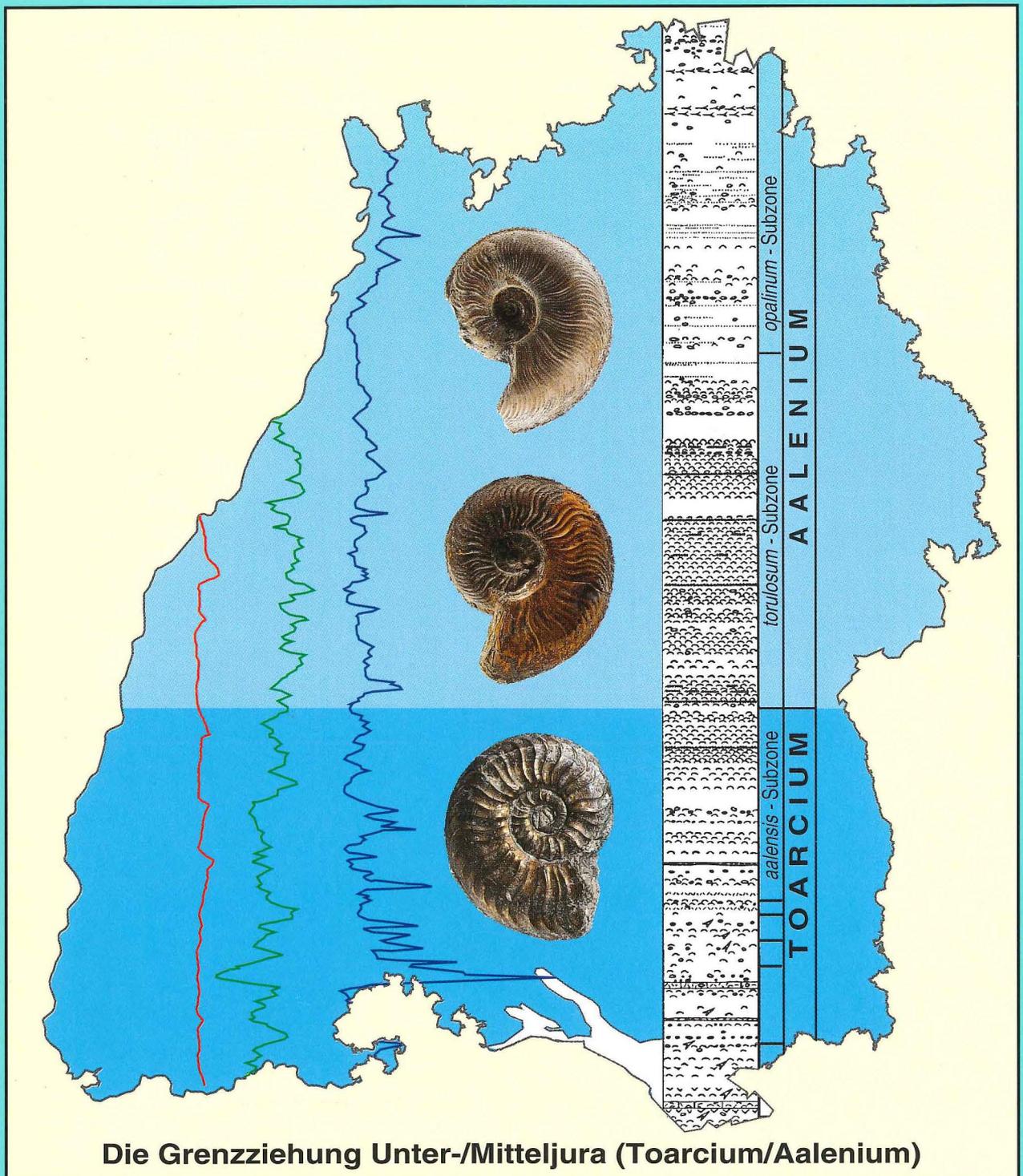


INFORMATIONEN



8

Geologisches Landesamt
Baden-Württemberg



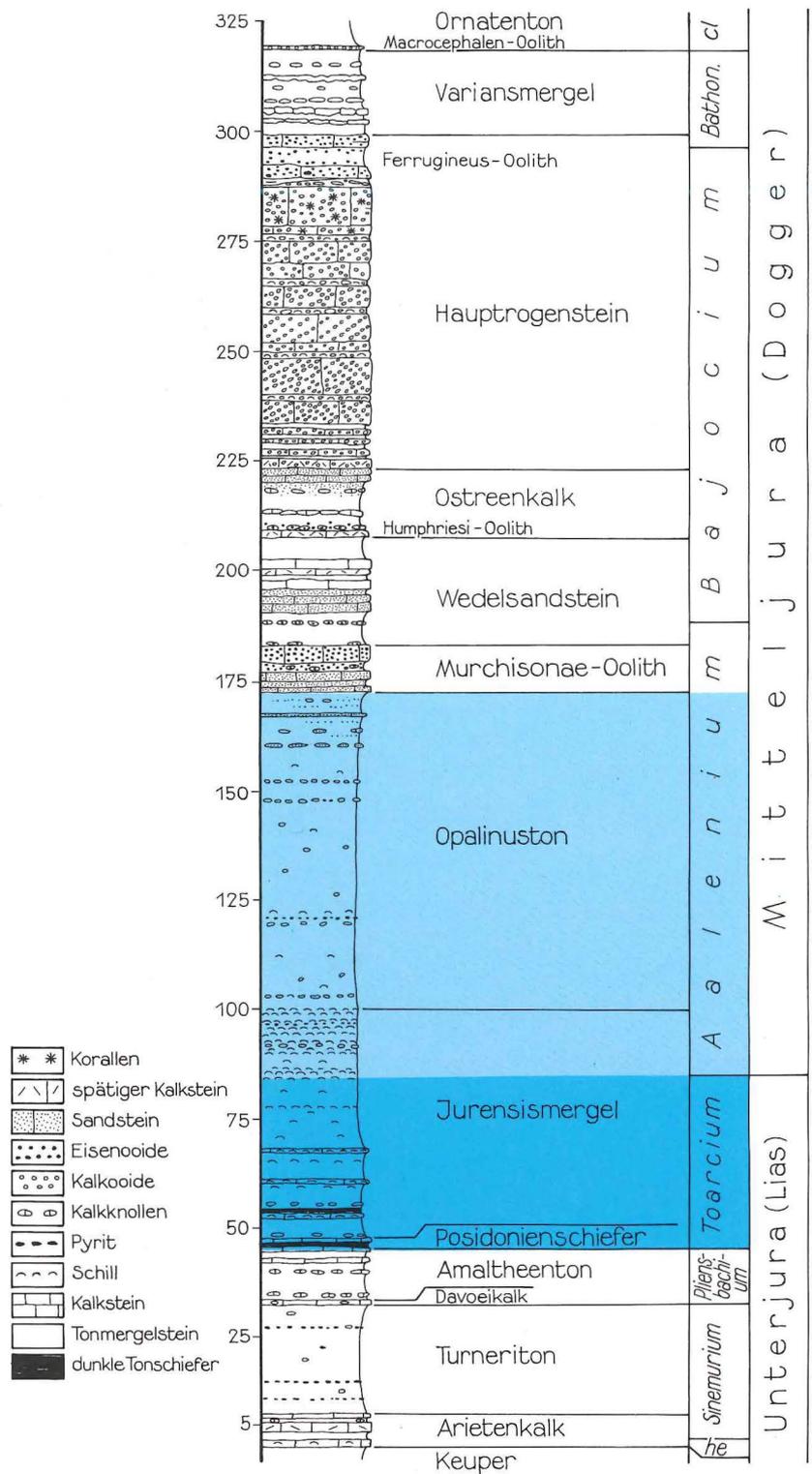


Abb. 1: Die Jura-Schichtenfolge am Schönberg bei Freiburg i. Br.

Blau unterlegt ist die Schichtenfolge des Toarciums (dunkelblau) und Unter-Aaleniums (hellblau), die von der Forschungsbohrung KB Wittnau zum großen Teil durchteuft wurde und in der Tongrube Wittnau teilweise aufgeschlossen ist. Die Farben entsprechen denen im Titelbild.

Titelbild: Der Grenzbereich Unter-/Mitteljura in der Forschungsbohrung KB Wittnau

Dargestellt sind Resultate geophysikalischer Bohrlochmessungen, das Schichtenprofil und die biostratigraphische Einstufung (vgl. Abb. 13) vor der Landesfläche von Baden-Württemberg sowie stratigraphisch wichtige Ammoniten (nicht maßstabsgetreu); unten - *Cotteswoldia aalensis aalensis* (ZIETEN); Mitte - *Pleydellia pseudoaricata* (MAUBEUGE); oben - *Leioceras opalinum* (REINECKE)

Die Grenzziehung Unter-/Mitteljura (Toarcium/Aalenium) bei Wittnau und Fuentelsaz

—

Beispiele interdisziplinärer
geowissenschaftlicher
Zusammenarbeit

Freiburg i. Br. 1996

ISSN 0940-0834

Herausgeber: Geologisches Landesamt Baden-Württemberg
Albertstraße 5, D-79104 Freiburg i. Br.
Telefon (0761) 204-4375, Fax (0761) 204-4438
LVN GLAFR/BWL; e-mail DEBWLHJ9@IBMMAIL.COM

Bearbeiter: W. OHMERT, V. ALLIA, C. ARIAS, A. BALDANZA, J. A. BERGEN, R. BUCEFALO PALLIANI, M. L. CANALES, E. DE KAENEL, F. GARCIA JORAL, A. GOY, C. HERRERO, A. HÖHNDORF, G. MARTINEZ, E. MATTIOLI, N. PERILLI, W. RIEGRAF, CH. ROLF, S. URETA, A. WETZEL & T. WONIK

Redaktion: Priv.-Doz. Dr. DIETHARD H. STORCH

Satz, Gestaltung: HEIKE MERKT

Herstellung: freiburger graphische betriebe

Gedruckt auf säurefreiem, chlorfrei gebleichtem Papier

September 1996

Vorwort

Bei der Lösung der Aufgabe, die Schichtenfolge im Grenzbereich Unter-/Mitteljura am Südhang des Schönbergs bei Freiburg i. Br. nach ihrer erdgeschichtlichen Entstehung zu ordnen, ist geowissenschaftlicher Sachverstand unterschiedlicher Disziplinen gefragt. Neben der Geophysik, der Geochemie und der Sedimentologie ist vor allem die Biostratigraphie zu nennen.

Gerade bei der geologischen Landesaufnahme, die Informationen über den Aufbau und die Geschichte der Erde erhebt und dokumentiert, ist die Biostratigraphie trotz vieler neuer Spezialgebiete weiterhin unentbehrlich. Sie liefert über die geologische Landesaufnahme wichtige Grundlagen für alle geowissenschaftlichen Arbeiten im Lande, auch im angewandten Bereich.

Die untersuchte Tonsteinserie des Opalinustons vom Schönberg ist auch für die Ingenieur- und Hydrogeologie Baden-Württembergs von praktischer Bedeutung. Bereits in den Jahren 1989 bis 1991 waren diese Gesteine und ihre Gebirgseigenschaften Gegenstand eines Forschungsprojekts des Geologischen Landesamts.

Vorliegender Bericht bezeugt weiterhin die enge grenzüberschreitende Kooperation deutscher, italienischer, schweizerischer, spanischer und nordamerikanischer Forschergruppen. Ihnen allen gilt mein herzlicher Dank, verbunden mit der Zuversicht, daß die gute Zusammenarbeit weiter gedeiht.



Prof. Dr. Horst Schneider
Präsident des Geologischen Landesamts
Baden-Württemberg



Abb. 2: Unterer Opalinuston der Tongrube Wittnau, Schicht 02 (*opalinum*-Subzone) mit *Leioceras subglabrum* (BUCKMAN) in der typischen Erhaltung

Die Luftkammern (Phragmokon) sind beim Macro- und Microconch flachgedrückt. Die Wohnkammer ist mit Sediment gefüllt und daher körperlich erhalten, beim Macroconch aber teilweise verdrückt.

Inhalt

		Seite
1	Einleitung (W. OHMERT)	6
2	Erdgeschichtliche Bedeutung der Schichtenfolge bei Wittnau (W. OHMERT)	7
2.1	Die Tongrube Wittnau im Naturschutzgebiet „Berghäuser Matten“	7
2.2	Vorgeschichte	7
2.3	Geologische Position	8
2.4	Stratigraphische Position	8
2.5	Paläogeographische Position	8
2.6	Die Forschungsbohrung KB Wittnau	8
2.7	Literatur	9
3	Untersuchungsergebnisse	13
3.1	Lithostratigraphie (W. OHMERT)	13
3.2	Geophysikalische Untersuchungen	14
3.2.1	Geophysikalische Bohrlochmessungen in der Forschungsbohrung KB Wittnau (T. WONIK)	14
3.2.2	Geomagnetische Messungen an den Kernen der KB Wittnau (CH. ROLF)	15
3.3	Geochemische Untersuchungen	17
3.3.1	Geochemische Untersuchung der Forschungsbohrung KB Wittnau (M. MARTIN)	17
3.3.2	Sr-Isotopenuntersuchung an Belemniten des Profils Wittnau (A. HÖHNDORF)	18
3.4	Der Ablagerungsraum des Opalinustons – eine sedimentologische Analyse (A. WETZEL & V. ALLIA)	20
3.4.1	Isopachen	20
3.4.2	Kompaktion	20
3.4.3	Wassertiefe im Ablagerungsraum und Sedimenttransport	21
3.4.4	Auswaschung von Kalkknollen	23
3.4.5	Schlußbemerkung	24
3.5	Biostratigraphie	24
3.5.1	Vorbemerkung	24
3.5.2	Ammoniten (W. OHMERT)	24
3.5.3	Belemniten im Ober-Toarcium und Unter-Aalenium Südwestdeutschlands (W. RIEGRAF)	26
3.5.4	Phytoplankton im Toarcium und Aalenium der Forschungsbohrung KB Wittnau (A. BALDANZA, E. MATTIOLI, R. BUCEFALO PALLIANI)	29
3.5.5	Kalkige Nannofossilien im Profil der Tongrube Wittnau (E. DE KAENEL & J. A. BERGEN)	33
3.5.6	Mikrofossilien (W. OHMERT)	36
3.5.6.1	Radiolarien	36
3.5.6.2	Foraminiferen	36
3.5.6.3	Ostracoden	39
3.5.6.4	Weitere Fossilgruppen	39
3.6	Literatur	41
4	Die Toarcium/Aalenium-Grenze im Profil Fuentelsaz (Iberische Ketten, Spanien) (A. GOY, S. URETA, C. ARIAS, M. L. CANALES, F. GARCIA JORAL, C. HERRERO, G. MARTINEZ & N. PERILLI)	43
4.1	Einführung	43
4.2	Lithofazies und Sedimentologie	44
4.3	Biostratigraphie	45
4.3.1	Ammoniten	45
4.3.2	Brachiopoden	47
4.3.3	Foraminiferen	47
4.3.4	Ostracoden	49
4.3.5	Kalkige Nannofossilien	49
4.4	Abschließende Bemerkungen	51
4.5	Literatur	52
5	Ausblick (W. OHMERT)	52

1 Einleitung*

Die Geologie hat, wie andere Wissenschaften auch, in den letzten Jahrzehnten eine fortschreitende Spezialisierung in einzelne Disziplinen erfahren, z. B. Geophysik, Geochemie, Paläontologie und Sedimentologie. Aber selbst diese einzelnen Disziplinen werden heute, oft bedingt durch aufwendige Apparaturen, Laboreinrichtungen oder die umfangreiche Literatur, weiter in Spezialgebiete aufgeteilt, die gar nicht mehr alle an einer einzigen geologischen Institution angesiedelt sein können, sondern oft nur von wenigen, über die ganze Welt verteilten Fachleuten beherrscht werden. Für komplexe Fragestellungen und Aufgaben, mit denen Geologische Landesämter zunehmend konfrontiert werden, ist deshalb eine interdisziplinäre geowissenschaftliche Zusammenarbeit erforderlich.

Eine solche Aufgabe stellt sich etwa bei praxisbezogenen Untersuchungsprogrammen, bei Tiefbohrungen oder bei der Festlegung international gültiger Bezugspunkte. Die International Union of Geological Sciences (I.U.G.S.) hat zum Beispiel ihre Stratigraphische Kommission beauftragt, für alle wichtigen erdgeschichtlichen Zeitgrenzen geeigne-

te Bezugspunkte (Global Stratotype Section and Point, kurz GSSP) zu finden, an denen diese Grenzen definiert werden können. Dafür wurden Richtlinien erlassen, die unter anderem multidisziplinäre Korrelationsmöglichkeiten verlangen, aber auch bestimmte geologische Voraussetzungen wie gleichbleibende Gesteinsbeschaffenheit (Fazies) über die Grenze hinweg, keine stärkere Beeinflussung durch Tektonik oder Diagenese, vor allem aber einen möglichst vielseitigen und umfangreichen Fossilinhalt, denn die fossilen Lebewesen sind weiterhin die sichersten Zeitmarken.

Das hier vorgestellte Beispiel Wittnau erfüllt die meisten dieser Bedingungen für einen solchen Bezugspunkt (GSSP) und steht neben einem Profil bei Fuentelsaz in Spanien zur Wahl.

Dankenswerterweise haben auch die spanischen Kollegen zugestimmt, ihr Profil hier zum Vergleich darzustellen. Dank gilt ebenso allen, die sich an den Untersuchungen der Schichtenfolge bei Wittnau beteiligt haben.

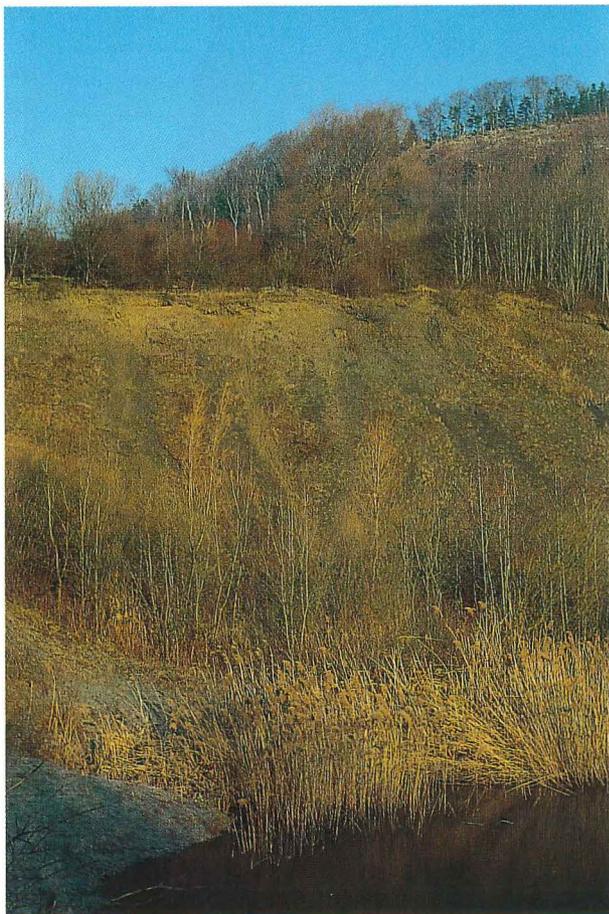


Abb. 3: Tongrube Wittnau, NW-Wand mit dem unteren Opalinuston. Der Steilhang im Hintergrund wird von den Kalksandsteinen und Kalksteinen des Mitteljuras aufgebaut, zuoberst die helle Hauptrogenstein-Formation (Bajocium). (Aufnahme 1991)

2 Erdgeschichtliche Bedeutung der Schichtenfolge bei Wittnau*

2.1 Die Tongrube Wittnau im Naturschutzgebiet „Berghäuser Matten“

Wittnau, eine kleine Gemeinde 6 km südlich von Freiburg i. Br., hat der 1952 entstandenen Tongrube am Südhang des Schönbergs den Namen gegeben, obwohl diese auf Gemarkung Ebringen liegt (TK 25: 8012 Freiburg-SW: R 3410 560, H 5312 660). In den späten sechziger Jahren wurde die Tongrube aus Naturschutzgründen aufgelassen und ist jetzt in das neue Naturschutzgebiet „Berghäuser Matten“ einbezogen (Abb. 3, 4). In der Schutzverordnung wird als Schutzzweck ausdrücklich die Bedeutung als For-

schungsobjekt für die Geologie genannt, so daß eine Erhaltung der Aufschlüsse unter der Fachaufsicht des Geologischen Landesamts gewährleistet sein dürfte.

2.2 Vorgeschichte

Das Profil Wittnau ist zuerst von KLÖCKER (1966/1967) in einer Diplomarbeit und Dissertation am Geologischen Institut der Universität Freiburg bearbeitet worden. Ihm verdanken wir die stratigraphischen Grundlagen. In neuerer Zeit wurde das Profil mehrfach den internationalen Toarcium-, Aalenium- und Bajocium-Arbeitsgruppen vorgestellt, die sich innerhalb der Stratigraphischen Kommission mit der Suche nach einem geeigneten GSSP befassen (OHMERT et al. 1991, OHMERT & ROLF 1994).

* Dr. WOLF OHMERT, Geologisches Landesamt Baden-Württemberg, Albertstraße 5, D-79104 Freiburg

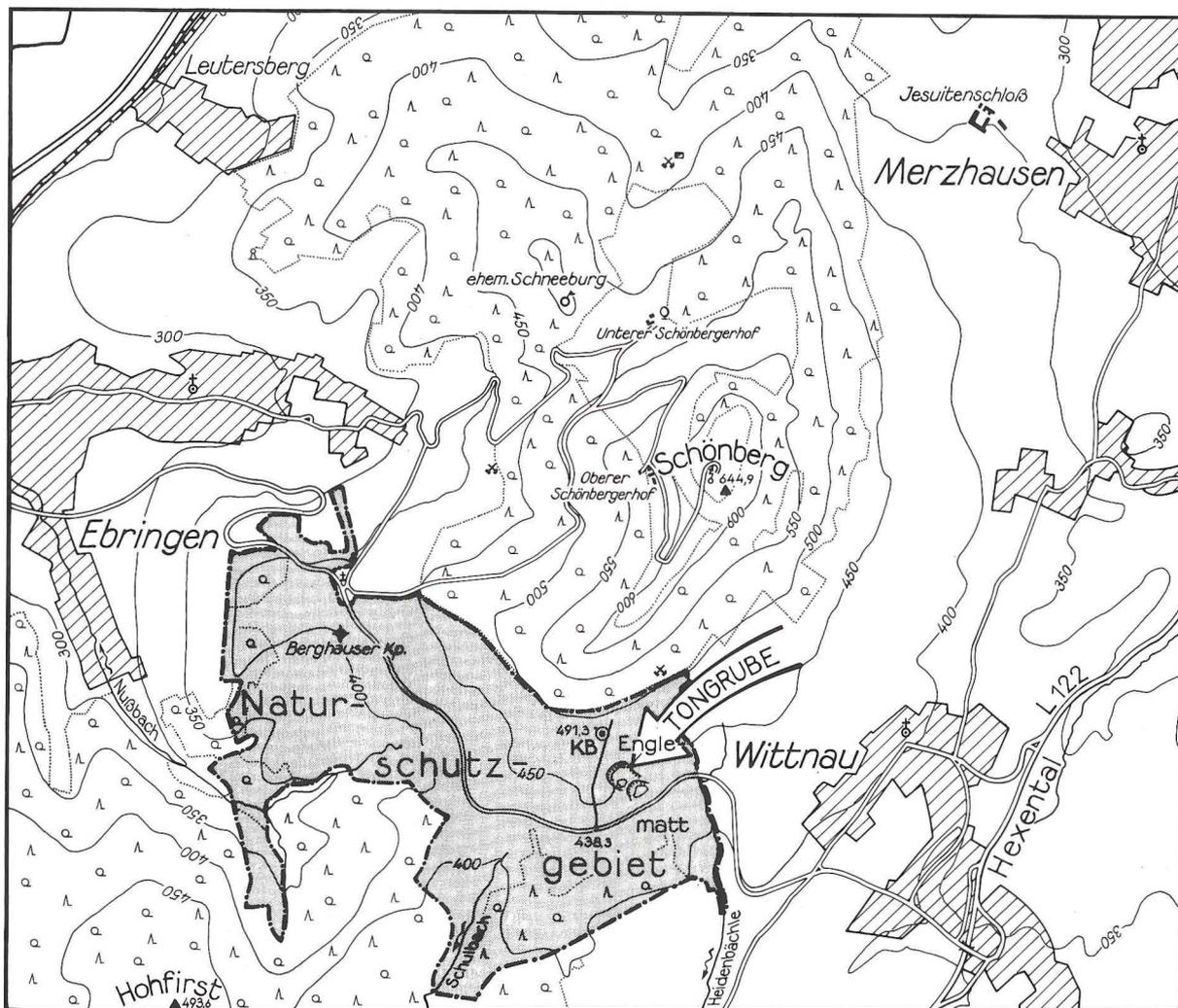


Abb. 4: Das Naturschutzgebiet „Berghäuser Matten“ (dicke Umrandung) mit der Tongrube Wittnau und der Lage der Forschungsbohrung KB Wittnau (Maßstab 1:50 000)

2.3 Geologische Position

Der Schönberg stellt eine Randscholle dar, die im Tertiär bei der Absenkung des Rheingrabens am östlichen Grabenrand stehen geblieben ist, während die entsprechenden mesozoischen Gesteine im Grabeninnern bis zu 2000 m tiefer liegen und von der mächtigen tertiären und quartären Grabenfüllung bedeckt werden. Wie die GKV 25 (Abb. 5, s. III. Umschlagseite) zeigt, verläuft die Grabenrandverwerfung gegen das kristalline Schwarzwaldmassiv durch Wittnau. Entsprechend stark ist die tektonische Beanspruchung des Schönberg-Gebiets, das durch viele Störungen in Blöcke zerlegt wird. Der Südhang des Schönbergs ist jedoch im Bereich der Tongrube weitgehend frei von größeren tektonischen Versätzen. Kleinere Störungen im Meter-Bereich sind eng an einen winzigen tertiären Tuffschlot in der Westecke der Tongrube gebunden und beeinträchtigen das Grenzprofil nicht. Die flachen Hänge im Bereich der Berghäuser Matten werden durch die mächtigen Mergel- und Tonsteinfolgen des Unter- und tiefsten Mitteljuras gebildet (Abb. 1, s. II. Umschlagseite), während die steilen Hänge darüber durch die Kalksteine des höheren Mitteljuras aufgebaut werden, die den Schönberg-Gipfel morphologisch hervortreten lassen.

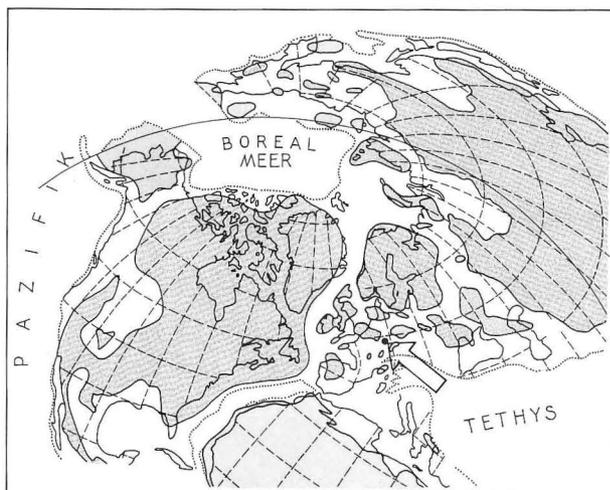


Abb. 6: Paläogeographische Lage von Wittnau im obersten Toarcium

Das süddeutsche Becken liegt im Epikontinentalbereich (punktierte Linie), vom offenen Ozean der Tethys durch vorgelagerte Inseln getrennt. Über das norddeutsche und das Pariser Becken besteht eine Verbindung zum Borealmeer

2.4 Stratigraphische Position

In der Tongrube sind rund 42 m der Tonsteinabfolge an der stratigraphischen Grenze von Unter- und Mitteljura aufgeschlossen. Der Unterjura ist darin durch 7 m mächtiges Ober-Toarcium vertreten, die übrige Schichtfolge gehört zum Unter-Aalenium des Mitteljuras. Die Grenze der beiden Stufen wird durch Festlegung der Basis des Aaleniums definiert, mit der sich die internationale Aalenian Working Group zu befassen hat. Da gerade die Aalenium-Untergrenze häufig durch Schichtlücken oder sehr stark kondensierte Profile gekennzeichnet ist, vielleicht sogar gerade deshalb als deutliche Grenze in Erscheinung tritt, sind nur die beiden hier vorgestellten Profile von der Aalenian WG als mögliche GSSPs in Betracht gezogen worden. Im Profil Wittnau ist das unterste Aalenium ganz außergewöhnlich mächtig und lückenlos, da es in einem absinkenden Sedimentationsraum abgelagert wurde (vgl. Kap. 3.4.3).

2.5 Paläogeographische Position

Einerseits ist Wittnau zur Zeit des untersten Aaleniums zeitweilig nur etwa 45 km von der nächstgelegenen Küste im NW entfernt, so daß ein starker terrigener Einfluß anhand von Sporomorphen festgestellt wurde (PRAUSS & WEISS in OHMERT et al. 1991).

Andererseits macht sich die nahe Tethys (Abb. 6), das große offene Meer im SE, sowohl im Ober-Toarcium als auch im frühen Unter-Aalenium durch Radiolarien-Faunen bemerkbar, die mit nordwärts gerichteten Strömungen, ähnlich dem heutigen Golfstrom, in unser Gebiet gelangten. Zu dem damaligen Nordmeer (= Borealmeer) bestand eine Verbindung über das norddeutsche Becken, so daß auch da ein Faunenaustausch möglich war.

Durch diese vielfältigen paläoökologischen Einflüsse und Beziehungen ist das Profil Wittnau für stratigraphische Korrelationen besonders geeignet.

2.6 Die Forschungsbohrung KB Wittnau

Für die geochemischen und geophysikalischen Untersuchungen war es wichtig, Verwitterungseinflüsse, wie sie im Profil der Tongrube zwangsläufig auf-



Abb. 7: Forschungsbohrung KB Wittnau

Das Bohrgerät des Regierungspräsidiums Karlsruhe wird oberhalb der Tongrube aufgebaut. Blick auf Wittnau, die Tongrube liegt etwas tiefer in den Büschen.

treten, auszuschließen. Zu diesem Zweck wurde im Dezember 1994 durch den Bohrrupp des Regierungspräsidiums Karlsruhe (Bohrmeister F. HÄRTWEG) eine Kernbohrung mit 146 mm Durchmesser bis zu einer Endteufe von 109,8 m abgeteuft. Die Bohrung (Abb. 7) wurde oberhalb der Tongrube (R³⁴10 420, H⁵³12 800, 490,5 m NN) so angesetzt, daß der Opalinuston möglichst vollständig durchbohrt wurde (Tab. 1, Abb. 8–10). Außerdem wurde versucht, noch einen großen Teil des liegenden Jurensismergels zu erfassen, dessen Fossilinhalt zwar durch Aufsammlungen beim Bau der Straße Wittnau–Ebringen (R. MATTES) bekannt war, dessen Schichtenfolge aber fehlte. Die KB Wittnau erreichte die *thouarsense*-Zone des Ober-Toarciums, dessen Basis analog zum Profil Ballrechten etwa 9 m tiefer bei etwa 371,70 m NN zu erwarten wäre. Kernverlust trat nur zwischen 5,70 und 6,35 m auf. Am 27.12.1994 wurden die geophysikalischen Bohrlochmessungen im unverrohrten Bohr-

Tab. 1: Stratigraphische Gliederung der Forschungsbohrung KB Wittnau

Subzone	Zone	Formation
		quartäre Deckschichten (Hangschutt)
— 3,4 m —		
<i>comptum</i>		
— 22,0 m —		
<i>opalinum</i>	<i>opalinum</i>	Opalinuston
— 57,5 m —		— 59,56 m —
<i>torulosum</i>		
— 80,3 m —		
<i>aalensis</i>		
— 93,0 m —	<i>aalensis</i>	Jurensismergel
<i>maetra</i>		
— 93,8 m —		
<i>moorei</i>		
— 95,6 m —	<i>levesquei</i>	
<i>levesquei</i>		
— 97,3 m —		
<i>dispansum</i>		
— 98,6 m —	<i>insigne</i>	
<i>insigne</i>		
— 102,6 m —		
<i>fallaciosum</i>		
— 107,6 m —	<i>thouarsense</i>	
<i>thouarsense</i>		
— 109,8 m (Endteufe)		

loch von L. DEVAY vom Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung durchgeführt. Anschließend wurde der gesamte Kern mit Ausnahme einiger stark zerbohrter Kernstrecken von CH. ROLF im Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung geomagnetisch vermessen. Schließlich wurden die Kerne in Freiburg auf ihre Lithologie und den Fossilinhalt durchgesehen sowie zahlreiche Proben für geochemische, paläontologische und sedimentologische Untersuchungen entnommen.

2.7 Literatur

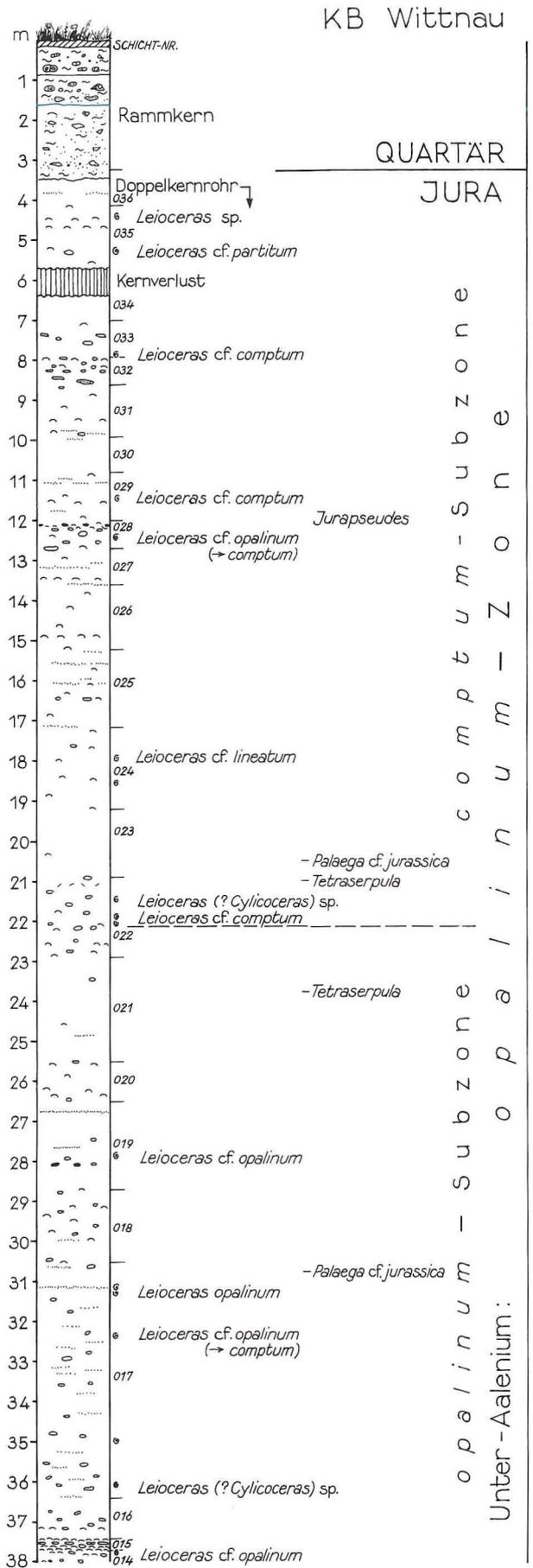
- KLÖCKER, P. (1966): Faunistische und feinstratigraphische Untersuchungen an der Lias–Dogger-Grenze am Schönberg bei Freiburg i. Br. 1. Teil: Profil und Fauna (Lamellibranchiata und Gastropoda). – Ber. naturforsch. Ges. Freiburg i. Br., **56**: 209–248, 10 Abb., 5 Tab., 1 Prof.; Freiburg i. Br.
- (1967): Faunistische und feinstratigraphische Untersuchungen an der Lias–Dogger-Grenze am Schönberg bei Freiburg i. Br. 2. Teil: Fauna (Ammonoidea) und Stratigraphie. – Ber. naturforsch. Ges. Freiburg i. Br., **57**: 69–118, 18 Abb., 8 Tab.; Freiburg i. Br.

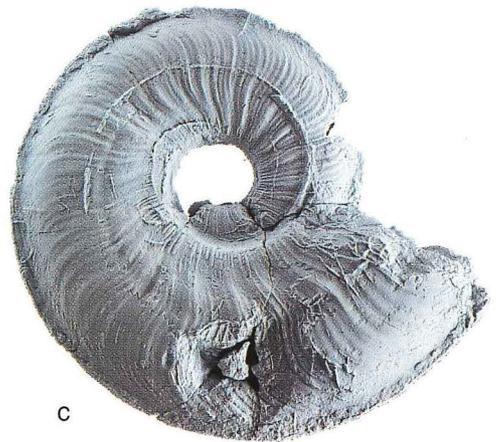
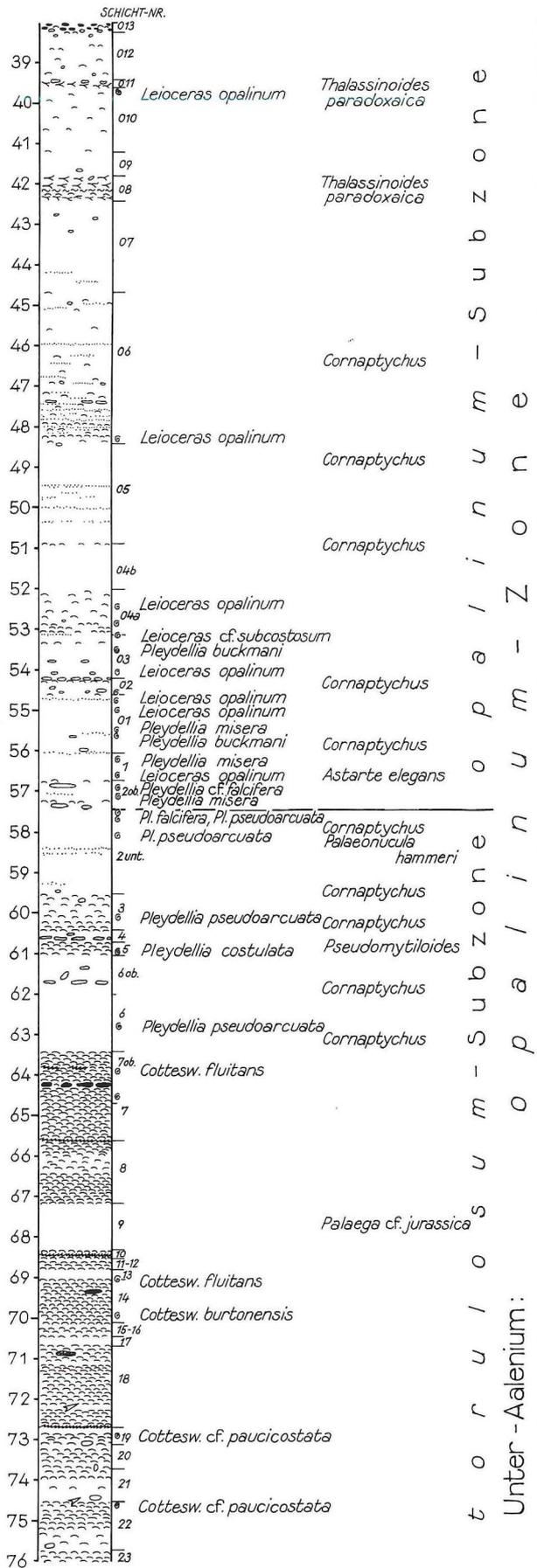
- OHMERT, W., PRAUSS, M. & WEISS, M. (1991): The Toarcian–Aalenian boundary at Wittnau (Oberrhein area, south west Germany), a possible boundary stratotype for the Aalenian. – In MORTON, N. (Hrsg.): Conf. Aalenian Bajocian Stratigr., Isle of Skye, April 1991: 1–31, 11 Abb., 2 Taf.; London.
- OHMERT, W. & ROLF, CH. (1994): The Aalenian boundaries at Wittnau (Oberrhein area, south west Germany). – In CRESTA, S. & PAVIA, G. (Hrsg.): Proc. 3rd internat. Meeting Aalenian Bajocian Stratigr., Marrakesh 25–31 May 1994. – Misc. Serv. geol. naz., 5: 33–61, 9 Abb., 5 Taf.; Roma.

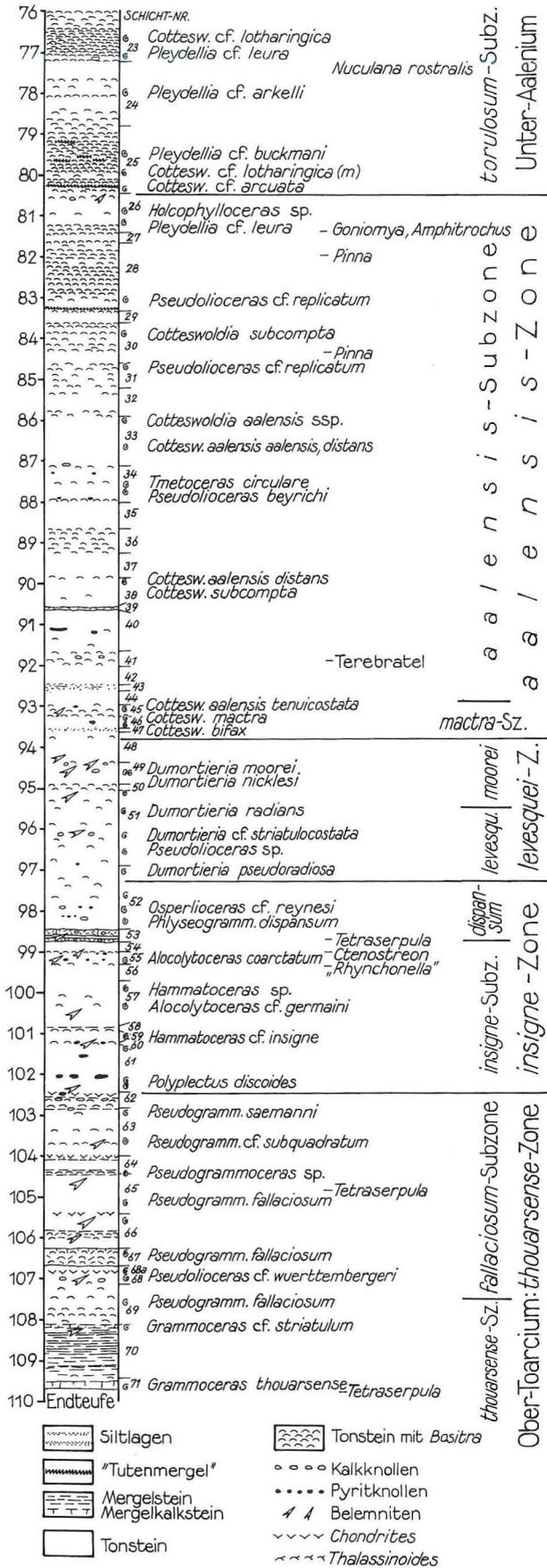
Abb. 8: Profil der KB Wittnau von 0–38 m →
 Legende s. Abb. 10; rechts neben dem Profil die Schicht-Nummer, die wichtigsten Ammoniten, daneben besondere oder häufige andere Megafossilien; ganz rechts die Biostratigraphie

Abb. 9: Profil der KB Wittnau von 38–76 m (s. S. 11)
 Legende s. Abb. 10; a – *Cotteswoldia lotharingica* (BRANCO) und (randlich) *Pleydellia cf. leura* BUCKMAN, KB Wittnau 79,94 m (Kerndurchmesser 10 cm), Basis des Aaleniums, *torulosum*-Subzone; b – *Pleydellia pseudoaracuata* MAUBEUGE, Tongrube Wittnau, Schicht 6 oben, Unter-Aalenium, *torulosum*-Subzone, Durchmesser 4,3 cm; c – *Pleydellia buckmani* MAUBEUGE, Tongrube Wittnau, Schicht 01, Unter-Aalenium, *opalinum*-Subzone, Durchmesser 6,3 cm; d – *Leioceras opalinum* (REINECKE), Tongrube Wittnau, Schicht 08 Basis, Unter-Aalenium, *opalinum*-Subzone, Durchmesser 2 cm

Abb. 10: Profil der KB Wittnau von 76–109,8 m (Endteufe) (s. S. 12)
 a – *Polyplectus discoides* (ZIETEN), Straßeneinschnitt Wittnau (coll. MATTES), Ober-Toarcium, *insigne*-Subzone, Durchmesser 3,1 cm; b – *Phlyseogrammoceras dispansum* (LYCETT), KB Wittnau 98,34 m, Ober-Toarcium, *dispansum*-Subzone, Kerndurchmesser 10 cm, Durchmesser 5,6 cm; c – *Cotteswoldia cf. subcompta* (BRANCO), Tongrube Wittnau, Basis (lose), Ober-Toarcium, *aalensis*-Subzone, Durchmesser 2,5 cm; d – *Tmetoceras circulare* BUCKMAN, KB Wittnau 87,62 m, Ober-Toarcium, *aalensis*-Subzone, Durchmesser 1,6 cm







3 Untersuchungsergebnisse

3.1 Lithostratigraphie*

Im Profil der KB Wittnau sind die Gesteinsformationen des Opalinustons und ab 59,56 m des Jurensismergels durchteuft worden (Tab. 1, Abb. 8–10).

Innerhalb des **Jurensismergels** läßt sich ein unterer Teil zwischen 87 und 109,8 m (Endteufe) unterscheiden, der durch den Wechsel von geringmächtigen Kalkmergelbänken und längeren Tonmergelabschnitten gekennzeichnet ist. Die Bänke enthalten meist angehäuften Biodetritus, vor allem Echinodermen-Schutt und Muschelschill. Die Tonmergelsteine werden durch Pyritknollen-Lagen, Anreicherungen von Kalkkonkretionen und feinverteiltem Muschel- (*Bositra*-)Schill weiter untergliedert, so daß insgesamt eine verhältnismäßig unruhige Sedimentabfolge vorliegt, die sich auch in den geophysikalischen Bohrlochmessungen widerspiegelt.

Dagegen ist der obere Teil des Jurensismergels zwischen 87 und 59,56 m von einer gleichmäßigeren, vermutlich rascher erfolgten Sedimentation geprägt und durch meist starke *Bositra*-Anreicherungen gekennzeichnet. Der dadurch bedingte relativ hohe Kalkgehalt führte zu frühdiagenetischen konkretionären Kalkausscheidungen in den sogenannten Tutenmergel-Lagen und -Linsen. Kalk- und Pyritknollen-Lagen sind in diesem Teil seltener. Eine markante Pyritknollen-Lage liegt bei 64,19–64,25 m und ist auch in Schicht 7 des Tongruben-Profiles zu verfolgen (Abb. 11).



Abb. 11: Leithorizont in Schicht 7 mit großen Pyritkonkretionen, KB Wittnau 64,19–64,25 m, Unter-Aalenium, *torulosum*-Subzone, max. Durchmesser 7,7 cm

Im Opalinuston kommt noch lagenweise feinverteilter *Bositra*-Schill vor, doch längst nicht mehr in der Häufung, die den höheren Jurensismergel charakterisiert. Der Kalkgehalt geht entsprechend zurück, der Tongehalt nimmt relativ zu, was sich auch im Elektrolog (FEL) der Bohrlochmessungen zeigt. Den Opalinuston kennzeichnen von Anfang an dünne, oft nur 1 bis 2 cm dicke Siltlagen, die, hellbräunlich gefärbt, jetzt auch in der Tongrube (Abb. 22) festgestellt werden konnten. Sie wittern dort wegen ihres Eisengehalts rötlich-braun an und werden, da sie häufig als Linsen auftreten, für Toneisenstein-Geoden gehalten. Letztere sind vor allem oberhalb 25 m im Opalinuston der KB Wittnau in Lagen angereichert, die sich auch im FEL der Bohrlochmessungen auswirken. Eine Art Leithorizont bilden 2 stark durchwühlte Lagen mit dem Spurenfossil *Thalassinoides paradoxicus* (WOODWARD) bei 39,5 und bei 42 m, von denen die untere im Tongruben-Profil Wittnau gerade noch aufgeschlossen ist (Abb. 12).

Bei 1,55 m wurde in den quartären Rutschmassen der KB Wittnau eine der Feinsandstein-Platten mit dem Spurenfossil *Gyrochorte* angetroffen, die die Zopfplatten – das oberste Schichtglied des Opalinustons – charakterisieren und in Hangrutschen oberhalb der Tongrube Wittnau zutage treten (OHMERT & ROLF 1994: Abb. 6).

* Dr. WOLF OHMERT, Geologisches Landesamt Baden-Württemberg, Albertstraße 5, D-79104 Freiburg



Abb. 12: Bioturbationshorizont in Schicht 08 mit häufigen Spuren von *Thalassinoides paradoxicus* (WOODWARD), oben ausgewittert aus Schicht 08 der Tongrube Wittnau, unten im Sediment, KB Wittnau 39,53 m, Unter-Aalenium, *opalinum*-Subzone, Kerndurchmesser 10 cm

3.2 Geophysikalische Untersuchungen

3.2.1 Geophysikalische Bohrlochmessungen in der Forschungsbohrung KB Wittnau*

Die KB Wittnau wurde bis zu einer Endteufe von 109,8 m niedergebracht. Der Bohrplatz war wegen der steilen Hanglage für Meßfahrzeuge nicht zugänglich. Daher mußten die Bohrlochmessungen mit einer tragbaren Apparatur durchgeführt werden, mit der nur folgendes eingeschränkte Meßprogramm möglich war: Natürliche Gammastrahlungsintensität (Gamma-Ray), spezifischer elektrischer Widerstand und Kaliber (Abb. 13).

Die Gamma-Ray-Messungen (GR) zeigen als Folge der durchweg vorhandenen tonigen Beimischungen ein relativ hohes Strahlungsniveau mit einem Mittelwert von 117 API. Der undifferenzierte Verlauf der Meßkurve und die statistischen Schwankungen der Gammastrahlung erlauben keine stratigraphische Zonierung der Sedimentabfolge.

Die Messung des spezifischen elektrischen Widerstands in fokussierter Anordnung (FEL) ergibt wegen des guten vertikalen Auflösungsvermögens von rund 0,2 m trotz Eintönigkeit der Lithofazies nach Korrektur des Bohrlocheffekts ein auswertbares Profil. Die Meßwerte schwanken zwischen 31 Ω m und 42 Ω m. Die 40 'elektrisch' markantesten Schichtgrenzen wurden mit den Befunden der Kernbemusterung verglichen. Von den 107 Schichten, die das geologische Profil unterhalb des Rohrschuhs bilden, erfaßt das FEL 18 Schichtgrenzen, insbesondere im Bohrlochabschnitt unterhalb von 88 m Teufe. Dabei handelt es sich meist um Kalkknollenschichten bzw. Pyrit- oder Schillagen. Allerdings werden vom FEL nicht alle auftretenden Schichten durch Widerstandsänderungen angezeigt. So sind z. B. in 54,3 und 61,7 m Teufe Kalkknollen sowie in 28,1 und 64,3 m Pyritlagen im Bohrkern gefunden worden, die sich nicht im FEL abzeichnen. Das FEL weist auch auf 22 Schichtgrenzen hin, die bei der Kernbemusterung nicht gesehen wurden, so daß keine allgemeingültigen Aussagen getroffen werden können.

Mit Hilfe der GR- und FEL-Messungen wurden folgende schwach ausgeprägte Lithofazies-Trends erkannt:

* Dipl.-Geophys. THOMAS WONIK, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Stilleweg 2, D-30655 Hannover

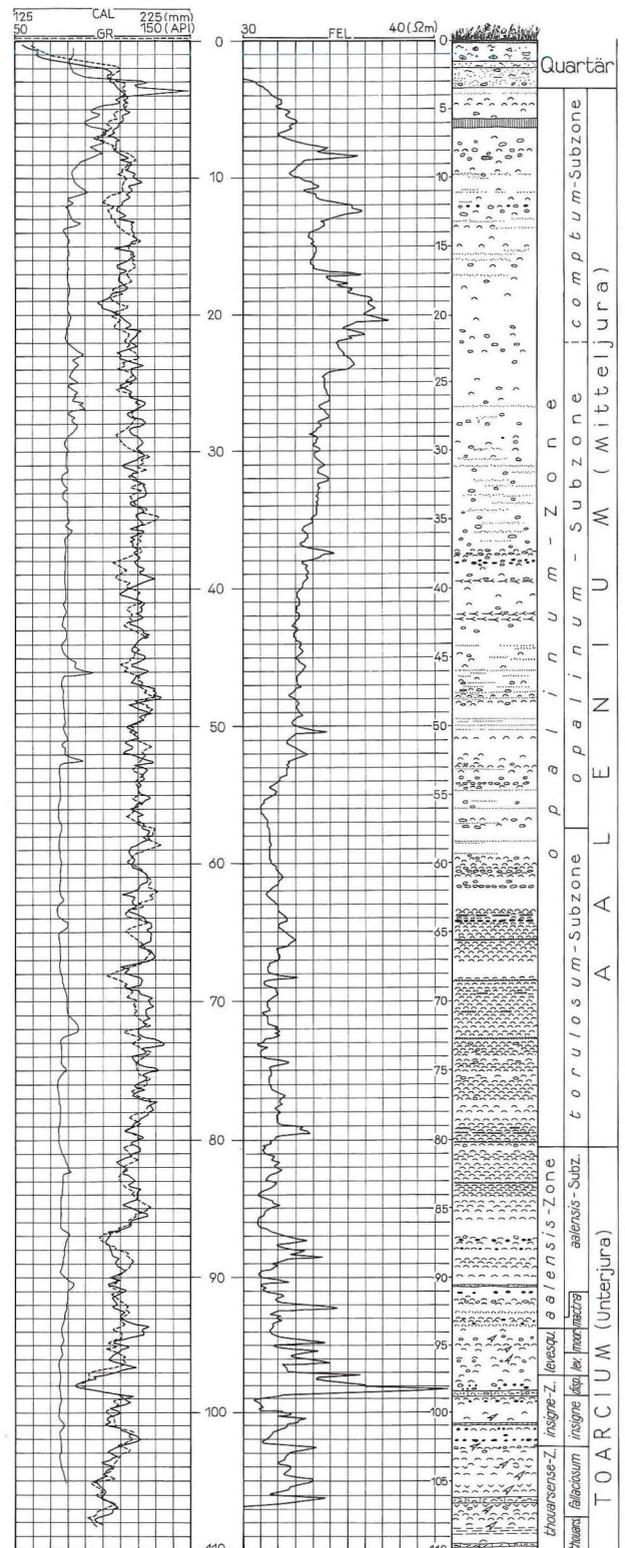


Abb. 13: Geophysikalisches Bohrlochdiagramm der KB Wittnau mit Profil und biostratigraphischer Einteilung (rechts), fokussiertem Elektrolog (FEL, Mitte), 2 Gamma-Ray-Messungen (GR, halblink) und Kaliber-Log (CAL, links)

10–19 m: Nach oben schwach zunehmende Vertonung (Abfall der FEL-Werte, leichte Zunahme der GR-Werte)

19–55 m: Mit der Tiefe gering abnehmende Quarz- und Karbonatgehalte (Abfall der FEL-Werte bei gleichbleibenden GR-Werten)

79 m bis Endteufe: Leichte Zunahme des Karbonatanteils, Rückgang der Porosität (Abfall der GR-Werte bei leicht steigenden FEL-Werten).

Die Kalibermessung (CAL) zeigt einige kleinere, im ganzen Bohrloch gleichmäßig verteilte Auskolkungen mit einer durchschnittlichen Amplitude von 7,6 mm. Die abgerundete Form der Auskolkungen weist darauf hin, daß hier Bohrlochwand-Auswaschungen und keine geklüfteten Zerrüttungszonen angetroffen wurden.

3.2.2 Geomagnetische Messungen an den Kernen der KB Wittnau*

Die Tongrube Wittnau bei Freiburg ist eine mögliche Typlokalität für die Grenze Unter-/Mitteljura (Toarcium/Aalenium). Um als internationale stratigraphische Typlokalität (GSSP) anerkannt werden zu können, verlangt die Internationale Stratigraphische Kommission u. a. die Durchführung einer magnetostratigraphischen Untersuchung.

Deshalb wurde während einer Geländekampagne im Herbst 1992 auf Veranlassung des Geologischen Landesamts Baden-Württemberg vom Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben (NLfB-GGA) eine umfangreiche Beprobung der aufgeschlossenen Schichten für magnetostratigraphische Untersuchungen vorgenommen.

Trotz des Einsatzes eines empfindlichen Kryogenmagnetometers der Universität München erlaubten die an den sehr schwach magnetisierten Proben gewonnenen Ergebnisse keine magnetostratigraphische Interpretation der bearbeiteten Schichten. Die gemessenen Remanenzen lagen meist nahe am Störpegel der verwendeten Instrumente.

Im Dezember 1994 wurde im Bereich der Tongrube Wittnau die über 100 m tiefe Forschungsbohrung KB Wittnau niedergebracht. Dabei wurde das im Bereich der Tongrube aufgeschlossene Profil erfaßt und nach oben und unten beträchtlich verlängert. Seit September 1993 sind die GGA in ihrem Magnetiklabor mit einem Bohrkernkryogenmagnetometer ausgerüstet, welches Remanenzmessungen an

Bohrkernen mit bis zu 11 cm Kerndurchmesser erlaubt. Mit diesem Gerät ist eine Bestimmung der natürlichen remanenten Magnetisierung (NRM) und eine Entmagnetisierung direkt an den Bohrkernen ohne zeitaufwendige Entnahme und Präparation kleinerer Probenkörper möglich. Die Remanenzmessung und schrittweise Entmagnetisierung eines Bohrkernmeters nimmt etwa eineinhalb Stunden in Anspruch. Daher war eine erneute Bearbeitung des diesmal beträchtlich erweiterten Profils mit vertretbarem Zeitaufwand möglich. Es bestand die berechtigte Hoffnung, doch noch ein interpretierbares magnetostratigraphisches Profil erstellen zu können.

In Abb. 14 sind die Werte der natürlichen Remanenz jeweils gegen die Teufe aufgetragen. Da die Kerne im Azimut nicht orientiert waren, wurde auf eine Darstellung der Deklination verzichtet. Sie kann nur innerhalb eines Bohrmeters zu Vergleichszwecken herangezogen werden. Die NRM ist erneut durch eine sehr schwache, teilweise gerade noch meßbare Intensität gekennzeichnet (Mittelwert

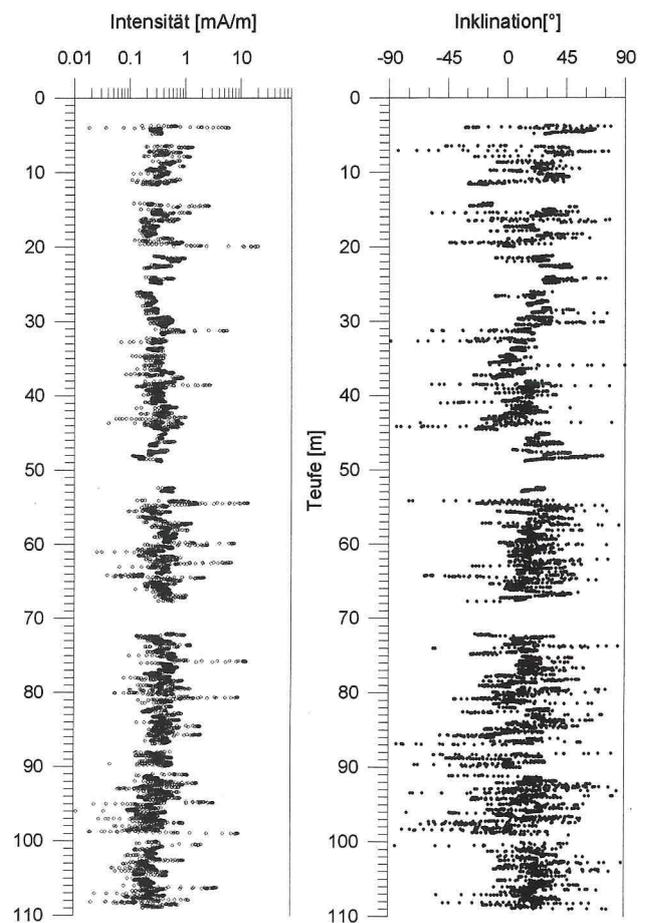


Abb. 14: Werte der natürlichen geomagnetischen Remanenz (NRM, Betrag und Inklination) in der KB Wittnau

* Dr. CHRISTIAN ROLF, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Stilleweg 2, D-30655 Hannover

0,5 mA/m). Nach paläomagnetischen Erkenntnissen lag Europa im Jura weiter im Süden als heute. Somit sind für die jurassischen Schichten in Wittnau Inklinationenwerte um $\pm 45^\circ$ und im Rahmen der Säkularvariation Schwankungen von $\pm 15^\circ$ zu erwarten. Betrachtet man Abb. 14 unter diesem Gesichtspunkt, so fällt zunächst auf, daß eine NRM mit positiver Inklination vorherrschend ist. Einige Abschnitte sind durch negative Inklinationen charakterisiert, und sehr viele Daten repräsentieren schwer interpretierbare Richtungen (zu steil bzw. zu flach). Ein Teil dieser Richtungen kann durch zu geringe Intensität der Remanenz (Meßempfindlichkeit unterschritten) und durch Randeffekte an Bereichen mit zerbohrten Kernen erklärt werden. Zu flache Inklinationenwerte sind gerade bei Tongesteinen typisch und werden in der Literatur auf Effekte durch Porositätsveränderungen bei der Verdichtung von Tonen zurückgeführt. Dies müßte dann aber für alle durchteuften Schichten gelten.

Um Beeinflussungen der charakteristischen Remanenz durch den Bohrvorgang zu beseitigen und viskose Magnetisierungsanteile zu eliminieren, wurden

die Kerne schrittweise mit steigenden Wechselfeldern entmagnetisiert. Die so erhaltenen Inklinationenwerte sind in Abb. 15 (Mitte) dargestellt. Die mittlere Intensität fällt bereits bei Wechselfeldern von 10 mT auf 0,1 mA/m ab (Abb. 15; links). Dies spricht für eine geringe Stabilität der Remanenz und erklärt die Schwierigkeiten bei der magnetostratigraphischen Interpretation der Ergebnisse. Im Gegensatz zu den völlig fehlgeschlagenen Entmagnetisierungsexperimenten an den Einzelproben konnte durch Einsatz des Bohrkernkryogenmagnetometers jedoch für einige Bohrkernabschnitte eine über mehrere Entmagnetisierungsschritte stabile Remanenz belegt werden. Diese brach jedoch meist nach wenigen Entmagnetisierungsschritten (10 mT) zusammen, was eine Interpretation der Remanenz im Hinblick auf ihren primären Charakter verhindert.

Die Kurve der Inklination nach der Entmagnetisierung (10 mT) weist erneut eine starke Streuung auf. Um den Haupttrend der Inklination herauszuarbeiten, wurde die Inklinationskurve einem Glättungsverfahren (gleitendes Mittel) unterzogen (Abb. 15; rechts). Die Streuungen sind teilweise auf Unter-

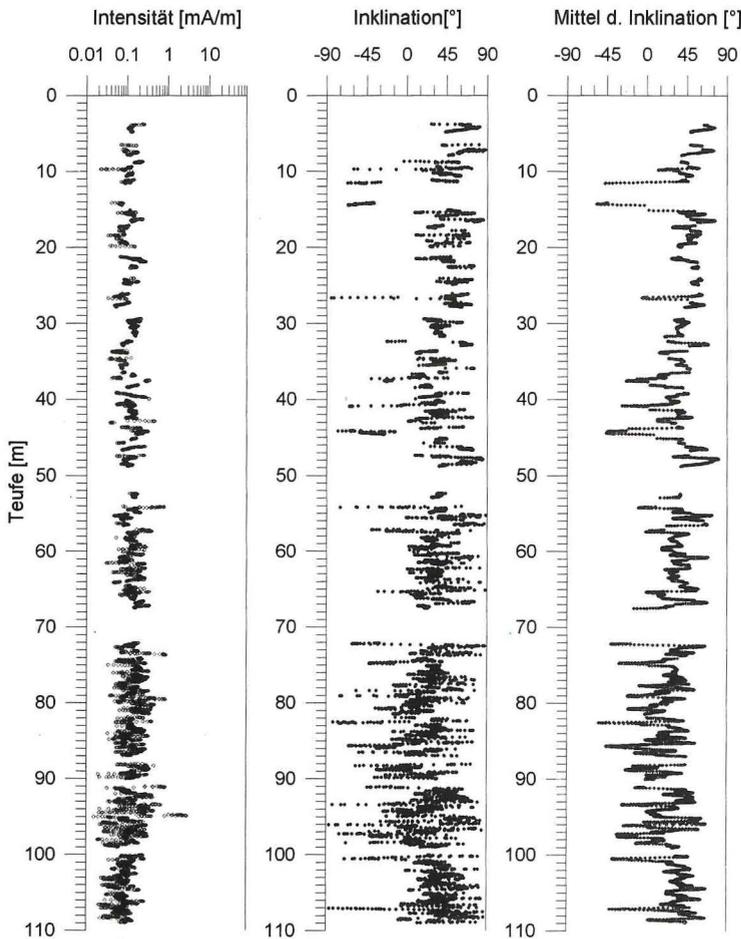


Abb. 15: Geomagnetische Inklinationswerte (Mitte), Intensität (links) und Inklinationskurve geglättet (rechts) nach Entmagnetisierung

schreitung der Meßempfindlichkeit und Verschmierungen der Remanenz an zerbohrten Kernabschnitten zurückzuführen. Deren Einfluß wird durch die Glättung etwas abgeschwächt. Im Haupttrend sind alle Bereiche normal magnetisiert. Einzig zwischen 11,5 und 14,5 m unter Geländeoberkante ist ein längerer Bereich – über mehrere Kernkisten – negativer Inklination (leider mit teilweise zerbohrten Kernabschnitten) nachweisbar. Die anderen inversen Abschnitte sind oft auf zerbrochene Kernabschnitte begrenzt und nicht über Kernkisten hinweg verfolgbar. Mit steigender Teufe nimmt die Streuung der Inklination zu, ohne daß eine einfache Erklärung dafür angegeben werden kann.

Ein solches Hin- und Herspringen der Richtungen ist nur schwer mit dem Erdmagnetfeld zum Zeitpunkt der Sedimentation in Verbindung zu bringen. Die Remanenz ist zwar weitgehend normal magnetisiert, aber der primäre Charakter der Remanenz ist nicht sicher zu belegen. Die Remanenz kann auch zu einem sehr viel späteren Zeitpunkt erworben worden sein. Wie die Entmagnetisierungsexperimente zeigen, scheint nur wenig stabiler Magnetit vorhanden zu sein. Genauere Aussagen über den Träger der Magnetisierung sind eventuell durch noch ausstehende, ergänzende gesteinsmagnetische Untersuchungen zu erhalten. Ohne gesicherte primäre Remanenzrichtungen ist eine magnetostratigraphische Interpretation des bearbeiteten Profils nicht möglich. Dies ist sehr bedauerlich, da bisher nur wenig sichere Erkenntnisse über die Polaritätswechsel des Erdmagnetfeldes im Jura vorliegen und das Profil in Wittnau biostratigraphisch sehr gut erfaßt ist, weshalb es für die Magnetostratigraphie von großem Interesse war.

3.3 Geochemische Untersuchungen

3.3.1 Geochemische Untersuchung der Forschungsbohrung KB Wittnau*

Im Rahmen der multidisziplinären Bearbeitung der Forschungsbohrung KB Wittnau wurden im Geologischen Landesamt Baden-Württemberg auch mineralogische und geochemische Untersuchungen des Kernmaterials durchgeführt. Hierzu wurde aus jeweils einem Bohrmeter eine repräsentative Durch-

schnittsprobe von grob zerkleinertem Kernmaterial gesammelt. Bei erkennbarem lithologischem Wechsel wurde bei der Festlegung der Beprobungsgrenzen von den 1-m-Intervallen abgewichen, so daß insgesamt 136 Proben zur Verfügung standen. Mit Hilfe der Röntgenfluoreszenzanalyse wurden die Gehalte von 9 Haupt- sowie 15 Neben- und Spurenelementen bestimmt. Ein Teil der zugehörigen Ergebnisse ist in Abb. 16 und 17 dargestellt. Ferner wurden Karbonatgehalt, Glühverlust sowie die mineralische Zusammensetzung mittels Röntgenbeugung ermittelt.

Nach den CaCO_3 -Gehalten können die Sedimente vorwiegend als kalkige Tonsteine, untergeordnet als Tonmergel bezeichnet werden. Sie setzen sich im wesentlichen aus Kaolinit, Illit/Glimmer, Chlorit, Quarz, Feldspat, Pyrit, Calcit, Dolomit und Siderit zusammen. Ein deutlicher Wechsel der Mineralführung zeigt sich an der Toarcium/Aalenium-Grenze oberhalb von ca. 80 m Bohrtiefe, wo die Sideritbildung merklich einsetzt und Pyrit an Menge deutlich zurückdrängt. Siderit steht für anaerobes Milieu bei erhöhtem CO_2 -Partialdruck, bedingt durch mikrobielle Zersetzungsarbeit bei wahrscheinlich größerer Wassertiefe. Pyrit ist extensiv vertreten. Der Quarzgehalt zeigt von der Basis bis etwa zur Grenze zwischen *opalinum*- und *comptum*-Subzone bei 22 m eine Zunahme, darüber eine leichte Abnahme.

Stets über 0,1% liegen die Gehalte an SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , K_2O , Na_2O , P_2O_5 und TiO_2 . Hinsichtlich der Verteilung dieser Elemente sind geochemische Zyklen erkennbar. Die tiefsten in der Bohrung angetroffenen Schichten des Ober-Toarciums bis einschließlich der *insigne*-Zone liegen als Tonmergel vor; darüber kommt es ausschließlich zur Sedimentation von kalkigen Tonsteinen, die durch eine stetige Abnahme des CaO -Gehalts bis ca. 75 m und drei kleinere Zwischenmaxima gekennzeichnet wird. Einen ähnlichen Verlauf zeigt auch der Gehalt an MnO . Im Bereich der *insigne*-Zone sind die MgO -Werte erhöht und gehen mit dem Auftreten von Dolomit einher. Korreliert mit dem Quarzgehalt zeigt der Verlauf des Gehalts an SiO_2 und Zirkonium einen Anstieg von der Basis bis etwa 22 m. Dies kann durch die Zunahme des detritischen Anteils erklärt werden. Mit Beginn der *comptum*-Subzone wird dieser über längere Zeit anhaltende Trend zunächst unterbrochen; der Anteil an Silizium und Zirkonium nimmt zuerst ab und wieder zu, was einer vorübergehenden Abnahme des Zustroms von detritischem Material entspricht. Einzelne er-

* Dr. MANFRED MARTIN, Geologisches Landesamt Baden-Württemberg, Albertstraße 5, D-79104 Freiburg

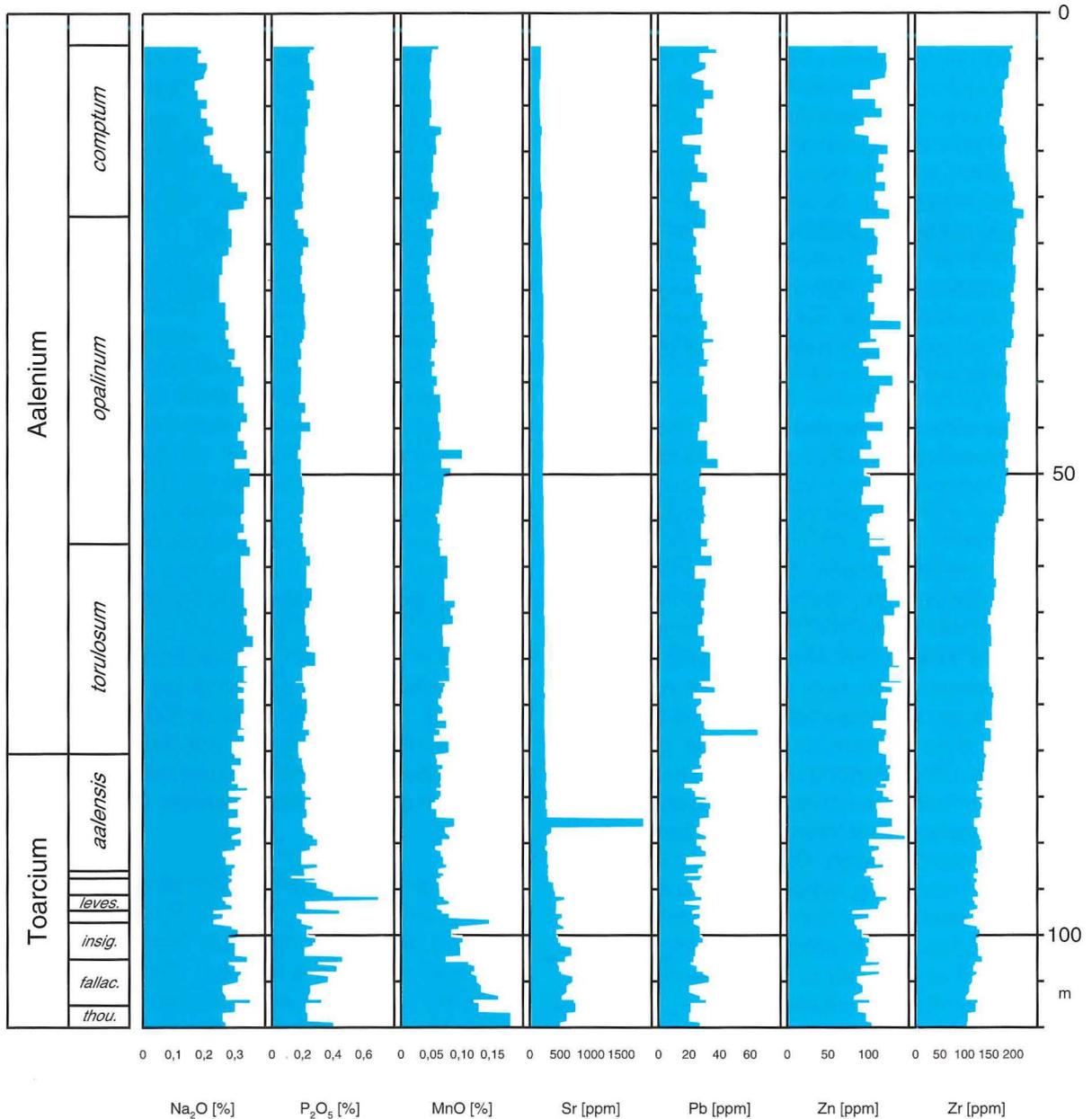


Abb. 16: Tiefenabhängige Darstellung der geochemischen Parameter der KB Wittnaue

höhte Gehalte an Phosphor, Barium und eine generelle Erhöhung der Strontiumgehalte in den untersten 23 m der Bohrung sind auf Organismenreste zurückzuführen. Eine weitere biostratigraphische Grenze kommt recht deutlich in Maxima der Werte von Aluminium, Eisen, Kalium, Rubidium und Vanadium, die vorwiegend in Tonmineralen gebunden sind, sowie einem Sprung der Zirkoniumwerte zum Ausdruck. Sie liegt bei etwa 57 m und repräsentiert den Übergang von der *torulosum*- zur *opalinum*-Subzone im Unter-Aalenium.

Weitere geochemische Untersuchungen von geeigneten Profilen sind erforderlich, um die in Wittnaue erkennbaren geochemischen Zyklen sequenzstratigraphisch korrelieren zu können.

3.3.2 Sr-Isotopenuntersuchungen an Belemniten des Profils Wittnaue*

Proben von Belemniten aus verschiedenen Horizonten von Wittnaue wurden im GLA Baden-Würt-

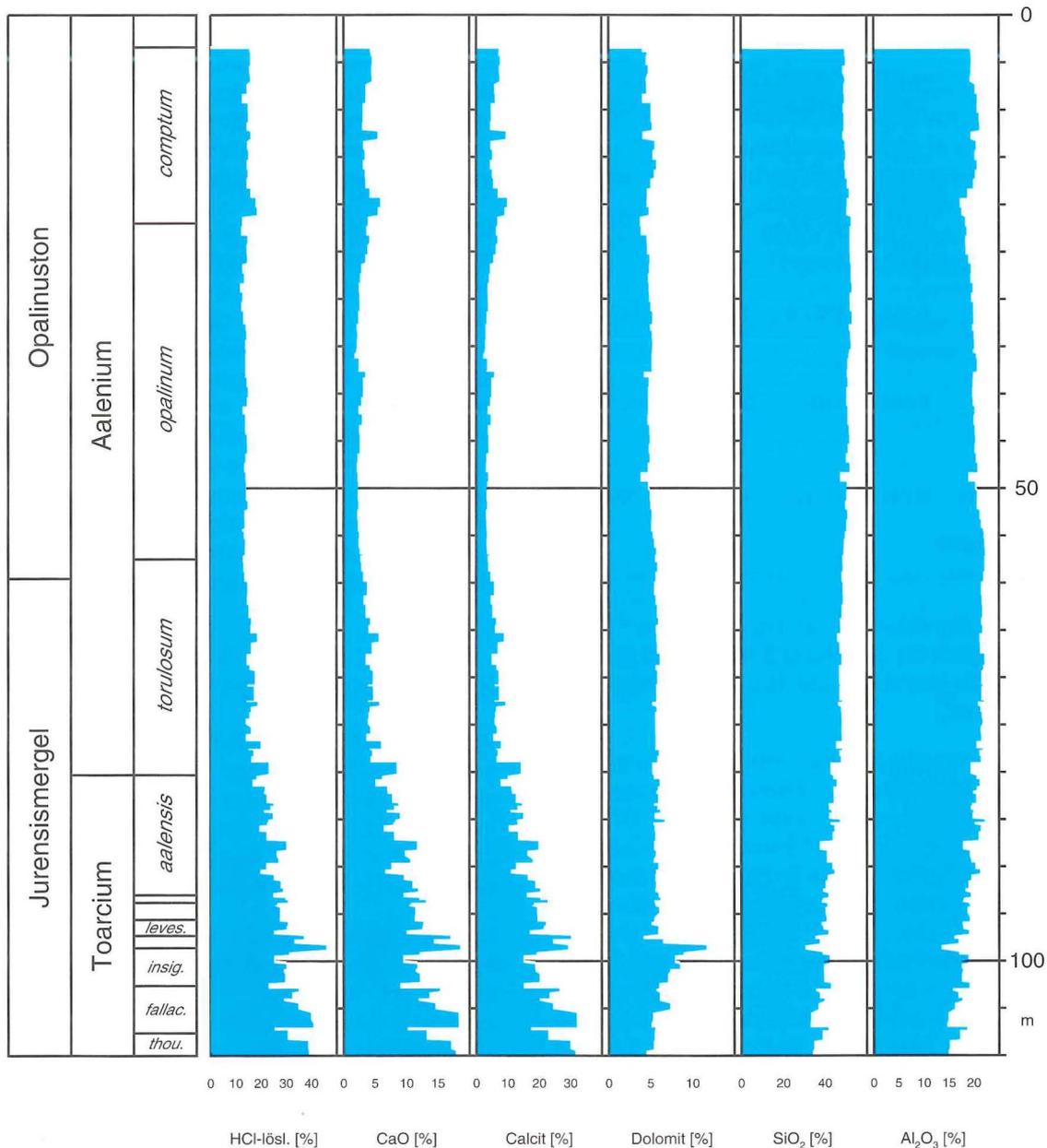


Abb. 17: Teufenabhängige Darstellung der geochemischen und mineralischen Parameter der KB Wittnau

temberg separiert und von Kalzitkrusten gereinigt. Zur Bestimmung der ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr-Isotopenverhältnisse wurden ca. 50 mg der fein gemahlene Proben mit verdünnter HCl gelaugt, um nur den Kalzitanteil in Lösung zu bringen. Aus der zentrifugierten Lösung wurde das Sr mit konventioneller Kationenaustauscher-Technik abgetrennt. Die Isotopenanalyse erfolgte mit einem Finnigan MAT 261 Massenspektrometer mit fünffach Auffänger im statischen Meß-

betrieb. Für den Isotopen-Standard NBS 987 wurde ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr = 0,71024 ± 0,00005 (2σ) gemessen. Die aus den Standardmessungen bestimmte Unsicherheit ist als Fehler der gemessenen Isotopenverhältnisse angegeben, wenn der Fehler der individuellen Messung diesen Wert nicht übersteigt. Die Ergebnisse sind der Tab. 2 zusammengestellt. Die Fehlerangaben der Isotopenverhältnisse geben das 95%-Vertrauensintervall an und beziehen sich auf die letzte Stelle des Wertes. Die gemessenen ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr-Verhältnisse entsprechen dem initialen Verhältnis, da wegen der niedrigen Rb/Sr-Verhält-

¹ Dr. AXEL HÖHNDORF, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Stilleweg 2, D-30655 Hannover

Tab.2: Ergebnisse der Sr-Isotopenanalysen an Belemniten von Wittnau bei Freiburg i. Br.

	Rb(ppm)	Sr (ppm)	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	
Pr. 1 Horizont Zopfplatten, Profil F, <i>comptum</i> - Subzone	0,445	1420,5	0,00091	0,70722	(5)
Pr. 2 Profil E <i>opalinum</i> - Subzone, Schicht 2 oben	2,543	1475,7	0,0050	0,70722	(5)
Pr. 3 Profil D, <i>torulosum</i> - Subzone, Schicht 22	0,319	1921,4	0,00048	0,70728	(9)
Pr. 4 Profil D, <i>aalensis</i> - Subzone, Schicht 28	0,560	1466,3	0,00111	0,70721	(5)
Pr. 5 KB Wittnau 102,47m, Basis <i>insigne</i> - Zone	6,144	1116,3	0,0159	0,70719	(5)

nisse keine signifikante in situ-Bildung von ^{87}Sr erfolgte. Lediglich für die Probe 5 wurde das gemessene $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Verhältnis auf 185 Ma vor heute zurückgerechnet.

Die Sr-Isotopenverhältnisse unterscheiden sich im Rahmen der analytischen Fehler nicht voneinander. Das Sr-Isotopenverhältnis von $0,70722 \pm 0,00005$ entspricht sehr gut dem der Meerwasser-Werte für das Aalenium, das an Belemniten aus dem Jura von Großbritannien zu $0,70727 \pm 0,00001$ bestimmt wurde (JONES et al. 1994). Die über das gesamte Aalenium-Profil gemessenen konstanten $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Verhältnisse decken sich mit dem Befund, daß die Sr-Isotopenkurve des Meerwassers während des Aaleniums und frühen Bajociums relativ flach verläuft (JONES et al. 1994).

Die Sr-Isotopenverhältnisse der untersuchten Belemniten von Wittnau stützen die biostratigraphische Einstufung des Profils. Andererseits liefern die Daten einen Korrelationspunkt für die Sr-Isotopenkurve für das Aalenium Süddeutschlands und Großbritanniens.

3.4 Der Ablagerungsraum des Opalinustons – eine sedimentologische Analyse*

3.4.1 Isopachen

Der Opalinuston wurde während des Mitteljuras in einem Meer abgelagert, das Mitteleuropa zu wei-

ten Teilen bedeckte. Von Landgebieten im Osten und Norden wurde durch Flüsse Sediment eingetragen, die Flußtrübe wurde als Schlamm abgesetzt, der später zu Opalinuston wurde. Für eine detaillierte Beschreibung des Ablagerungsgebiets sind Informationen über Relief, Wassertiefe und Sedimenttransport aus dem Sediment zu gewinnen.

Ein erster Schritt ist die Analyse der Mächtigkeit einer bestimmten Schicht in einem größeren Gebiet, um etwaige Schwerpunkte der Sedimentation zu erkennen. Man trägt die Mächtigkeitswerte aus Bohrungen und Aufschlüssen auf einer Karte ein, ermittelt die Linien gleicher Mächtigkeit, die Isopachen, und erhält so eine Isopachenkarte. Die Mächtigkeit des Opalinustons ist nicht einheitlich, sondern es treten relative Maxima und Minima (Abb. 18) auf, deren Bedeutung klar wird, wenn die Veränderungen des Opalinuston-Sediments nach der Ablagerung und die Wassertiefe bei Ablagerung in Betracht gezogen werden.

3.4.2 Kompaktion

Wie entstand aus dem Tonschlamm nach der Ablagerung das Gestein Opalinuston? Durch das Gewicht von jüngeren Sedimenten, die auf dem Meeresboden abgelagert wurden, wurden die darunter befindlichen zusammengedrückt (kompaktiert) und entwässert, die Mächtigkeit nahm ab.

Um die Vorgänge bei der Sedimentation zu verstehen, muß die kompaktionsbedingte Mächtigkeitsabnahme bekannt sein. Sie kann auf verschiedene Weisen abgeschätzt werden, zum Beispiel anhand von kompaktierten Sedimentstrukturen, deren ursprüngliche Geometrie ermittelt werden kann. Dazu sind vor allem Gänge von Tieren, die im Meeresboden lebten, geeignet. Die so gewonnenen Werte können durch Vergleich mit der Porosität von heutigen Sedimenten mit ähnlicher Korngrößenzusammensetzung wie der Opalinuston auf ihre Richtigkeit hin getestet werden.

Für den Opalinuston ergibt sich eine ursprüngliche Porosität von 75% an der Sedimentoberfläche (Porosität [%] = (Porenvolumen einer Probe/Gesamtvolumen einer Probe) · 100). Heute liegt die Porosität des Opalinustons bei 10–20%. Berücksichtigt man, daß schon während der Ablagerung der untere Teil des heutigen Opalinustons kompaktierte,

* Prof. Dr. ANDREAS WETZEL, Dipl.-Geol. VINCENZO ALLIA, Geologisch-Paläontologisches Institut, Bernoullistrasse 32, CH-4054 Basel

Allerdings täuschen oft spezielle Bedingungen eine größere Wassertiefe vor: Untiefen mindern die Bewegung des Wassers so stark, daß ruhigere Bedingungen, wie sie für größere Wassertiefen charakteristisch sind, vorherrschen. Ein hoher Gehalt an Tontrübe setzt die Durchlichtung herab und ruft damit Dunkelheit wie im tieferen Wasser hervor. Die Primärproduktion kann dadurch reduziert werden und damit zu einem geringeren Nahrungsangebot für heterotrophe Organismen führen, wie es für landfernere Regionen typisch ist.

Die Wassertiefe im Ablagerungsraum des Opalinustons läßt sich aber auch anhand der gelegentlich auftretenden Sandlagen abschätzen. In speziellen Fällen dokumentieren sie nämlich den Einfluß von Wellen. Der Sand selbst wurde wohl während Stürmen transportiert und angereichert, das feinkörnige, tonige Material wurde als Suspension weitertransportiert.

Die Sandlagen im Opalinuston entsprechen in allen wichtigen Einzelheiten rezenten Sturmsanden, wie sie etwa aus der Nordsee bekannt sind; Abb. 19 zeigt die dabei wirksamen Prozesse: Starker Wind treibt große Wassermassen landwärts und erzeugt hohe Wellen. Landnah kann der Wasserspiegel aber nicht unbegrenzt steigen, so entsteht bodennah ein seewärts gerichteter Kompensationsstrom, der durch Wellen aufgewühltes Material transportiert. Die oszillierende Bewegung der Wellen beeinflusst zeitweise den Kompensationsstrom. Die bei Stürmen höheren Wellen wirken bis in größere Wassertiefe und erzeugen auf dem Meeresgrund symmetrische, wellenförmige Bodenformen (Wellenrippeln, Abb. 20a), die eine typische Wellenlänge haben. Aus Korngröße des Sediments und Wellenlänge der Rippeln kann man die Wassertiefe be-

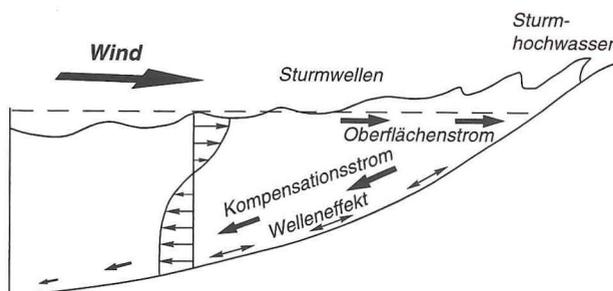


Abb. 19: Schema der Wirkung von Stürmen

Wind treibt Wasser landwärts, dort Erhöhung des Wasserstands und Initiierung eines bodennahen Kompensationsstroms, der auch von Sturmwellen aufgewühltes Material seewärts transportiert. Landnah dominiert die Wirkung von Sturmwellen, seewärts die des Kompensationsstroms.

rechnen, da Tiefenwirkung einer Welle und Rippelgeometrie in einem systematischen Zusammenhang zueinander stehen. Für die Abschnitte des Opalinustons, die solche Sandlagen enthalten, konnten wir auf diese Weise eine Wassertiefe von 20 bis 30 m berechnen. Natürlich kann die Wassertiefe in Bereichen, in denen Sturmsande fehlen, größer gewesen sein, aber wohl nur um 10–15 m, wenn man das langfristige Absenkungsverhalten des Meeresbodens berücksichtigt.

Die Sturmsandlagen dokumentieren auch den Einfluß des Kompensationsstroms. Überwiegt seine Wirkung, kann aus den durch die Strömung produzierten, asymmetrischen Sedimentstrukturen die Strömungsrichtung abgeleitet werden (Abb. 20b). Zur Zeit des Opalinustons floß der Kompensations-

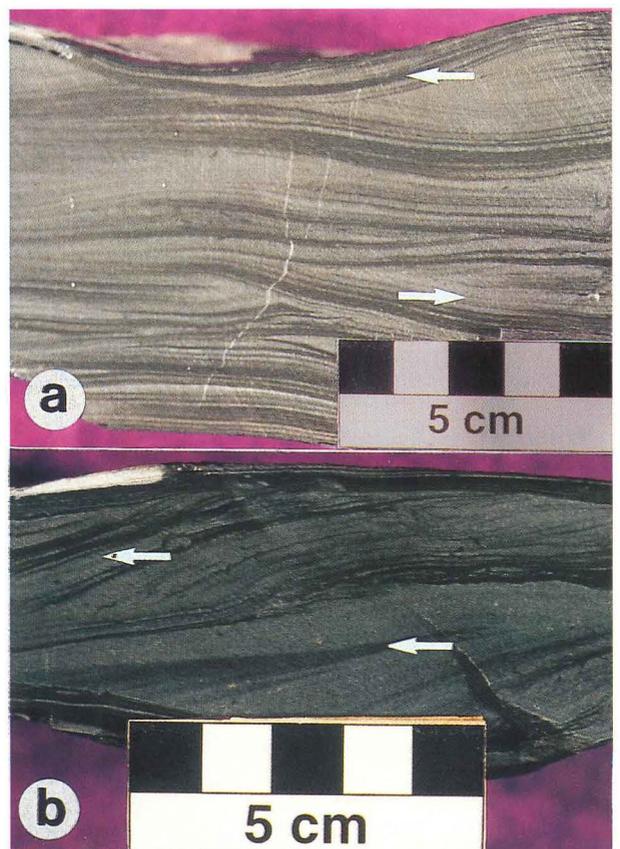


Abb. 20: Sturmsandlagen aus den Zopfplatten oberhalb des Opalinustons in Wittnau

a – Sturmsandlage mit zwei entgegengesetzten Transportrichtungen (Pfeile) und symmetrischer Sedimentation, wie sie für Welleneinfluß typisch ist; Wellenrippel auf der Oberfläche; Wassertiefe bei Ablagerung etwa 25 m; b – Sturmsandlage etwas tiefer aus demselben Profil, die Wirkung des Kompensationsstroms ist dokumentiert; Transportrichtung des Sandes nach N bis NE (s. Abb. 18)

strom meist auf die Gebiete erhöhter Mächtigkeit zu (Abb. 18). Deshalb werden die relativen Mächtigkeitsmaxima als Senken interpretiert, die während der Ablagerung des Opalinustons durch verstärkte Absenkung des Meeresbodens gebildet wurden.

3.4.4 Auswaschung von Kalkknollen

Weitere Indizien für die These eines flachen, in Schwellen und Senken gegliederten Meeres sind im Sediment einzeln vorkommende oder lokal in Horizonten angereicherte Kalkknollen mit komplexer Bildungsgeschichte.

Der Opalinuston akkumulierte im langfristigen Mittel mit einer Rate von mehreren dm/1000 Jahre.

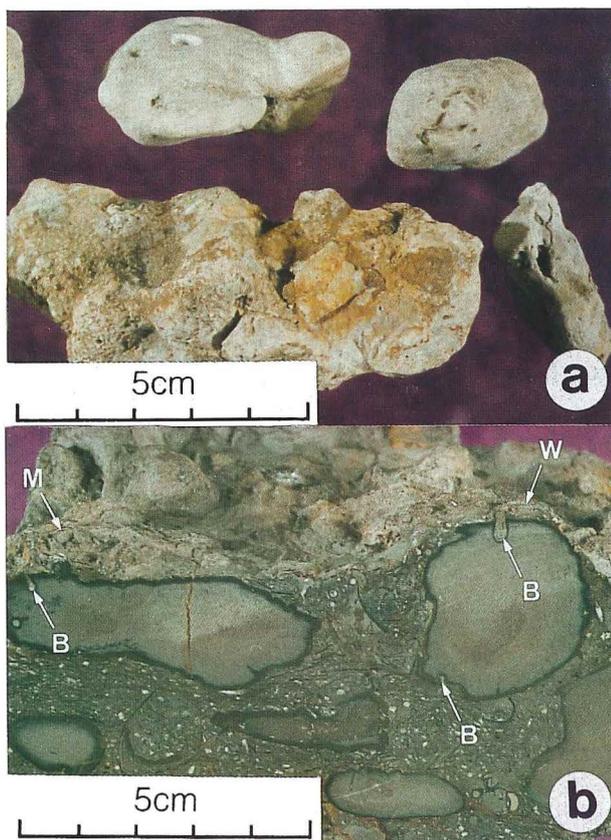


Abb. 21: Kalkknollen aus dem Opalinuston

a – Kalkknollen, die in etwa 1–5 m Tiefe unter dem Meeresboden gebildet wurden (aus Wittnau, Kernmeter 42; *opalinum*-Subzone); b – In einem Horizont der *comptum*-Subzone angereicherte Kalkknollen (Fundort: Opalinustongrube Feldberg, 22,5 km südlich von Wittnau), die geochemisch identisch zu den im Opalinuston einzeln vorkommenden Kalkknollen sind. Daher ist anzunehmen, daß die Knollen aus dem Sediment ausgewaschen wurden. Bohrgänge (B) und Bewuchs mit Muscheln (M) und Würmern (W) weisen auf bewegtes Wasser. Welleneinwirkung ist wahrscheinlich.

Bei so schneller Ablagerung wird organische Substanz nicht vollständig auf dem Meeresboden oxidiert, sondern auch im Sediment eingebettet. Von ihr ernähren sich vor allem Mikroorganismen, die bis etliche 10er Meter Tiefe unterhalb der Meeresbodenoberfläche vorkommen. Bei der mikrobiellen Nutzung organischer Substanz entstehen neben veränderten organischen Verbindungen auch Kohlendioxid (CO_2) und Wasser. Die Mikroben nutzen überproportional den „leichten“ Kohlenstoff mit dem Atomgewicht 12 (^{12}C) im Verhältnis zu dem wenig häufigen Kohlenstoff Atomgewicht 13 (^{13}C). Daher können mikrobielle Stoffwechselprodukte an einem höheren Anteil an ^{12}C erkannt werden. Das entstandene CO_2 reagiert mit Wasser zu Kohlensäure ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{CO}_3$), die zu einem gewissen Teil in Ionen des Wasserstoffs (H^+), Hydrogenkarbonats (HCO_3^-) und Karbonats (CO_3^{2-}) zerfällt. Mit Kalzium zusammen kann dann Kalk gefällt werden. Messungen des ^{12}C -Gehalts an Kalkknollen des Opalinustons (Abb. 21) zeigen einen mikrobiellen Einfluß. Die Bildungstiefe im Sediment kann aus dem Kalkvolumen in den Knollen abgeschätzt werden. Kalk wird nur in dem vorhandenen Porenraum gefällt; hoher Kalkgehalt bedeutet also hohe Porosität und frühe Bildung (keine Kompaktion), ein niedriger Kalkgehalt niedrige Porosität und spätere Bildung (Kompaktion). Ein Vergleich mit analogen heutigen Sedimenten erlaubt ebenfalls Rückschlüsse auf die Bildungstiefe der Kalkknollen im Sediment. Beide Ansätze weisen auf Kalkfällung etwa 1–5 m tief im Meeresboden.

Solche einzeln gebildeten Kalkknollen (Abb. 21a) finden sich auch in Horizonten angereichert. Sie wurden ausgewaschen, von Organismen besiedelt und angebohrt (Abb. 21b). Da das Auswaschen der Kalkknollen hohe Wasserenergie erfordert, wird eine geringe Wassertiefe angenommen. Einzelne wie lagenweise vorkommende Kalkknollen haben denselben ^{12}C -Gehalt. Dies ist ein sehr starkes Indiz für eine ähnliche Entstehung.

In Horizonten angereicherte Kalkknollen sind in unterschiedlichen Niveaus des Opalinustons zu finden. Sie kommen nie im ganzen Untersuchungsgebiet vor, sondern nur regional auf mehreren km^2 . Daraus leiten wir ab, daß der Ablagerungsbereich des Opalinustons nicht einheitlich absank, sondern in manchen Gebieten schneller und in anderen langsamer, lokal kann es sogar zu geringfügigen Hebungen gekommen sein. In Gebieten mit verlangsamter Absenkung oder eventuell geringfügiger Hebung konnten dann die Kalkknollen ausgewaschen werden. Solche Phasen der Auswaschung

waren aber eher kurz, da über den Horizonten wieder der typische Opalinuston folgt.

Das Muster der Absenkung des Sedimentationsraums des Opalinustons, wie es sich aus Isopachen, Strömungsrichtungen und der Verbreitung von Kalkknollen-Horizonten ergibt, weist große Ähnlichkeit mit Strukturen auf, die aus dem tieferen Untergrund des Gebiets bekannt sind. Diese Grabenstrukturen wurden zu Ende der Steinkohlenzeit (Karbon), also etwa 300 Millionen Jahre vor heute und etwa 120 Millionen Jahre vor der Ablagerung des Opalinustons angelegt. Sie verlaufen etwa in E–W-Richtung und sind ins Grundgebirge eingetieft.

3.4.5 Schlußbemerkung

Auftreten und Verbreitung von Sandlagen und Horizonten mit angereicherten Kalkknollen sind nicht nur sedimentologisch interessant, sondern dürften auch für angewandt-geologische Fragestellungen wichtig sein. Diese Horizonte zeichnen sich nämlich gegenüber den umgebenden Tonsteinen durch eine deutlich höhere Wasserleitfähigkeit aus. Selbst unter größerer Bedeckung muß Wasser zirkulieren, anders kann man das Auftreten von oxidiertem Eisen (Rost) in diesen Lagen in Bohrkernen nicht erklären. Demnach dürfte die Verbreitung derartiger Horizonte unter anderem für die Abdichtung von Deponien oder Reststofflagern eine Rolle spielen.

Unsere Arbeiten wurden vom Schweizerischen Nationalfond zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung finanziell unterstützt (21-31115.91; 20-37269.93, 21-43103.95).

3.5 Biostratigraphie

3.5.1 Vorbemerkung

Da im Profil Wittnau wie in den meisten Jura-Sedimenten keine Minerale auftreten, die auf Grund ihrer Halbwertszeit zur absoluten Altersdatierung herangezogen werden könnten, dient zur zeitlichen Einstufung ausschließlich der Fossilinhalt.

3.5.2 Ammoniten*

Im Jura sind die Ammoniten bei weitem die wichtigsten Leitfossilien, nach denen weltweit seine stratigraphische Unterteilung erfolgt. Die stratigraphische

Standerinheit ist dabei die Ammoniten-Zone, die heute weiter in Subzonen und – wo immer möglich – in Faunenhorizonte unterteilt wird. Das Profil der Tongrube Wittnau umfaßt die *aalensis*-Zone, die oberste Zone der Toarcium-Stufe, mit der der Unterjura endet, und die *opalinum*-Zone der Aalenium-Stufe an der Basis des Mitteljuras. Diese wichtige Zeitgrenze gilt es, in Wittnau möglichst genau mit Ammoniten-Arten festzulegen, um sie als Fixpunkt für die globale Korrelation zur Verfügung zu stellen.

Die Kernbohrung reicht jedoch noch tiefer in das Ober-Toarcium hinab (Abb. 10), bis in die *thouarsense*-Zone: Bei 109,60 m wurde die Index-Art der *thouarsense*-Subzone, *Grammoceras thouarsense* (D'ORBIGNY) festgestellt, bei 107,60 m bereits *Pseudogrammoceras fallaciosum* (BAYLE), das der folgenden *fallaciosum*-Subzone den Namen gibt. Ein bisher noch nicht bekannter Faunenhorizont zeigte sich bei 106,87–106,89 m mit vielen kleinen *Pseudolioceras* cf. *wuerttembergeri* (DENCKMANN).

insigne-Zone: Bei 102,10 m tritt mit *Hammatoceras* cf. *insigne* (SCHÜBLER) erstmals die Index-Art der Zone und der *insigne*-Subzone auf, dicht darunter (102,19 m) *Polyplectus discoides* (ZIETEN). Einen markanten Faunenhorizont bildet in Südwestdeutschland *Alocolytoceras* cf. *germaini* (D'ORBIGNY) (bei 100,50 m), gefolgt von *Alocolytoceras coarctatum* (POMPECKJ) (bei 99,24 m).

Phlyseogrammoceras dispansum (LYCETT), gefunden bei 98,40 m, ist die Index-Art der folgenden *dispansum*-Subzone. Zwischen 98,45 und 97,20 m liegt ein auch aus anderen Profilen (Ballrechten, Badenweiler) bekannter Faunenhorizont mit zahlreichen Vertretern der Gattung *Osperlioceras* (vgl. Abb. 22).

levesquei-Zone: Diese Zone wird in Frankreich auch *pseudoradiosa*-Zone genannt, nach der Index-Art *Dumortieria pseudoradiosa* (BRANCO), die in der KB Wittnau von 97,01–94,43 m nachzuweisen ist. Ab 95,60 m kommen dazu die feinrippige *Dumortieria radians* (SEEBACH) und *Dumortieria moorei* (LYCETT), die die *moorei*-Subzone bezeichnen.

aalensis-Zone: Diese mit 13,15 m in Wittnau besonders mächtige Zone setzt bei 93,75 m mit der Index-Art der *maetra*-Subzone ein. *Cotteswoldia maetra* (DUMORTIER) geht in Wittnau aber sofort in *Cotteswoldia subcompta* (BRANCO) über, und ab 93,00 m erscheint auch schon *Cotteswoldia aalensis*

* Dr. WOLF OHMERT, Geologisches Landesamt Baden-Württemberg, Albertstraße 5, D-79104 Freiburg

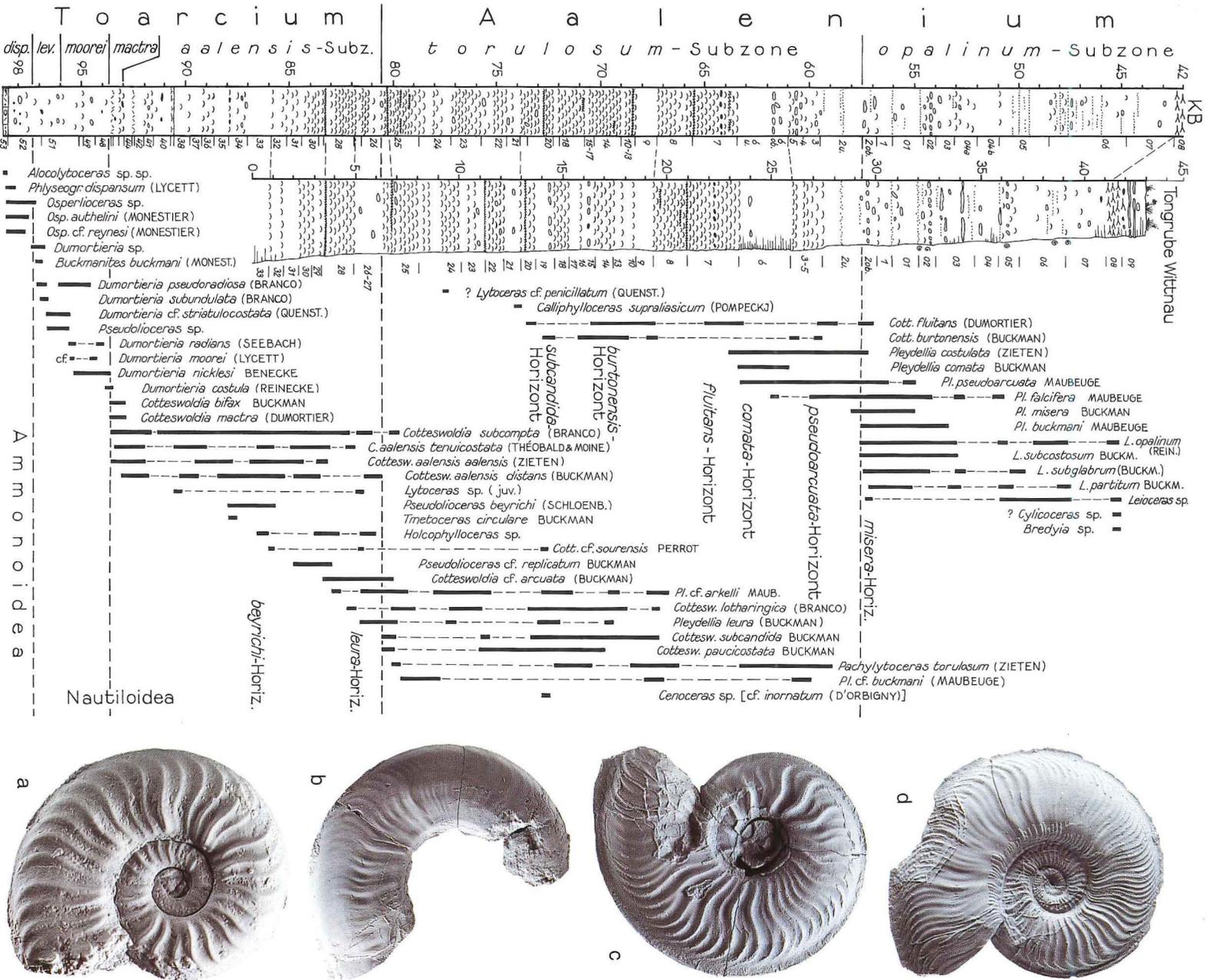


Abb. 22: Verbreitung der Ammoniten-Arten im Grenzbergrain Toarcium/Aalenium (*dispansum*- bis *opalinum*-Subzone) der Tongrube und der KB Wittnau

Rechts neben den Profilen sind die Schichtnummern angegeben. Die Korrelation der beiden Profile zeigt gute Übereinstimmung zwischen 98 und 53 mTeufe. Darüber schalten sich in der KB Wittnau die Schichten 04a-04b ein, die in der Tongrube fehlen. a – *Cotteswoldia aalensis aalensis* (ZIETEN), Tongrube Wittnau, Basis (lose), Ober-Toarcium, *aalensis*-Subzone, Durchmesser 2,6 cm; b – *Cotteswoldia subcandida* BUCKMAN, Tongrube Wittnau, Schicht 19, Unter-Aalenium, *torulosum*-Subzone, *subcandida*-Horizont, Durchmesser 9,6 cm; c – *Pleydellia pseudoarcuata* MAUBEUGE (Varietät mit bes. grobrippigen Innenwindungen), Tongrube Wittnau, Schicht 6, Unter-Aalenium, *torulosum*-Subzone, *pseudoarcuata*-Horizont, Durchmesser 4,0 cm; d – *Pleydellia misera* BUCKMAN, Tongrube Wittnau, Schicht 2 oben, Unter-Aalenium, *opalinum*-Subzone, *misera*-Horizont, Durchmesser 4,3 cm

(ZIETEN), die Index-Art der folgenden Subzone, mit allen drei Unterarten. Die *aalensis*-Subzone wird durch einen Faunenhorizont mit zahlreichen kleinen *Pseudolioceras beyrichi* (SCHLOENBACH) unterteilt, der in der KB Wittnau von 87,75–83,06 m nachgewiesen ist und die Basis des Profils der Tongrube bildet. Bei 87,62 m befand sich darin das älteste bisher bekannte *Tmetoceras* mit der Art *circulare* BUCKMAN.

Den höchsten Teil der Subzone kennzeichnet der Faunenhorizont mit *Pleydellia leura* BUCKMAN, die hier einsetzt, aber noch bis in das Unter-Aalenium hinaufreicht.

opalinum-Zone: Im Unter-Aalenium läßt sich an der Basis der *opalinum*-Zone eine Subzone des *Pachylioceras torulosum* (ZIETEN) erkennen, die in Wittnau 23 m mächtig ist und durch mehrere Faunenhorizonte weiter unterteilt wird (Abb. 22): Über einem Horizont mit *Cotteswoldia subcandida* BUCKMAN und *C. paucicostata* BUCKMAN folgen die Horizonte mit *Cotteswoldia burtonensis* (BUCKMAN) und darüber mit *Cotteswoldia fluitans* (DUMORTIER). Danach verschwinden die Cotteswoldien im Horizont mit *Pleydellia cornata* BUCKMAN fast vollständig, und im Horizont der *Pleydellia pseudoarctuata* MAUBEUGE erleben die Pleydellien einen Entwicklungshöhepunkt ihrer grobrippigen Formen.

Auch in der anschließenden *opalinum*-Subzone (ab 57,56 m in der KB Wittnau) überwiegen an der Basis im *misera*-Horizont noch die Pleydellien mit den feinrippigen Arten *P. misera* BUCKMAN und *P. buckmani* MAUBEUGE. Die Index-Art *Leioceras opalinum* (REINECKE) ist zunächst selten und wird erst über diesem Horizont zusammen mit anderen *Leioceras*-Arten häufiger (Abb. 2).

Die folgende *comptum*-Subzone ist in Wittnau nur in der Kernbohrung ab 22 m Teufe mit Ammoniten nachgewiesen, wobei der Übergang von *L. opalinum* zu *Leioceras comptum* (REINECKE) allmählich erfolgt.

3.5.3 Belemniten im Ober-Toarcium und Unter-Aalenium Südwestdeutschlands*

Das Ober-Toarcium führt neben dem Unter-Pliensbachium im süddeutschen Jura die meisten Belem-

nitenarten, viele davon mit einer verhältnismäßig kurzen stratigraphischen Reichweite. Die Stammbäume etlicher Arten lassen sich durch die vorhandenen Zwischenformen z. T. lückenlos belegen. Der jeweilige Entwicklungsfortschritt einer Art gibt einen Hinweis auf die Zone/Subzone, aus der sie stammt. Ober-Toarcium-Belemniten stellen daher vergleichsweise gute Leitfossilien dar. Von etwa 29 südwestdeutschen Belemnitenarten des Ober-Toarciums erreichen 8 das basale Aalenium; nur vier überschreiten die Obergrenze des Unter-Aaleniums, in dem keine neuen Arten einsetzen. Sie können daher – im Gegensatz zu den Ammoniten – zur exakten Grenzziehung Toarcium/Aalenium nach dem derzeitigen Wissensstand nicht eingesetzt werden.

Die Artenverteilung eines Ober-Toarcium-Profiles im Bett der Wiesaz südwestlich von Gomaringen, Kreis Reutlingen, ist hier als Standardprofil vorgegeben (Abb. 23). Dieses fossilreiche, im unteren Teil lückenhafte und stärker kondensierte Profil (TK 25: 7520 Mössingen; R³⁵06 600, H⁵³67 950) ist mit geringen Mächtigkeitsabweichungen für die gesamte mittlere Schwäbische Alb (Reutlingen bis Schömberg) repräsentativ, wo infolge einer verbreiteten Schichtlücke die *variabilis*-Zone fehlt.

Die aus der KB Wittnau und der Tongrube Wittnau erhaltenen Belemnitenrostren (Abb. 24) passen in das von Gomaringen ermittelte Standardschema. Bedingt durch die geringe Fläche in einem Bohrkern und die relativ großen Mächtigkeiten des Ober-Toarciums und Unter-Aaleniums in Wittnau sind die Belemnitenfunde insgesamt zu sporadisch, um ihre genaue stratigraphische Reichweite zu ermitteln. Auffallend ist das stratigraphisch späte Vorkommen einer *Dactyloteuthis*, wie man es sonst nur in Oberfranken und Norddeutschland kennt. Anhand der Belemnitenreichweiten in Wittnau läßt sich vermuten, daß die für Gomaringen angenommene Basis der *torulosum*-Subzone vermutlich 30–50 cm tiefer gelegt werden müßte. Fossilarmut und schlechte Aufschlußverhältnisse verhinderten in Gomaringen eine präzisere Grenzziehung.

Die Belemnitenrostren von Wittnau sind oft mit mm-bis beinahe halbzentimeterstarken Nagelkalkschichten verkrustet. Dieser Überzug ist zu hart, um ihn präparativ, ohne hohen Aufwand, von den Rostren zu entfernen, die dabei beschädigt würden. Dadurch lassen sich viele von ihnen nur anhand des Querbruchs bestimmen. Dies schränkt die Bearbeitung des Wittnauer Materials ein. Im Profil Gomaringen beobachtet man eine viel schwächere Verkrustung durch Nagelkalk und dies fast nur bei Belemniten der *moorei*- bis *opalinum*-Subzonen.

* Dr. WOLFGANG RIEGRAF, Brüggefeldweg 31, D-48161 Münster

Megateuthis (Mesoteuthis) rhenana (OPPEL, 1856) (*dispansum*-Subzone bis Ober-Aalenium)

Rhopalobelus clavatus (v. SCHLOTHEIM, 1820) = *Bel. neumarktensis* OPPEL, 1856 (*levesquei*- bis *comptum*-Subzone)

R. subclavatus (VOLTZ, 1830) (*insigne*- bis *opalinum*-Subzone)

R. toarcensis (OPPEL, 1856) (*dispansum*- bis *torulosum*-Subzone)

Rhabdobelus exilis (D'ORBIGNY, 1842) (*dispansum*- bis *torulosum*-Subzone)

Rh. parvus (HARTMANN in QUENSTEDT), 1856 (*fallaciosum*- bis *levesquei*-Subzone)

Rh. serpulatus (QUENSTEDT, 1856) (vermutlich höhere

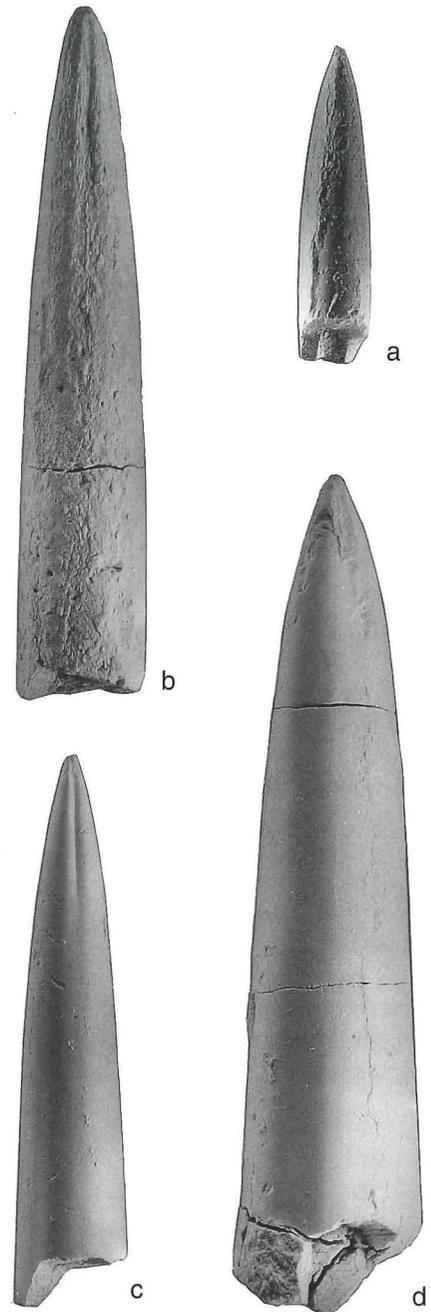
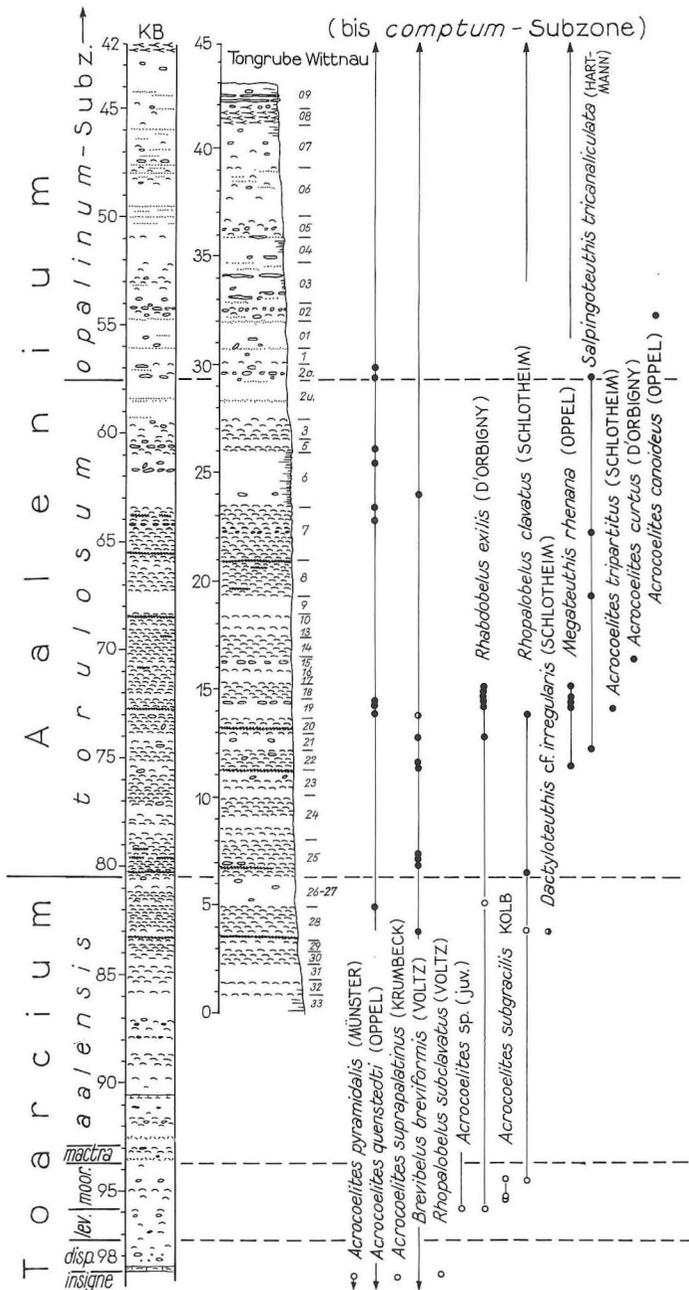


Abb. 24: Verbreitung der Belemniten im Profil Wittnau

○ – Funde aus der KB Wittnau; ● – aus der Tongrube; a – *Brevibelus breviformis* (VOLTZ), Tongrube Wittnau, Basis Schicht 25, *torulosum*-Subzone, Länge 3,9 cm; b – *Acrocoelites (Acrocoelites) quenstedti* (OPPEL), Tongrube Wittnau, Schicht 7 oben, *torulosum*-Subzone, Länge 9,1 cm; c – *Acrocoelites (Acrocoelites) tripartitus* (SCHLOTHEIM), Tongrube Wittnau, Schicht 19, *torulosum*-Subzone, Länge 6,8 cm; d – *Megateuthis (Mesoteuthis) rhenana* (OPPEL), Tongrube Wittnau, Schicht 19, *torulosum*-Subzone, Länge 10,5 cm

aalensis- bis tiefere *torulosum*-Subzone)

Salpingoteuthis longisulcata (VOLTZ, 1830) (*dispansum*- bis *levesquei*-Subzone)

S. macra (QUENSTEDT, 1848) (*dispansum*- bis *levesquei*-Subzone)

S. quadricanaliculata (HARTMANN in v. ZIETEN, 1831) = *Belemnites dorsetensis* OPPEL, 1856 (*aalensis*- bis *torulosum*-Subzone)

S. tricanaliculata (HARTMANN in v. ZIETEN, 1831) (*moorei*- bis *Basis opalinum*-Subzone)

3.5.4 Phytoplankton im Toarcium und Aalenium der Forschungsbohrung KB Wittnau*

Die Proben der KB Wittnau werden gegenwärtig auf kalkige Nannofossilien und auf Dinoflagellaten-Zysten untersucht.

Kalkige Nannofossilien (Taf. 1, 2) sind wenige Mikrometer große Kalkkörperchen biogenen Ursprungs, die fossil von der Ober-Trias bis rezent gefunden werden. Die wichtigsten Vertreter sind die Coccolithen. In heutigen Meeren sind sie als Coccosphaere auf der Außenfläche einzelliger Algen (Coccolithophoriden) angeordnet, die zur Abteilung Chrysophyta gehören. Die Einordnung anderer Nannofossilien ohne lebende Repräsentanten ist ungewiß (*incertae sedis*). Coccolithophoriden leben in Massen in der photischen Zone der Ozeane polarer bis äquatorialer Breiten, und ihre Kalkkörperchen werden häufig gesteinsbildend.

Die hohe biostratigraphische Bedeutung kalkiger Nannofossilien hängt mit verschiedenen Faktoren zusammen: Einmal erlauben sie eine schnelle und genaue Datierung sehr kleiner Sedimentproben; sie werden durchgehend und zahlreich in den Sedimenten angetroffen; wegen ihrer kosmopolitischen Verbreitung erlauben sie weltweite Korrelationen. Biochronologische Standardprofile, die in den letzten Jahren aufgestellt wurden, erlauben eine feinere biostratigraphische Unterteilung als andere Fossilgruppen. Besonders im Jura erleben die Coccolithophoriden rasche Evolutionsfortschritte, und neuerdings wurde eine Abfolge von Ereignissen festgestellt und mit der Ammoniten-Zonierung korreliert. Wegen des Paläoprovinzialismus von Ammoniten und Nannofossilien gibt es noch Schwierigkeiten bei

der Korrelation der borealen Provinz mit dem Tethys-Bereich.

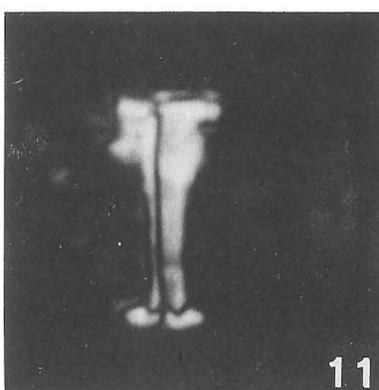
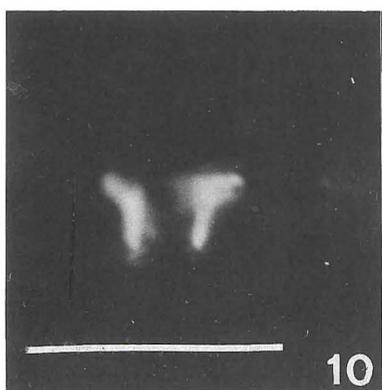
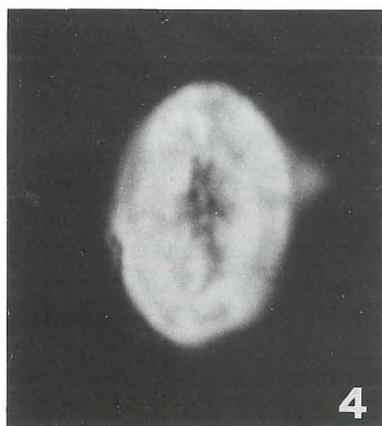
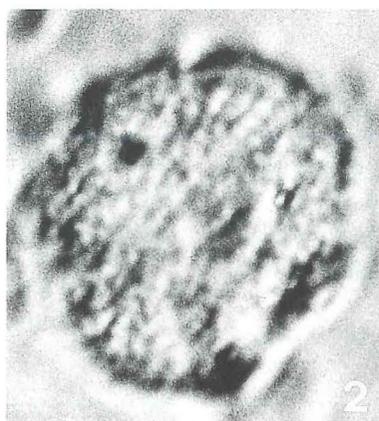
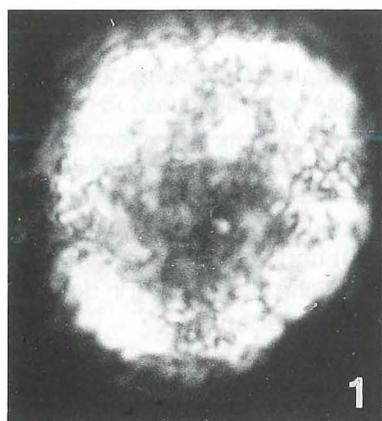
Die Biostratigraphie kalkiger Nannofossilien an der Toarcium/Aalenium-Grenze war gerade Gegenstand detaillierter Untersuchungen, die einige wichtige Ereignisse wie erst- (FO) und letztmaliges (LO) Auftreten und eine beträchtliche Umwälzung in der Vergesellschaftung erkennen ließen.

Die Erhaltung kalkiger Nannofossilien hängt im wesentlichen von der Auflösung im Meerwasser und an der Wasser-Sedimentgrenze und von der Diagenese des Sediments ab. Oft verändert die Diagenese durch Auflösung der feinsten Exemplare die ursprüngliche Zusammensetzung. Die beste Erhaltung findet sich gewöhnlich in Mergelsteinen (ROTH 1984, ERBA 1992, MATTIOLI 1995), obgleich kalkige Nannofossilien in Gesteinen ganz verschiedenen CaCO_3 -Gehalts vorkommen.

Gegenwärtig werden quantitative Untersuchungen an den Vergesellschaftungen der kalkigen Nannofossilien der KB Wittnau durchgeführt. Mindestens 300 Exemplare werden pro Träger ausgezählt, um 1. die diagenetische Entwicklung des Sediments mit Hilfe des Verhältnisses von leicht- und schwerlöslichen Formen festzustellen und um 2. paläoökologische Veränderungen mit Hilfe der Phytoplankton-Vergesellschaftung des Meerwassers zu untersuchen. Außerdem erkennt man auch das Ein- und Aussetzen der Formen mit quantitativen Untersuchungen leichter.

Die ausgewerteten Proben zeigen eine mittlere bis gute Erhaltung im Ober-Toarcium bis tiefsten Aalenium, mit geringen Anzeichen von Auflösung oder Umkrustung. Dagegen verschlechtert sich der Erhaltungszustand im Unter-Aalenium, wo Anzeichen von Auflösung deutlich werden und der Artenreichtum leicht abnimmt. In der ganzen Schichtfolge erscheinen recht vielfältige Vergesellschaftungen, verhältnismäßig artenreicher als in gleichaltrigen Profilen Mittelitaliens. Die deutlichsten Unterschiede ergeben sich in der prozentualen Zusammensetzung der Fossilvergesellschaftungen. In den Proben von Wittnau sind die Watznaueriaceae (inklusive der Gattungen *Lotharingius* NOËL 1973, emend. GOY 1979 und *Bussonius* GOY 1979) häufiger und verbreiteter als in den italienischen Profilen. *Retecapsa incompta* BOWN & COOPER 1989, die in Italien nur selten und sporadisch auftritt, kommt in Wittnau durchgehend vor. Andererseits sind Vertreter der Gattungen *Carinolithus* (PRINS in GRÜN et al. 1974) BOWN 1987b, *Biscutum* BLACK in BLACK & BARNES 1959 und *Discorhabdus* NOËL 1965 im Ober-Toar-

* Dr. ANGELA BALDANZA, Dr. RAFFAELA BUCEFALO PALLIANI & Dr. EMANUELA MATTIOLI, Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Perugia, I-06100 Perugia



cium des Umbria-Marche-Gebiets sehr verbreitet, in Wittnau aber selten oder auf bestimmte Lagen beschränkt. Paläoökologische und/oder paläogeographische Faktoren können für die unterschiedliche Zusammensetzung der Vergesellschaftungen in verschiedenen Paläobreiten verantwortlich sein.

Die Schichtfolge der KB Wittnau enthält an der Basis im Ober-Toarcium eine Vergesellschaftung mit reichlich dachziegelartigen Placolithen, die im wesentlichen zur Gattung *Lotharingius* gehören. Auch einige ältere unterjurassische Taxa sind noch vertreten; teils sehr häufig, wie *Schizosphaerella* ssp. DEFLANDRE & DANGCARD 1959, teils zurücktretend, wie *Crepidolithus* ssp. NOËL 1965. *Triscutum* ssp. DOCKERILL 1987 tritt an der Basis des Profils ebenso auf wie *Biscutum depravatum* BOWN 1987b. Diese Formen sind bereits aus dem Ober-Toarcium bekannt (BOWN et al. 1988, MATTIOLI et al. 1996). Die Toarcium/Aalenium-Grenze wird durch das Aussetzen einiger Formen, wie *Mitrolithus elegans* DEFLANDRE 1954 und *Calyculus* ssp. NOËL 1973, charakterisiert. Diese Ereignisse stimmen mit den Beobachtungen in Mittel- und Norditalien überein (MATTIOLI et al. 1996).

Dinoflagellaten sind einzellige Mikroorganismen der Klasse der Dinophyceae innerhalb der Abteilung der Pyrrhophyta der Algen. Die meisten fossilen Dinoflagellaten sind als organisch-wandige Zysten aus Sporopollenin erhalten und bilden einen bedeutenden Anteil des marinen Phytoplanktons.

Bei der Erkundung der Kohlenwasserstoffe im Untergrund führte die verbreitete Einstufung mesozoi-

scher und känozoischer Sedimente mit Hilfe von Dinoflagellaten-Zysten zu einem bedeutenden Aufschwung der Forschung und zum Aufbau eines detaillierten Zonen-Schemas.

Auf der nördlichen Hemisphäre haben viele jurassische Dinoflagellaten eine weite geographische Verbreitung und können so ausgezeichnete Leitfossilien liefern. Auch aus dem Tethys-Bereich gibt es nun Daten (BUCEFALO PALLIANI 1996, darin weitere Literatur).

Gewöhnlich enthält das Aalenium Vergesellschaftungen, die schon vom Ober-Toarcium bekannt sind, so daß die Unter-/Mitteljura-Grenze mit palynologischen Daten schwer zu fassen ist. Die Untersuchungen an Dinoflagellaten-Zysten aus der KB Wittnau laufen derzeit und Vergleiche mit den wohlbekannteren Vergesellschaftungen Mittel-Italiens versprechen interessante Ergebnisse zur Biostratigraphie und zum Provinzialismus.

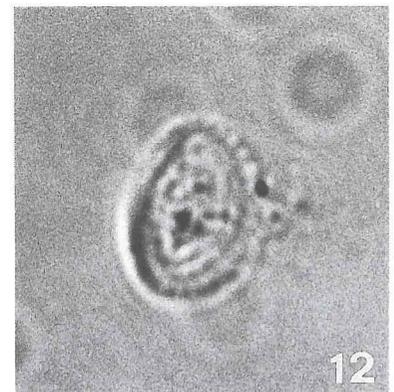
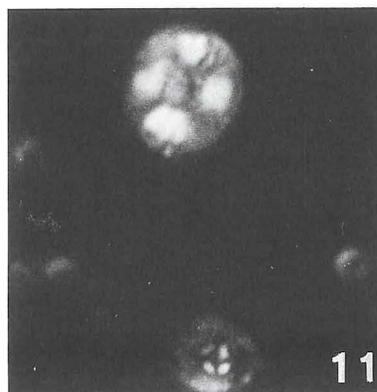
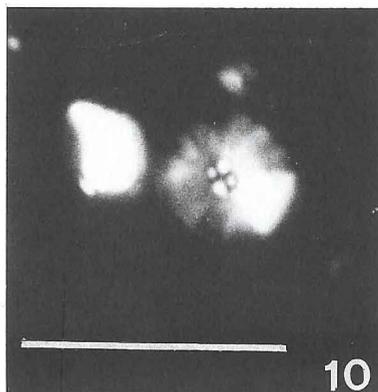
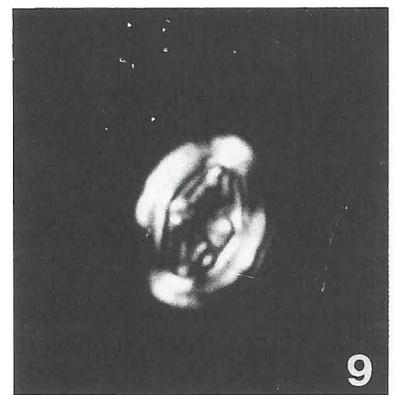
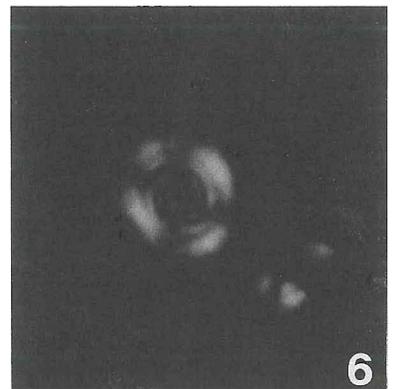
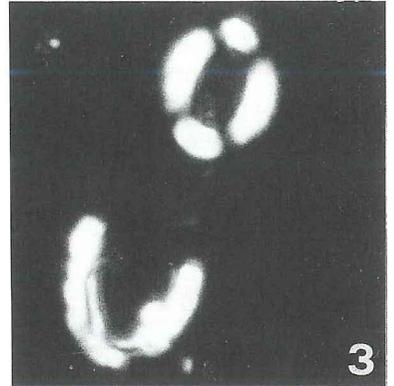
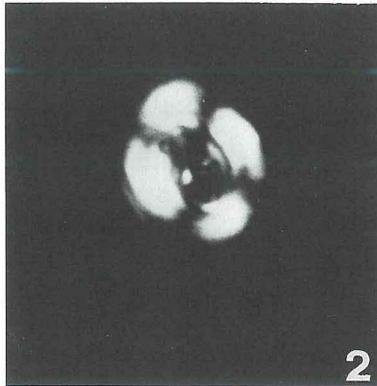
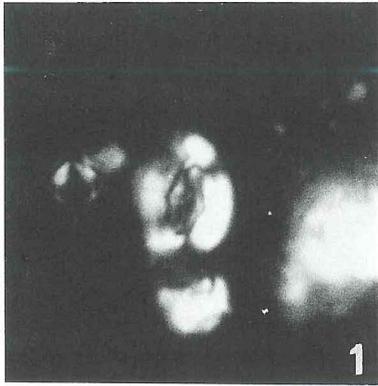
Vor kurzem wurde eine integrierte Biostratigraphie (Ammoniten, kalkige Nannofossilien und Dinoflagellaten-Zysten) im höheren Unterjura Mittelitaliens erstellt, die einen neuen Ansatz zur feinstratigraphischen Erforschung der Unter-/Mitteljura-Sedimente ergibt. Dieselbe Methode soll für die KB Wittnau mit dem Ziel angewandt werden, eine möglichst genaue Altersdatierung zu erreichen.

Anmerkung [W. OHMERT]: Aus dem Profil der Tongrube Wittnau wurden von PRAUSS (in OHMERT et al. 1991: 20 f.) bereits 4 Proben auf Palynomorphen untersucht. Dabei ließen sich 30 verschiedene Taxa von Dinoflagellaten-Zysten feststellen, die sowohl an der Toar-

Tafel 1: Kalkige Nannofossilien aus der KB Wittnau

(Der weiße Strich mißt 10 µm.)

- Fig. 1: *Schizosphaerella* sp. DEFLANDRE & DANGCARD 1959, gekreuzte Nicols; Probe 107,80/,82 m
 Fig. 2: *Schizosphaerella* sp., parallele Nicols; Probe 82,95/,98 m
 Fig. 3: *Schizosphaerella* sp. mit einem daraufliegenden Exemplar von *Carinolithus superbus* (DEFLANDRE 1954) PRINS in GRÜN et al. 1974, gekreuzte Nicols; Probe 107,80/,82 m
 Fig. 4: *Crepidolithus crassus* (DEFLANDRE, 1954) NOËL 1965, gekreuzte Nicols; Probe 107,80/,82 m
 Fig. 5: *Crepidolithus crassus*, gekreuzte Nicols; 92,94/,97 m
 Fig. 6: *Schizosphaerella* sp., gekreuzte Nicols; Probe 82,95/,98 m
 Fig. 7: *Crepidolithus crassus*, gekreuzte Nicols; Probe 107,80/,82 m
 Fig. 8: *Carinolithus superbus* (DEFLANDRE 1954), gekreuzte Nicols; Probe 107,80/,82 m
 Fig. 9: *Crucirhabdus primulus* (2 Exemplare) PRINS in ROOD et al. 1973 emend. BOWN 1987b, gekreuzte Nicols; 92,94/,97 m
 Fig. 10: *Calyculus* sp. NOËL 1973, gekreuzte Nicols; Probe 38,78/,80 m
 Fig. 11: *Carinolithus superbus*, gekreuzte Nicols; Probe 92,94/,97 m
 Fig. 12: *Triscutum sullivanii* DE KAENEL & BERGEN 1993, gekreuzte Nicols; Probe 92,94/,97 m



cium/Aalenium-Grenze als auch an der Grenze *torulolum-lopalinum*-Subzone merkbare quantitative Veränderungen zu erkennen gaben. Der Artenreichtum blieb jedoch erstaunlich konstant, was auf relativ hohe Temperaturen und/oder stabile ökologische Bedingungen zurückgeführt wurde.

3.5.5 Kalkige Nannofossilien im Profil der Tongrube Wittnau*

Neunundzwanzig Proben aus dem Profil Wittnau wurden analysiert. In Abb. 25 sind die Häufigkeit und die Verbreitung von 86 Arten im Detail dargestellt. In Abb. 26 sind die wichtigsten Ereignisse bei den Nannofossilien zusammen mit ihrer Gesamthäufigkeitsverteilung und der Artenzahl im Profil wiedergegeben. Die biostratigraphische Einstufung bezieht sich auf die Ammoniten-Subzonen und -Horizonte.

Im Gegensatz zu der mündlichen Mitteilung von P. R. BOWN (OHMERT et al. 1991) haben die kalkigen Nannofossilien von Wittnau große stratigraphische Bedeutung. Es gibt bis zu 19 signifikante Ereignisse, viele korrelierbar mit Horizonten in Frankreich, Marokko, Portugal und in der Schweiz. Trotz der mäßigen Erhaltung dürften die reichen Vergesellschaftungen und Ereignisse der kalkigen Nannofossilien Wittnau als eines der besten Profile an der Toarcium/Aalenium-Grenze qualifizieren.

* Dr. ERIC DE KAENEL, Florida State University, Dept. of Geology, Tallahassee, FL 32306, USA
 Dr. JAMES A. BERGEN, Amoco Production Company, 501 West Lake Park Boulevard, Box Office 3092, Houston, TX 77253, USA

Die kalkigen Nannofossilien in der Tongrube sind allgemein mäßig (M), die einiger Vergesellschaftungen aus dem Aalenium auch schlecht (P) erhalten. Die Gesamthäufigkeit der Nannofossilien (Anzahl der Exemplare pro Gesichtsfeld bei 1250facher Vergrößerung) reicht von 0,1 im Minimum in Probe 7 bis maximal 3,0 in Probe 18. Die Häufigkeiten der einzelnen Arten (Abb. 25) werden wie folgt angegeben:

P (vorhanden) – 1 bis 2 Exemplare pro 201–500 Gesichtsfelder

R (selten) – 1 Exemplar pro 51–200 Gesichtsfelder

F (wenige) – 1 Exemplar pro 11–50 Gesichtsfelder

C (verbreitet) – 1 Exemplar pro 2–10 Gesichtsfelder

A (häufig) – 1–10 Exemplare pro Gesichtsfeld.

Der Artenreichtum reicht von 19 überlieferten Arten in Probe 7 (rote Tonlage in Schicht 25 an der Basis des *subcandida*-Horizonts) bis zu 44 in Probe 18 (Schicht 9, *burtonensis*-Horizont).

Bei den Kurven der Gesamthäufigkeit und des Artenreichtums (Abb. 26) ist eine zyklische Verteilung zu beobachten.

Die beobachtete zyklische Anordnung hängt wohl auch mit der Probenzahl zusammen. Im unteren Teil beträgt die Probenzahl durchschnittlich eine Probe pro Meter, im oberen Teil etwa eine Probe pro 1,9 Meter. Sechs Zyklen sind feststellbar. Zyklus I an der Profilbasis und Zyklus VI am Top sind unvollständig. Dazwischen ist Zyklus II besonders deutlich, dessen Beginn der roten Tonlage an der Basis von Schicht 25 entspricht.

Tafel 2: Kalkige Nannofossilien aus der KB Wittnau

(Der weiße Strich mißt 10 µm.)

Fig. 1: *Bussonius prinsii* (NOËL 1973) GOY 1979, gekreuzte Nicols; Probe 38,78/80 m

Fig. 2: *Lotharingius velatus* BOWN & COOPER 1989, gekreuzte Nicols; Probe 82,95/98 m

Fig. 3: *Lotharingius crucicentralis* (MEDD 1971) GRÜN & ZWEILI 1980 und *Triscutum tiziense* DE KAENEL & BERGEN 1993, gekreuzte Nicols; Probe 92,94/97 m

Fig. 4: *Bussonius leufuensis* BOWN & KIELBOWICZ 1987 in BOWN, 1987b, parallele Nicols; 96,97/99 m

Fig. 5: *Watznaueria* aff. *W. contracta* MATTIOLI 1995, gekreuzte Nicols; Probe 82,95/98 m

Fig. 6: *Lotharingius crucicentralis*, gekreuzte Nicols; Probe 92,94/97 m

Fig. 7: *Retecapsa incompta* BOWN & COOPER 1989, gekreuzte Nicols; Probe 107,80/82 m

Fig. 8: *Retecapsa incompta*, gekreuzte Nicols; Probe 92,94/97 m

Fig. 9: *Retecapsa incompta*, gekreuzte Nicols; Probe 82,95/98 m

Fig. 10: *Discorhabdus criotus* BOWN 1987b, gekreuzte Nicols; Probe 82,95/98 m

Fig. 11: *Discorhabdus striatus* MOSHKOVITZ & EHRLICH 1976a und *Similiscutum cruciculum* DE KAENEL & BERGEN 1993, gekreuzte Nicols; Probe 107,80/82 m

Fig. 12: *Retecapsa incompta*, parallele Nicols; Probe 82,95/98 m

Jeder Zyklus kann von der Basis zum Top dreigeteilt werden in:

Phase 1: relativ langer Abschnitt mit ansteigender Tendenz, **Phase 2:** das Maximum, **Phase 3:** kurzer Abschnitt mit rasch absteigender Tendenz.

Noch verstehen wir die Bedeutung dieser Zyklen sehr hoher Ordnung nicht, aber möglicherweise stellen sie dar:

Phase 1: langsam ansteigende Tendenz = transgressive Phase

Phase 2: hoher Spitzenwert = transgressiv/regressiver Scheitel (maximale Überflutung) entsprechend einem maximalen Artenreichtum. Beispielsweise folgt die rote Tonlage unmittelbar auf die Toarcium/Aalenium-Grenze und vertritt möglicherweise einen kondensierten Abschnitt. Genaue sedimentologische Informationen, etwa über den Glaukonit-Phosphat-Gehalt, könnten anzeigen, wo die Sedimentationsrate niedrig ist und wo Kondensation vorliegt. Einige Proben haben einen hohen Glaukonit-Gehalt, aber wir konnten diesen Gehalt nicht durchweg in allen Proben feststellen. Außerdem könnten Infor-

mationen über die Ammoniten-Häufigkeitsverteilung hilfreich sein.

Phase 3: rasch abnehmende Tendenz = regressive Phase.

Auch Schwankungen in der Verteilung einzelner Arten scheinen zyklischen Abläufen zu folgen. Besonders deutlich ist das bei einigen Index-Arten, wie *Biscutum* sp. 1, *Lotharingius contractus* und *Axopodorhabdus* sp. 1. Wenn man diese zyklische Verteilung und die kurze in Wittnau vertretene Zeitspanne betrachtet, dann dürften einige wiedergegebene stratigraphische Reichweiten nicht unbedingt der Gesamtreichweite der Art entsprechen, zum Beispiel:

- Das Erstauftreten (FO) von *Retecapsa incompta* dürfte tiefer in der *aalensis*-Zone liegen, da diese Art in Wittnau nur extrem selten und sporadisch auftritt.
- Ähnlich könnte auch das Erstauftreten von *Watznaueria* sp. 1 tiefer liegen.
- Das Erstauftreten der *Ellipsagelosphaera*-Arten kann auch zu jung dargestellt sein. Das Erstauftreten von *E. frequens* (Probe 14) erfolgt sonst im Ober-Toarcium!
- Das letzte Auftreten (LO) von *Bussonius prinsii* könnte höher in der *opalinum*-Zone liegen.

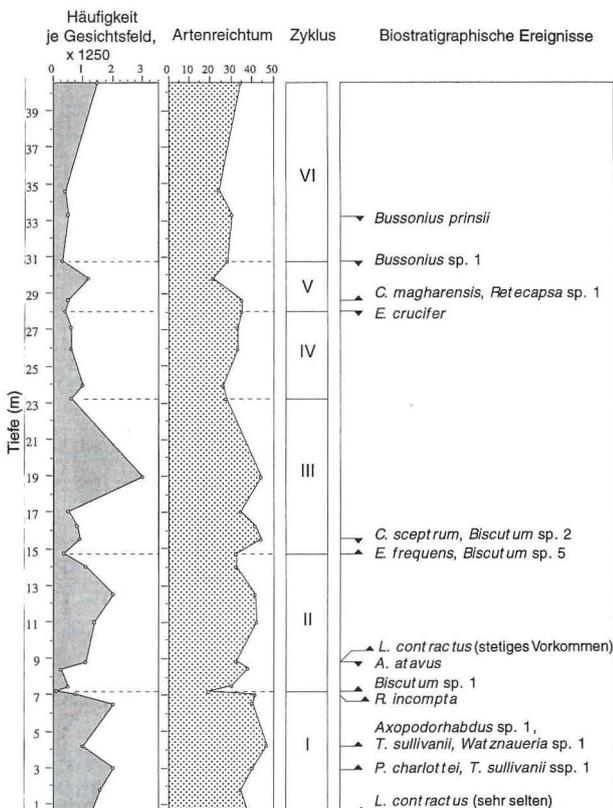


Abb. 26: Häufigkeit, Artenreichtum und wichtige Ereignisse bei den kalkigen Nannofossilien an der Toarcium/Aalenium-Grenze in der Tongrube Wittnau

Gegenwärtig besitzt das Profil Wittnau das vollständigste Inventar kalkiger Nannofossilien, das je an dieser Grenze beobachtet wurde. Die meisten Index-Arten, die von der Toarcium/Aalenium-Grenze in westeuropäischen Becken bekannt sind, wurden in Wittnau festgestellt. Dieses Grenzprofil kann daher als Referenzprofil beim Vergleich und bei der Korrelation von biostratigraphischen Daten kalkiger Nannofossilien aus Profilen sämtlicher Becken des westlichen Mediterrans und des Proto-Atlantiks be-

	WITTAU	SCHWEIZ	PORTUGAL	MAROKKO
AALINIUM	** <i>Axopodor.</i> sp. 1 LO <i>B. prinsii</i> (?) FO <i>C. magharensis</i> LO <i>C. sceptrum</i> FO <i>E. frequens</i> LO <i>A. atavus</i> FO <i>L. contractus</i> (R) FO <i>Biscutum</i> sp. 1 FO <i>R. incompta</i> (?)	LO <i>B. prinsii</i>	LO <i>Axopodor.</i> sp. 1 LO <i>B. prinsii</i>	LO <i>B. prinsii</i> FO <i>R. incompta</i>
	FO <i>Axopodor.</i> sp. 1 FO <i>T. sullivanii</i> FO <i>P. charlottei</i> * <i>A. dorei</i>	FO <i>L. contractus</i> FO <i>R. incompta</i>	FO <i>Axopodor.</i> sp. 1 FO <i>P. charlottei</i> FO <i>H. incompta</i> FO <i>A. dorei</i>	LO <i>A. atavus</i> FO <i>L. contractus</i> FO <i>Biscutum</i> sp. 1 FO <i>C. magharensis</i>
TOARCIIUM		FO <i>T. sullivanii</i>		FO <i>T. sullivanii</i>

Abb. 27: Wichtigste Leitformen der kalkigen Nannofossilien an der Toarcium/Aalenium-Grenze in Westeuropa xx – vorhanden an der Profilobergrenze; x – vorhanden an der Profilbasis; FO – Erstauftreten; LO – letztes Auftreten

nutzt werden, ebenso wie bei der Korrelation von Tethys und borealen Faunenprovinzen.

Die Abfolge biostratigraphischer Ereignisse in Wittnau entspricht denen an dieser Grenze (Abb. 27) in Marokko, Portugal und der Schweiz (DE KAENEL & BERGEN 1993). Für die Skizzierung der Toarcium/Aalenium-Grenze in europäischen Meeresbecken können aus diesen Vergleichen 5 Index-Arten ausgewählt werden:

- Oberstes Toarcium: FO von *P. charlottei*, FO von *T. sullivanii*, FO von *Axopodorhabdus* sp. 1.
- Unterstes Aalenium: FO von *Biscutum* sp. 1, LO von *A. atavus*.

Genauer ausgedrückt: Die Toarcium/Aalenium-Grenze liegt zwischen dem Erstauftreten der beiden Arten *Axopodorhabdus* sp. 1 und *Biscutum* sp. 1.

3.5.6 Mikrofossilien*

3.5.6.1 Radiolarien

Durch ihre planktische Lebensweise sind diese Einzeller weitverbreitet; gleiche Arten können z. B. im Jura von Japan und Europa vorkommen. Da ihre vielgestaltigen Formen sich außerdem im Laufe der Erdgeschichte rasch verändern, sind sie für Altersdatierungen gut geeignet und können z. T. sogar mit den Ammoniten konkurrieren. Ihr Nachteil ist, daß sie nur in kieseligen Gesteinen oder Konkretionen gut erhalten sind, in anderen Gesteinen aber oft ganz fehlen, weshalb die Radiolarienstratigraphie gerade an der Toarcium/Aalenium-Grenze noch in den Anfängen steckt.

Auch in Wittnau sind die Radiolarien nicht so gut erhalten, um daran Arten definieren zu können, zumal in der Literatur noch nicht viele Arten dieses Alters beschrieben sind. Meist sind sie angelöst oder mit Pyrit überzogen. Dennoch lassen sich einige charakteristische Formen wiedererkennen, die aus etwa altersgleichen Schichten der mediterranen Tethys bekannt sind. Die Radiolarienfaunen des Ober-Toarciums (*insigne-* bis *levesquei*-Zone) aus der KB Wittnau unterscheiden sich völlig von denen des Unter-Aaleniums (*opalinum*-Zone bis *computum*-Subzone). Deshalb können die Wittnauer Radiolarienfunde nicht nur für Bohrungen und Profile vom Oberrhein, sondern auch für andere Gebiete zur Alterseinstufung herangezogen werden.

So kommen etwa die breitarmige *Paronaella* aff. *corpulenta* DE WEVER und *Orbiculiforma* cf. *radiata* DE WEVER, Arten die aus dem Unterjura der Türkei beschrieben worden sind, in Wittnau fast nur im Ober-Toarcium vor, aber nicht mehr im Unter-Aalenium. Nur in einer Lage der *opalinum*-Subzone (Abb. 28) treten noch 1 oder 2 untypische Exemplare von *P.* (?) aff. *corpulenta* auf.

Die reichen Radiolarienfaunen, die in fast jeder Probe der *opalinum*-Subzone gefunden werden, enthalten ganz andere *Paronaella*- und *Orbiculiforma*-Arten, die zeigen, daß die Unterjura-Formen hier endgültig verschwunden sind. Die Unter-Aalenium-Proben enthalten zudem neue Formen der Spumellaria und Nassellaria, besonders häufig eine *?Parvincingula* mit zahlreichen Segmenten. In Wittnau sind im eigentlichen Grenzbereich Toarcium/Aalenium, also in der *aalensis*-Zone und in der *torulosum*-Subzone, nur sporadische Einzelfunde ohne stratigraphischen Aussagewert zu verzeichnen, so daß der Faunenumschwung zeitlich nicht genauer festzulegen ist.

3.5.6.2 Foraminiferen

Die Foraminiferen des Toarciums–Aaleniums lebten benthisch am Meeresboden und waren deshalb stärker vom Lebensraum abhängig als etwa die pelagischen Radiolarien oder das kalkige Nannoplankton. Entsprechend haben die Foraminiferen meist einen regional begrenzten stratigraphischen Leitwert.

Im Profil Wittnau läßt sich wie im Schweizer Jura generell die Tendenz einer Abnahme der Kalkschaler bei gleichzeitiger Zunahme der Sandschaler erkennen, entsprechend dem vom Ober-Toarcium zum Unter-Aalenium steigenden Kieselsäure-Angebot (s. Kap. 3.3.1).

Im Ober-Toarcium reicht *Citharina clathrata* (TERQUEM) im Profil der KB Wittnau bis 98 m Teufe (*insigne*-Zone) hinauf. Von 97–92,7 m folgt darüber mit *Marginulina breviformis* (TERQUEM & BERTHELIN) eine häufige Art, die mindestens bis Offenburg und auf der Schwäbischen Alb (RIEGRAF 1985: 131) einen guten Leithorizont der *levesquei*- bis *mactra*-Subzone bildet. In demselben Bereich (97–92,7 m) hat auch *Falsopalmula tenuistriata* (FRANKE) ihr Maximum, reicht in Wittnau aber sporadisch noch bis in den *burtonensis*-Horizont der *torulosum*-Subzone hinauf (Abb. 29). Alle drei Arten sind seit der *bifrons*-Zone (Unter-Toarcium) bekannt.

* Dr. WOLF OHMERT, Geologisches Landesamt Baden-Württemberg, Albertstraße 5, D-79104 Freiburg

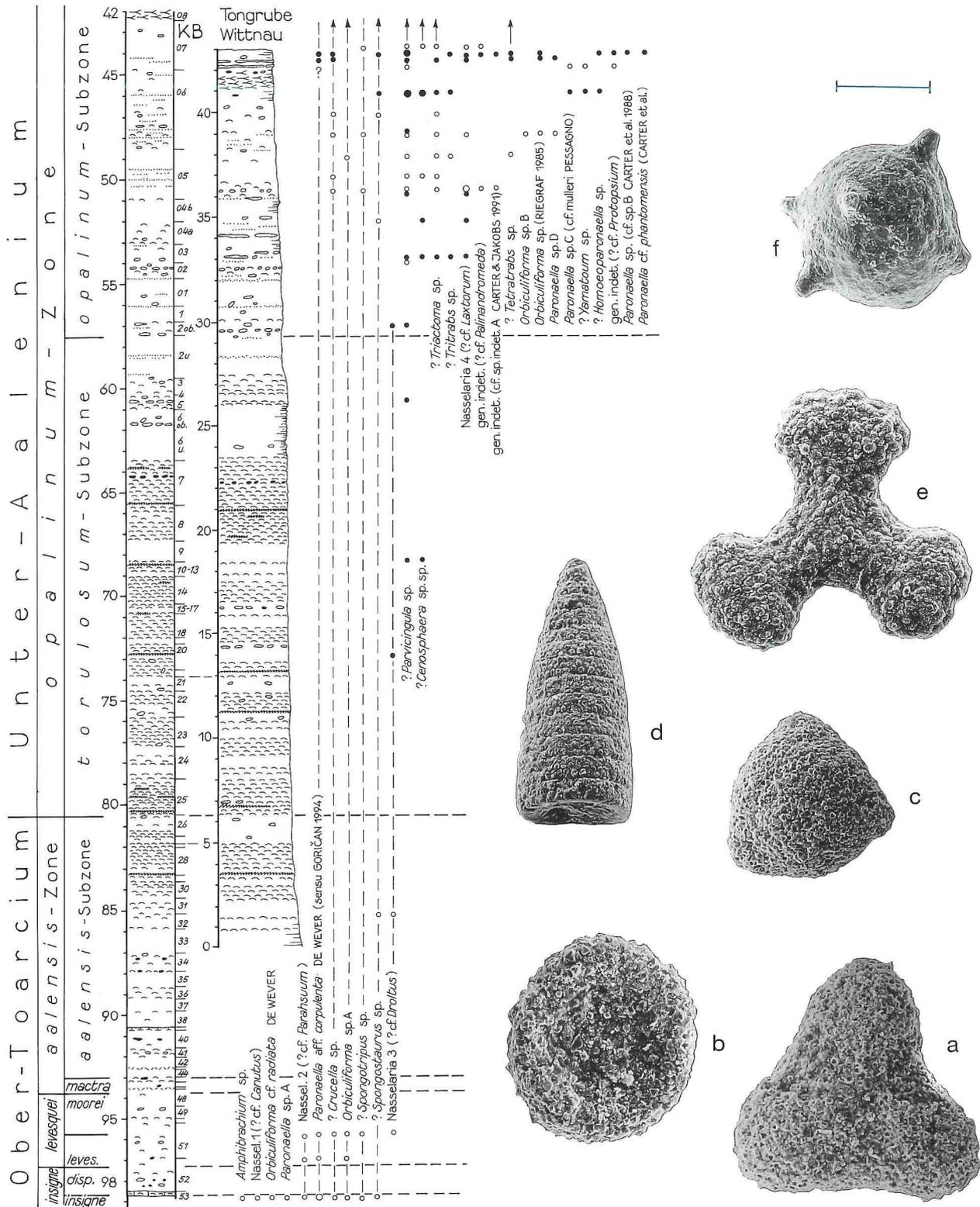


Abb. 28: Verbreitung der Radiolarien an der Toarcium/Aalenium-Grenze in der Tongrube (●) und in der KB Wittnaue (○) Häufigkeitsmaxima sind durch größere Kreise gekennzeichnet; Maßstab = 0,1 mm; a - *Paronaella* aff. *corpulenta* DE WEVER, KB Wittnaue, 95,85-95,92 m, *moorei*-Subzone; b - *Orbiculiforma* cf. *radiata* DE WEVER, KB Wittnaue, 44,6 m, *insigne*-Subzone; c - ? *Triactoma* sp., KB Wittnaue 50,38-50,50 m, *opalinum*-Subzone; d - ? *Parvicingula* sp., KB Wittnaue, 44,6 m, *opalinum*-Subzone; e - *Paronaella* sp. (cf. sp. B CARTER et al. 1988), Tongrube Wittnaue, Schicht 09 (Probe 12194/8), *opalinum*-Subzone; f - gen. et sp. indet. (cf. A bei CARTER & JAKOBS 1991) Tongrube Wittnaue, Schicht 09 (Probe 12194/8), *opalinum*-Subzone; REM-Aufnahmen: H. HÜTTE-MANN, Institut und Museum für Geologie und Paläontologie, Tübingen

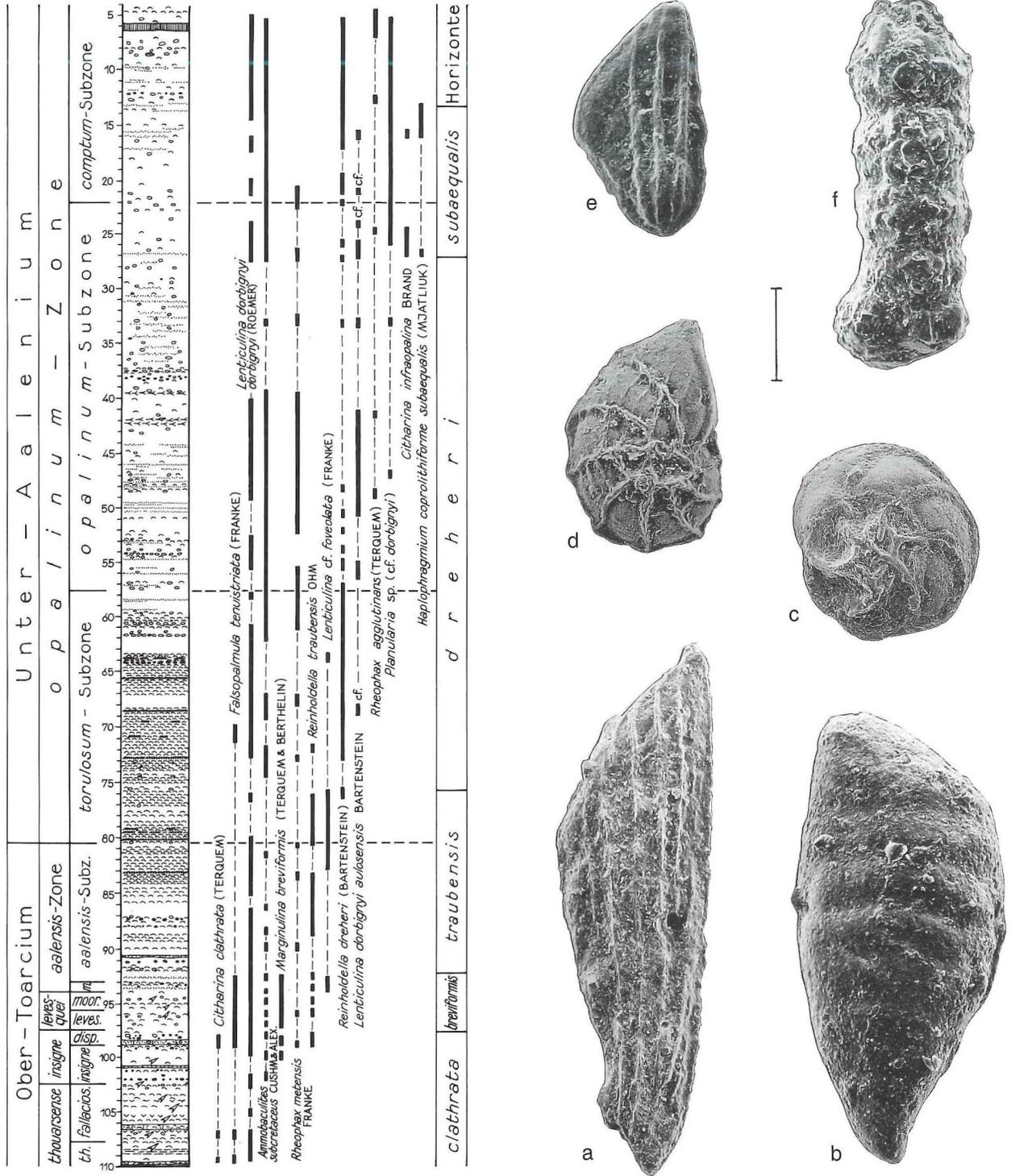


Abb. 29: Verbreitung der 14 wichtigsten Foraminiferen-Arten (insgesamt mehr als 50) an der Toarcium/Aalenium-Grenze von Wittnau

Ganz rechts Vorschlag für eine Gliederung nach Foraminiferen-Horizonten. Links die Ammoniten-Biostratigraphie neben dem Profil der KB Wittnau; Maßstab = 0,2 mm; a – *Citharina clathrata* (TERQUEM), KB Wittnau 98,89–98,99 m; *insigne*-Subzone; b – *Marginulina breviformis* (TERQUEM & BERTHELIN), KB Wittnau 93,45 m; *maetra*-Subzone; c – *Reinholdella traubensis* OHM, Tongrube Wittnau, Schicht 25; Basis *torulosum*-Subzone; d – *Lenticulina dorbignyi aulosensis* BARTENSTEIN, KB Wittnau 15,80–16,00 m; *comptum*-Subzone; e – *Citharina infraopalina* BRAND, KB Wittnau 15,80–16,00 m; *comptum*-Subzone; f – *Haplophragmium coprolithiforme subaequalis* (MJATLIUK), KB Wittnau 13,86–14,00 m; *comptum*-Subzone

Bis zum *burtonensis*-Horizont (Schicht 14) reicht in der Tongrube Wittnau auch *Reinholdella traubensis* OHM, die ihre Häufigkeitsmaxima im *beyrichi*-Horizont der *aalensis*-Zone und an der Basis der *opalinum*-Zone hat, vereinzelt aber schon mal in der *thouarsense*-Zone mit fraglichen Steinkernen vorkommt. Im Laufe der *torulosum*-Subzone wird *R. traubensis* von *Reinholdella dreheri* (BARTENSTEIN) verdrängt, die ab 72 m in der KB Wittnau häufiger wird und nach einem Rückgang in der *opalinum*-Subzone zu Beginn der *comptum*-Subzone bei 20–21 m der KB Wittnau ein zweites Häufigkeitsmaximum erreicht. Beide Arten erlauben eine gute Korrelation mit dem Norddeutschen Becken, scheinen aber im Schweizer Jura bereits zu fehlen. Eine andere Leitform des norddeutschen Unter-Aaleniums, *Citharina infraopalina* BRAND, kommt in der KB Wittnau nur selten in den *opalinum*- und *comptum*-Subzonen (16–27 m) vor. Ebenfalls selten erscheint in der höheren *comptum*-Subzone dann *C. cf. infraopalina* BRAND (s. OHMERT & ROLF 1994: Taf. 5, Fig. 17).

Einen besseren Leithorizont der *comptum*-Subzone stellt das häufige Auftreten von *Haplophragmium coprolithiforme subaequalis* (MJATLIUK) bei 14–16 m der KB Wittnau dar. Ab 13 m kommt mit *Rheophax agglutinans* (TERQUEM) eine weitere typische Form erstmals häufiger vor. Vereinzelt wurden beide Arten schon in der *opalinum*-Subzone festgestellt.

Das gesamte Profil von Wittnau gehört der großen Foraminiferen-Zone mit *Lenticulina dorbignyi* (ROEMER) an, die vom Unter-Toarcium bis ins Unter-Bajocium reicht. Die kürzlich beschriebene Unterart *aulosensis* BARTENSTEIN, 1995 kommt in Wittnau ab der *opalinum*-Subzone vor, wird in Norddeutschland aber schon aus der *aalensis*-Zone angegeben (Form a in STOERMER & WIENHOLZ 1967).

3.5.6.3 Ostracoden

Auch die Ostracoden (Muschelkrebse) leben benthisch, doch sind viele Arten des Ober-Toarciums und Unter-Aaleniums wenigstens in Europa weit verbreitet und haben vergleichbare stratigraphische Reichweiten. Beispielsweise setzt *Otocythere callosa* TRIEBEL & KLINGLER im westlichen Pariser Becken (Thouars) wie bei uns in der tieferen *insigne*-Zone ein. Wie im Norddeutschen Becken reicht die Art in Wittnau bis ins tiefste Aalenium, wo sie mit der *opalinum*-Subzone endgültig verschwindet. *Praeschuleridea ventriosa* (FISCHER), die in Norddeutschland und im Pariser Becken ab der *aalensis*-Zone

angegeben wird, erscheint bei uns vereinzelt schon etwas tiefer in der höheren *moorei*-Subzone (bei 94,56–94,78 m in KB Wittnau). In allen drei verglichenen Gebieten tritt *Aphelocythere kuhni* TRIEBEL & KLINGLER erstmals in der höheren *aalensis*-Zone auf und ist in Norddeutschland dann wie bei uns vor allem im Unter-Aalenium verbreitet.

Für das Ober-Toarcium Süddeutschlands wurde bereits von KNITTER (1984) eine regionale stratigraphische Abfolge von Ostracoden-Vergesellschaftungen erarbeitet, die in der KB Wittnau im wesentlichen bestätigt werden konnte (Abb. 30): In der *thouarsense*-Subzone (109,60 m in der KB Wittnau) sind *Cytherella toarcensis* BIZON, *Praeschuleridea aspera* KNITTER und *Kinkelinella costata* KNITTER die häufigsten Arten. In der *fallaciosum*-Subzone erscheint bei 106,97 m *Cytheropterina cribra* (FISCHER) und in der *insigne*-Subzone bei 98,99 m *Otocythere callosa* TRIEBEL & KLINGLER. In der *dispansum*-Subzone kommt dazu ab 97,98 m *Kinkelinella fischeri* MALZ und in der *lavesquei*-Subzone ab 96,95 m Teufe *Ectyphocythere furcata* (WIENHOLZ). In der *lavesquei*-Zone und an der Basis der *aalensis*-Zone (bei 93,5 m) setzen in der KB Wittnau zahlreiche Ostracoden aus, ohne sich im weiteren Profil je wieder zu zeigen: *Cytherella toarcensis*, *Kinkelinella costata*, *Infracytheropteron supraliassicum* (HERRIG), *Eucytherura angulocostata* KNITTER, *Bairdia* und *Supratoarcina*. Über dem *beyrichi*-Horizont der *aalensis*-Zone treten dafür bei 86,34 m *Aphelocythere ramosa* FISCHER und vorübergehend eine *Acrocythere cf. pumila* PLUMHOFF neu auf, ab 82,72 m dann *Aphelocythere kuhni* TRIEBEL & KLINGLER, die im ganzen Unter-Aalenium bestimmend bleibt. Ab 79,87 m setzt in der *torulosum*-Subzone die seltene *Cytherella reticulornata* KNITTER aus und ab der *opalinum*-Subzone auch *Otocythere callosa*, die in der KB Wittnau schon ab 72 m Teufe fast immer fehlt. Erst in der *comptum*-Subzone kommt oberhalb des Bohransatzpunkts mit *Aphelocythere kanonika* (DILGER) wieder eine neue Art dazu.

3.5.6.4 Weitere Fossilgruppen

Fast im gesamten Profil der KB Wittnau kommen in den Mikroproben verschiedenartige Scherenreste von Kleinkrebsen vor. Eine Form, die ab 88,6 m Teufe im *beyrichi*-Horizont erscheint und in manchen Horizonten, wie etwa bei 12 m in der *comptum*-Subzone, recht häufig wird, könnte zu *Jurapseudes friedericianus* (MALZAHN) gehören. Die übrigen sind vorerst nicht einzuordnen (Abb. 31).

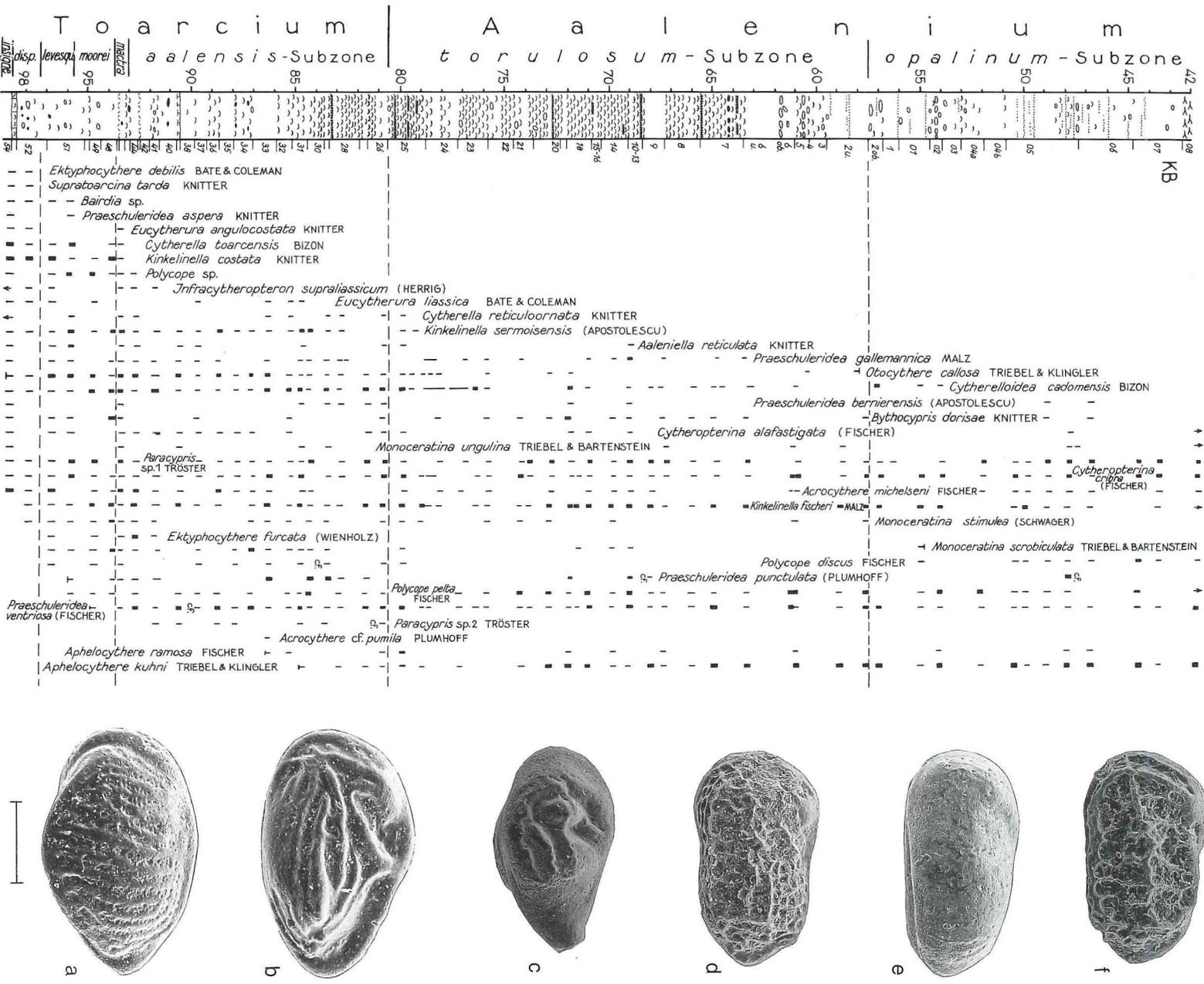


Abb. 30: Verbreitung und Häufigkeit (dicker Strich = häufig) der Ostracoden-Arten in KB und Tongrubene Witthau
 Maßstab = 0,2 mm; a – *Kinkelinnella costata* KNITTER, KB Witthau 93,45 m; *maeria*-Subzone; b – *Ektyphocythere furcata* (WIENHOLZ), KB
 Witthau 92,57–92,67 m; Basis *aalenis*-Subzone; c – *Otocythere callosa* TRIEBEL & KLINGLER, Tongrubene Witthau, Schicht 19; *torulosum*-
 Subzone; d – *Aphelocythere ramosa* FISCHER, Tongrubene Witthau, Schicht 25; Basis *torulosum*-Subzone; e – *Aphelocythere kuhni* TRIEBEL
 & KLINGLER, Tongrubene Witthau, Schicht 07; *opalinum*-Subzone; f – *Aphelocythere kanonika* (DILGER), Zopiplatten oberhalb der Ton-
 grube Witthau; *comptum*-Subzone

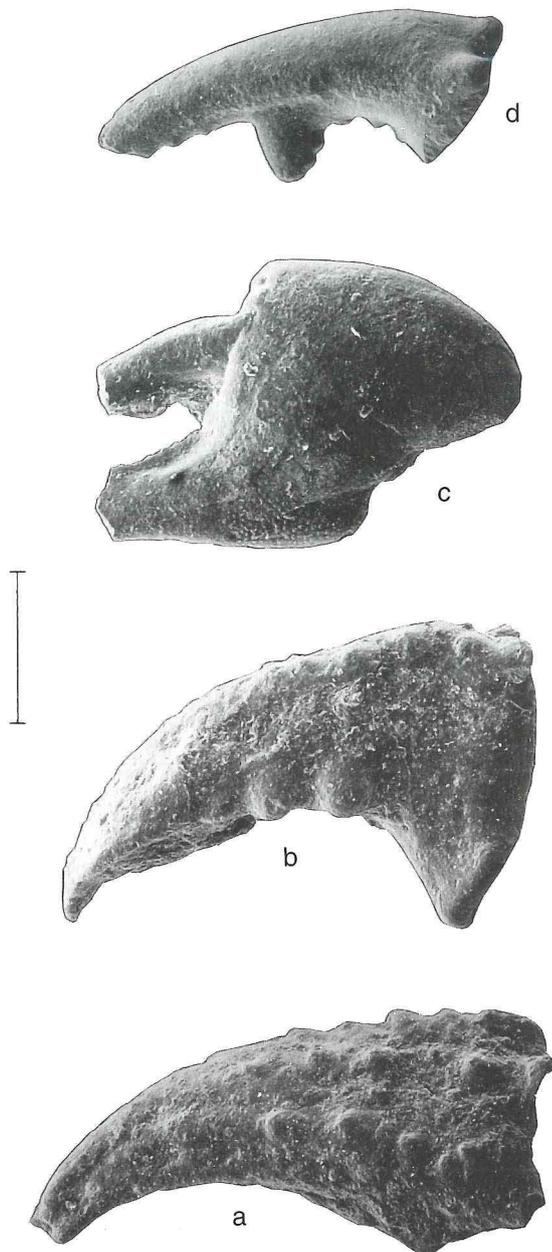


Abb. 31: Krebsscheren aus den Mikroproben der KB Wittnau vom obersten Toarcium bis Unter-Aalenium Maßstab = 0,4 mm; a – Unbestimmter Krebs, 93,45 m, *mactra*-Subzone; b – Unbestimmter Krebs, 81,60–81,73 m; *aalensis*-Subzone; c, d – *Jurapseudes friedericianus* (MALZAHN); *comp-tum*-Subzone; c – 13,86–14,00 m; d – 11,86–12,00 m

Unter den Echinodermen-Resten der Schlämmrückstände sind vor allem Ophiurenelemente (Schlangensterne) und verschiedenste Seeigelstacheln häufig, während Crinoiden (Seelilien) und Holothurien (Seeurken) für stratigraphische Zwecke zu selten sein dürften. Untersuchungen durch einen Spezialisten sind bislang nicht erfolgt.

Fischzähne treten in zahlreichen Proben über das ganze Profil hinweg relativ selten, aber vielgestaltig auf. Nach den guten Erfahrungen im norddeutschen Oberjura ist damit vielleicht eine weitere stratigraphische Datierungsmöglichkeit für Wittnau zu erwarten.

Die Sporomorpha der Tongrube Wittnau hat WEISS (in OHMERT et al. 1991) untersucht und 16 Arten festgestellt. Die charakteristische Vergesellschaftung von *Ischyosporites variegatus* (COUPER) SCHULZ, *Duplexisporites problematicus* (COUPER) PLAYFORD & DETTMANN und *Tsugaepollenites dampieri* (BALME) DETTMANN des Wittnauer Unter-Aaleniums konnte er mit gleichaltrigen Vorkommen im Iran vergleichen. Aus dem Ober-Toarcium von Wittnau wurde allerdings erst sehr wenig Material untersucht.

3.6 Literatur

- BARTENSTEIN, H. (1995): *Lenticulina dorbignyi* (ROEMER 1839) im Toarcium bis Bajocium; Leitfossil ohne Arten-Abwandlung? – *Senckenb. lethaea*, **75** (1/2): 1–19, 2 Abb., 2 Tab., 3 Taf.; Frankfurt a. M.
- BOWN, P. R., COOPER, M. K. E. & LORD, A. R. (1988): A calcareous nannofossil biozonation scheme for the early to mid Mesozoic. – *Newsletter Stratigr.*, **20** (2): 91–114, 4 Abb., 1 Taf.; Berlin.
- BUCEFALO PALLIANI, R. (1996): Facies organiche nel Giurassico inferiore del dominio tetideo: sedimentologia organica e biostratigrafia a cisti di dinoflagellato. – Diss. Univ. Perugia: 250 S., 129 Abb., 11 Taf.; Perugia. – [unveröff.]
- CARTER, E. S., CAMERON, B. E. B. & SMITH, P. L. (1988): Lower and Middle Jurassic Radiolarian biostratigraphy and systematic paleontology, Queen Charlotte Islands, British Columbia. – *Geol. Surv. Canada, Bull.*, **386**: 109 S., 8 Abb., 18 Taf.; Vancouver.
- DE KAENEL, E. & BERGEN, J. A. (1993): New Early and Middle Jurassic coccolith taxa and biostratigraphy from the eastern proto-Atlantic (Morocco, Portugal and DSDP Site 547B). – *Eclogae geol. Helv.*, **86** (3): 861–907, 5 Abb., 5 Taf.; Zürich.
- DOYLE, P. (1992): The British Toarcian (Lower Jurassic) belemnites. Part 2. – *Monogr. palaeont. Soc. London*, **145** (587): 50–79, Abb. 17–20, Tab. 23–37, Taf. 18–28; London.
- ERBA, E. (1992): Calcareous nannofossil distribution in pelagic rhythmic sediments (Aptian–Albian Piobbico core, Central Italy). – *Riv. it. Paleont. Strat.*, **97** (3–4): 455–484, 18 Abb.; Milano.
- GORICAN, S. (1994): Jurassic and Cretaceous radiolarian biostratigraphy and sedimentary evolution of the Budva Zone (Dinarides, Montenegro). – *Mém. Géol.*, **18**: 177 S., 6 Abb., 28 Taf.; Lausanne.

- JONES, CH. E., JENKYNS, H.C., COE, A.L. & HESSELBO, S.P. (1994): Strontium isotopic variations in Jurassic and Cretaceous seawater. – *Geochim. cosmochim. Acta*, **58** (14): 3061-3074, 7 Abb.; New York.
- KNITTER, H. (1984): Ostracod biostratigraphy of the Upper Toarcian in Southern Germany. – *Internat. Symposium Jurassic Stratigr.*, Erlangen, Sept. 1–8, 1984 (Hrsg.: MICHELSON, O. & ZEISS, A.), **1**: 252–258, 1 Abb.; Copenhagen.
- MATTIOLI, E. (1995): Late Liassic calcareous nannofossils from the Pozzale section (Martani Mts., Central Italy): a quantitative approach to evaluate productivity and diagenesis. – *Acta Congr. Nanoplancton*: 83–103, 10 Abb., 2 Taf.; Salamanca.
- , BALDANZA, A., COBIANCHI, M. A., ERBA, E., FIORENTINO, A., LOTTAROLI, F., LOZAR, F., MONECHI, S., PERILLI, N., PIRINI RADRIZZANI, C. & REALE, V. (1996): Calcareous nannofossil bioevents in the Tethyan Jurassic. – In Vorbereitung.
- OHMERT, W., PRAUSS, M. & WEISS, M. (1991): The Toarcian–Aalenian boundary at Wittnau (Oberrhein area, south west Germany), a possible boundary stratotype for the Aalenian. – In MORTON, N. (Hrsg.): *Conf. Aalenian Bajocian Stratigr.*, Isle of Skye, April 1991: 1–31, 11 Abb., 2 Taf.; London.
- OHMERT, W. & ROLF, CH. (1994): The Aalenian boundaries at Wittnau (Oberrhein area, south west Germany). – *Misc. Serv. geol. naz.*, **5**: 33–61, 9 Abb., 5 Taf.; Roma.
- RIEGRAF, W. (1985): Mikrofauna, Biostratigraphie und Fazies im Unteren Toarcium Südwestdeutschlands und Vergleiche mit benachbarten Gebieten. – *Tübinger mikropaläont. Mitt.*, **3**: 232 S., 33 Abb., 12 Taf.; Tübingen.
- (1995) unter Mitarbeit von WEISS, A. & DOYLE, P.: Cephalopoda dibranchiata fossiles (Coleoidea). – In: WESTPHAL, F. [Hrsg.], *Fossilium Catalogus. I: Animalia. Pars 133*. – 411 S.; Amsterdam, New York (Kugler).
- ROTH, P. H. (1984): Preservation of calcareous nannofossils and fine-grained carbonate particles in mid-Cretaceous sediments from the southern Angola Basin. – In: HAY, W. W., et al.: *Init. Rept. DSDP*, **75**: 651–655, 2 Tab.; Washington.
- STOERMER, N. & WIENHOLZ, E. (1967): Mikrobiostratigraphie an der Lias/Dogger-Grenze in Bohrungen nördlich der Mitteldeutschen Hauptscholle. – *Jb. Geol.*, **1**: 533–591, 1 Abb., 9 Tab., 10 Taf.; Berlin.

4 Die Toarcium/Aalenium-Grenze im Profil Fuentelsaz (Iberische Ketten, Spanien)*

4.1 Einführung

Bei Fuentelsaz, im NE der Provinz Guadalajara, Iberische Ketten (Abb. 32), ist der Übergangsbereich Toarcium/Aalenium gut entwickelt und enthält eine gut erhaltene, vollständige Abfolge von Ammoniten-Vergesellschaften. Dieser Bereich der *aalensis-*

und *opalinum*-Zonen besteht aus einer Kalk-Mergel-Wechselfolge mit Ammoniten in fast jeder Schicht. Auch andere Fossilgruppen wie Brachiopoden, Ostracoden, Foraminiferen und Nannofossilien sind vorhanden. In früheren Arbeiten ist die Ammoniten-Zonierung dieses Profils behandelt worden, s. GOY & URETA (1987, 1990, 1991) und GOY et al. (1994).

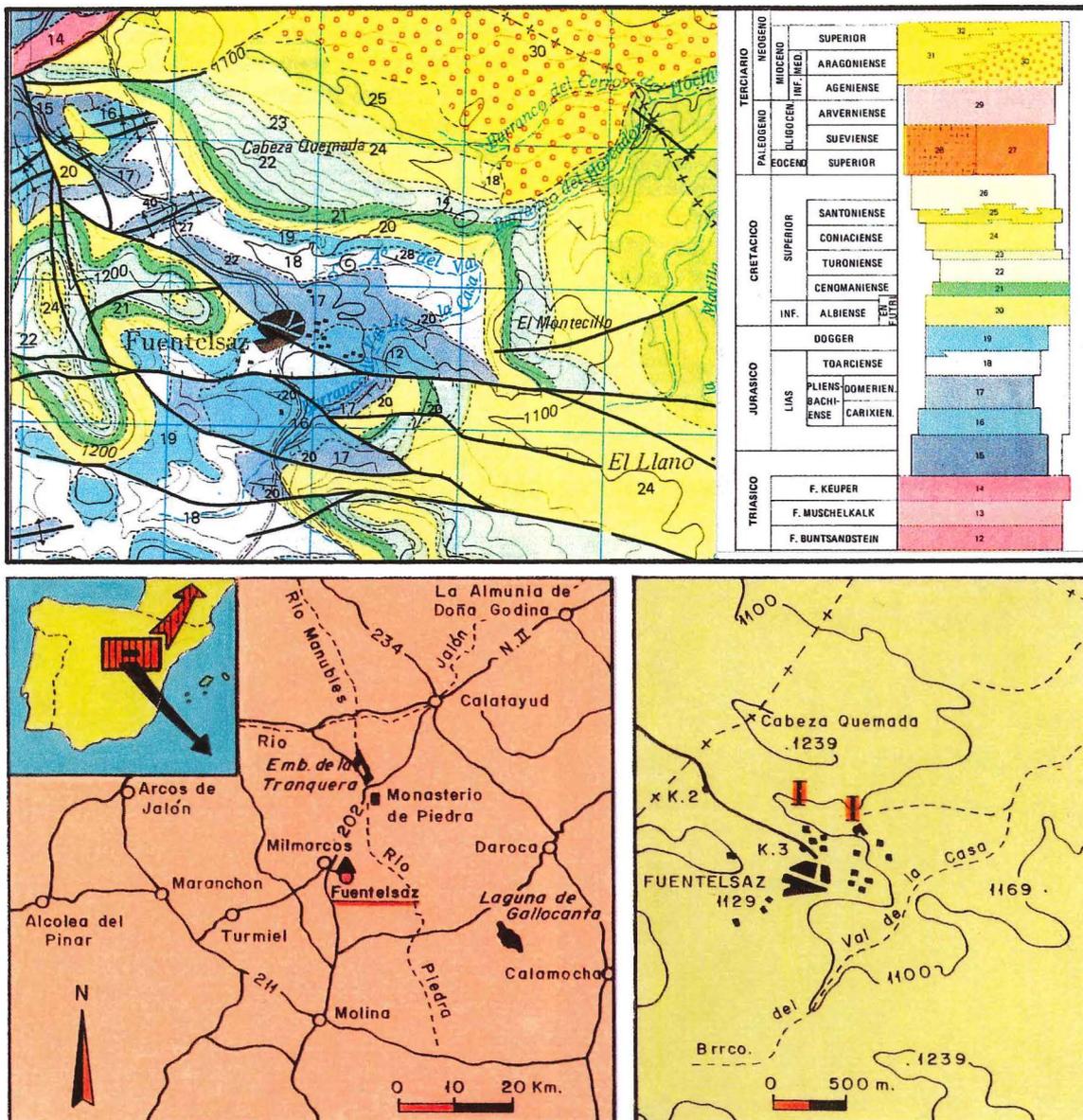


Abb. 32: Geographische und geologische Situation des Fuentelsaz-Profiles (Gitterlänge in der geologischen Karte: 1 km)

* Prof. Dr. ANTONIO GOY, Prof. Dr. SOLEDAD URETA, Dr. CARMEN ARIAS, Liz. M. LUISA CANALES, Prof. Dr. FERNANDO GARCIA JORAL, Dr. CONCHA HERRERO, Dr. GEMMA MARTINEZ, Departamento de Paleontología, Universidad Complutense de Madrid y Instituto de Geología Económica C.S.I.C., Ciudad Universitaria, E-28040 Madrid. DGICYT Project PB88-0066

* Dr. NICOLA PERILLI, Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Pisa, Via S. Maria 53, I-56126 Pisa

4.2 Lithofazies und Sedimentologie

Die Kalk-Mergel-Wechselfolge im Profil Fuentelsaz ist mehr oder weniger regelmäßig, wobei die Mergel in der *aalensis*-Zone und in der *opalinum*-Zone bis zur Mitte der *comptum*-Subzone vorherrschen. Die Kalksteine sind vor allem mudstones und bioklastische wackestones (Abb. 33). Im mittleren Teil der *comptum*-Subzone werden gelegentlich im hoch-energetischen Bereich mancher Zyklen packstones gefunden. Wegen der Bioturbation gibt es im allgemeinen keine Sedimentstrukturen, doch sind gelegentlich kleine bioklastische Strömungsmarken zu erkennen. Seltener findet man beginnende Mineralisierung, angebohrte oder aufgearbeitete Lagen. Außer den bereits genannten Fossilgruppen kommen in manchen Lagen dünnchalige Muscheln vor,

und Echinodermen- sowie Schnecken-Bruchstücke sind häufig.

In der *aalensis*-Zone herrschen fossilführende mudstones vor. Die bioklastischen Komponenten sind meist klein. Gewöhnlich sind die Rhythmen in Zyklen höherer Ordnung angeordnet (Abb. 34), wobei die oberen Lagen durch höher energetische Abschnitte mit reichlich Bioturbationserscheinungen gekennzeichnet sind, wie in FZ60, FZ76 und FZ104, oder weniger häufig durch Anzeichen leichter Aufarbeitung oder beginnender Mineralisierung, wie in FZ86. Die letzte rhythmische Folge der *aalensis*-Zone, FZ105–FZ106, besteht aus ammonitenführenden (*Pleydellia*, *Bredya*) Mergel- und Kalksteinen des mudstone-Typs. Andererseits besteht die erste rhythmische Folge der *opalinum*-Zone, FZ107– FZ108, aus Mergeln mit Ammoniten (*Leioceras*, *Bredya*) und wackestone-Kalksteinen, eben-

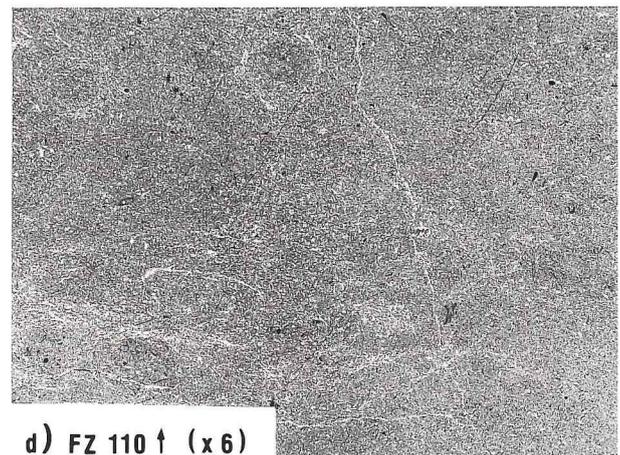
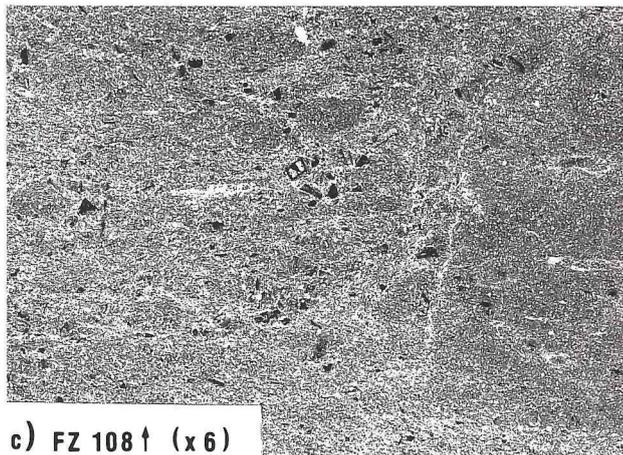
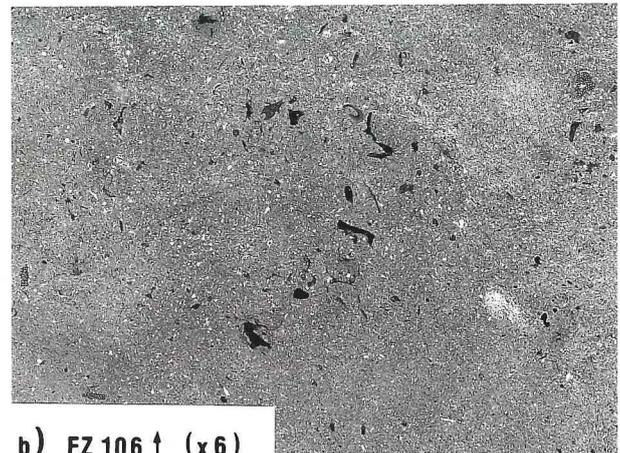
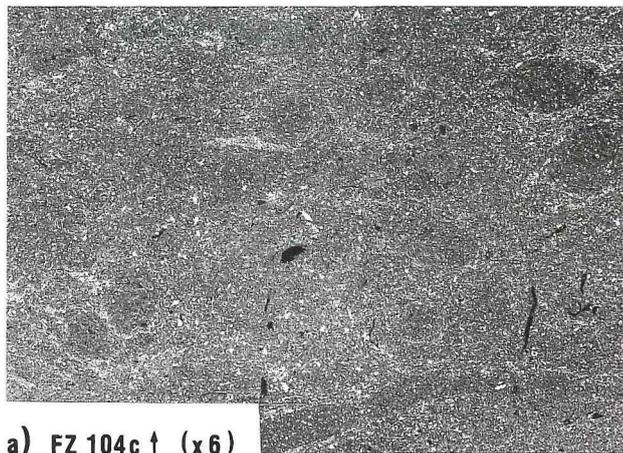


Abb. 33: Repräsentative Mikrofazies im lithologischen Bereich der Toarcium/Aalenium-Grenze von Fuentelsaz (Negativ-Abdrücke von peels [Lackabzügen])

a – Fossilführender mudstone/wackestone mit Wühl-Strukturen des *Chondrites*-Typs; b – Fossilführender mudstone mit Bioturbation; c – Bioklastischer wackestone mit beginnender Knollenbildung; zu beachten die Verdichtungs-Unterschiede zwischen Knolle (rechts) und Matrix (links); d – Fossilführender Mergelstein mit Bioturbation

falls mit Ammoniten und feinem Fossildetritus, die beginnende Bioturbationserscheinungen darstellen. Ähnliche Gesteine, mit vergleichbaren fossilführenden mudstones, sind bis zu Schicht FZ120 hin auf beobachtet worden. In der übrigen *comptum*-Subzone sind Mergel selten. Innerhalb der Kalke überwiegen mudstones, die ein relativ abgeschlossenes und flaches Milieu anzeigen.

In den zentralen Iberischen Ketten bilden diese Gesteine größtenteils die Turmiel-Formation (GOY et al. 1976). Ihre Sedimentation erfolgte wahrscheinlich unter relativ ungestörten hydrodynamischen Bedingungen unterhalb der Wellenbasis, jedoch nicht in größerer Tiefe, auf einer offenen Plattform oder äußeren Rampe (GOMEZ in GABALDON et al. 1991, COMAS-RENGIFO et al. 1985). Der Meeresgrund muß meist gut durchlüftet gewesen sein, um die Besiedlung mit bodenbewohnenden Organismen zu ermöglichen. Doch in einigen Abschnitten der höheren *comptum*-Subzone sind diese Organismen viel seltener nachgewiesen, möglicherweise wegen einer stärkeren Abschnürung des Milieus.

4.3 Biostratigraphie

4.3.1 Ammoniten

Die Ammoniten-Vergesellschaftungen des Profils Fuentelsaz (Abb. 35) sind relativ reich an gut erhaltenen Exemplaren, oft sogar mit der Mündung. Die meisten sind daher zusammenschwemmt und resedimentiert, aber es gibt keine Anzeichen für Aufarbeitung. Vor allem in der *aalensis*-Zone sowie im unteren und mittleren Teil der *opalinum*-Zone setzen Micro- und Macroconche adulter und juveniler Exemplare die Faunen zusammen. Im oberen Teil der *opalinum*-Zone werden die Ammoniten immer seltener.

Alle einzelnen Subzonen der *aalensis*- und *opalinum*-Zonen sind nachgewiesen worden. Die Faunen ähneln denen anderer Fundpunkte der Iberischen Ketten ebenso wie denen anderer europäischer Becken. Der größte Umbruch findet an der Basis der *mactra*-Subzone (*aalensis*-Zone) statt und entspricht einer plötzlichen Ausbreitung der Gattung *Coteteswoldia*. Von der *aalensis*-Subzone an bleibt nur

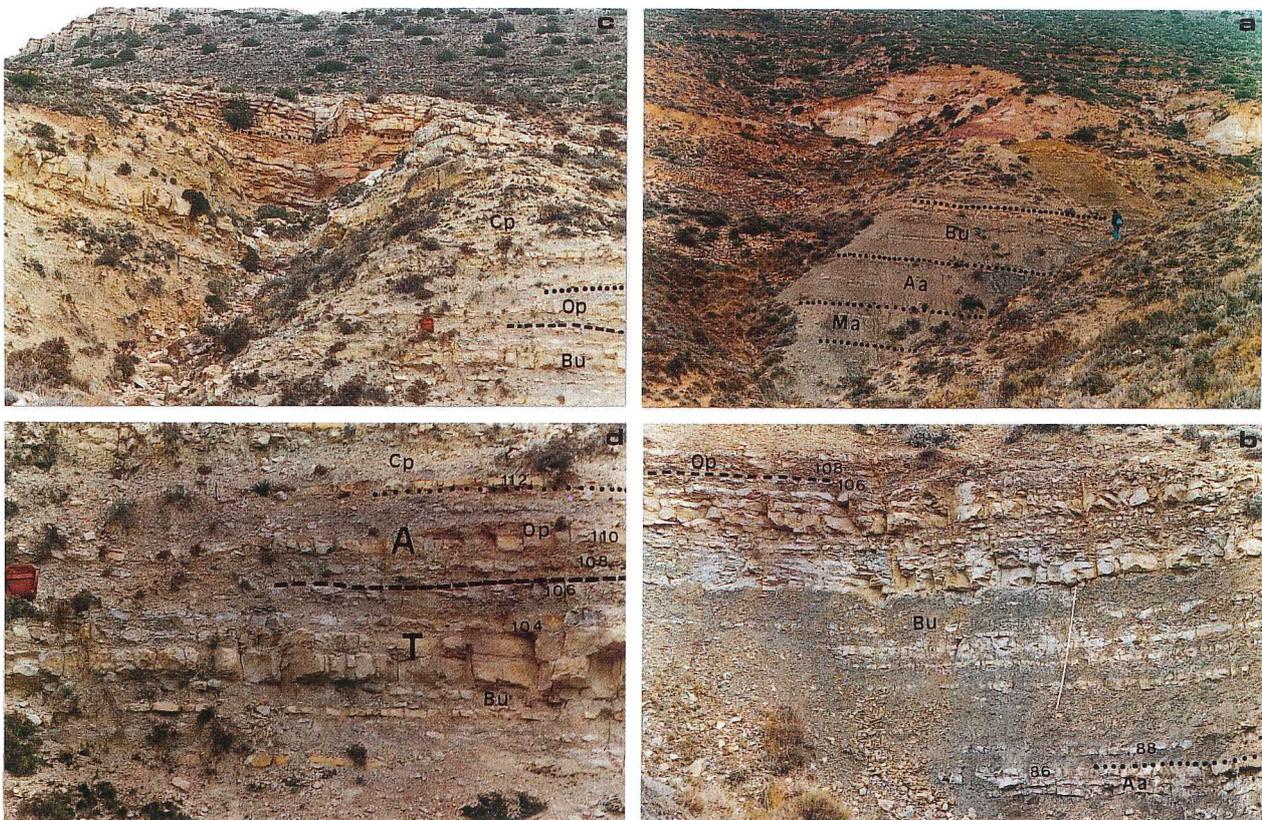


Abb. 34: Gesamtansicht des Toarcium/Aalenium-Grenzprofils und Details von der Grenze *buckmani*-(Bu)/*opalinum*-Subzone (Op)

Ma – *mactra*-Subzone; Aa – *aalensis*-Subzone; Cp – *comptum*-Subzone; T – Toarcium; A – Aalenium

die Gattung *Pleydellia* übrig, deren Entwicklungslinie an der Aalenium-Basis in die Entwicklungslinie der Leioceratinae übergeht. Die relativ seltenen Hammatoceratinae sind ohne große Veränderungen bis zum oberen Teil der *comptum*-Subzone (*opalinum*-Zone) vertreten.

aalensis-Zone

Diese Zone ist im Profil Fuentelsaz 11 m mächtig und enthält in 38 Lagen Ammoniten der Unterfamilien Grammatoceratinae und Hammatoceratinae. Selten sind Lytoceraten. Die Zone ist grundsätzlich durch die Artenfolge der Gattung *Pleydellia* charakterisiert.

mactra-Subzone: Ihre Basis ist in diesem Profil durch das erste Auftreten von *Cotteswoldia* gekennzeichnet. Die Gattung dominiert sowohl an Häufigkeit als auch Artenreichtum. Der erste Vertreter der Gattung *Pleydellia* ist *Pl. mactra* (Taf. 3, Fig. 1), die Index-Art der Subzone, nachgewiesen im unteren und mittleren Teil der Einheit. Im oberen Teil wird sie von *Pl. subcompta* (Taf. 3, Fig. 2) abgelöst.

aalensis-Subzone: Die Subzone beginnt mit dem Einsatz von *Pl. aalensis* (Taf. 3, Fig. 7), die in der ganzen Subzone verbreitet ist. Im tieferen Teil kommt sie zusammen mit *Pl. subcompta* vor, während *Pl.*

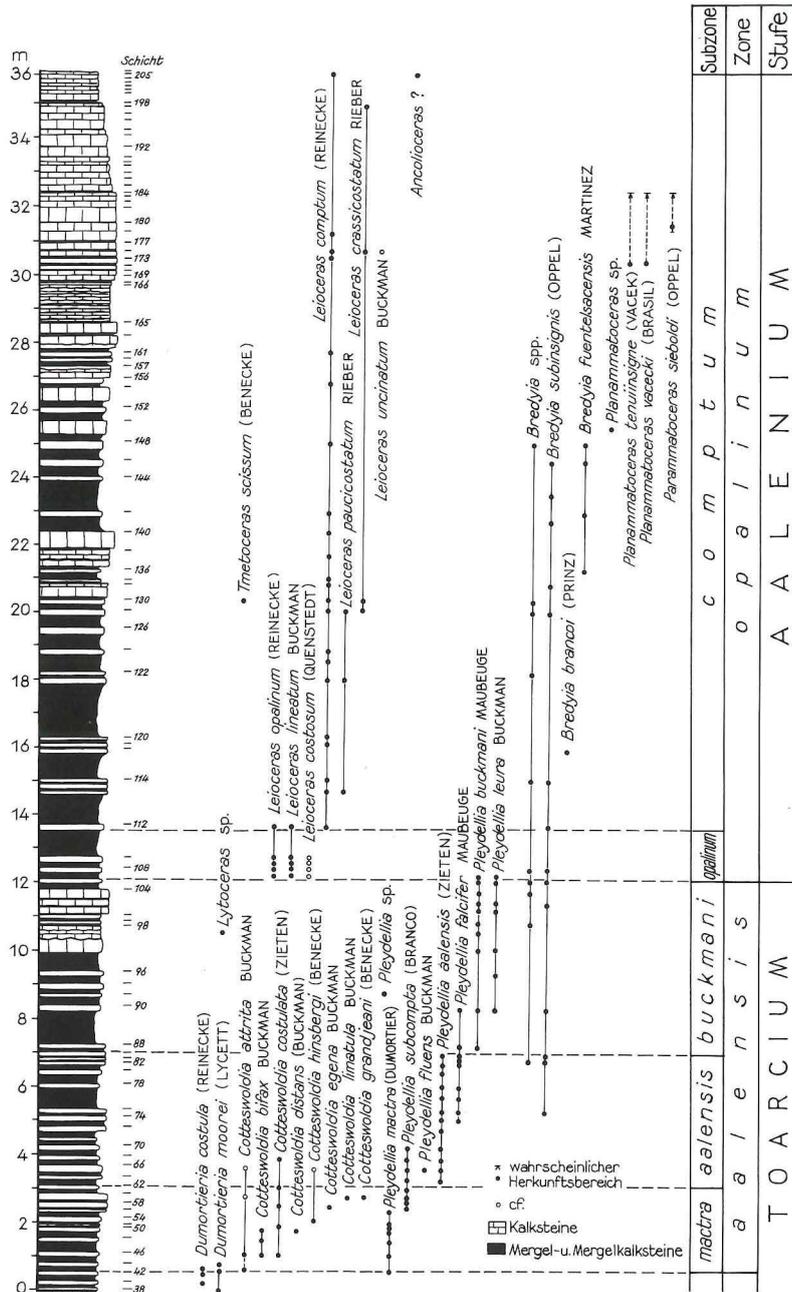


Abb. 35: Stratigraphische Verbreitung der Ammoniten in den *aalensis*- und *opalinum*-Zonen des Profils Fuentelsaz

falcifer (Taf. 3, Fig. 4) den höheren Teil der Subzone kennzeichnet. Die ersten Hammatoceratinae treten mit *Bredya subinsignis* im höheren Teil (Schicht FZ76) auf.

buckmani-Subzone: Der tiefste Nachweis der Index-Art *Pl. buckmani* (Taf. 3, Fig. 3) markiert die Basis der Subzone. Die Art findet sich in der gesamten Subzone. Weitere Arten sind *Pl. falcifer* und *Pl. leura*. Zwar selten, doch immer wieder ist *Bredya subinsignis* nachgewiesen, und in Schicht FZ98.2 ist *Lytoceras* besonders erwähnenswert.

opalinum-Zone

Die Mächtigkeit dieser Zone im Profil Fuentelsaz beträgt mindestens 23,8 m. Ihre Obergrenze zur *murchisonae*-Zone ist nicht feststellbar, da die obersten Schichten der *comptum*-Subzone erodiert und von kretazischen terrigenen Sedimenten überlagert sind. 34 Lagen mit Ammoniten der Unterfamilien Leioceratinae, Hammatoceratinae und Grammoceratinae (Taf. 3, Fig. 5, 6, 8–14) wurden nachgewiesen. Grundsätzlich ist diese Zone durch die Aufeinanderfolge von *Leioceras*-Arten charakterisiert.

opalinum-Subzone: An der Basis kommen die ersten Vertreter der Gattung *Leioceras* zusammen mit den letzten Vertretern der Gattung *Pleydellia* vor. *L. opalinum* (Taf. 3, Fig. 6) und *L. lineatum* (Taf. 3, Fig. 10) erscheinen gleichzeitig. Beide Arten reichen bis zur Basis der *comptum*-Subzone hinauf. Bei den Hammatoceratinae ist weiterhin *Bredya subinsignis* (Taf. 3, Fig. 11) vorhanden.

comptum-Subzone: Die Subzone beginnt mit dem Einsatz von *Leioceras comptum* (Taf. 3, Fig. 5, 9), der deutlich vorherrschenden Art. *L. comptum* ist offenbar in den tieferen Schichten mit *L. paucicostatum* und im höheren Teil mit *L. crassicostatum* vergesellschaftet. *Leioceras* cf. *uncinatum* (Taf. 3, Fig. 8) ist auf den oberen Teil begrenzt, und *Tmetoceras scissum* ist nur ein einziges Mal in Schicht FZ130 nachgewiesen. Bei den Hammatoceratinae hält *Bredya subinsignis* weiter durch, während *B. fuentelsacensis* (Taf. 3, Fig. 12) neu hinzukommt. Letztere Art wurde in gleicher Position an verschiedenen Fundorten der Iberischen Ketten gefunden. *Paramatoceras* (Taf. 3, Fig. 13) und *Planammatoceras* (Taf. 3, Fig. 14) sind selten.

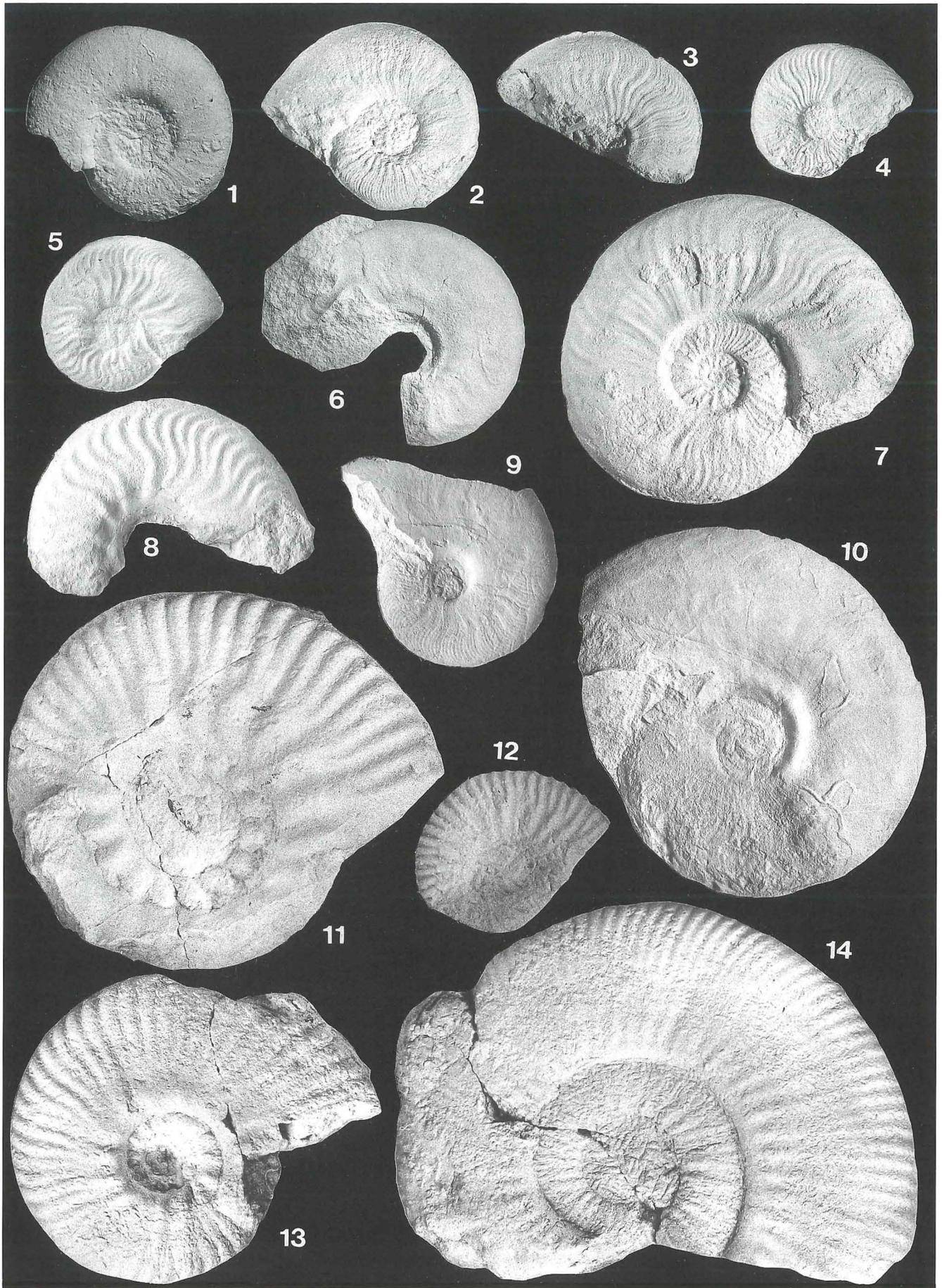
4.3.2 Brachiopoden

11 Brachiopoden-Arten konnten in den *aalensis*- und *opalinum*-Zonen unterschieden werden. Es sind

dies: *Rhynchonelloidea goyi* (Taf. 4, Fig. 1), *Homoeorhynchia cynocephala* (Taf. 4, Fig. 2), *Praemonticarella distercica*, *Prionorhynchia rubrisaxensis* (Taf. 4, Fig. 3), *Ptyctorhynchia* ? n. sp., *Parvirhynchia* sp., *Globirhynchia subobsoleta*, *Stroudithyris stephanoides*, *S. pisolithica* (Taf. 4, Fig. 4), *Aulacothyris blakei* und *Zeilleria (Cincta) anglica*. Sie charakterisieren die *blakei*- und *goyi*-Subzonen der *infraoolithica*-Brachiopoden-Zone (GOY et al. 1984) und die *cynocephala*- und *eudesi*-Subzonen der *cynocephala*-Zone (GARCIA JORAL 1986, GARCIA JORAL et al. 1990). An bestimmten Stellen des stratigraphischen Profils von Fuentelsaz können morphologische Veränderungen bei Brachiopoden-Arten oder -Entwicklungslinien beobachtet werden. Zu Beginn der *aalensis*-Zone findet sich nur jeweils eine Gattung der drei großen Gruppen: *Homoeorhynchia*, *Stroudithyris* und *Aulacothyris*. In der *mactra*-Subzone gibt es eine bemerkenswert breitere morphologische Variabilität sowohl bei den Rhynchonelliden als auch bei den Terebratuliden. In Fuentelsaz zeigt sich solch eine Variabilität bei den Populationen von *R. goyi* und *S. stephanoides*. Auf dem Höhepunkt dieses Prozesses findet eine Erneuerung mit dem ersten Auftreten von *H. cynocephala*, *P. distercica*, *S. pisolithica* und möglicherweise noch anderen Arten statt. Diese Arten sind insgesamt weniger verallgemeinerte Formen mit enger Variabilität, was auf eine relative Stabilisierung des Milieus zurückzuführen sein dürfte. Nach diesem Umbruch folgt eine fortschreitende Zunahme des Artenreichtums, der seinen Gipfel in der *comptum*-Subzone erreicht. Dieses Maximum fällt mit dem Erscheinen von Arten wie *Pri. rubrisaxensis* oder *G. subobsoleta* zusammen, die eine ziemlich weite geographische Verbreitung aufweisen. Das auffallendste biostratigraphische Ereignis liegt etwa an der Basis der *buckmani*-Subzone, zur Zeit der Ablagerung der Schichten FZ86 und FZ88. Bei den Terebratuliden ist dies Ereignis mit dem endgültigen Verschwinden der Morphotypen von *S. stephanoides* weniger einschneidend, da *S. stephanoides* nach und nach durch *S. pisolithica* ersetzt wird. Aber bei den Rhynchonelliden erfolgt eine beträchtliche Größenreduktion, die sowohl *H. cynocephala* als auch *P. distercica* betrifft (GARCIA JORAL & GOY 1994).

4.3.3 Foraminiferen

Die Foraminiferen-Vergesellschaftungen sind in den *mactra*- und *aalensis*-Subzonen gut erhalten, während sie in den *buckmani*-, *opalinum*- und *comptum*-Subzonen hochgradig umkristallisiert sind. Bis zur



Schicht FZ89, an der Basis der *buckmani*-Subzone, haben die untersuchten Proben reiche Faunen erbracht, die oberhalb dieser Schicht ärmer werden. Der Trend setzt sich durch die gesamte *opalinum*-Zone fort.

In der *aalensis*-Zone treten 23 Arten erstmals auf, und 9 davon sind in ihrer stratigraphischen Reichweite auf diese Zone begrenzt. Die übrigen überschreiten zusammen mit anderen, die schon in der *pseudoradiosa*-Zone vorkamen, die Toarcium/Aalenium-Grenze. Die Faunenzusammensetzung der *opalinum*-Zone zeigt keine größeren Veränderungen mehr. Fast alle nachgewiesenen Arten wurden auch schon tiefer festgestellt. Sie gehören zu den Unterordnungen Rotallina, Spirillinina und Textulariina. Überall überwiegt die Unterordnung der Lagerina. Lediglich die Gattungen *Lagerina* und *Tristix* wurden ausschließlich in dieser Zone beobachtet. Die Spirillinina werden an der Basis der *buckmani*-Subzone, die Textulariina in der *comptum*-Subzone häufiger. Während in der *mactra*-Subzone und in der tiefsten *aalensis*-Subzone *Lenticulina toarcense* dominiert, wird darüber *Lenticulina subalata* vorherrschend (CANALES & HERRERO in GOY et al. 1994).

4.3.4 Ostracoden

Die Ostracoden-Faunen im Toarcium/Aalenium-Übergangsbereich des Profils von Fuentelsaz zeigen große Ähnlichkeiten mit denen anderer europäischer Abfolgen, besonders in NW- und Mitteleu-

ropa. Dabei herrscht *Cytherelloidea cadomensis* vor, neben wenigen Exemplaren von *Praeschuleridea bernierensis*, *P. punctulata*, *P. ventriosa*, *Kinkelinella sermoisensis* und *K. fischeri* als wichtigsten Arten. Die Ostracoden-Fauna als Ganzes betrachtet, läßt ein Durchlaufen der Arten über die Toarcium/Aalenium-Grenze hinweg erkennen. Da stratigraphische Leitformen zurücktreten, ist eine Datierung allein mit Ostracoden schwierig. Ein direkter stratigraphischer Vergleich des vorliegenden Materials mit NW- und Mitteleuropa ist nicht möglich, da im Fuentelsaz-Profil eine der wichtigsten Leitformen, *Aphelocythere kuhni*, fehlt. Aber der Vergleich mit veröffentlichten Daten einiger mitteleuropäischer Profile ergibt eine generell ähnliche Ostracoden-Verbreitung.

4.3.5 Kalkige Nannofossilien

Die Vergesellschaftungen kalkiger Nannofossilien zeigen im unteren Profiltail relativ reiche, mittelmäßig erhaltene Vorkommen. Dagegen sind die Proben des oberen Profiltails möglicherweise infolge diagenetischer Umwandlung durch sehr arme und schlecht erhaltene Nannofossil-Vergesellschaftungen gekennzeichnet, die eine geringe Artenvielfalt aufweisen.

Die Nannofloren der *mactra*- und *aalensis*-Subzonen sind durch das Auftreten von *Schizosphaerella*, *Biscutum*, *Lotharingius*, *Discorhabdus*, *Carinolithus*, *Calyculus* und *Bussonius* charakterisiert, während *Mitrolithus*, *Parhabdolithus*, *Tubirhabdus* und *Triscutum* nur sehr selten oder sporadisch vorkommen.

Tafel 3: Ausgewählte Ammoniten von Fuentelsaz

Fig. 1: *Pleydellia mactra* (DUMORTIER), (M?), FZ44/1, Phragmocon. *mactra*-Subzone

Fig. 2: *Pleydellia subcompta* (BRANCO), (M?), FZ62/1, juveniles Exemplar. *mactra*-Subzone

Fig. 3: *Pleydellia buckmani* MAUBEUGE, (m?), FZ90/3, Phragmocon. *buckmani*-Subzone

Fig. 4: *Pleydellia falcifer* MAUBEUGE, FZ78/1, Phragmocon. *aalensis*-Subzone

Fig. 5: *Leioceras comptum* (REINECKE), (m?), FZ130/10, juveniles Exemplar. *comptum*-Subzone

Fig. 6: *Leioceras opalinum* (REINECKE), (m), FZ110/31, Wohnkammer mit Mundsaum eines ausgewachsenen Exemplares. *opalinum*-Subzone

Fig. 7: *Pleydellia aalensis* (ZIETEN), (M), FZ66/4, ausgewachsenes Exemplar. *aalensis*-Subzone

Fig. 8: *Leioceras* cf. *uncinatum* BUCKMAN, (m?), FZ/3, Wohnkammer eines ? ausgewachsenen Exemplars. Nicht horizontalisiert

Fig. 9: *Leioceras comptum* (REINECKE), (M), FZ/2, juveniles Exemplar. Nicht horizontalisiert

Fig. 10: *Leioceras lineatum* BUCKMAN, (M), FZ110/32, juveniles Exemplar. *opalinum*-Subzone

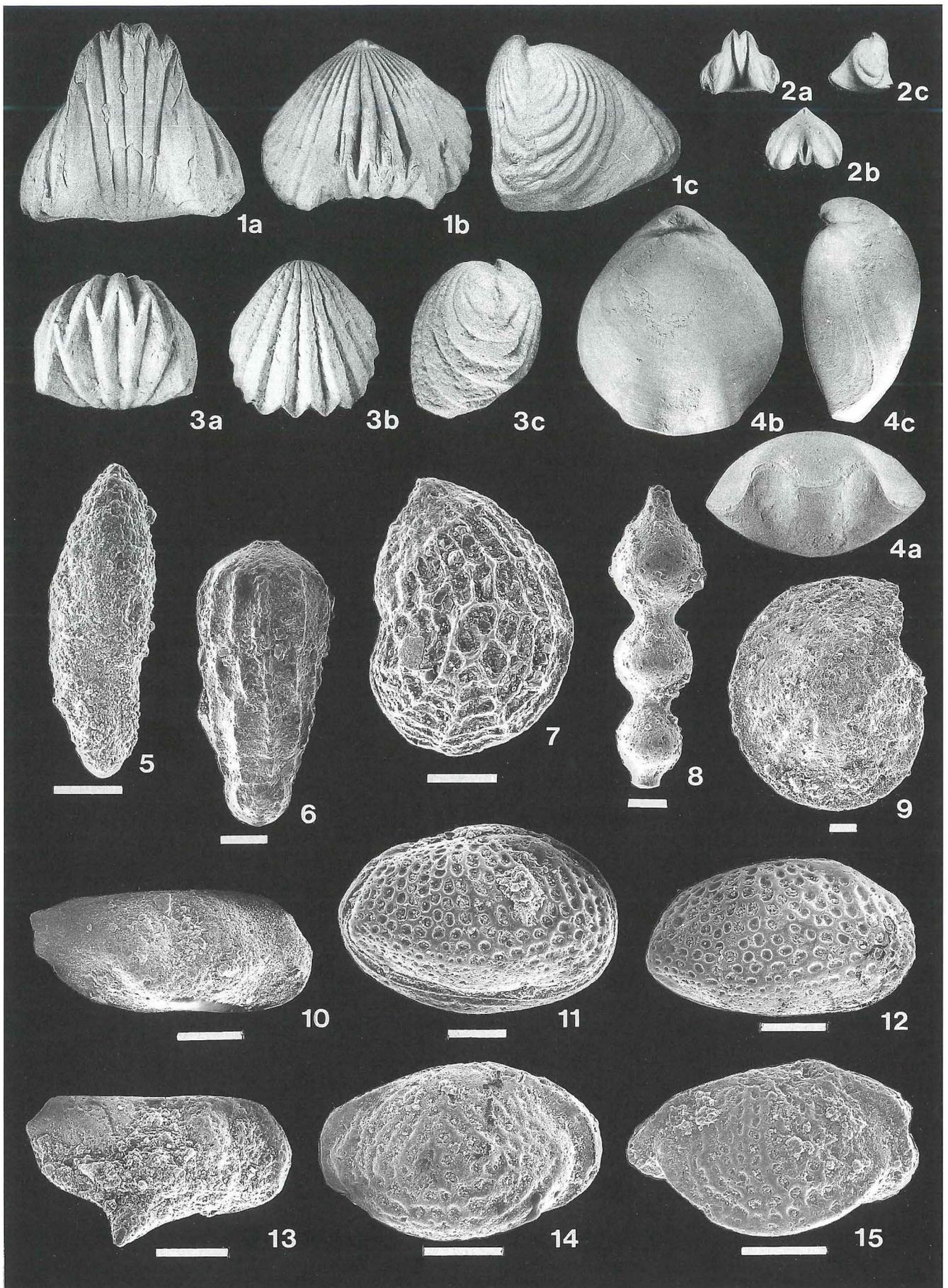
Fig. 11: *Bredyia subinsignis* (OPPEL), (M), FZ108/2, Phragmocon. *opalinum*-Subzone

Fig. 12: *Bredyia fuentelsacensis* MARTINEZ, (m), FZ148/2, Phragmocon. *comptum*-Subzone

Fig. 13: *Parammatoceras sieboldi* (OPPEL), (M), FZ180?/1, Phragmocon. *comptum*-Subzone

Fig. 14: *Planammatoceras vacecki* (BRASIL), (M), FZ172?/1, Phragmocon. *comptum*-Subzone

Alle Abbildungen in natürlicher Größe, außer Abb. 11 und 12 (x 0,75)



In der *buckmani*-Subzone werden die Nannofossil-Vergesellschaftungen deutlich ärmer, sowohl in der Arten- wie auch der Individuen-Zahl. Die Taxa *Schizosphaerella*, *Biscutum*, *Lotharingius* und *Discorhabdus* sind nachgewiesen. Die übrigen unterjurassischen Taxa wie *Carinolithus*, *Calyculus*, *Mitrolithus* und *Parhabdolithus* treten nur gelegentlich und sehr selten auf. In dieser Subzone kommen Übergangsformen zwischen *Lotharingius* und *Watznaueria* vor.

Die *opalinum*-Zone wird durch das erste Erscheinen von *Hexalithus magharensis* gekennzeichnet. Die Toarcium/Aalenium-Grenze liegt deshalb zwischen den ersten Auftritten von *Watznaueria contracta* und von *H. magharensis*. Die Vergesellschaftungen der *opalinum*-Subzone unterscheiden sich ansonsten kaum von den zuvor beschriebenen. Die tiefere *comptum*-Subzone zeichnet sich durch arme und schlecht erhaltene Vorkommen von *Lotharingius*, *Discorhabdus* und *Schizosphaerella* aus, während die Gattungen *Biscutum*, *Carinolithus* und *Crepidolithus* selten und sporadisch auftreten. Die Proben der höheren *comptum*-Subzone sind fossil leer, bzw. die wenigen Exemplare sind kaum erkennbar. Man kann sagen, daß die Nannofloren-Abfolge vom Unterjura zum Mitteljura eine allmähliche Umwandlung durchmacht.

4.4 Abschließende Bemerkungen

Die Toarcium/Aalenium-Grenze liegt im Profil Fuentelsaz unmittelbar über Schicht FZ106, wo keinerlei frühe Zementation oder Verfestigung festzustellen ist. Die Grenze wird durch den Einsatz der Gattung *Leioceras* markiert, dem ersten Vertreter der Entwicklungslinie der Graphoceratidae (an der Basis von Schicht FZ107). *Pleydellia*, der letzte Vertreter der Entwicklungslinie der Grammocerotidae, kommt noch zusammen mit *Leioceras* vor. Die Hammatoceratinae sind selten. *Bredya* tritt erstmals in der *aalensis*-Subzone auf und verändert sich bis zur *comptum*-Subzone nicht wesentlich.

Das Verhalten der verschiedenen untersuchten Fossilgruppen ist über diesen Zeitraum biologisch sehr stabil. Da die Faunen-Umbrüche im wesentlichen vor der Toarcium/Aalenium-Grenze stattfanden, sind weder bei bodenbewohnenden, noch bei schwimmenden oder schwebenden Organismen größere Veränderungen zu beobachten. Mit der plötzlichen Ausbreitung der Gattungen *Pleydellia* und *Cotteswoldia* liegt das wichtigste Ereignis an der Basis der *mactra*-Subzone. Bei den Brachiopoden, den Foraminiferen und bei den kalkigen Nannofossilien liegt der bedeutendste Schnitt jedoch an der Basis der *buckmani*-Subzone.

Tafel 4: Ausgewählte Brachiopoden, Foraminiferen und Ostracoden von Fuentelsaz

Fig. 1–4: Brachiopoden: a – Frontansicht; b – Dorsalansicht; c – Seitenansicht. Alle Abbildungen x 1,5

Fig. 1: *Rhynchonelloidea goyi* GARCIA JORAL, FZ60/4. *mactra*-Subzone

Fig. 2: *Homoeorhynchia cynocephala* (RICHARD), FZ142/5. *comptum*-Subzone

Fig. 3: *Prionorhynchia rubrisaxensis* (ROTHPLETZ), FZ148/23. *comptum*-Subzone

Fig. 4: *Stroudithyris pisolithica* (BUCKMAN), FZ122/67. *comptum*-Subzone

Fig. 5–9: Foraminiferen: Maßstab = 100 µm

Fig. 5: *Eoguttulina liassica* (STRICKLAND), FZ105.649. *opalinum*-Subzone

Fig. 6: *Nodosaria pulchra* (FRANKE), FZ43.611. *mactra*-Subzone

Fig. 7: *Astacolus dorbignyi* (ROEMER), FZ59.633. *mactra*-Subzone

Fig. 8: *Nodosaria regularis* TERQUEM, FZ43.612. *mactra*-Subzone

Fig. 9: *Lenticulina toarcense* PAYARD, FZ77.627. *aalensis*-Subzone

Fig. 10–15: Ostracoden: Maßstab = 100 µm

Fig. 10: *Monoceratina unguilina* (TRIEBEL y BARTENSTEIN), Gehäuse, FZ1051. *buckmani*-Subzone

Fig. 11: *Praeschuleridea angulata* (PLUMHOFF), Gehäuse, FZ1052. *buckmani*-Subzone

Fig. 12: *Praeschuleridea ventriosa* (PLUMHOFF), rechte Klappe, FZ1111. *opalinum*-Subzone

Fig. 13: *Cytheropterina alafastigata* (FISCHER), rechte Klappe, FZ1211. *comptum*-Subzone

Fig. 14: *Kinkelinella fischeri* MALZ, rechte Klappe, FZ1214. *comptum*-Subzone

Fig. 15: *Kinkelinella sermoisensis* (APOSTOLESU), rechte Klappe, FZ1351. *comptum*-Subzone

Dank: Die SEM-Photos wurden am Centro de Microscopía der Universidad Complutense in Madrid und beim Servicio de Microscopía Electrónica der Universität Valencia aufgenommen. Die Abzüge stellte EULOGIO MARTÍN her. Diese Arbeit wurde vom Projekt PB91-0383 unterstützt.

4.5 Literatur

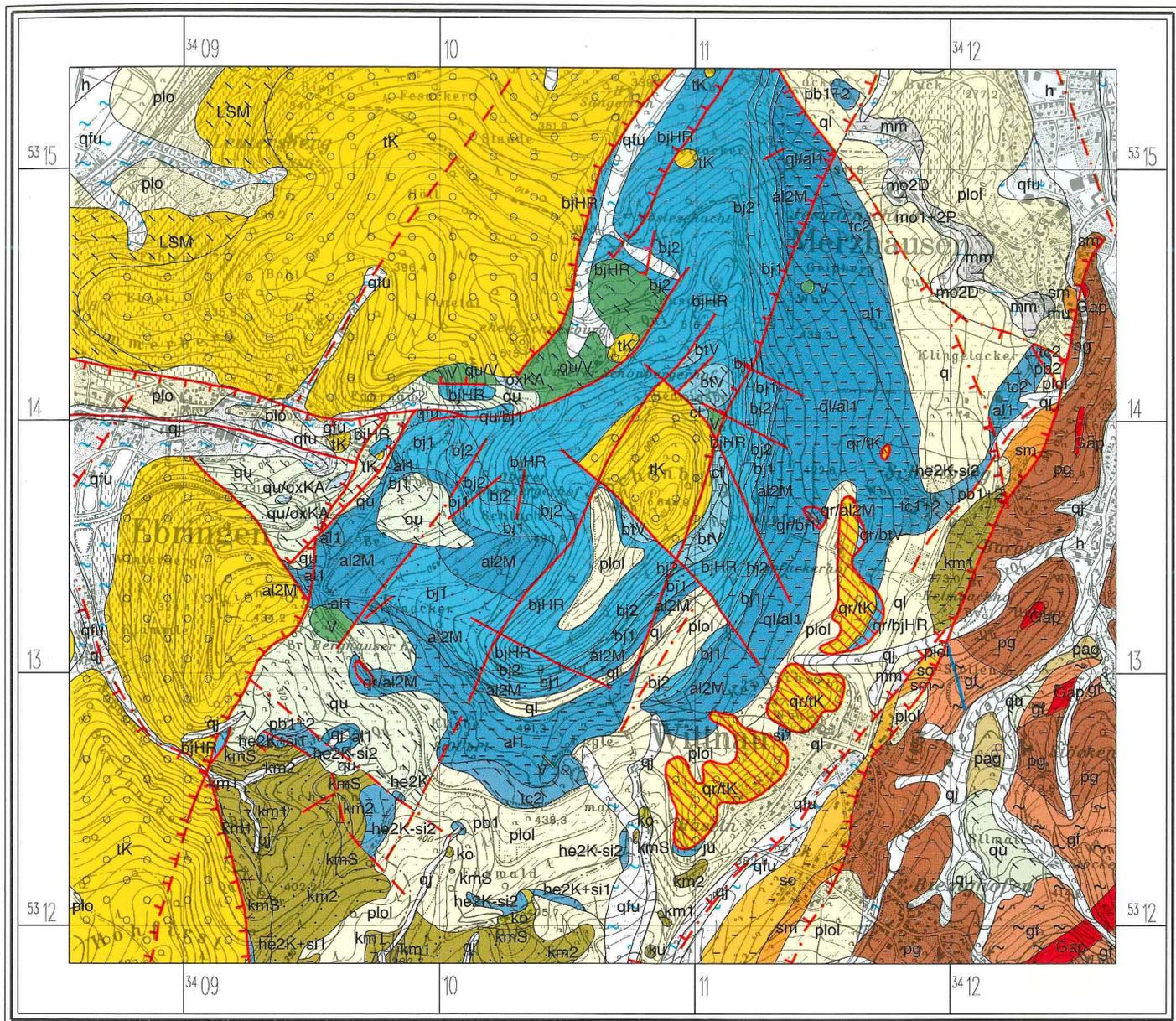
- COMAS-RENGIFO, M. J., GOY, A. & YÉBENES, A. (1985): Le Lias dans La Rambla del Salto (Sierra Palomera, Teruel). – *Strata*, **2**(2): 123–142, 9 Abb.; Toulouse.
- GARCIA JORAL, F. (1985): Los Braquiópodos del Aalenien de la Cordillera Ibérica. – Diss. Univ. Complutense Madrid: 326 S., 87 Abb., 16 Taf.; Madrid. – [unveröff.]
- & GOY, A. (1994): The associations of brachiopods from the Toarcian-Aalenian transition in the Fuentelsaz section (Iberian Range, Spain). – *Géobios, Mém. spéc.*, **17**: 223–228, 3 Abb.; Lyon.
- , – & URETA, S. (1990): Las sucesiones de braquiópodos en el tránsito Lias–Dogger en la Cordillera Ibérica. – *Cuad. Geol. ibérica*, **14**: 55–65, 2 Abb., 1 Taf.; Madrid.
- GOMEZ, J. J. (in GABALDON et al., 1991): Mapa geológico de España. Esc. 1:200.000 (1ª edición). Explicación de la Hoja nº 40 (Daroca). Madrid (IGME).
- GOY, A., COMAS-RENGIFO, M. J. & GARCIA-JORAL, F. (1984): The liassic brachiopods of the Iberian Range (Spain): Stratigraphic distribution and biozonation. – In: MICHELSEN, O. & ZEISS, A.: *Int. Symp. Jurassic Stratigraphy Erlangen*, Sept. 1–8, 1984, **1**: 227–250, 3 Abb.; Copenhagen.
- GOY, A., GOMEZ, J. J. & YÉBENES, A. (1976): El Jurásico de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica (mitad Norte). I Unidades Lithoestratigráficas. – *Estudios geol.*, **32**: 391–423, 6 Abb., 6 Taf.; Madrid.
- GOY, A. & URETA, S. (1987): Leioceratinae (Ammonitina) del Aalenien inferior de Fuéntelsaz (Cordillera Ibérica, España). – *Boll. Soc. paleont. ital.*, **25** (3): 213–236, 7 Abb., 5 Taf.; Modena.
- & – (1990): El Aalenien en la Cordillera Ibérica. – *Cahiers Univ. cathol. Lyon, sér. Sci.*, **4**: 73–87, 7 Abb.; Lyon.
- & – (1991): The lower boundary of the Aalenian in the Fuentelsaz section (Iberian Range, Spain). – In: MORTON, N. (Hrsg.). *Conf. Aalenian and Bajocian Stratigraphy, Isle of Skye*: 33–47, 2 Abb., 4 Taf.; London (Birkbeck College).
- GOY, A., URETA, S., ARIAS, C., CANALES, M. L., GARCIA-JORAL, F., HERRERO, C., MARTINEZ, G. & PERILLI, N. (1994): The Fuentelsaz section (Iberian Range, Spain), a possible stratotype for the base of the Aalenian Stage. – *Misc. Serv. geol. naz.*, **5**: 1–31, 5 Abb., 7 Taf.; Roma.

5 Ausblick

Die vorgestellten geowissenschaftlichen Untersuchungen haben für die geologische Landesforschung eine Fülle neuer Daten über die geophysikalischen und geochemischen Eigenschaften sowie über die stratigraphische Abfolge einer der mächtigsten Tonsteinsfolgen des baden-württembergischen Juras erbracht.

Darüber hinaus sollten die Arbeiten zur weltweiten Vereinheitlichung der Unter-/Mitteljura- (bzw. Toarcium/Aalenium-)Grenze beitragen. Aus dem Vergleich der Profile Fuentelsaz und Wittnau ist zu sehen, daß gerade bei der Definition der Toarcium/Aalenium-Grenze mit Ammoniten noch gravierende Unterschiede bestehen, die bei den Sitzungen der Internationalen Toarcium- und Aalenium-Arbeitsgruppen diskutiert und in einem Meinungs-

bildungsprozeß demokratisch mehrheitlich bereinigt werden müssen. Die im September 1996 (20.–26.9.) in Fuentelsaz und am Geologischen Landesamt in Freiburg stattfindenden Treffen werden hoffentlich zum Erfolg führen und eine einheitliche Regelung herbeiführen. Sodann muß eines dieser beiden Profile, die gegenwärtig die am besten untersuchten an der Toarcium/Aalenium-Grenze sein dürften, durch ein Votum ausgewählt und der Internationalen Jura-Subkommission als GSSP (Global Stratotype Section and Point) der Aalenium-Untergrenze durch den Leiter der Aalenium-Arbeitsgruppe, Dr. STEFANO CRESTA (Servizio Geologico Nazionale, Rom), vorgeschlagen werden. Die Internationale Jura-Subkommission entscheidet dann über die Vorlage bei der Stratigraphischen Kommission der Internationalen Union of Geological Sciences (I. U. G. S.).



h	Auensedimente, ungliedert	V	Tertiärmagmatite	he2K-si2	Angulatenkalk bis Turneriton	so	Oberer Buntsandstein
qj	Junge Talfüllung	oxKA	Kandern-Formation	he2K+si1	Angulaten- und Arietenkalk	sm	Mittlerer Buntsandstein
ql	Quartärer Lehm	cl	Ornatenton	si1	Arietenkalk	Gap	Aplitgranite
ql/	Quartärer Lehm auf bekanntem Untergrund	btV	Variansmergel	he2K	Angulatenkalk	gf	Flasergneise
qu	Hangschutt	bjHR	Hauptrogenstein	ju	Unterjura	pg	Paragneise
qu/	Hangschutt auf bekanntem Untergrund	bj2	Ostreenkalk	ko	Oberkeuper	—	Erzgang
qr/	Rutschmasse aus bekanntem Gestein	bj1	Wedelsandstein	kmS	Steinmergelkeuper	—	Störung, nachgewiesen
qtu	Abschwemmassen	al2M	Murchisonae-Oolith	km2	Schilfsandstein-Formation	- - -	Störung, vermutet
ph	Hochflutsedimente, ungliedert	al1	Opalinuston	km1	Gipskeuper	- - -	Störung, Verlauf im Untergrund
plol	Lößlehm	tc1+2	Posidonieschiefer und Jurensismergel	ku	Unterkeuper	—	Abschiebung, nachgewiesen
plo	LöB, z. T. mit Lößlehm	tc2	Jurensismergel	mo2D	Trigonodusdolomit	—	Abschiebung, vermutet
pag	Altpleistozäner Schotter	pb1+2	Numismalismergel und Amaltheenton	mo1+2P	Untere Hauptmuschelkalk und Plattenkalke	- - -	Störung, Verlauf im Untergrund
tk	Tertiärkonglomerat	pb2	Amaltheenton	mm	Mittlerer Muschelkalk		
LSM	Lymnäenmergel und Streifige Mergel	pb1	Numismalismergel	mu	Unterer Muschelkalk		

Abb. 5: Ausschnitt aus der GK 25 (vorl. Ausg.), Blatt 8012 Freiburg i. Br. – SW

Das Blatt wird zur Zeit beim GLA Baden-Württemberg fertiggestellt. Bearbeiter: G. HERRGESELL & W. FLECK (Stand Juli 1996)

Lagerstättenpotentialkarte der Kiesvorkommen in der Region Südlicher Oberrhein

Geologisches Landesamt Baden-Württemberg: 51 S., 11 Abb., 10 Tab., 6 Anh. (249 S.), 8 Kt., 16 geol. Schnitte; Freiburg i. Br. 1996.

Die „Lagerstättenpotentialkarte der Kiesvorkommen in der Region Südlicher Oberrhein“ wurde vom Geologischen Landesamt im Rahmen des Rohstoffsicherungskonzepts der Landesregierung erarbeitet. Durch geologische Erkundung und Auswertung der dem Geologischen Landesamt vorliegenden Daten waren insbesondere die Unterschiede in Mächtigkeit und Qualität dieser in der Region sehr wichtigen Rohstoffe – der in den letzten 2,5 Mio. J. abgelagerten Kiese und Sande des Oberrheingrabens – zu ermitteln. Danach erfolgte eine Abgrenzung von hochwertigen gegenüber weniger wertvollen Vorkommen in dem rund 110 km langen und bis 20 km breiten Untersuchungsgebiet. Dieses Werk (Textband mit Anhängen sowie Karten und Profildarstellungen) ist in einer Dokumentenmappe DIN A4 zusammengestellt.

Gegenwärtig werden in 51 Gewinnungsbetrieben im Oberrheingraben der Region Südlicher Oberrhein jährlich etwa 15 Mio t. Kiese und Sande abgebaut; das entspricht rd. 27 % der Gesamtförderung in Baden-Württemberg und unterstreicht die Bedeutung der Kieslagerstätten der Region für die Rohstoffversorgung des Landes. Die Kiese und Sande aus der Region werden vorwiegend im Straßenbau und als Zuschlagstoffe bei der Asphalt- und Betonherstellung verwendet.

Zur Erstellung der Lagerstättenpotentialkarte wurden vom GLA in den Jahren 1993 bis 1995 die Schichtdaten von 1232 Bohrungen bearbeitet und zusätzlich 33 Erkundungsbohrungen bis zur Kiesbasis (Tiefe 80–130 m) abgeteuft. Rund 1000 Großproben – das entspricht einer Menge von etwa 42 t – wurden zur Qualitätsuntersuchung entnommen.

Als wichtigste rohstoffgeologische Ergebnisse sind festzuhalten: In der Region Südlicher Oberrhein sind vier Bereiche von nutzbarem Kies und Sand mit Mächtigkeiten über 100 m nachgewiesen: (1) im Gebiet Hochstetten – W von Bremgarten, (2) im Gebiet der Rheinaue W Wyhl und W Rheinau, (3) im Gebiet Ottenheim–Ichenheim bis S Kehl und (4) im Gebiet SE Freistett. Der flächenmäßig größte Anteil dieser sehr mächtigen Kiese befindet sich im Nordgebiet (3) zwischen Ottenheim und Kehl, wo Kiese mit über 100 m nutzbarer Mächtigkeit in einem 2 bis 8 km breiten Streifen entlang des Rheines auftreten. In der Freiburger Bucht wurden demgegenüber stark sandige Kiese mit Mächtigkeiten von nur 10 bis 30 m abgelagert.

Die Kiesvorkommen der Region wurden in vier rohstoffgeologische Bewertungsstufen untergliedert und ihre jeweilige Verbreitung auf der Karte in vier Farbstufen dargestellt. Vorkommen der Kategorie 1 (sehr geringes bis geringes Lagerstättenpotential) sind auf einer Fläche von ca. 375 km² verbreitet, die der Kategorie 2 (mittleres Lagerstättenpotential) auf 298,5 km², die der Kategorie 3 (hohes Lagerstättenpotential) auf ca. 390 km² und die der Kategorie 4 (sehr hohes Lagerstättenpotential) auf 93,5 km².

Diese Lagerstättenpotentialkarte ist ab November 1996 vom Geologischen Landesamt käuflich zu erwerben. Sie ist die erste aus einer Reihe vorgesehener Kartenwerke; die nächsten sind in Druckvorbereitung.

Symbolschlüssel Geologie (Teil I) und Bodenkunde Baden-Württemberg

Geologisches Landesamt Baden-Württemberg, Informationen 5/95: 68 S., 1 Tab.; Freiburg i. Br. 1995. DM 20,-

Der Aufbau länderübergreifender Fachinformationssysteme erfordert die Normierung und Codierung der benutzten Begriffe. Bereits 1991 erschien in 3. Auflage ein Symbolschlüssel Geologie, herausgegeben vom Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Zusammenarbeit mit den Geologischen Landesämtern der Bundesrepublik.

Dieser Symbolschlüssel wurde wesentlich erweitert und auf die landesspezifischen Bedürfnisse ausgerichtet. Es handelt sich jetzt nicht mehr nur um eine Codierungsliste für die automatische Datenverarbeitung. Der Teil I des Symbolschlüssels Geologie wurde zu einem hierarchisch gegliederten Verzeichnis der in Baden-Württemberg lithostratigraphisch unterscheidbaren Schicht- und Gesteinseinheiten ausgebaut, wobei drei Ziele verfolgt worden sind:

- Festlegung verbindlicher Namen und Symbole zur Verwendung bei der Gliederung von Schichtenverzeichnissen und auf Geologischen Karten sowie bei der Datenverarbeitung,
- Erstellung einer Standardgliederung der Schichtenfolge in Baden-Württemberg sowie
- Schaffung einer Grundlage für die großräumige Korrelation der verschiedenen Standardgliederungen und Codierungen in den deutschen Bundesländern sowie in den Nachbarstaaten.

Noch in Arbeit befindet sich der Teil II des Symbolschlüssels Geologie Baden-Württemberg (chronostratigraphische Einheiten sowie Beschreibung von Gesteinen usw.).

Der Symbolschlüssel Bodenkunde wird im Geologischen Landesamt Baden-Württemberg seit Jahren zur DV-gerechten Beschreibung von Bodenprofilen verwendet. Damit ist nicht nur die standardisierte Archivierung der im Gelände erhobenen bodenkundlichen Profildaten sowie der Labordaten, sondern auch deren komplexe Auswertung möglich. Vorgestellt wird ein Aufnahmeformular mit 74 Feldern für die Datenerfassung im Gelände. Den Hauptteil des Symbolschlüssels Bodenkunde bildet die Erläuterung der „Begriffe und Symbole für die Profilaufnahme“. Auf fünf Seiten folgt dann die „Zusammenstellung der wichtigsten bodengenesischen Einheiten Baden-Württembergs“, die auch auf den vom Geologischen Landesamt herausgegebenen Bodenkarten verwendet werden.

Bei den fachübergreifenden Begriffen werden in beiden Schlüsseln dieselben Symbole benutzt. Mit der gemeinsamen Veröffentlichung dieser Symbolschlüssel wird der für den Bodenschutz wichtige Zusammenhang von Geologie und Bodenkunde betont.

Allen mit der Sammlung und Bearbeitung von Informationen aus beiden Fachgebieten befaßten Personen und Institutionen stehen damit erweiterbare Schlüssel Listen zur Verfügung und außerdem ein Verzeichnis der lithostratigraphischen Einheiten Baden-Württembergs, das auch separat zu beziehen ist. Mit diesen Symbolschlüsseln werden die einheitliche Verwendung der Begriffe sowie der Austausch und die Bearbeitung von Daten aus diesen Fachgebieten erleichtert.