*-Gehäuse („*Spirorbis*“) erhalten. Die Muschelschalen sind nicht sehr weit transportiert, spülsaumartig angereichert und verhältnismäßig schnell geschüttet worden. Vermutlich repräsentieren die „Muschelsandsteine“ ein schnelles fluviatil-limnisches Schüttungsereignis. Die Muscheln der Gattung *Unionites* zeigen nur geringe Salinität an. Es fehlt *Myophoria transversa*, die für marine Verhältnisse sprechen würde.

„Wirbeltier-Pflanzen-Sandstein“ (Sandstein S 2u) – Dieser Schichtkomplex besteht aus vier

genetischen Einheiten (A–D). Unter stürmisch limnischen Bedingungen kam ein basales Bonebed (A) mit Actinopterygier-Schuppen (*Gyrolepis* und *Colobodus*) und drei oder vier Arten kleiner Haie zur Ablagerung, von denen ein oder zwei marin waren (Hyodontier *Palaeobates angustissimus* und *Hybodonchus* sp.). Diese sind am stärksten abgerollt und von weiterher antransportiert worden. Die typisch limnischen Elemente *Doratodus tricuspidatus* und der Hyodontier *Lissodus minimus* überwiegen und sind weniger aufgearbeitet. Vom limnischen *Mastodonsaurus* ist lediglich ein Zähnchen da. Über dem Bonebed liegt eine tonig-schluffige Lage (B). Der Nachweis von Conchostraken bekräftigt ihre Entstehung unter Stillwasserbedingungen. Über den Einheiten A und B folgt eine massive und zum Teil erosive Sandsteinschüttung (C). An ihrer Basis fanden sich regellos verteilte, über 6 m lange Koniferenstämme (Abb. 5.4a, b) und zahlreiche Tetrapodenknochen. Darunter sind allein etwa 50 Knochenreste von Amphibien. Es wurden geborgen:

- *Mastodonsaurus giganteus*: etwa 40 Knochenreste, darunter ein größeres Fragment des Gaumens und Hirnschädels, Einzelknochen mit einer Länge bis 35 cm, Fangzähne bis 6,5 cm Länge, Dentale, Humerus, Wirbel und Knochen des Schultergürtels, Koprolithen, ein fraglicher Magenstone
- *Gerrothorax pulcherimus*: Interclavicula und Clavicula
- *Plagiosuchus pustuliferus*: Clavicula

- *Plagiosternum granulatum*: Interclavicula mit praefossilisierten Fehlstellen
- *Trematolestes hagdomi*: Schädelknochenrest und Clavicula
- *Nothosaurus*: ein Wirbel
- zwei Knochen von Sarcopterygiern, möglicherweise von Quastenflossern.

Diese Fauna und Flora unterscheidet sich deutlich von der des Bonebeds (SCHOCH 2002). Bei den Knochenfunden ist keine Frachtsonderung oder Anreicherung festzustellen, was mit einer relativ niedrigen Transportenergie im Wasser einhergehen würde. Vielmehr ist eine Mischung von drei Komponenten aus dem Fundgut ablesbar. Das Gaumen-Hirnschädel-Fragment von *Mastodonsaurus* ist noch artikuliert erhalten und nicht weit transportiert worden. Zur zweiten Komponente gehört die große Masse der Knochenfunde, die disartikuliert, nur leicht abgerieben und gerundet sind. Das deutet auf relativ kurze Transportwege und ziemlich schnelle Einbettung der Einzelknochen hin. Diese Knochen gehören vor allem zu *Mastodonsaurus* sowie zu dem Plagiosaurier *Gerrothorax*, dem kleinen Trematosaurier und *Nothosaurus*. Diese Tetrapoden stammen aus dem nahegelegenen Ablagerungsraum und wohl auch gleichen Lebensraum. Die Vergesellschaftung von limnischen Amphibien mit dem marinen Nothosaurier bekräftigt auch von dieser Fossilagerstätte die Erkenntnis, dass *Nothosaurus* im Lettenkeuper in flache, sehr küstennahe Bereiche vorgedrungen ist (SCHOCH 2002). Eine dritte Komponente betrifft die Minderheit von stark abgeschliffenen Knochen, die schon länger und von weit her antransportiert und erneut aufgearbeitet wurden. Hierzu gehören ein Fangzahnstumpf und zwei Claviculae von *Mastodonsaurus*, eine Clavicula von *Plagiosuchus* und eine Interclavicula mit praefossilisierten Fehlstellen von *Plagiosternum*. Aus den genannten Befunden lässt sich für die Sandsteinbasis der Schicht 18 (C) ein großflächig fluviatiles, sturmflutartiges Szenario ableiten, bei dem die mitgerissenen Baumstämme und Knochen nur relativ kurz, aber heftig transportiert und regellos abgelagert wurden. Die basale Flutschüttung des Sandsteins (C) geht zum Hangenden in einen fluviatilen Bereich mit deutlich geringerer Transportenergie über (D). Dieser mittlere und obere Bereich der Sandsteinbänke (Schicht 18) hat immerhin 6 verschiedene Pflanzenarten geliefert. Bestände von *Equisetites* standen wohl ganz in der Nähe, denn das weitaus meiste Fundmaterial stammt von diesem Schachtelhalmgewächs, dane-

Lettenkeuper-Profile im Thüringer Becken

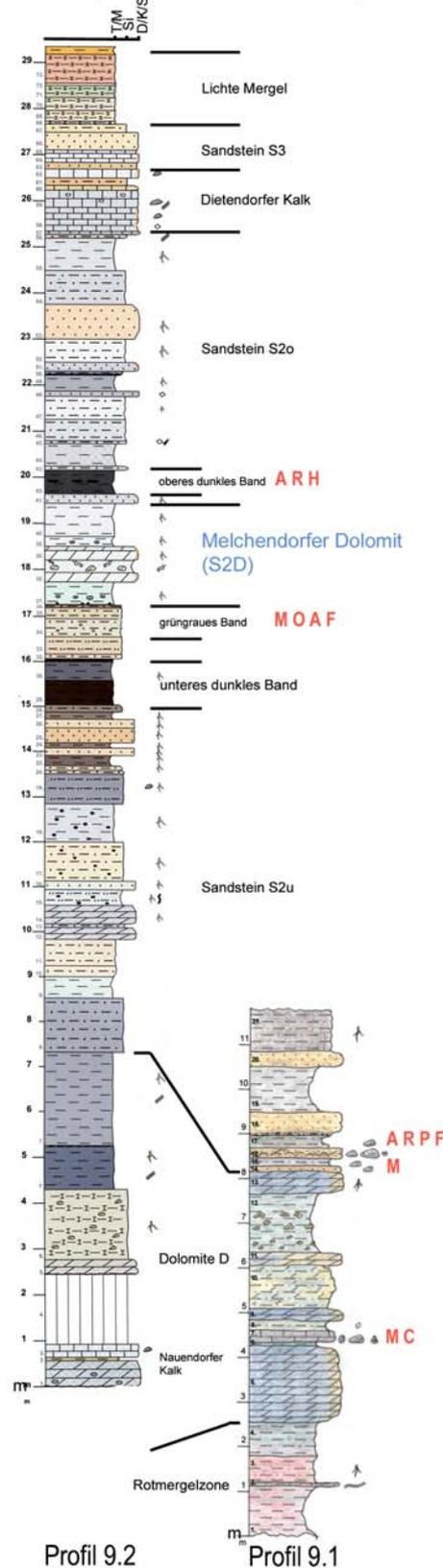


Abb. 14.14 Profile von den Trassen von A 71 und ICE bei der Ausfahrt Arnstadt-Nord. A – Amphibien, R – Reptilien, F – Fische, M – Mollusken, O – Ostrakoden, H – Hölzer, P – Pflanzen, C Characeen – Oogonien. (kombiniert aus WERNEBURG 2004 und WERNEBURG & WITTER 2005).

ben auch Reste von Farnen und Palmfarnen. Es wurden geborgen:

- *Equisetites arenaceus*: u.a. eine Achse von 13 cm Durchmesser und 65 cm Länge, ein Rhizom mit mehreren Wurzelnarben, eine epiphytische Invertebraten-Siedlung (KELBER & HANSCH 1995) mit langovalen Eindrücken auf einem Steinkern von *Equisetites*
- *Neocalamites* (ein dünner Marksteinkern)
- *Bernoullia franconia* (KELBER & HANSCH 1995): ein Wedelfragment mit pectopteridischen Blättchen und fertilen Fiedern samt Sporangien
- *Taeniopteris angustifolia*: Blattreste
- *Dioonitocarpidium pennaeforme*: ein Fruchtblatt.

9.2. Profil 2003, nördlich Autobahnausfahrt „Arnstadt-Nord“

Das fast 30 m mächtige Profil dokumentiert die sedimentäre Entwicklung von den Dolomiten D bis zu den Lichten Mergeln im Unteren Keuper bei Arnstadt (Abb. 14.14). Das Profil 2003 liegt nur etwa 12 km vom Typusprofil der Erfurt-Formation bei Erfurt-Melchendorf entfernt und ist damit als nahe gelegenes Vergleichsprofil zu sehen. Der Komplex Dolomite D ist im Profil 2003 um 1,20 m mächtiger als im 400 m südlicheren Profil 2002 bei der A 71-Ausfahrt „Arnstadt-Nord“. Auch eine fluviatil-erosive Rinnenentwicklung konnte im Bereich des Sandsteins S 2u dokumentiert werden. Sie belegt die raschen lateralen Wechsel in den fluviatilen Sedimentkomplexen und veranschaulicht die Schwierigkeit lithostratigraphischer Korrelation. Innerhalb des Komplexes S 2D ist der Fossilgehalt und die 700 m breite Lateralentwicklung des Melchendorf-Dolomits und seiner Begleitschichten sehr interessant, an dessen Unterseite der „Oberbank“ durch Dolomit ausgefüllte Krebsgänge im Tonstein erhalten sind. Im Bereich des Hauptlettenkohlsandsteins S 2 konnten zwei überregional bedeutsame Fossilagerstätten entdeckt werden: im „grünlichgrauen Band“ innerhalb des Sandsteins S 2u und im „oberen dunklen Band“ des Sandstein S 2o.

Fossilagerstätte „grünlichgraues Band“ innerhalb des Sandsteins S 2u – In den beige-grauen und grünlichgrau verwitternden, tonigen Schluffsteinen („grünlichgraues Band“, Schichten 34 und 35 vom Profil 2003) fanden sich mehrere Skelettreste von *Plagiosuchus pustuliferus*. Die Überreste von den fünf Skeletten verschieden großer Individuen bis etwa 1,50 m Länge waren in Teilen artikuliert, größtenteils aber disartikuliert, doch stets „nestartig“ konzentriert erhalten. 98% der etwa 200 geborgenen Einzelknochen gehören zu diesem Plagiosaurier. Als Ausnahmen sind Schädelknochen, ein Dentale und eine fragliche Interclavicula von *Kupferzellia wildi* sowie ein Unterkiefer und eine Clavicula von *Tre-*

matolestes hagdomi mit in diese „Nester“ eingeschwemmt worden, die vielleicht kolkartige Vertiefungen waren und z. T. chaotisch mit Sediment gefüllt wurden. Die Knochen zeigen keine Abrollungsspuren, sind also nicht weiter transportiert worden. Deshalb ist davon auszugehen, dass die *Plagiosuchus*-Reste parautochthon sind. Das flache Gewässer des „grünlichgrauen Bandes“, das sich vermutlich über mehr als 1 km erstreckte, war also sehr wahrscheinlich der Lebens- und Sterbeort dieses aquatischen Plagiosauriers. Für die anderen beiden Amphibien ist diese Frage nicht eindeutig zu klären, da zu wenig Knochenmaterial und keine Abnutzungsspuren vorliegen. Aus paläontologischer Sicht ist das Skelettmaterial von *Plagiosuchus pustuliferus* sehr wertvoll. Abgesehen von dem eher fragmentarisch überlieferten Schädel, allerdings mit vollständigem Unterkiefer (DAMIANI et al. 2009) liegen fast alle Knochen seines Skelettes vor. Überreste von Fischen sind in dieser Fossilagerstätte selten und beschränken sich auf wenige Schuppen von Ganoiden, darunter auch *Serrolepis*. Während im unteren Bereich der Fossilagerstätte (Schicht 34) Ostrakoden und Muscheln (*Unionites letticus*) selten waren, sind sie im oberen Teil (Schicht 35) zum Teil massenhaft vorhanden gewesen. Am häufigsten ist *Unionites letticus*, seltener der große *Unionites donacinus*. Besonders auffällig war eine Lage in Schicht 35, in der sehr häufig gut erhaltene Schalen von *Bakevella subcostata* lagen. Allerdings konnte diese Muschellage nur an einer Stelle, im Zusammenhang mit dem vierten Fund von *Plagiosuchus*, lokalisiert werden. *Bakevella* kam schon im Muschelkalkmeer vor und zeigt auch im Keuper einen gewissen Salzgehalt des Gewässers, also brackische Verhältnisse, an (SEEGIS 1999, Kap. 15). Auch kleine Mikrokonchen („*Spirorbis*“) sind ab und zu vertreten. Die hellgrauen Schalen der Ostracoden werden nicht über 1 mm groß. In der unteren Schicht 34 sind kleinste kutikuläre Reste von Schachtelhalmen und anderen Pflanzen und sowie kleine Wurzeln relativ häufig, außerdem Fusite die „Buschfeuer“ in der Umgebung belegen (Kap. 5, 15).

Fossilagerstätte „oberes dunkles Band“ des Sandstein S 2o – Die zweite hier vorgestellte Fossilagerstätte hat zu etwa 90 % Knochen eines sehr großen Mastodontosauriers geliefert, weiterhin kleinere Knochen von *Plagiosternum granulosum*, ein 26 cm langes Coracoid eines *Nothosaurus* und einen 8 cm hohen Rausuchier-Wirbel. Wirbellose Tiere wurden nicht gefunden. Die Knochen im „oberen dunklen Band“ waren im unteren, mehr sandig-grusigen Bereich des grauschwarzen Tonsteins mit viel Pyrit (Schicht 42 vom Profil 2003) konzentriert. Bei den Knochen der Amphibien und des Nothosauriers sind geringe, bei dem Landreptil-Wirbel stärkere Abnutzungsspuren durch Transport festzustellen. Das deutet auf eine Einschwemmung der Knochen hin. Auch aus den Fundumständen der vielen zerbrochenen Knochen von

Mastodonsaurus giganteus in Gemeinschaft mit dem Coracoid des *Nothosaurus*, der 4–5 m lang gewesen sein dürfte, lässt sich ableiten, dass hier eine allochthone Einbettung vorliegt. Der See des „oberen dunklen Bandes“ kann, muss aber nicht der Lebensort von *Mastodonsaurus* gewesen sein. Aber auch der Lebensraum des marinen *Nothosaurus* war sicher nicht weit entfernt, wie wir es schon von der Fossilagerstätte „Wirbeltier-Pflanzen-Sandstein“ des 660 m weiter südlich gelegenen Profils 2002 her wissen (WERNEBURG 2004; SCHOCH 2002). Sediment und Knochenhaltung zeigen erstaunliche Parallelen zwischen der Fossilagerstätte „oberes dunkles Band“ von Arnstadt und der klassischen Fundstelle von Gaildorf. Manche Gaildorfer Mastodonsaurier-Knochen aus der Stuttgarter Sammlung sind denen aus Schicht 42 zum Verwechseln ähnlich. Die in der Thüringer Fossilagerstätte gefundenen Schädelknochen und der Unterkiefer von *Mastodonsaurus giganteus* gehören zu einem etwa 1,20 m bis 1,30 m langen Schädel.

10. Bedheim in Südthüringen (RALF WERNEBURG)

Im südlichen Thüringen gibt es nur wenige Lettenkeuper-Vorkommen. Seit den Aufsammlungen und Bearbeitungen von HUGO RÜHLE VON LILIENSTERN sind die Steinbrüche am Hahnritz bei Bedheim, zwischen Hildburghausen und den Gleichbergen bei Römhild gelegen, überregional bekannt geworden. Neben verschiedenen Pflanzenfunden (RÜHLE V. LILIENSTERN 1928, 1935a) ist hier vor allem ein etwa 70 cm langer *Mastodonsaurus*-Schädel hervorzuheben (RÜHLE V. LILIENSTERN 1935b). Anfang der 1990er Jahre wurde neben den historischen Sandsteinbrüchen (Abb. 20.4) ein neuer Steinbruch aufgefahren. Das bot die Gelegenheit, ein 10 m mächtiges Gesamtprofil aufzunehmen (WERNEBURG 1994). Der bei Bedheim aufgeschlossene Sandsteinkomplex ist durch seine nahe Position zum Grenzdolomit am ehesten mit dem Sandstein S2 der Thüringer Gliederung zu vergleichen. Das Profil beginnt mit einem Wurzelhorizont in grünlichgrauem, tonigem Schluffstein. Darüber setzt mehr oder weniger erosiv ein etwa 7 m mächtiger Sandsteinkomplex in Flutfazies ein. Der hellgelblichgraue Mittelsandstein ist in den basalen 70 cm noch überwiegend horizontal, seltener auch schräg geschichtet. Es folgt eine 10 cm mächtige Bank mit deutlicher Schrägschichtung, die durch pinkrote Hämatitpartikel auffällig schlierig nachgezeichnet ist. Darüber wechselt die Farbe des Sandsteins mehr zu Rotbraun bis Pinkviolettgrau, zum Teil gelblich-rötlich geflammt. Häufig finden sich in diesem Bereich brotlaibartige, grünlichgraue Karbonatlinsen von beachtlichen Ausmaßen (1 m x 0,5 m oder 3 m x 0,6 m). Sie verwittern äußerlich zu ockerbraunem Mulm und führen Lagen von Pflanzenhäcksel. An einigen Stellen lässt sich innerhalb der Knollen die Gefügestruktur

des Sandsteins noch gut erkennen. Es handelt sich demnach um sekundär karbonatisierte Bereiche des Sandsteinkomplexes. Im oberen Drittel der Schicht dominieren wieder gelblichgraue Farben. Besonders fossilreich ist hier ein Horizont mit flachen Linsen resedimentierter Tongerölle. Das Rinnensystem erreichte nun eine besonders erosive Phase und schnitt sich an anderer Stelle bis in die recht tief liegenden Tonschichten ein. Dabei wurden auch kleine und größere Wirbeltierreste mit transportiert. An Funden liegen vor:

- *Mastodonsaurus giganteus*: ein vollständiger Gaumen und Reste des Schädeldaches (RÜHLE V. LILIENSTERN 1935) sowie Knochenreste vom Schädel, Becken und den Extremitäten
- ?*Trematolestes*: ein fragliches Supratemporale
- *Ptychoceratodus*: vgl. RÜHLE V. LILIENSTERN (1935), KRAUSE (1995, 2000)
- Koprolithen
- *Acrodus lateralis* (vereinzelt)
- *Lissodus minimus* (selten).

Die Schrägschichtung des Werksandsteinkomplexes liegt in der Dimension zwischen 10 und 30 cm. Auch zwei Lagen mit großen Wellenfurchen fanden sich, jedoch ohne Spurenfossilien. Der obere Anteil des Sandsteinkomplexes ist stellenweise dünnplattig ausgebildet. Der gelblichgraue bis violettgraue Sandstein führt nur wenig feines Pflanzenhäcksel. Hier endet das Profil des neu aufgeschlossenen Steinbruchs und der unmittelbar benachbarten, heute überwachsenen Steinbrüche.

Die hangende Schichtenfolge ist im etwa 20 m entfernten, abgesoffenen Steinbruch noch gut aufgeschlossen. Über dem dünnplattigen bis bankigen Sandstein folgt ein grünlichgrauer, toniger, mürber Schluffstein mit häufigen, bis faustgroßen, aber auch brotlaibartigen, grauen Dolomitknauern (bis 100 cm x 37 cm). Diese ockerbraun verwitternden Knauerlagen bilden auskeilende Linsen. Darüber folgt ein plattiges Sandsteinbänkchen von 2–5 cm Dicke und palökologisch aufschlussreichem Fossilinhalt, das unter erhöhter Reliefenergie abgelagert wurde. Über einer dünnen Lage eines an Pflanzenhäcksel reichen Schluffsteins setzen ein bis zwei mittel- bis grobsandige, gelbbraune Bänkchen ein, die zahllose Ichthyolithen und Saurierreste enthalten. Dieses Bonebed lieferte unterschiedlich weit, aber nicht extrem weit transportierte Zähne, Schuppen und Knöchelchen mariner und limnischer Wirbeltiere, daneben einen Fischkiefer und auch größere Knochenreste. Die Ichthyolithen sind nicht sehr stark abgerollt. Natürlich können diese recht resistenten Bestandteile einer solchen „Seifenlagerstätte“ auch aus erodierten älteren Schichten, also möglicherweise dem Hauptsandstein, stammen. 1992 wurde durch das Naturhistorische Museum Schleusingen eine größere Fläche des Bonebeds freigelegt und systematisch nach paläoökologischen Ge-

sichtspunkten ausgewertet. Dabei wurden mehr als 20 verschiedene Wirbeltierarten nachgewiesen:

Chondrichthyes

- *Acrodus lateralis*, marin (euhalin) bis limnisch, sehr häufig
- cf. *Polyacrodus* sp., marin bis limnisch, sehr selten
- *Palaeobates angustissimus*, marin, sehr selten
- *Hybodus* cf. *cuspidatus*, marin bis limnisch, sehr selten
- *Steinbachodus estheriae*, limnisch, vereinzelt
- cf. *Doratodus tricuspis*, limnisch, sehr selten
- *Lissodus minimus*, limnisch, vereinzelt bis häufig
- *Lissodus nodosus*, marin bis limnisch, selten
- cf. *Nemacanthus* sp., marin, vielleicht auch limnisch, sehr selten
- unbestimmte Reste von Flossenstacheln, marin bis limnisch
- *Saurichthys apicalis*, marin bis limnisch, häufig
- *Saurichthys* sp. (Unterkiefernabzweig), marin bis limnisch, sehr selten
- „*Thelodus*“ *inflexus*, marin bis limnisch, vereinzelt
- ?*Nephrotus* cf. *chorzowensis*, marin bis limnisch, häufig
- cf. *Sargodon* sp., fraglich marin, sehr selten
- ?*Sphaerodus* sp., fraglich marin bis limnisch, sehr selten
- *Gyrolepis* sp., marin bis limnisch, sehr häufig
- glatte Ganoidschuppen, marin bis limnisch, häufig

Amphibia

- *Mastodonsaurus* sp., limnisch, vereinzelt

Reptilia

- *Nothosaurus* sp., marin, vereinzelt.

Erwartungsgemäß dominieren die mehr limnischen Arten, obwohl viele Arten hinsichtlich Salinität recht tolerant waren und einige vollmarine Arten eingespült wurden. Typisch ist das fast völlige Fehlen des marinen *Parhybodus*. Andererseits erstaunt, dass *Doratodus tricuspis*, der in den Keuper-Bonebeds des Thüringer Beckens teilweise sehr häufig ist, bis auf einen unsicheren Rest zu fehlen scheint, *Lissodus* ist mit zwei Arten gut belegt (DUFFIN 1985). Die Fauna dieses Bonebeds ist gut vergleichbar mit den umfangreichen Erhebungen an württembergischen Bonebedfaunen durch HAGDORN & REIF (1988). Auch die ökologische Bindung der Arten wurde unter Berücksichtigung der Arbeit von LISZKOWSKI (1993) weitgehend nach HAGDORN & REIF (1988) zugeordnet.

Unmittelbar über dem Bonebed folgt eine weitere Sandsteinschüttung mit massenhaft häufigen Süßwassermuscheln. Die Steinkerne von *Unionites* bilden dabei Muschelpflaster.

Im Hangenden beschließen grünlichgraue bioturbate Schluffsteine diesen Kleinzyklus. Die vielen weit verzweigten Grabgänge sind zum Teil mit grauem Tonstein verfüllt, lassen sich also als ein letzter Hinweis auf das ehemals darüber lagernde, wegerodierte Stillwassersediment deu-

ten. Als weiterer Hinweis auf diese Phase geringster Reliefenergie fanden sich im Schluffstein auch vereinzelt Lagen mit Conchostraken. Der nächste Kleinzyklus beginnt nun wieder mit einer erosiven Sandsteinbank, jedoch ohne Bonebed. Es folgt ein Sandsteinbänkchen mit Steinkernen von *Unionites* und der Abschluss wird wiederum durch einen an Pflanzenhäcksel reichen Schluffstein gebildet. Das Ende des aufgeschlossenen Profils bilden mindestens 90 cm mächtige graue, tonige, dünnplattige Schluffsteine mit viel Pflanzenhäcksel. Zum Teil sind die Schluffsteine durch gelbbraune, flaserige Feinsandlinsen geflammt.

11. Bonebeds (HANS HAGDORN)

Bonebeds sind ganz außergewöhnliche und weltweit ausgesprochen seltene Fossilagerstätten, für die man im marinen Bereich auch nur wenige heutige Entsprechungen kennt (ANTIA 1979; ROGERS et al. 2008). Deshalb haben diese Wirbeltieranreicherungen schon früh Aufmerksamkeit gefunden und die Bearbeiter zu Überlegungen angeregt, welche Prozesse zu ihrer Entstehung geführt haben könnten (REIF 1971, 1982; ANTIA 1979; HAGDORN & REIF 1988). Die Bezeichnung ‚Bonebed‘ (= Knochenschicht) findet sich erstmals bei CONYBEARE & PHILLIPS (1822), die damit das Knochenlager an der Rhät/Lias-Grenze von Aust Cliff bei Bristol (England) kennzeichneten. Doch während der Begriff im englischen Sprachgebrauch im weiteren Sinn für jegliche Art Anreicherungen von isolierten Wirbeltierresten verwendet wurde, verengte sich seine Bedeutung im Deutschen auf Knochenbreccien, in denen präfossilisiertes Material konzentriert ist, also solche Wirbeltierreste, die mit ihrer primären Lagerstätte aufgearbeitet, dabei transportiert, abgerollt und fragmentiert wurden, bis sie schließlich in dem Bonebed auf sekundärer Lagerstätte konzentriert und erneut eingebettet wurden (im Englischen: secondary bone bed).

Bonebeds treten in der Germanischen Trias, insbesondere im Lettenkeuper, häufig auf und werden seit fast 200 Jahren als ungemein fossilreiche „Bonanzas“ intensiv besammelt und erforscht. Zu den bekanntesten Bonebeds zählt das Grenzbonebed, mit dem die Grenze zwischen Muschelkalk und Keuper gezogen wird (Abb. 14.15, 14.16).

11.1. Das Muschelkalk/Keuper-Grenzbonebed

Das Grenzbonebed wurde erstmals von PLIENINGER (1844) als *Knochenbreccie von Crailsheim* erwähnt. Die Typlokalität ist an einem *am Ufer der Jaxt angelegten Steinbruch auf Muschelkalk* zu suchen, der in der Nähe des heutigen Schotterwerks bei der Heldenmühle gelegen



Abb. 14.15 Typisches Handstück von braun verwittertem Grenzbonebed mit Vertebratensand und einzelnen größeren Wirbeltierresten: Clavicula-Fragment von *Plagiosternum granulatum*, Nothosaurier-Rippe, Koprolith mit Nahrungsresten. Satteldorf-Barenhalden. MHI Ku 2001/4. Maßstab 5 cm.

haben dürfte. Dort sammelten zu dieser Zeit der Stuttgarter Apotheker GOTTILIB WEISSMANN und sein in Crailsheim ansässiger Bruder EMANUEL. Ihre Sammeltätigkeit führte einige Jahrzehnte später der Crailsheimer Apotheker RICHARD BLEZINGER fort, aus dessen Sammlung wertvolles Fossilmaterial ins Königliche Naturalienkabinett nach Stuttgart und ins Institut für Geologie und Paläontologie der Universität Tübingen gelangte, das dort von den Wirbeltierpaläontologen EBERHARD FRAAS BZW. FRIEDRICH VON HUENE untersucht wurde (HAGDORN 1979, 1988; HAGDORN & REIF 1988).

Auch für die stratigraphische Festlegung der Grenze zwischen Muschelkalk und Keuper in Südwestdeutschland sollten die Bonebeds eine wichtige Rolle spielen. Zu-

nächst konnte E. FRAAS (1889, 1892) im Grenzbereich Muschelkalk–Keuper drei Bonebeds unterscheiden, von denen das mächtigste und fossilreichste das untere, direkt dem „Pelz“ (= Obere Terebratelbank) auflagernde ist, das von den Steinbrechern „Urwelt“ genannt wurde und auch die meisten Funde lieferte (Abb. 14.16a, b). Das mittlere Crailsheimer Bonebed ist eine inkonstante, lokal aufspaltende dünne Lage im Vitriolschiefer, das obere eine gleichfalls dünne Bonebedlage im Vitriolschiefer, die auch zahlreiche Muscheln enthält. Dieses dürfte dem Bonebed im Wagner’schen Plattenhorizont entsprechen. FRAAS (1889: 14) nennt noch weitere Bonebeds, die mit Bonebeds am Top der Blaubank, am Top der Unteren Dolomite und in den

Estherienschiefer zu korrelieren sind. REIF (1982) kommt für den Muschelkalk/Keuper-Grenzbereich bis zur Basis des Hauptsandsteins auf bis zu 18 Bonebeds, von denen das Grenzbonebed jedoch das konstanteste, mächtigste und am weitesten verbreitete ist. Im Raum Crailsheim bilden Blaubank und Untere Dolomite einen geschlossenen Karbonatgesteins-Komplex, den Fraas fälschlich mit dem schwäbischen Trigonodusdolomit (heute: Rottweil-Formation) korrelierte; den Crailsheimer Vitriolschiefer hatte er mit den Bairdientonen gleichgesetzt. Erst WAGNER (1913) konnte an seinen Profilschnitten zeigen, wie Bairdientone und Glaukonitkalk der Fränkischen Grenzschichten im nördlichen Baden-Württemberg von Westen nach Osten auskeilen (Abb. im Kasten WAGNER; detaillierte Profilserien bei REIF 1974). Im Raum Crailsheim überlagert das Grenzbonebed, das weiter westlich und nördlich auf dem Glaukonitkalk liegt, direkt die Obere Terebratellbank. Bestätigt wird diese Schichtlücke durch biostratigraphische Daten: Im süddeutschen Beckenzentrum ist die *semipartitus*-Zone noch vollständig ausgebildet, während sie in mehr randlichen Bereichen zumindest in ihrem obersten Teil fehlt. Reste von *Ceratites* (*Discoceratites*) *semipartitus* und *Ceratites* (*Discoceratites*) *dorsoplanus* finden sich im Raum Crailsheim als Intraklasten im Kondensat an der Basis des Bonebeds (HAGDORN & REIF 1988).

Durch die Subkommission Perm-Trias der Deutschen Stratigraphischen Kommission wurde die Grenze zwischen Muschelkalk und Keuper in Süddeutschland an die Basis des Grenzbonebeds gelegt. Das Grenzbonebed als Basisschicht des Keupers konnte von REIF (1971, 1982) bis ins Thüringer Becken und im Westen bis nach Lothringen nachgewiesen werden, neuerdings durch LÖFFLER & PRINZGRIMM (2013) auch an der Mosel bei Palzem. Es hat eine Ausdehnung von über 50.000 km².

Die Mächtigkeit des Grenzbonebeds nimmt im nördlichen Baden-Württemberg generell von Westen nach Osten zu, schwankt aber kleinräumlich zwischen 1 und 10 cm und erreicht auf einem Nordost-Südwest-gerichteten Streifen zwischen Schwäbisch Hall und Rothenburg ob der Tauber maximal 15 cm (REIF 1971). Auch die Lithologie unterliegt kleinräumlich starken Schwankungen. Das dunkelgrüngrau gefärbte, aber rotbraun verwitternde Bonebed überlagert mit scharfer, erosiver Basis entweder Schillkalksteine oder Mergelsteine, die lokal Rhizocoralien enthalten. In karbonatischer oder toniger Grundmasse finden sich in dichter Packung lokal bis zu 80% Quarzsand, außerdem Glaukonit, Pyritkörner, die zu rotbraunem Limonit verwittern, stellenweise bis zu 30% karbonatische Intraklasten aus dem Liegenden (Abb. 14.16a), darunter auch Brachiopoden und Fragmente von Ceratitensteinkernen, lokal auch Schalen von Muscheln und Ostrakoden, und bis zu 20% Wirbeltierreste aus Karbonat-Fluor-Apatit (Knochen, Zähne, Schuppen, Koprolithen), die einen

Vertebratensand bilden. Sie wurden unter anoxischen Bedingungen, wie sie bereits unter geringer Sedimentbedeckung möglich sind, unter Einfluss von Bakterien bei Phosphatüberschuss präfossilisiert. REIF (1971) errechnete für das Grenzbonebed einen mehr als 40-fachen Gehalt an Phosphat als im durchschnittlichen Muschelkalk. Im Bonebed sind die Wirbeltierreste stets disartikuliert und größtenteils zerbrochen, größere Knochen sind jedoch nicht kompaktiert, so dass ihre histologische Struktur erhalten geblieben ist. REIF (1971) konnte an den glatten Bruchflächen und am Abnutzungsgrad der Wirbeltierreste zeigen, dass sie im Vertebratensand präfossilisiert, aufgearbeitet, transportiert und erneut eingebettet wurden, dass allerdings weitere präfossilisierte, aber nur geringfügig umgelagerte Skelettelemente, außerdem auch überhaupt nicht umgelagerte, frische Wirbeltierreste hinzukamen. Bei Neidenfels fanden sich in der mergeligen Basislage des Bonebeds überwiegend unzerbrochene Knochen, mehrfach sogar artikuliert (HAGDORN & REIF 1988), die offenbar der Aufarbeitung entgangen waren. Häufige Bonebed-Komponenten sind Koprolithen (Kap.12), die gleichfalls meist abgerollt und zerbrochen sind. Ihre phosphatische Erhaltung, gelegentlich noch mit Nahrungsresten, belegt, dass es sich dabei um Fleischfresserkote gehandelt haben muss, denn Vegetarierkote werden bei der Fossilisation eher inkohlt (WUTTKE 1988). Die Komponenten im Bonebed lagern in der Regel schichtparallel, größere Partikel gradiert an der Basis (Abb. 14.16a). Lokal sind Interferenzrippeln ausgebildet, die auf sehr geringe Wassertiefen hinweisen, z.B. bei Kirchberg an der Jagst, bei Wittighausen (Abb. 13.27) oder bei Eschenau, weiterhin Kleinrinnen, an der Basis Schleifmarken, Sigmoidalklüftung, Querplattung und Entwässerungsrisse, seltener auch Lebensspuren (REIF 1982). Mit diesem Inventar an Sedimentstrukturen erwies sich das Grenzbonebed als eine Sturmablagern (Tempestit) im Flachmeerbereich, was seine Entstehung in ein neues Licht rückte (REIF 1982).

Die Faunen in den Bonebeds des Unterkeupers unterscheiden sich nach ihrer Zusammensetzung und nach der Häufigkeit einzelner Elemente. Unter den mehr als 30 vorkommenden nominalen Wirbeltierarten im Grenzbonebed sind nach HAGDORN & REIF (1988) sowohl die marinen Formen des Muschelkalks vertreten (u.a. die Actinopterygier *Gyrolepis*, *Birgeria*, *Colobodus* und *Saurichthys*, die Haie *Hybodus*, *Acroodus*, *Palaeobates*, *Polyacroodus*, *Parhybodus* sowie die Reptilien *Nothosaurus*, *Simosaurus*, ein großer Pachypleurosaurier, *Cyamodus*, *Blezingeria*, *Tanystropheus*), als auch die brackischen (*Plagiostemum*) und limnisch-fluviatilen (die Haie *Lissodus*, *Steinbachodus*, *Doratodus*, die Lungenfische *Ceratodus* und *Ptychoceratodus*, ein Coelacanthide sowie die Amphibien *Mastodonsaurus*, *Plagiostemum* und *Plagiosuchus*), während terrestrische Formen fehlen. Allerdings sind die limnischen Haie und die

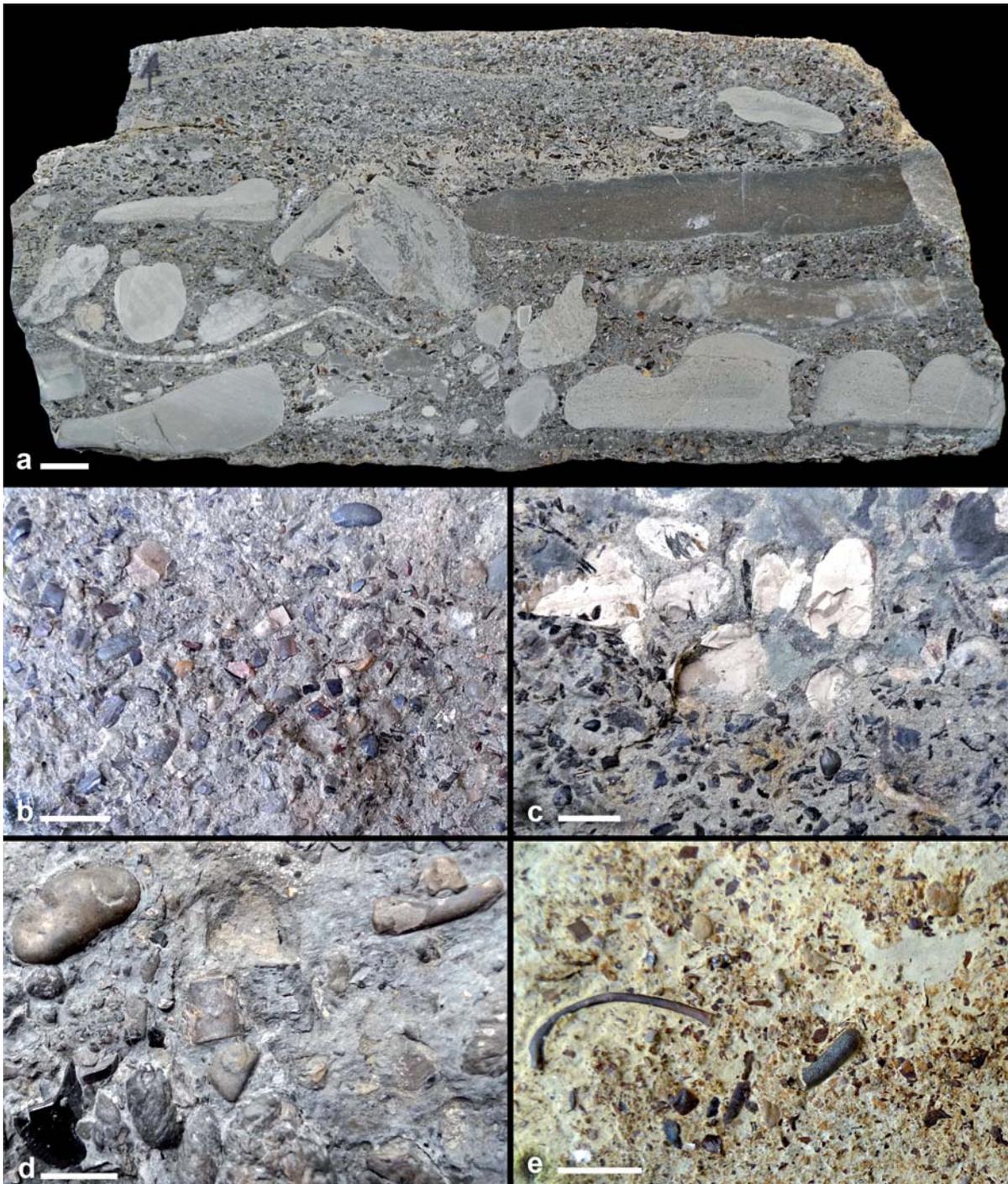


Abb. 14.16 Lettenkeuper-Bonebeds. **a** Tempestitisches Grenzbonebed mit Intraklasten unterschiedlicher Provenienz, Anschliff; über der basalen Intraklastlage gut sortierter Vertebratensand; Obersontheim-Ummenhofen. MHI 1113/7. **b** Typisches Crailsheimer Grenzbonebed, unverwittert grau mit stark fragmentierten und gut sortierten Komponenten; Satteldorf-Barenhalden. MHI 1237. **c** Bonebed von der Hauptsandstein-Basis mit basaler Kopolith-Lage, darüber einer Lage gut sortierter und fragmentierter Zähne und Schuppen; Vellberg-Eschenau. MHI 2110/1. **d** „Unreifes“ Bonebed von der Anthrakonitbank-Basis mit Kopolithen und kaum zerbrochenen Wirbeltierresten, darunter ein *Nothosaurus*-Wirbelzentrum und ein *Neusticosaurus*-Humerus; Kirchberg an der Jagst. MHI 2108/9. **e** Bonebed von der Anthrakonitbank-Basis mit einzelnen kaum aufgearbeiteten Wirbeltierresten, darunter eine *Neusticosaurus*-Rippe; Obersontheim-Ummenhofen. MHI 2111/1. Maßstab 1 cm.

GEORG WAGNER

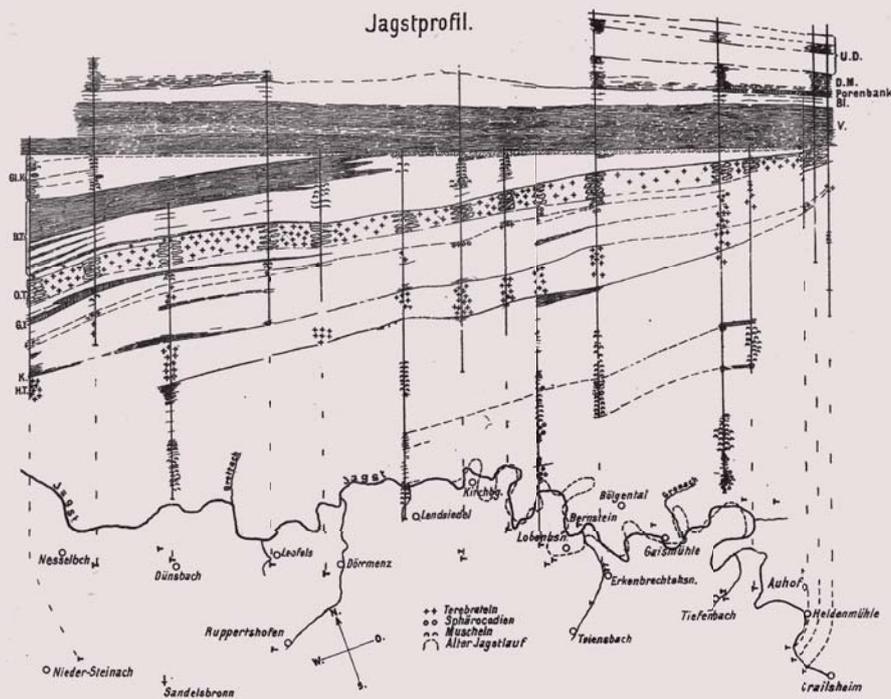
* 26. 7. 1885 in Künzelsau

† 11. 7. 1972 in Tübingen



GEORG WAGNER. Foto privat.

Nach der Ausbildung zum Volksschullehrer in Künzelsau studierte WAGNER in München und Tübingen und wurde 1911 promoviert. Seit 1913 bildete er in Stuttgart und Nagold Lehrer aus. 1929 habilitierte er sich und hielt in Stuttgart und Hohenheim Vorlesungen. Von 1939 bis zu seiner Emeritierung war er Professor für Allgemeine und Angewandte Geologie in Tübingen. Nach seiner bahnbrechenden Dissertation über den obersten Muschelkalk und den unteren Lettenkeuper in Franken wandte sich WAGNER verstärkt der Landschaftsgeschichte Südwestdeutschlands und der Tektonik zu. Von seinen mehr als 300 Veröffentlichungen erreichte das Lehrbuch „Einführung in die Erd- und Landschaftsgeschichte“ in drei Auflagen besondere Breitenwirkung. WAGNER erhielt zahlreiche Ehrungen, darunter den Schillerpreis der Stadt Marbach, das Große Bundesverdienstkreuz, die Ehrenmitgliedschaft des Schwäbischen Albvereins und die Ehrenbürgerschaft der Stadt Künzelsau. Dort ist auch die Georg-Wagner-Realschule nach ihm benannt.



Das Jagstprofil. Auskeilen der Fränkischen Grenzschichten und konkordante Überlagerung der Schichtlücke durch das Grenzbonebed (aus WAGNER 1913: Taf. 7).

- CARLÉ, W. (1972): GEORG WAGNER 1885–1972. – Jahreshefte der Gesellschaft für Naturkunde in Württemberg, **127**: 35–42.
- HÖLDER, H. (1977): Geschichte der Geologie und Paläontologie an der Universität Tübingen. – In: ENGELHARD, W. v. & HÖLDER, H. (Hrsg.): Mineralogie, Geologie und Paläontologie an der Universität Tübingen von den Anfängen bis zur Gegenwart. – Contubernium. Beiträge zur Geschichte der Eberhard-Karls-Universität Tübingen, **20**: 87–261; Tübingen (Mohr).
- SEIBOLD, E. (1973): GEORG WAGNER 26. Juli 1885 – 11. Juli 1972. – Jahreshefte und Mitteilungen des oberrheinischen geologischen Vereins, Neue Folge, **55**: 25–29.

Ceratodontiden ausgesprochen selten. Unter den Labyrinthodonten ist *Plagiosternum* die mit Abstand häufigste Form, während diese in den limnisch geprägten Lagerstätten von Kupferzell bzw. Vellberg und Michelbach fehlt oder nur in stärker marinen Lagen selten vorkommt. Besonders artenreich sind die marinen Reptilien (u.a. drei Arten von *Nothosaurus*), doch fehlen die hochmarinen Ichthyosaurier. Diese Verteilung zeigt, dass die Fauna des Grenzbonebeds eine Mischfauna ist, in der jedoch die marinen Elemente überwiegen.

Die Entstehung dieser außergewöhnlichen Fossilagerstätte, für die es heute nichts Vergleichbares gibt, hat die Bearbeiter schon früh zu Überlegungen angeregt, wie es zu solchen Massenreicherungen von Wirbeltierresten kommen konnte. Eine Übersicht über die Theorien zur Bonebed-Genese findet sich bei ANTIA (1979). PLIENINGER (1844) hielt das Grenzbonebed wie auch das Rhätbonebed für eine „Grenzbrecchie“, die einen Fazieswechsel zwischen marinen Verhältnissen im Muschelkalk und terrestrischen im Keuper markiert. In seinen überraschend modernen und logischen, auf genauer Beobachtung beruhenden Folgerungen, die hier im Zusammenhang wiedergegeben werden, war PLIENINGER allerdings von den Theorien CUVIERS von „Erdrevolutionen“ beeinflusst, auch hatte er noch keine Vorstellung von der Dauer der Zeiträume, in denen sich geologische Prozesse abspielen. PLIENINGER (1844: 127 f.) schreibt: „Gegen das Ende der Muschelkalkablagerung sehen wir nun in der dort auftauchenden Breccie eine solch ungeheure Menge von Fisch- und Reptilienresten zusammengehäuft, wie diess nicht auf dem Grunde eines Gewässers hätte stattfinden können, in welchem diese Thiere gelebt hätten, wie gross man auch den Zeitraum annehmen wollte, in welchem diess stattgefunden hätte, – und zu Ablagerung einer solchen Masse von Thierresten gleicher Art wäre wohl ein überaus grosser Zeitraum unter dieser Bedingung nöthig gewesen. Bei dieser Annahme müssten die früher abgelagerten Fossilien einen höhern Grad von Zersetzung zeigen, als die spätern, es müsste bei den tiefer in die Breccie gelagerten eine Verwitterung, hervorgebracht durch das längere Liegen im Grunde des Wassers bemerkbar seyn, und die höher liegenden müssten besser überliefert erscheinen, es müssten diese und andere Kennzeichen einer *successiven* Ablagerung, es müssten nothwendig Zwischenschichten von Schlamm oder Mergel zwischen den organischen Resten ersichtlich seyn, und letztere könnten nicht in einer Masse, welche die des Bindemittels oft übertrifft, und in gleichem Grade der Erhaltung überliefert seyn; es wäre in solchem Fall nicht die überwiegend grosse Masse von Zähnen im Gegensatz gegen andere feste Theile des thierischen Körpers erklärlich, es müssten letztere wenigstens in den oberen Parteien eher zu finden seyn, wenn sie auch in den unteren durch die Verwitterung der an sich allerdings minder

dauerhaften Skelettheile von Knorpelfischen verschwunden wären. Dazu kommt die gewiss sehr ins Auge zu fallende, gänzliche Abwesenheit aller Reste von Schalthieren und anderen Evertebraten.

So bleibt denn keine andere Annahme übrig, als die einer plötzlichen, gewaltsamen Ablagerung der ganzen Masse von Thieren, wie solche Ablagerungen noch heutzutage in Folge grosser Stürme, namentlich wenn diese mit vulkanischen, zumal untermeerischen Ausbrüchen verknüpft sind, an den Seeküsten stattfinden, wo die schwimmenden Bewohner des Küstengewässers oft in ungeheurer Menge, durch die vulkanischen Agentien und Effluven, oder durch die mechanische Gewalt des Sturms getödtet, auf das flache Gestade ausgeworfen werden und dieses weithin bedecken.

In dieser Art mögen denn auch die schwimmenden Wasserthiere der damaligen Zeit – denn es sind nur Fische und Wasserreptilien, deren Überreste die Breccie erfüllen –, durch eine der Katastrophen der Urzeit in Masse getödtet, auf die Untiefen des Seegrundes oder die flachen, das Wasser überragenden Erdrücken der Muschelkalkperiode ausgeworfen worden seyn, wo sie aufgehäuft blieben, bis endlich nach kürzerer oder längerer Zeit ihre, aus der Verwesung übrig gebliebenen Reste von den Ablagerungen einer neuen, jetzt von Organismen leeren Fluth bedeckt wurden. Dass sie aber längere Zeit den die Zersetzung thierischer Körper bedingenden Agentien, jedoch gleichmässig und insgesamt ausgesetzt blieben und nicht, wie z.B. die Fische und Saurier der Juraperiode von dem Thon- oder Kalkschlamm des Liasschiefers oder des lithographischen Steins lebend oder jedenfalls vor Beendigung der Verwesung verschüttet wurden, beweist die Vereinzelung der Thierreste in dieser Breccie. Kein Cadaver blieb in der Lage, wie er ausgeworfen war, seine festen Theile wurden nach der Auflösung der weichen auseinander gerissen, theilweise sogar zertrümmert, selbst das knorpelartige Skelett der Fische wurde aufgelöst, und die isolirten Knochen der Reptilien, die Zähne, die Flossenstacheln und Schuppen der Fische in gleichförmiger Mischung in die schlammigte, die nachherige Gebirgsart oder das Bindemittel der Breccie bildende Masse gebettet.

Nach den Meeresablagerungen des Muschelkalks, welche schon in den Encrinitenbänken ihrer oberen Schichten einen seichteren Seegrund verkündigen und auch durch die Masse der, vorzugsweise in die oberen Schichten zusammengedrängten Schalthiere – während der Wellenkalk sie nur seltener aufweist – auf eine geringere Meerestiefe während der Ablagerungen der oberen Schichten schliessen lassen, ging die Erdbildung den Ablagerungen des Keupers entgegen. Der Grund der See musste sich gleichmässig auf grosse Erstreckung heben, die seichteren Parteien desselben mussten über den Wasserspiegel hervortreten und an der Stelle des früheren Seegrund-

des ein grossartiges Wasserbecken entstehen lassen, in welchem ohne Zweifel die süßen Gewässer eine Rolle zu spielen begannen. War diese Zeit der Hebung des Seegrunds von gewaltigen Erdrevolutionen begleitet, wie solche Hebungen noch heutzutage da und dort nach Erdbeben stattfinden, so findet die Ablagerung der Grenzbrecchie des Muschelkalks in einer solchen Katastrophe einen genügenden Erklärungsgrund.“

Später brachte WAGNER (1913) das Grenzbonebed in Zusammenhang mit der von ihm postulierten Regression des Muschelkalkmeeres. Er nahm an, dass das Grenzbonebed sowohl als Strandseife als auch im Vorstrandbereich als Konzentrat schwerer Partikel in flachen Buchten um die Untiefe der Gammesfelder Barre gebildet wurde, wie er sie bei Rothenburg und Crailsheim sah, die mit der Regression des Muschelkalkmeeres diachron beckenwärts wanderte. Der Quarzsand im Bonebed ist nach WAGNERS Modell vom Ries her eingetragen worden, der nächstgelegenen Küste des Vindelizisch-Böhmischen Massivs. Mit diesem Genesemodell konnte WAGNER zwar den Ablagerungsraum umreißen, nicht aber die Anreicherung der Wirbeltierreste erklären.

Eine Regression des Muschelkalkmeeres schloss WURSTER (1964) in seinem Modell aus und erklärte das Fehlen der Fränkischen Grenzsichten durch Omission, Kondensation und submarine Erosion und Kalklösung in einem beckenrandnahen Gebiet, das sich allmählich beckenwärts ausdehnte. Tatsächlich gibt es im Sediment keine Hinweise auf Trockenfallen wie Paläokarst oder Paläoböden. Das Grenzbonebed wird damit als erste konkordante Schicht über der flachen Winkeldiskordanz der ausgekeilten Fränkischen Grenzsichten gesehen, die nach MENNING et al. (2005) einem Zeitraum von ca. 100 000 Jahren entspricht.

Neue Impulse für die Deutung der Bonebedgenese waren in den 1980er Jahren von der Sedimentologie gekommen, die in gradierter Schichtung, Intraklasten, Rinnen und Rippelmarken im Grenzbonebed Hinweise auf Sturmereignisse erkannte (REIF 1982; AIGNER 1985). Im Grenzbonebed sah man nun einen tempestitischen Kondensationshorizont, dem zeitlich beckenwärts die bis 6 m mächtigen Fränkischen Grenzsichten entsprechen. Das letzte, meist auch am tiefsten erodierende und am stärksten kondensierende Sturmereignis hat nach Ende dieses Zeitabschnitts stattgefunden und die Spuren vielfacher vorausgegangener Ereignisse ausgelöscht, die chemisch und mechanisch widerstandsfähigen Partikel aus Apatit aber erneut umgelagert und weiter fragmentiert und abradert. Bei diesem letzten Sturm konnten noch frische Wirbeltierreste in das Bonebed hineingemischt werden, die dann nicht weiter aufgearbeitet wurden, weil sich die allgemeinen Ablagerungsbedingungen verändert hatten. So unterscheiden sich Bonebeds nicht nur hinsichtlich ihrer Faunenzusammensetzung, sondern auch nach ihrem Reifegrad (Abb. 14.16).

11.2. Das Bonebed in den Estheriensichten von Schwäbisch Hall-Steinbach

Im aufgelassenen Steinbruch Scheuermann bei Schwäbisch Hall-Steinbach war bis in die 1980er Jahre zeitweilig ein 10–15 cm dickes Bonebed in den Estheriensichten (6,5 m unter der *Serrolepis*bank) abgeschlossen, das sich lateral auf ca. 15 m verfolgen ließ, bevor es in den tonigen Schichten auskeilte (Abb. 14.12). Vertebratensand und isolierte Vertebratenreste lagen darin dicht gepackt in toniger Matrix, zusammen mit größeren, grauen Tonsteinschmitzen oder einzelnen Tonsteinschichten. mm-große Körner von grünem Tonstein gaben dem Bonebed eine dunkelgrau-grünliche Färbung. Sehr häufig waren darin Pflanzenreste, darunter inkohlte Hölzer bis 30 cm Länge. Über dem Bonebed folgten 20 cm grauschwarzer Tonstein mit *Unionites brevis* und vereinzelt kleinen Wirbeltierresten.

Bei den Reptilien hat sich das Artenspektrum gegenüber dem Grenzbonebed hin zu terrestrischen Formen verschoben: *Nothosaurus* kommt zwar selten noch vor, doch fanden sich auch Zähne eines unbestimmten, kleinen Thekodontiers und ein dreispitziger Zahn, der von WILD (1980) einem juvenilen, terrestrisch lebenden *Tanystropheus* zugeordnet wurde. Reste von *Mastodonsaurus*, *Plagiosuchus* und *Plagiosternum* waren hier häufiger als im Grenzbonebed. Bei den Elasmobranchiern dominierten die im Grenzbonebed sehr seltenen limnisch-brackischen *Steinbachodus* (Typuslokalität, REIF 1980), *Doratodus* (DUFFIN 1981) und *Lissodus*, außerdem *Polyacrodus keuperianus*, während die marinen *Parhybodus*- und *Acrodus*-Arten fehlen. Außerdem fanden sich beide Lungenfischgattungen, häufig auch *Saurichthys*, *Thelodus*, *Gyrolepis* und *Colobodus*. Fauna und Holzreste sowie das laterale Auskeilen des Bonebeds lassen auf Entstehung im limnisch-brackischen Bereich schließen, wobei vermutlich Bonebedlagen mit marin geprägter Fauna aus dem Liegenden aufgearbeitet wurden.

11.3. Das Hauptsandstein-Basisbonebed

Ein anderer Typ als das Grenzbonebed ist in dem nur lokal auftretenden Hauptsandstein-Basisbonebed repräsentiert, nämlich ein lineares Seifen-Bonebed an der Basis von Rinnensedimenten (Abb. 14.16c). Präfossilisierte, phosphatisierte Partikel, Tonstein-Intraklasten und Holzreste wurden beim erosiven Einschneiden der verzweigten Wasserläufe im Lettenkeuper-Flussnetz aufgearbeitet, transportiert, als Grobkomponente an strömungsdynamisch günstigen Stellen am Gewässerboden abgelagert und schließlich vom antransportierten Sand überlagert. Den Transport im fließenden Wasser belegen vielfach

Schleif- und Rollmarken an der Basis der Rinnen. Klassische Lokalitäten sind Rieden-Bibersfeld (QUENSTEDT 1880, HAGDORN 1990), der Fallteich-Steinbruch bei Crailsheim (E. FRAAS 1900) und Schwäbisch Hall-Steinbach (WAGNER 1913). In den letzten Jahren kamen äußerst fossilreiche Bonebeds bei Vellberg-Eschenau und beim Edelmannshof nahe Schöntal hinzu. Das Bonebed an der Basis des Hauptsandsteins von Bedheim ist bereits weiter oben beschrieben. Charakteristisch in diesen Seifen-Bonebeds ist die Mischung von marinen und limnisch-brackischen Faunenelementen, wobei die ausgesprochen marinen in der Häufigkeit zurücktreten. Das Hauptsandstein-Basisbonebed hat an mehreren Lokalitäten Zahnplatten ausgewachsener Lungenfische geliefert, die noch mit den Schädelknochen verbunden sind. Als terrestrische Elemente fanden sich selten Zähne von Thecodontiern. Die Mischfauna erklärt sich aus der Aufarbeitung von Bonebeds aus dem Liegenden mit unterschiedlicher Zusammensetzung, denn die Sandsteinrinnen sind lokal bis auf die Blaubank oder sogar bis in die Vitriolschiefer eingeschnitten. Ihre Fauna ist demnach nicht nur ökologisch uneinheitlich, sondern auch stratigraphisch kondensiert.

11.4. Das Basisbonebed der Anthrakonitbank

An der Basis der dolomitischemergeligen Anthrakonitbank treten häufig Bonebeds auf (BRUNNER 1973: 21, vgl. auch oben: Michelbach an der Bilz; Abb. 14.11), die bei Ummenhofen und besonders bei Kirchberg an der Jagst eine überaus reiche Wirbeltierfauna geliefert haben. Die Anthrakonitbank ist hier ein 60–70 cm mächtiger dolomitischer Mergelstein von hellgrauer, verwittert ockergelber Farbe, an dessen Basis, seltener auch im oberen Bereich des massiven Dolomitgesteins bis kopfgroße linsenförmige Hohlräume auftreten, die mit Tapeten von weißlichem Kalkspat ausgekleidet sein können (Abb. 14.17). Solche Drusen sind nach BRUNNER (1973: 20) in der Anthrakonitbank weit verbreitet und als Pseudomorphosen nach primären Gipsknollen zu deuten (Kap. 13). Im hangenden, mergelig-plattigen Bereich, wo die Anthrakonitbank in die Unteren Grauen Mergel übergeht, kommen keine Drusen mehr vor. Die Basis der Anthrakonitbank, an der das kaum mehr als cm-dicke Bonebed liegt, ist scharf von dunklen Tonmergelsteinen der liegenden Sandigen Pflanzenschiefer getrennt und kann als Erosionsfläche gedeutet werden; bei Wilhelmsglück südlich von Schwäbisch Hall beobachteten AIGNER et al. (1990) an der Basis der Anthrakonitbank rinnenförmiges Einschneiden in die Sandigen Pflanzenschiefer.

Das dunkelgraue Bonebed ist äußerst reich an Koprolithen, die nicht selten Nahrungsreste enthalten, z.B. Knochen von *Neusticosaurus* oder *Gyrolepis*-Schuppen, und an gut erhaltenen größeren Knochen (Abb. 14.16d,

WOLF-ERNST REIF

* 27. 6. 1945 in Heidenheim an der Brenz
† 11. 6. 2009 in Tübingen



WOLF-ERNST REIF. Foto SCHOCH.

WOLF REIF machte seine Kindheitsleidenschaft Fossiliensammeln zum Beruf, obwohl eine Krankheit seine Beweglichkeit einschränkte, und studierte in Tübingen Geologie und Paläontologie. Mit seinem akademischen Lehrer ADOLF SEILACHER verbindet ihn, dass er die üblichen Denkbahnen immer wieder verlassen und in den Fossilien natürliche Konstruktionen gesehen hat, die z.T. sogar technische Anwendung fanden. In seiner Diplomarbeit von 1967 über die Muschelkalk-Keuper-Grenze im Raum Crailsheim untersuchte er das Grenzbonebed und verband dabei sedimentologische, paläontologische, taphonomische und paläoökologische Fragestellungen. Dar-

auf baute er in seiner Dissertation von 1973 auf, in der er Morphologie und Histologie von Haizähnen und -schuppen nach ihrer Funktion analysierte. Auf der Suche nach frühen Neoselachiern beschrieb er neue Haie aus den Trias-Bonebeds, darunter auch *Steinbachodus* aus dem Lettenkeuper von Schwäbisch Hall. Im Tübinger Sonderforschungsbereich 53 „Palökologie“ organisierte er den Bereich Konstruktionsmorphologie und arbeitete später im Sonderforschungsbereich „Natürliche Konstruktionen“ interdisziplinär mit Biologen, Ärzten und Architekten. Für seine bahnbrechenden Untersuchungen zu Hydrodynamik und Morphogenese von Hautschuppen und Zähnen wurde ihm 1986 der Ernst-Mach-Preis verliehen. Ab 1988 hatte er in Tübingen eine Stiftungsprofessur des Stifterverbands der Deutschen Wissenschaft inne. Mit zunehmender Einschränkung seiner Bewegungsfreiheit wandte er sich mehr und mehr Fragen der Evolutionstheorie und der Wissenschaftsgeschichte zu, wobei ihn seine außerordentliche Belesenheit und sein analytisch-kritischer Geist zu einem der ganz wenigen Theoretiker unter den deutschen Paläontologen machten.

SCHOCH, R. (2010): WOLF-ERNST REIF * 27.6.1945 † 11.6.2009 – A wonderful mind, or the teacher's walk through the mountains. – Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen, **255**: 1–12.

14.17). Auch die relativ häufigen dünnen Schädelknochen von unbestimmten Fischen, die in anderen Bonebeds kaum zu finden sind, liegen oft unzerbrochen und vollständig vor, und Haizähne sind häufig mit der Wurzel erhalten. Lateral schwankt die Häufigkeit größerer Wirbeltierreste im Zehnermeter-Bereich. Aus dem geringen Sortierungs- und Fragmentierungsgrad lässt sich schließen,



Abb. 14.17 Die Anthrakonitbank bei Kirchberg an der Jagst mit der cm-dünnen Bonebed-Lage an der Basis (Ausschnitt), in der auch fragile Wirbeltierreste kaum fragmentiert sind. Im oberen Bankbereich Drusen nach herausgelösten CaSO_4 -Knollen.

dass Aufarbeitungsprozesse, die zur Bonebedbildung führten, hier nicht so oft stattfanden wie beim Grenzbonebed und dass es zu kleinflächig schwankender, möglicherweise linearer Anhäufung größerer Wirbeltiere kam, dass es sich also um ein „unreifes“ Bonebed handelt.

Mit 22 nominalen Arten kommt die Fauna des Kirchberger Anthrakonitbank-Bonebeds an Diversität dem Grenzbonebed nahe. Besonders artenreich vertreten sind die marinen Reptilien. Von *Nothosaurus* fanden sich Reste von mindestens drei Arten, die nach ihren Größengruppen unterschiedliche Beutespektren bejagten und damit unterschiedliche Nischen besetzten. Am häufigsten ist der kleine *Nothosaurus edingerae*, von dem ein Schädel und mehrere dieser Art unter Vorbehalt zugeordnete Extremitäten- und Gürtelknochen vorliegen, seltener sind *N. mirabilis* und *N. giganteus*. *N. edingerae*, der hier sein frühestes Auftreten hat, kommt bis in die Anatinabank des Gipskeupers (Grabfeld-Formation) vor und ist damit der letzte Nothosaurier im Germanischen Becken. Im Gegensatz zum Grenzbonebed gehört auch *Neusticosaurus pusillus* zur Fauna des Anthrakonitbank-Bonebeds, von dem sich besonders häufig Wirbel und Oberarmknochen, aber auch die dünnen und zerbrechlichen Rippen gefunden haben. Durch ihre charakteristischen Wirbelaufsätze sind auch *Simosaurus* und *Blezingeria* nachgewiesen, außerdem der gepanzerte Placodontier *Psephosaurus suevicus* durch Zähne und isolierte Osteoderme sowie Panzerfragmente aus zusammenhängenden Osteodermen, sowie ein

Tanystropheus. Reste von Archosauriern sind mit zwei Wirbeln belegt. An Amphibien hat das Anthrakonitbank-Bonebed mehrere Schädelknochen und Wirbel von *Plagiostemum*, einen Neuralbogen von *Mastodonsaurus* und ein Wirbelzentrum von *Plagiosuchus* geliefert. Von einem Coelacanthiden liegt ein Basioccipitale vor. Sehr häufig sind große Schuppen von *Gyrolepis* und *Colobodus*. Außerdem wurden mehrere Kieferfragmente eines großen *Saurichthys* gefunden, zu dem möglicherweise Zähne vom Typ *Saurichthys apicalis* gehören, sowie *Thelodus inflexus*. Auch *Birgeria* konnte bisher nachgewiesen werden. An Haien fanden sich häufig Zähne von *Acrodus lateralis* – der große *A. gaillardoti* und *A. substriatus* fehlen – und z.T. sehr große Zähne von *Parhybo-*

odus plicatilis, seltener solche von *Palaeobates angustissimus*. Von *Polyacrodus polycyphus* liegen auch große Zähne mit erhaltener Wurzel vor, *P. keuperianus* fehlt wieder, genauso wie die limnischen Haie *Lissodus*, *Doratodus* und *Steinbachodus*. Gefunden wurden auch mehrfach der kleine Flossenstachel „*Hybodus*“ *tenuis*, ein „*Hybodus*“ *major* und Kopfstacheln von Haien, die sich bestimmten Gattungen bislang noch nicht sicher zuordnen lassen (Kap. 8). Reste von Lungenfischen sind äußerst selten.

Das Anthrakonitbank-Bonebed enthält eine ausgesprochen marin geprägte Wirbeltierfauna, denn sowohl terrestrische als auch typisch limnische Formen fehlen. Im Bonebed selbst, häufiger aber noch im Dolomitgestein direkt im Hangenden fanden sich entkalkte Abdrücke der marinen Muschel *Hoermesia socialis*. Bei Neidenfels wurde in der Bank ein *Germanonautilus* gefunden, der die marine Entstehung der Anthrakonitbank unterstreicht. Insgesamt ähnelt die Fauna sehr der Fauna des Hohenecker Kalks, doch fehlt im Anthrakonitbank-Bonebed, das etwas älter ist, *Costatoria goldfussi*. Die Pseudomorphosen nach Gipsknollen weisen allerdings darauf hin, dass die marine Überflutung nicht lange angedauert haben kann (Kap. 13).

Vergleicht man die Zusammensetzung der Wirbeltierfaunen in den Bonebeds des Oberen Muschelkalks und des Unterkeupers in Südwestdeutschland (HAGDORN & REIF 1988), so fällt auf, dass im Muschelkalk bis zur *nodosus*-Zone ausschließlich marine Formen vorkommen, dann bis zum Dach-Bonebed der Unteren Dolomite des Letten-

keupers limnisch-brackische Formen hinzukommen, aber selten bleiben. Diese werden ab den Estherienschiefer häufiger und diverser und es kommen vereinzelt terrestrische Formen hinzu, während die typisch marinen Formen aussetzen. Ab der Anthrakonitbank setzen in den Bonebeds der Dolomitsteinbänke verstärkt wieder marine Formen ein, während in Bonebeds der zwischenlagernden Tonmergelsteine (vgl. Abschnitte Vellberg, Michelbach an der Bilz) limnisch-brackische Faunen mit terrestrischem Einschlag vom Typ Kupferzell herrschen. Fazies und entsprechende Veränderungen der Wirbellosenfaunen bestätigen diesen großzyklischen Wechsel des Ablagerungsmilieus vom Grenzbonebed bis zum Hauptsandstein hin zu limnischen Verhältnissen und ab der Albertibank bis zum Grenzdolomit wieder zu marinen Verhältnissen.

In das Bild der Bonebed-Faunen, wie es sich im nordwürttembergischen Unterkeuper zeigt, fügen sich nahtlos die Vorkommen aus dem südlichen Thüringer Becken bei Arnstadt, der Typusregion der Erfurt-Formation und bei Bedheim. Das gilt sowohl für die Fossilagerstätten vom Typ Kupferzell und Vellberg als auch für die Bonebeds.

12. Literatur

- AIGNER, T. (1985): Storm depositional systems. – Lecture Notes in Earth Sciences, **3**: 1–174.
- AIGNER, T., BACHMANN, G. H. & HAGDORN, H. (1990): Zyklische Stratigraphie und Ablagerungsbedingungen von Hauptmuschelkalk, Lettenkeuper und Gipskeuper in Nordost-Württemberg (Exkursion E am 19. April 1990). – Jahresberichte und Mitteilungen des oberrheinischen geologischen Vereins, Neue Folge, **72**: 125–143.
- ANTIA, D. D. J. (1979): Bone-beds: A review of their classification, occurrence, genesis, diagenesis, geochemistry, palaeoecology, weathering and microbios. – The Mercian Geologist, **7** (2): 93–174.
- BERCKHEMER, F. (1929): Ergänzende Bemerkungen über die Fauna von Hoheneck. – Veröffentlichungen der Staatlichen Stelle für Naturschutz beim Württembergischen Landesamt für Denkmalpflege, **6**: 28.
- BRUNNER, H. (1973): Stratigraphische und sedimentpetrographische Untersuchungen am Unteren Keuper (Lettenkeuper, Trias) im nördlichen Baden-Württemberg. – Arbeiten aus dem Institut für Geologie und Paläontologie an der Universität Stuttgart, Neue Folge, **70**: 1–85.
- BRUNNER, H. & HAGDORN, H. (1985): Stratigraphie, Fazies, Paläökologie des Oberen Muschelkalks und des Unterkeupers (Exkursion B). – In: HAGDORN, H. (Hrsg.): Geologie und Paläontologie im Hohenloher Land. Symposium zum 100. Geburtstag von GEORG WAGNER. Programm und Exkursionsführer: 33–60; Künzelsau.
- CONYBEARE, W. D. & PHILLIPS, W. (1822): Outlines of the geology of England and Wales, with an introductory compendium of the general principles of that science, and comparative views of the structure of foreign countries, **1**; London.
- DAMIANI, R. J., SCHOCH, R. R., HELLRUNG, H., WERNEBURG, R. & GASTOU, S. (2009): Cranial anatomy and functional morphology of *Plagiosuchus pustuliferus*. – Zoological Journal of the Linnean Society, **155**: 348–373.
- DUFFIN, C. J. (1981): Comments on the selachian genus *Doratodus* SCHMID, 1861 (Upper Triassic, Germany). – Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Monatshefte, **1981**: 289–302.
- FRAAS, E. (1889): Die Labyrinthodonten der schwäbischen Trias. – Palaeontographica, **36**: 1–158.
- FRAAS, E. (1892): Begleitworte zur geognostischen Spezialkarte von Württemberg. Atlasblätter Mergentheim, Niederstetten, Künzelsau und Kirchberg. 27 S.; Stuttgart (Kohlhammer)
- FRAAS, E. (1892): Begleitworte zur geognostischen Spezialkarte von Württemberg. Atlasblätter Neckarsulm, Öhringen und Ober-Kessach. 27 S.; Stuttgart (Kohlhammer)
- FRAAS, E. (1899): Die Bildung der germanischen Trias, eine petrogenetische Studie. – Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg, **55**: 36–100.
- GEYER, G., HAUTMANN, M., HAGDORN, H., OCKERT, W. & STRENG, M. (2005): Well-preserved mollusks from the Lower Keuper (Ladinian) of Hohenlohe (Southwest Germany). – Paläontologische Zeitschrift, **79**: 429–460.
- HAGDORN, H. (1979): Ein Fossilien Sammler und seine Sammlung – Dr. h.c. RICHARD BLEZINGER aus Crailsheim zum 50. Todestag. – Jahreshefte der Gesellschaft für Naturkunde in Württemberg, **134**: 111–125.
- HAGDORN, H. (1980): Saurierreste aus dem Lettenkeuper im Landkreis Schwäbisch Hall. – Der Haalquell, **32** (6): 21–23; **32** (7): 25–27.
- HAGDORN, K. (1988): Der Lettenkeuper von Gaildorf. – In: WEIDERT, W. K. (Hrsg.): Klassische Fundstellen der Paläontologie **1**: 54–61; Korb (Goldschneck)
- HAGDORN, H. (1988): Crailsheim und die Erforschung der Trias in Württemberg. – Gesellschaft für Naturkunde in Württemberg, Sonderbände, **1**: 9–21.
- HAGDORN, K. (1990): Das Muschelkalk-Keuper-Bonebed von Crailsheim. – In: WEIDERT, W. K. (Hrsg.): Klassische Fundstellen der Paläontologie, **2**: 78–88; Korb (Goldschneck).
- HAGDORN, H. (1990): Die Trias-Schichten bei Rieden. – In: Rieden im Rosengarten 1290–1990. – Veröffentlichungen zur Ortsgeschichte und Heimatkunde in Württembergisch Franken, **1**: 355–380.
- HAGDORN, H. & MUTTER, R. (2011): The vertebrate fauna of the Lower Keuper Albertibank (Erfurt Formation, Middle Triassic) in the vicinity of Schwäbisch Hall (Baden-Württemberg, Germany). – Palaeodiversity, **4**: 223–243.
- HAGDORN, H. & REIF, W.-E. (1988): „Die Knochenbreccie von Crailsheim“ und weitere Mitteltrias-Bonebeds in Nordost-Württemberg – Alte und neue Deutungen. – Gesellschaft für Naturkunde in Württemberg, Sonderbände, **1**: 116–143.
- KELBER, K.-P. & HANSCH, W. (1995): Keuperpflanzen. Die Enträtselung einer über 200 Millionen Jahre alten Flora. – Museo, **11**: 1–157.
- KOLB, R. (1929): Steinbruch und Naturdenkmal. – Veröffentlichungen der Staatlichen Stelle für Naturschutz beim Württembergischen Landesamt für Denkmalpflege, **6**: 19–27.
- KRAUSE, T. (1995): Die Zähne der Lungenfische *Ptychoceratodus* und *Ceratodus* aus der Trias von Thüringen – historische und neue Funde. – Veröffentlichungen des Naturhistorischen Museums Schleusingen, **10**: 57–74.
- KRAUSE, T. (2000): Aktuelle Zahnfunde der Lungenfische *Ptychoceratodus* und *Ceratodus* aus der Thüringer Triasmulde

- (Nachtrag). – Veröffentlichungen des Naturhistorischen Museums Schleusingen, **15**: 41–45, 9 Abb., Schleusingen.
- KURR, J. (1852): Natürliche Beschaffenheit. – In: Beschreibung des Oberamts Gaildorf: 3–27; Stuttgart (J. B. Müller).
- LISZKOWSKI, J. (1993): Die Selachierfauna des Muschelkalks in Polen: Zusammensetzung, Stratigraphie und Paläoökologie. – Gesellschaft für Naturkunde in Württemberg, Sonderbände, **2**: 177–185.
- LÖFFLER, N. & PRINZ-GRIMM, P. (2013): Quantitative Analyse von Wirbeltierfragmenten aus einem Muschelkalk-Keuper-Bonebed bei Palzemo (Mosel). – Mainzer geowissenschaftliche Mitteilungen, **41**: 37–50.
- MENNING, M., GAST, R., HAGDORN, H., KÄDING, K.-C., SIMON, T., SZURLIES, M. & NITSCH, E. (2005): Zeitskala für Perm und Trias in der Stratigraphischen Tabelle von Deutschland 2002, zykl stratigraphische Kalibrierung der höheren Dyas und Germanischen Trias und das Alter der Stufen Radium bis Rhaetium 2005. – Newsletters on Stratigraphy, **41**: 173–210.
- MEYER, H. v. & PLIENINGER, T. (1844): Die fossilen Wirbeltierreste aus den Triasgebilden mit besonderer Rücksicht auf die Labyrinthodonten des Keupers. 132 S.; Stuttgart (Schweizerbart).
- MUNDLOS, R. & WEGELE, J. G. (1978): Die Kupferzeller Sauriergrabung. 14. März bis 3. Juni 1977 – ein Report. – Der Aufschluß, **29**: 13–19.
- PÖPPELREITER, M. (1998): Controls on epeiric successions exemplified with the mixed siliciclastic – Carbonate Lower Keuper (Ladinian, German Basin). – Tübinger Geowissenschaftliche Arbeiten, (A), **51**: 126 S.
- QUENSTEDT, F. A. (1880): Begleitworte zur Geognostischen Spezialkarte von Württemberg. Atlasblatt Hall mit den Umgebungen von Gaildorf, Murrhardt, Mainhardt etc. 40 S.; Stuttgart (Kohlhammer).
- REIF, W.-E. (1971): Zur Genese des Muschelkalk-Keuper-Grenzbonebeds in Südwestdeutschland. – Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen, **139**: 369–404.
- REIF, W.-E. (1980): Tooth enameloid as a taxonomic criterion: 3. A new primitive shark family from the lower Keuper. – Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen, **160**: 61–72.
- REIF, W.-E. (1982): Muschelkalk/Keuper bonebeds (Middle Triassic, SW-Germany) – Storm condensation in a regressive cycle. – In: EINSELE, G. & SEILACHER, A. (Hrsg.): Cyclic and event stratification: 299–325; Berlin, Heidelberg & New York (Springer).
- RÜHLE V. LILIENSTERN, H. (1928): *Dioonites pennaeformis* SCHENK. – Paläontologische Zeitschrift, **10**: 91–107.
- RÜHLE V. LILIENSTERN, H. (1935a): Die Pflanzenwelt des unteren Keupers. – Mitteilungen der Gemeinde der Steinsburgfreunde, **2**: 12–22.
- RÜHLE V. LILIENSTERN, H. (1935b): *Mastodonsaurus acuminatus* E. FRAAS aus der Lettenkohle. – Aus der Heimat, **48**: 176–178.
- SCHOCH, R. R. (2002): Stratigraphie und Taphonomie wirbeltierreicher Schichten im Unterkeuper (Mitteltrias) von Vellberg (SW-Deutschland). – Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde, (B), **318**: 1–30.
- SCHOCH, R. R. (2006): A complete trematosaurid amphibian from the Middle Triassic of Germany. – Journal of Vertebrate Paleontology, **26**: 29–43.
- SEEGIS, D. (1999): Die Wirbellosen-Fauna des Keupers: Zusammensetzung und ökologische Aussagemöglichkeiten. – In: HAUSCHKE, N. & WILDE, V. (Hrsg.): Trias, eine ganz andere Welt: 371–382; München (Pfeil).
- SEILACHER, A. (1970): Begriff und Bedeutung der Fossil-Lagerstätten. – Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Monatshefte, **1970**: 34–39.
- SEILACHER, A., REIF, W.-E. & WESTPHAL, F. (1985): Sedimentological, ecological and temporal patterns of fossil Lagerstätten. – Philosophical Transactions of the Royal Society, (B), **311**: 5–23.
- SIMON, T., HAGDORN, H., HAGDORN, M. & SEILACHER, A. (2003): Swimming trace of a coelacanth fish from the Lower Keuper of South-West Germany. – Palaeontology, **46**: 911–926.
- UNGERER, E. V. (1950): Mörikes Aufenthalt in Wermutshausen und Schwäbisch Hall. – Württembergisch Franken, Neue Folge, **24/25**: 24 S.
- URLICHS, M. (1982): Zur Stratigraphie und Fossilführung des Lettenkeupers (Ob. Trias) bei Schwäbisch Hall (Baden-Württemberg). – Jahresberichte und Mitteilungen des oberrheinischen geologischen Vereins, Neue Folge, **64**: 213–224.
- WAGNER, G. (1913): Beiträge zur Stratigraphie und Bildungsgeschichte des oberen Hauptmuschelkalks und der unteren Lettenkohle in Franken. – Geologisch-paläontologische Abhandlungen, Neue Folge, **12**: 180 S.
- WEBER, H. (1992): Frühe Stratigraphie im Lettenkeuper des Hohenloher Landes (nördliches Baden-Württemberg) im 19. Jahrhundert (ALBERTI und KURR). – Jahresberichte und Mitteilungen des oberrheinischen geologischen Vereins, Neue Folge, **74**: 173–190.
- WEBER, H. (1996): Zur Geschichte des württembergischen Vitriolbergbaus. – Der Aufschluß, **47**: 49–68.
- WEBER, H. (2013): Spurensuche zum Vitriolbergbau bei Gaildorf (Landkreis Schwäbisch Hall, nördliches Baden-Württemberg). – Gesellschaft für Naturkunde in Württemberg, Sonderbände, **3**: 291–316.
- WERNEBURG, R. (1994): Der Lettenkohlsandstein von Bedheim (Südthüringen) und seine Wirbeltierfauna (Unter-Keuper). – Beiträge zur Geologie von Thüringen, N. F., **1**: 53–63, 4 Abb., Jena.
- WERNEBURG, R. (2004): Fossilagerstätten im Unteren Keuper Thüringens (Erfurt-Formation, Mitteltrias). Teil 1: ICE-Trasse südlich der BAB 71-Ausfahrt „Arnstadt-Nord“. – Veröffentlichungen des Naturhistorischen Museums Schleusingen, **19**: 55–74.
- WERNEBURG, R. & WITTER, W. (2005): Fossilagerstätten im Unteren Keuper Thüringens (Erfurt-Formation, Mitteltrias). Teil 2: ICE-Trasse nördlich der BAB 71-Ausfahrt „Arnstadt-Nord“. – Veröffentlichungen des Naturhistorischen Museums Schleusingen, **20**: 57–75.
- WILD, R. (1978): Die Saurier von Kupferzell-Bauersbach. Vorläufige Ergebnisse der Fossilgrabung beim Autobahnbau. – Württembergisch Franken, **62**: 1–16.
- WILD, R. (1980a): The vertebrate deposits of Kupferzell. – Mesozoic Vertebrate Life, **1**: 15–18.
- WURSTER, P. (1964): Krustenbewegungen, Meeresspiegelschwankungen und Klimaänderungen der deutschen Trias. – Geologische Rundschau, **54**: 224–240.
- WUTTKE, M. (1988): Erhaltung – Lösung – Umbau. Zum Verhalten biogener Stoffe bei der Fossilisation. – In: SCHAAL, S. & ZIEGLER, W. (Hrsg.): Messel – Ein Schaufenster in die Geschichte der Erde und des Lebens, 265–275; Frankfurt a. M. (Kramer).
- ZIEGLER, B. (1986): Der schwäbische Lindwurm. 172 S.; Stuttgart (Theiss).
- ZIEGLER, B. (1988): Führer durch das Museum am Löwentor. – Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde, (C), **27**: 100 S.