

Biostratigraphie organisch-wandiger Dinoflagellatenzysten in der Rupel-Abfolge (Unter-Oligozän) des Mainzer Beckens

JÖRG PROSS

Kurzfassung: Die biostratigraphische Aussagekraft organischwandiger Dinoflagellatenzysten in Rupel-Sedimenten (Unter-Oligozän) des Mainzer Beckens wird anhand von Material aus fünf Kernbohrungen aus verschiedenen Ablagerungsräumen untersucht. Die Abfolge vom oberen Foraminiferenmergel bis in den unteren Schleichsand lässt sich durch das Aussetzen von *Wetzeliana gochtii*, *Rhombodinium draco*, *Phtanoperidinium amoenum*, *P. comatum*, *W. symmetrica* und *Enneadocysta pectiniformis* in vier Abschnitte gliedern. Ein Vergleich mit Dinoflagellatenzysten-Zonierungen für den nordwesteuropäischen Raum ergibt die größten Übereinstimmungen mit der Zonierung von KÖTHE (1990). Dies weist auf eine enge paläozeanographische Verbindung zwischen dem Mainzer Becken und dem nordwestdeutschen Tertiärbecken zur Zeit des Rupels hin.

Abstract: The biostratigraphic significance of organic-walled dinoflagellate cysts from Rupelian (Lower Oligocene) sediments of the Mainz Basin (Southwest Germany) is investigated. The study material is derived from five boreholes drilled in different depositional environments. The investigated succession can be subdivided into four intervals based on the last appearance data of *Wetzeliana gochtii*, *Rhombodinium draco*, *Phtanoperidinium amoenum*, *P. comatum*, *W. symmetrica*, and *Enneadocysta pectiniformis*. A comparison of dinoflagellate cyst ranges in the Mainz Basin with zonations from the Northwest European Tertiary Basin yields highest agreement with the zonation of KÖTHE (1990) which has been established for northern Germany. This indicates a close palaeoceanographic connection between the Mainz Basin and the Northwest European Tertiary Basin during Rupelian times.

1. Einleitung

In marinen Sedimenten des Paläogen bilden traditionell kalkiges Nannoplankton und planktische Foraminiferen das Grundgerüst biostratigraphischer Gliederungen. Zur Korrelation verschiedener Faziesbereiche, einem Problem, das sich im mittel- und nordwesteuropäischen Paläogen mit seiner komplexen Paläogeographie häufig stellt, eignen sich diese Fossilgruppen jedoch weniger. So weisen die Vergesellschaftungen kalkigen Nannoplanktons während des frühen Oligozän in Europa einen starken Endemismus auf (z. B. BALDI 1984, KNOX 1996). Auch Zonierungen auf der Basis planktischer Foraminiferen sind auf die flachmarinen Ablagerungsräume im späten Eozän und Oligozän Mitteleuropas nicht anwendbar (z. B. HOOYBERGHS & MOORKENS 1988, MUDGE & BUJAK 1996). Dazu kommt, dass die Überlieferung kalkiger Mikrofossilien stark von der Karbonatlösung in der Wassersäule, im Sediment und während der Diagenese abhängt (STRAUSS 1991, KNOX 1996); beispielsweise enthält nur etwa die Hälfte der norddeutschen Paläogen-Abfolge kalkige Mikrofossilien (KÖTHE 1990).

In diesem Zusammenhang haben sich organischwandige Dinoflagellatenzysten als effektives biostratigraphisches Werkzeug erwiesen. Sie unterliegen nicht der chemischen Lösung und kommen über den gesamten Verzahnungsbereich mariner bis fluviatil-ästuariner Sedimente vor. Dementsprechend erlauben sie in manchen Ablagerungsräumen wie etwa dem Paläogen der Nordsee eine höhere biostratigraphische Auflösung, als dies mit Foraminiferen möglich ist (GRADSTEIN et al. 1992). Für die Dinoflagellatenzysten-Biostratigraphie des jüngeren Paläogen sind in Mitteleuropa vor allem die Gliederungen von COSTA & MANUM (1988), KÖTHE (1990) sowie BENEDEK & MÜLLER (1974, 1976) von Bedeutung. Eine Zusammenfassung bisheriger Arbeiten zur Biostratigraphie organischwandiger Dinoflagellatenzysten im mitteleuropäischen Paläogen geben KÖTHE (1990) und POWELL (1992).

Organischwandige Dinoflagellatenzysten wurden aus dem Mainzer Becken bisher besonders unter morphologisch-systematischer (z.B. WEILER 1956, HÖLL 1992, SCHINDLER 1992) und paläoökologischer Zielsetzung (z.B. WEILER 1988; PROSS 1997; 2000a, b) beschrieben. Erste Ansätze, Zysten aus dem Mainzer Becken biostratigraphisch zu bewerten, gehen auf H. WEILER und Mitarbeiter zurück (WEILER 1982, 1988; RAUSCHER & WEILER 1988, SCHINDLER 1990, KUNZ-PIRRUNG 1993). So sah bereits WEILER (1982) die Möglichkeit, Foraminiferenmergel/Fischschiefer, Oberen Rupelton und Schleichsand/Cyrenenmergel voneinander abzutrennen, wenn artenreiche Dinoflagellatenzysten-Vergesellschaftungen vorliegen. Gleichzeitig wies er auf die Notwendigkeit weiterer Untersuchungen hin. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die Aussagekraft organischwandiger Dinoflagellatenzysten zur Gliederung der Rupel-Abfolge im Mainzer Becken darzustellen. Durch die Verwendung engmaschiger Siebe wurden kleine Zystentaxa, deren hohes biostratigraphisches Potenzial im Mainzer Becken bisher kaum genutzt wurde, in die Auswertung mit einbezogen.

Herr Prof. Dr. H. WEILER (Geologisches Landesamt Rheinland-Pfalz) ermöglichte die Beprobung der untersuchten Bohrungen. Dafür und für viele wertvolle Anregungen möchte ich ihm herzlich danken.

2. Untersuchungsmaterial

Die Abfolge vom oberen Foraminiferenmergel im Liegenden bis zum unteren Schleichsand im Hangenden (Abb. 1) wurde anhand von 111 Proben aus den Kernbohrungen Biebelsheim BH3, Bodenheim B28, Bosenheim BB3, Frei-Laubersheim P16 und Lautersheim LB1 untersucht. Zur Zeit der Ablagerung des Mittleren Rupeltones lagen die Bohrungen zwischen knapp 2 km (Lautersheim LB1) und 15 km (Bodenheim B28) von der Paläo-Küstenlinie entfernt (Abb. 2).

Die stratigraphische Einordnung und damit die Korrelation der Kerne wurde litho- und biostratigraphisch vorgenommen (Abb. 3). Die lithostratigraphische Gliederung stützt sich auf die unveröffentlichten Kernbeschreibungen von SCHMITT (1983, 1990, 1992 a, b) und SCHÄFER (1988). Die biostratigraphische Unterteilung beruht auf den Arbeiten von GRIMM (1991, 1994, 1995 schriftl. Mitt.) über Foraminiferen und kalkiges Nannoplankton und MARTINI (1971, 1982) an kalkigem Nannoplankton sowie eigenen palynologischen Befunden.

3. Methoden

Von jeder Probe wurden 10 bis 15 g Sediment nach palynologischen Standardverfahren (Entkalkung und Silikatlösung durch HCl- bzw. HF-Behandlung, Sieben mit 10 µm Maschenweite) aufbereitet. Der hohe Anteil von amorphem organischem Material machte bei der Mehrzahl der Proben eine Oxidation mit HNO₃ unumgänglich. Um eine

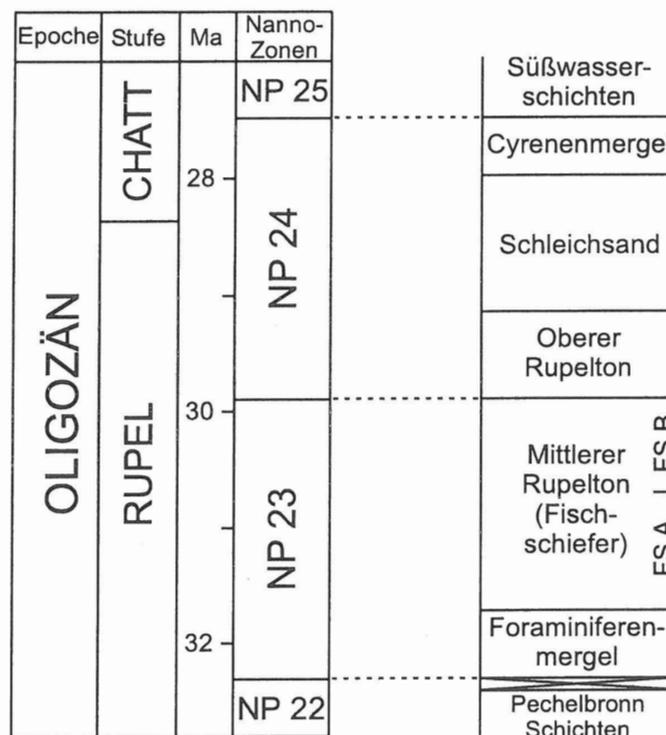


Abb. 1: Stratigraphie des Oligozän im Mainzer Becken. Verändert nach ROTHAUSEN & SONNE (1984) und GRIMM (1994).

mögliche selektive Zersetzung der organischwandigen Dinoflagellatenzysten abschätzen zu können (vgl. DODSWORTH 1995), wurden von allen Proben oxidierte und nicht oxidierte Präparate ausgewertet; dabei zeigte die Zusammensetzung der erhaltenen Zystenvergesellschaftungen keine Unterschiede. Für einzelne Proben war eine kurze Ultraschallbehandlung (5–10 sec) nötig, um eine bessere Dispersion des Rückstandes zu erreichen. Ein Vergleich mit unbehandelten Proben ergab, dass diese Behandlung keine negativen Auswirkungen auf den Erhaltungszustand der Zysten hatte. Nach Abschluss der chemisch-physikalischen Aufbereitung wurden von einem Teil des Rückstandes Streupräparate angefertigt, wobei als Einbettungsmittel das Kunstharz Entellan (Fa. Merck, Darmstadt) diente.

Pro Probe wurden zwischen 137 und 317 (im Mittel 290) Zysten bestimmt. Darüber hinaus wurde von jedem Probenhorizont ein weiteres Präparat auf bisher nicht erfasste Taxa durchgesehen. Die Taxonomie der Dinoflagellatenzysten richtet sich nach WILLIAMS et al. (1998).

4. Ergebnisse

Die untersuchte Abfolge enthält für das frühe Oligozän typische, sehr formenreiche Zysten-Assoziationen. Für diesen Zeitraum charakteristische Taxa im Probenmaterial sind *Areoligera semicirculata*, *Chiropteridium* spp., *Cordosphaeridium cantharellum*, *Cribroperidium tenuitabulatum*, *Deflandrea phosphoritica*, *Distatodinium paradoxum*, *Enneadocysta pectiniformis*, *Phtanoperidium* spp., *Rhombodinium draco*, *Wetzeliella gochtii*, *Wetzeliella symmetrica* und *Thalassiphora pelagica*. Stratigraphische Aussage-

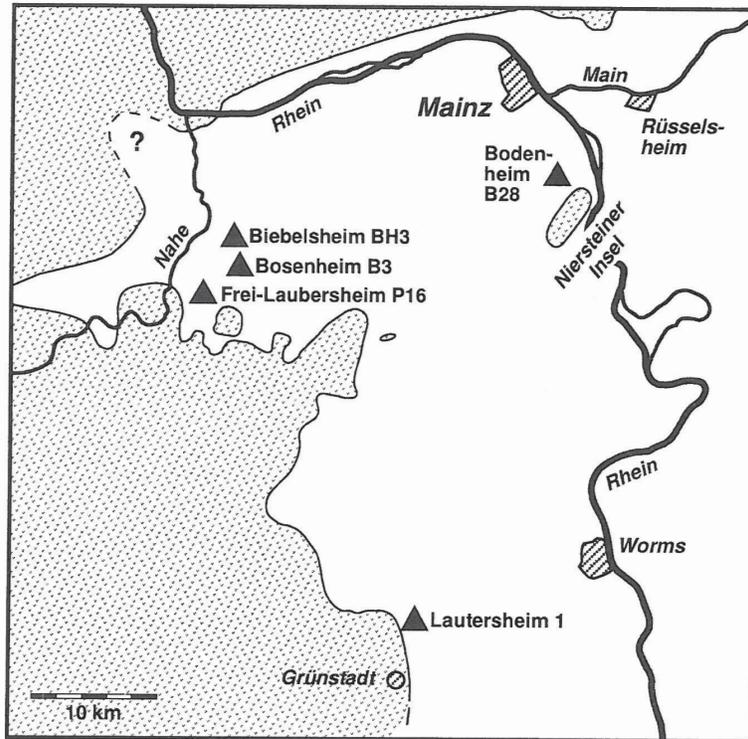


Abb. 2: Lage der bearbeiteten Bohrungen im Mainzer Becken. Küstenlinie zur Zeit der Sedimentation des Mittleren Rupelton nach GRIMM (1994).

kraft innerhalb des Rupel im Mainzer Becken besitzen in der Reihenfolge ihres Aussetzens *W. gochtii*, *R. draco*, *Phthanoperidinium amoenum*, *P. comatum*, *W. symmetrica* und *E. pectiniformis* (Abb. 4). Im folgenden sollen die Reichweiten der biostratigraphisch wichtigen Formen diskutiert und mit denjenigen in anderen Bereichen des mittel- und nordwesteuropäischen Tertiär verglichen werden. Die zitierten Nannoplankton-Einstufungen beziehen sich auf die Standard-Nannoplankton-Zonierung nach MARTINI (1971) bzw. deren regionale Entsprechung.

Wetzeliella gochtii wurde im Mainzer Becken in den Bohrungen Bodenheim B28, Frei-Laubersheim P16 und Lautersheim LB1 gefunden. In Bodenheim B28 ist die Form ein regelmäßig auftretendes Element der Zysten-Assoziationen aus dem Foraminiferenmergel und Fischechiefer A und setzt kurz unterhalb der Fischechiefer A/Fischechiefer B-Grenze aus. In Frei-Laubersheim P16 kommt *W. gochtii* im Unteren Meeressand vor, der nach GRIMM (1995 schriftl. Mitt.) zeitlich dem Fischechiefer A entspricht. Ein fraglicher Einzelfund aus Lautersheim LB1 stammt ebenfalls aus dem Fischechiefer. Damit scheint *W. gochtii* kurz unterhalb der Grenze Fischechiefer A/Fischechiefer B zu erlöschen, was einem letztmaligen Auftreten in der mittleren Nannoplankton-Zone NP 23 nach der Kalibrierung von GRIMM (1994) entspricht. Früher als im Mainzer Becken setzt *W. gochtii* im Oberrheingraben aus, wo ihr letztes Auftreten = LAD (Last Appearance Datum) bereits im Grenzbereich Foraminiferenmergel/Fischechiefer und damit in der unteren Nannoplankton-Zone NP 23 liegt (RAUSCHER & WEILER 1988). Jünger als im Mainzer Becken sind dagegen die LADs von *W. gochtii* im nordwesteuropäischen Tertiärbecken (vgl. PROSS 2000a). So beschreibt KÖTHE (1990) aus Niedersachsen ein LAD

kurz unterhalb des Tops von Nannoplankton-Zone NP 24. In Ostdeutschland tritt die Form letztmalig im Grenzbereich Mittel-/Oberoligozän in Nannoplankton-Zone NP 24 auf (STRAUSS 1991). Im Pariser Becken setzt *W. gochtii* in den höheren „Sables de Fontainebleau“ aus (CHATEAUNEUF 1980) und reicht somit ebenfalls über die Obergrenze der Nannoplankton-Zone NP 23 hinaus, wie sie hier von AUBRY (1988) festgelegt wurde.

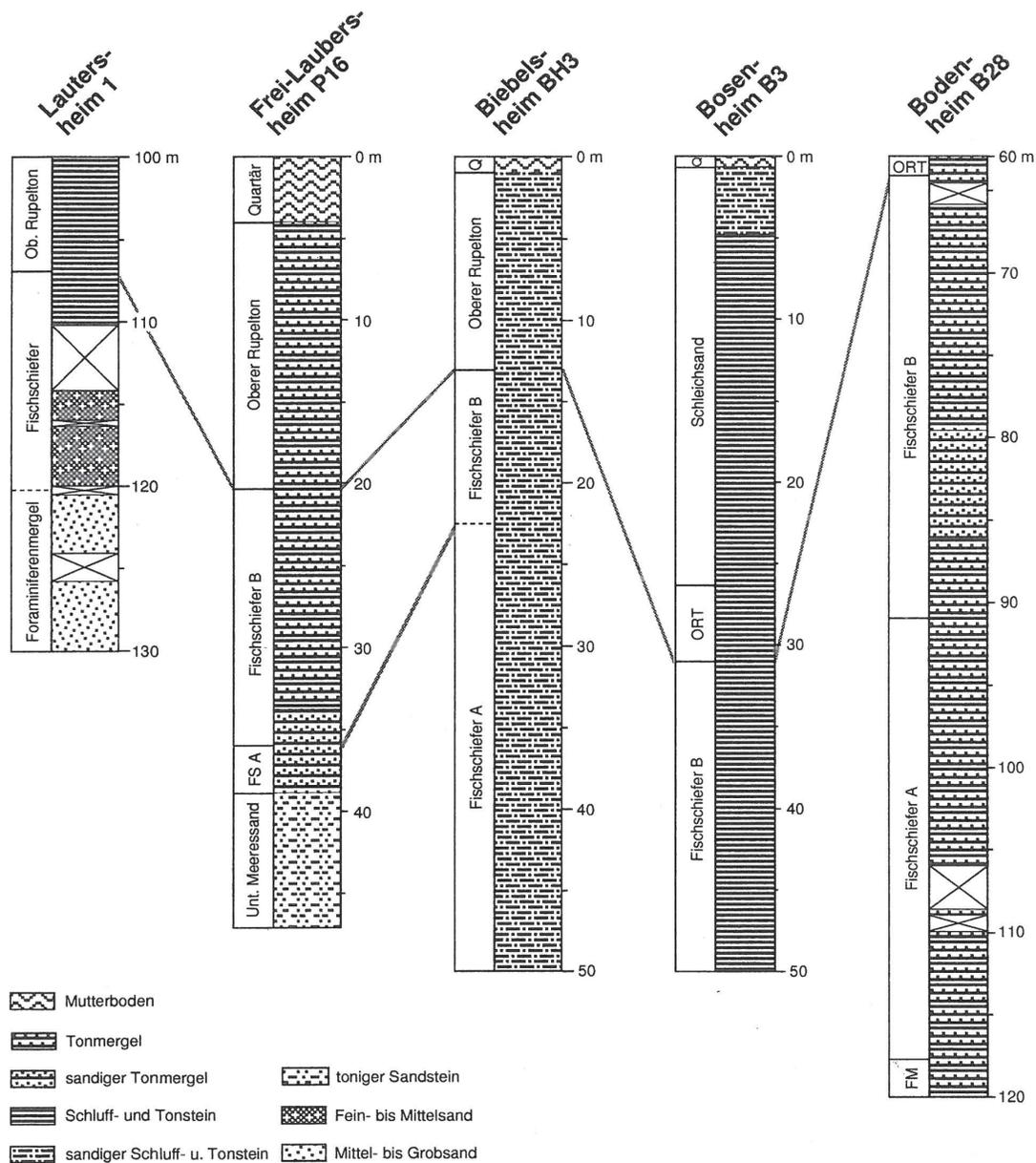


Abb. 3: Schematisierte Übersicht über Lithologie, Stratigraphie und Korrelation der untersuchten Kerne. Nach SCHMITT (1983, 1990, 1992a, b), SCHÄFER (1988), GRIMM (1994, 1996 schriftl. Mitt.) und eigenen Befunden.

Aus dem Bereich der britischen Inseln ist *W. gochtii* aus der mittleren Nannoplankton-Zone NP 23 sicher nachgewiesen, wahrscheinlich tritt sie jedoch bis in den Grenzbereich der Nannoplankton-Zonen NP 23/NP 24 hinein auf (POWELL 1992). Ein vergleichbares Aussetzdatum ist auch aus der Boom Formation Nordwestbelgiens beschrieben (STOVER & HARDENBOL 1993).

Rhombodinium draco kommt im Foraminiferenmergel und Fischeschiefer aller untersuchten Bohrungen vor. Der jüngste Nachweis stammt aus dem untersten Oberen Rupelton der Bohrung Lautersheim LB1. Dies entspricht einem LAD in der untersten Nannoplankton-Zone NP 24 nach der Grenzziehung von GRIMM (1994). Wie bei *W. gochtii* finden sich auch für *R. draco* jüngere Aussetzalter für den Bereich des nordwesteuropäischen Tertiärbeckens und daran angrenzende Gebiete. So verschwindet die Form in Niedersachsen, im Pariser Becken und im britischen Raum am Top der Nannoplankton-Zone NP 24 (GRUAS-CAVAGNETTO et al. 1988, KÖTHE 1990, POWELL 1992), in Ostdeutschland sogar erst in Nannoplankton-Zone NP 25 (STRAUSS 1991).

Phtanoperidinium amoenum, mit einem maximalen Zystendurchmesser von ca. 35 µm eine der kleineren Dinoflagellatenzysten mit stratigraphischer Aussagekraft, wurde in allen Bohrungen gefunden und setzt im Grenzbereich Fischeschiefer/Oberer Rupelton, d.h. an der Obergrenze von NP 23 nach der Kalibrierung von GRIMM (1994) aus. Für den Oberen Rupelton ist die Art lediglich durch einen Einzelfund ca. 1 m oberhalb der Fischeschiefer/Oberer Rupelton-Grenze in der Bohrung Lautersheim LB1 belegt (Abb. 4). Das LAD von *P. amoenum* im Mainzer Becken geht konform mit anderen Untersuchungsgebieten im mittleren und nordwestlichen Europa, wo die Art ebenfalls im Verlauf der obersten Nannoplanktonzone NP 23 erlischt, wie etwa im Oberrheingraben (SCHULER 1990), im Pariser Becken (CHATEAUNEUF 1980, AUBRY 1988, GRUAS-CAVAGNETTO et al. 1988), in Niedersachsen (KÖTHE 1988, 1990) und auf den Britischen Inseln (POWELL 1992). Das Aussetzdatum der Art im mittel- und nordwesteuropäischen Tertiär bildet somit einen über größere Entfernungen zuverlässig korrelierbaren Horizont.

Phtanoperidinium comatum kommt ebenfalls in allen untersuchten Bohrungen vor. Die Form tritt im Fischeschiefer A noch regelmäßig auf und wird bis in den Grenzbereich Fischeschiefer/Oberer Rupelton immer seltener; der jüngste Nachweis stammt aus der Bohrung Frei-Laubersheim PI6, wo die Art ca. 1 m oberhalb der Fischeschiefer/Oberer Rupelton-Grenze aussetzt und damit in die unterste Nannoplankton-Zone NP 24 nach der Einstufung von GRIMM (1994) hineinreicht. Auch das Erlöschen von *P. comatum* im Mainzer Becken ist mit der Situation im Oberrheingraben (SCHULER 1990), in Niedersachsen (KÖTHE 1990), im Pariser Becken (CHATEAUNEUF 1980, GRUAS-CAVAGNETTO et al. 1988, AUBRY 1988) und in Großbritannien (POWELL 1992) vergleichbar und stellt ein überregionales Leitdatum dar.

Wetzeliella symmetrica wird vom Fischeschiefer bis in den hohen Oberen Rupelton sukzessive seltener. Der jüngste Nachweis stammt aus dem untersten Schleichsand von Bosenheim BB3, was einem regionalen LAD im Mittelteil von Nannoplankton-Zone NP 24 nach der Kalibrierung von GRIMM (1994) entspricht (Abb. 4). Beim Vergleich der LADs von *W. symmetrica* im europäischen Tertiär zeigen sich erneut jüngere Aussetzalter im Einflussbereich des nordwesteuropäischen Tertiärbeckens (vgl. PROSS 2000a). Im Emsland wurde *W. symmetrica* noch aus dem Unter-Miozän beschrieben (GERLACH 1961). Dieses mit Abstand späteste in der Literatur genannte Aussetzdatum geht wahrscheinlich auf Umlagerung zurück.

Das Vorkommen von *Enneadocysta pectiniformis* ist für nahezu die gesamte untersuchte Abfolge belegt. Die Art erlischt erst im Schleichsand der Bohrung Bosenheim, wo sie letztmalig 10 m über der Grenze zum Oberen Rupelton nachweisbar ist. Im Main-

zer Becken kommt *E. pectiniformis* damit bis in Nannoplankton-Zone NP 24 nach der Einstufung von GRIMM (1994) vor. In der Literatur werden für *E. pectiniformis* aus dem europäischen Bereich verschiedene Aussetzalter genannt, wobei das Aussetzmuster im Gegensatz zu *Wetzeliella gochtii*, *Rhombodinium draco* und *W. symmetrica* nicht mit der paläogeographischen Lage der Fundpunkte korreliert. Etwa zeitgleich wie im Mainzer Becken verschwindet die Form in der Niederrheinischen Bucht und in Niedersachsen (BENEDEK & MÜLLER 1974, KÖTHE 1990). Im Emsland kommt sie noch im Mitteloligozän vor (Holotyp von *E. pectiniformis*, GERLACH 1961). Wesentlich ältere LADs sind dagegen aus dem Pariser Becken, aus Nordwesteuropa und von den Britischen Inseln beschrieben. Die unterschiedlichen stratigraphischen Reichweiten beruhen hier auf systematisch-taxonomischen Problemen innerhalb des *Areosphaeridium/Enneadocysta*-Formenkomplexes und liegen nicht in der paläogeographischen Lage der Fundpunkte begründet.

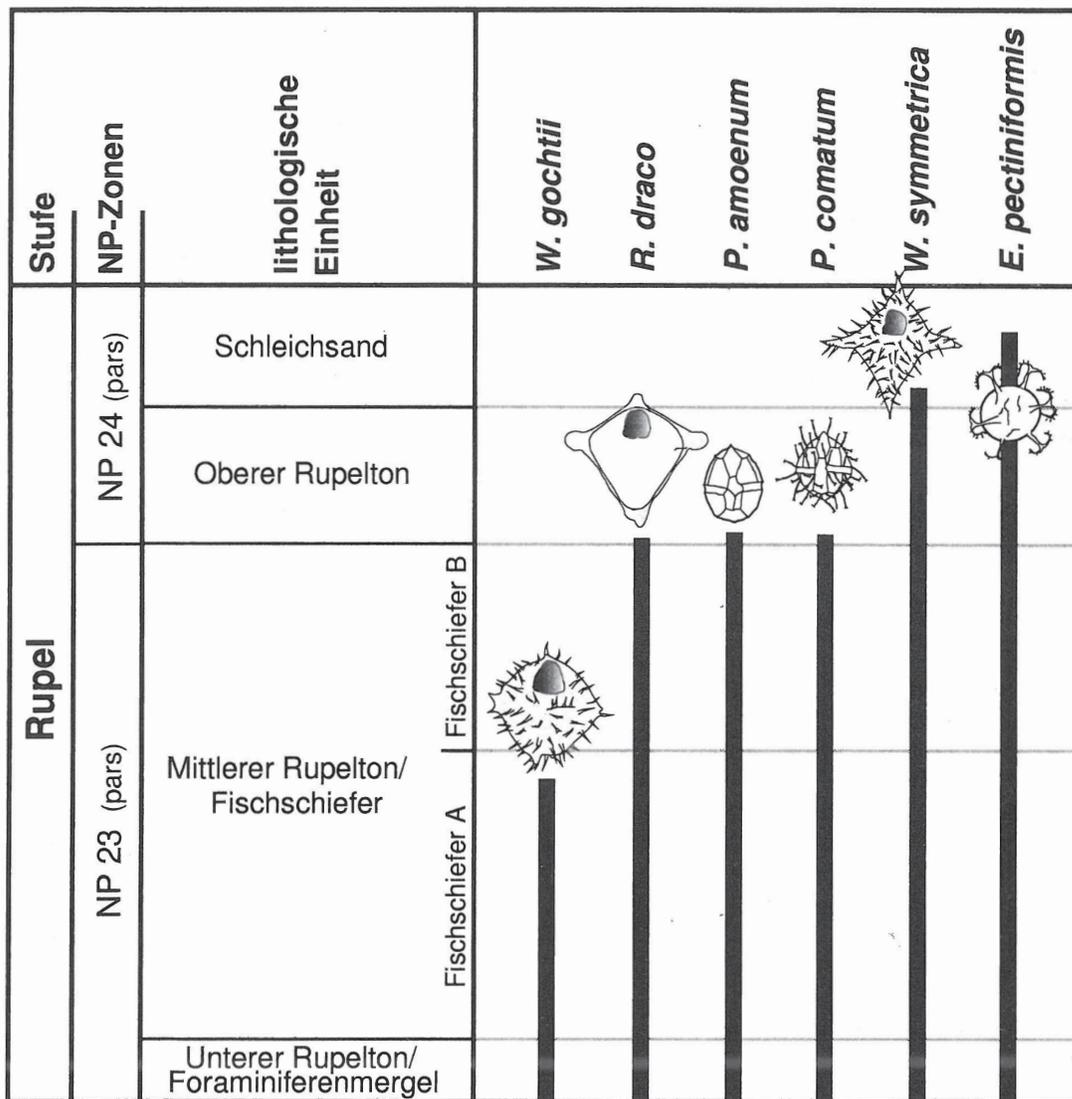


Abb. 4: Aussetzdaten biostratigraphisch aussagekräftiger Dinoflagellatenzysten im Rupel des Mainzer Beckens. Nannoplankton-Zonierung nach MARTINI (1971) und GRIMM (1995 schriftl. Mitt.).

5. Vergleich mit bestehenden Dinoflagellatenzysten-Zonierungen

Zum Vergleich der Dinoflagellaten-Biostratigraphie des Mainzer Beckens mit bestehenden, gebräuchlichen Dinoflagellatenzysten-Zonierungen bieten sich vor allem die Unterteilung von COSTA & MANUM (1988) für Nordwesteuropa, die darauf aufbauende Zonierung von KÖTHE (1990) für Nordwestdeutschland sowie die ebenfalls für Nordwestdeutschland erstellte Zonierung von BENEDEK & MÜLLER (1974, 1976) an (Abb. 5). Alle drei Zonierungen beruhen auf der Kombination von Einsetz- und Aussetzdaten bestimmter Taxa. Dabei ergeben sich gegenüber der Abfolge aus dem Rupel des Mainzer Beckens sowohl Übereinstimmungen als auch Unterschiede, die nachfolgend diskutiert werden sollen.

5.1. Zonierung nach COSTA & MANUM (1988)

Nach der Zonierung von COSTA & MANUM (1988) ist die untersuchte Abfolge in die von ihnen definierten Zonen D 14 (pars?) und D 15 (pars?) zu stellen, was den Nannoplankton-Zonen NP 22 (pars) bis NP 24 entspricht (Abb. 5). Diese Einordnung beruht auf dem stratigraphischen Verhalten von *Chiropteridium partispinatum* und *C. lobospinosum* s. s., die im gesamten untersuchten Profil vorkommen. Das Einsetzen beider Formen definiert zusammen mit dem ersten Auftreten = FAD (First Appearance Datum) von *Gerlachidium aechmophorum* bei COSTA & MANUM (1988) die Basis von D 14; gleichzeitig markiert ihr letztmaliges Auftreten die D 15/D 16-Grenze. Eine genaue Zuordnung zu den einzelnen Zonen D 14 bzw. D 15 nach der Zonierung von COSTA & MANUM (1988) beruht auf dem Aussetzen von *Wetzeliella symmetrica*, *Phthanoperidinium comatum*, *Deflandrea phosphoritica*, *Areoligera semicirculata*, *W. gochtii* und *Rhombodinium draco*. So wird das Top von D 14 bei COSTA & MANUM (1988) durch die LADs von *W. symmetrica*, *P. comatum* und möglicherweise auch *D. phosphoritica* markiert. Innerhalb von D 14 liegen die LADs von *A. semicirculata*, *W. gochtii* und *R. draco*.

Im Mainzer Becken fallen die LADs von *W. symmetrica* und *P. comatum* zwar nicht genau wie bei der Zonierung von COSTA & MANUM (1988), aber doch nahe zusammen. Das frühere Aussetzen von *W. gochtii* und *R. draco* im Vergleich zu den LADs von *W. symmetrica* und *P. comatum* stimmt mit der Zonierung von COSTA & MANUM (1988) überein. Dementsprechend erscheint eine Korrelation der Aussetzmuster möglich, so dass im Mainzer Becken die Grenze D 14/D 15 zwischen dem unteren Oberen Rupelton (LAD von *P. comatum*) und dem untersten Schleichsand (LAD von *W. symmetrica*) gezogen werden kann. Tatsächlich ergeben auch die Kalibrierungen der Nannoplankton-Alter der D 14/ D 15-Grenze sensu COSTA & MANUM (1988) und des Oberen Rupelton sehr ähnliche Alter (unterste NP 24; GRIMM 1994). Das Top der untersuchten Abfolge liegt nach der Gliederung von COSTA & MANUM (1988) innerhalb von Zone D 15.

Zusammenfassend ist die Zonierung von COSTA & MANUM (1988) im Rupel des Mainzer Beckens gut wiederzuerkennen, obwohl die Aussetzmuster der einzelnen Taxa nicht in allen Fällen übereinstimmen. Nach der Korrelierung der Zonen von COSTA & MANUM (1988) mit Nannoplankton-Datierungen ergibt sich für die Basis der bearbeiteten Abfolge ein möglicherweise höheres Alter (obere Nannoplankton-Zone NP 22), als auf Grundlage der Nannoplankton-Kalibrierung von GRIMM (1994; untere Nannoplankton-Zone NP 23) anzunehmen ist. Das Top der Abfolge fällt nach beiden Einstufungen in die Nannoplankton-Zone NP 24.

5.2. Zonierung nach KÖTHE (1990)

Die Zonierung von COSTA & MANUM (1988) wurde von KÖTHE (1990) den regionalen Besonderheiten des nordwestdeutschen Raumes angepasst und um die Subzonen D 14 na

und D 14 nb erweitert (Abb. 5). KÖTHE (1990) verwendet das FAD von *Chiropteridium partispinatum* zur Grenzziehung zwischen den Zonen D 13 und D 14, so dass auch nach ihrer Zonierung die untersuchte Abfolge ins Hangende dieser Grenze zu stellen ist. Als Marker für die Obergrenze der untersuchten Abfolge lässt sich von den bei KÖTHE (1990) benutzten Formen nur das LAD von *Rhombodinium draco* verwenden, das dort die Grenze D 14/D 15 definiert. Da *R. draco* innerhalb der untersuchten Abfolge im Mainzer Becken aussetzt und *Tuberculodinium vancampoae* als Marker der D 15/D 16-Grenze fehlt, ist wie schon nach der Zonierung von COSTA & MANUM (1988) auch nach der Unterteilung von KÖTHE (1990) das Top der untersuchten Abfolge in D 15 zu stellen. Die Grenze D 14/D 15 sensu KÖTHE (1990) wird durch das Aussetzen von *R. draco* markiert und ist demnach im Mainzer Becken in den Grenzbereich des Fischschiefer zum Oberen Rupelton zu legen. Sie befindet sich damit etwas tiefer als die D 14/D 15-Grenze entsprechend der Zonierung von COSTA & MANUM (1988). Eine Unterteilung auf Subzonen-Ebene, wie sie KÖTHE (1990) vornimmt, ist für das Rupel des Mainzer Beckens nicht möglich. Zum einen kommt *Emslandia spiridoides*, der ursprüngliche Marker der D 14 na/D 14 nb-Grenze bei KÖTHE (1990), im Mainzer Becken nicht vor. Zum anderen verschwindet hier *Enneadocysta pectiniformis*, deren Aussetzen in Niedersachsen ebenfalls mit der D 14 na/D 14 nb-Grenze zusammenfällt, erst im Hangenden des LADs von *R. draco* und damit oberhalb des Markers der D 14/D 15-Grenze.

Fasst man die obigen Befunde zusammen, lässt sich auf Zonen-Niveau auch die Zonierung von KÖTHE (1990) auf das Rupel des Mainzer Beckens anwenden, wobei sich allerdings nicht alle von KÖTHE (1990) zur Definition herangezogenen Taxa im Probenmaterial wiederfinden und zudem das Aussetzmuster einzelner Taxa unterschiedlich ist. Eine Gliederung unterhalb der Zonen-Ebene, wie sie KÖTHE (1990) für Niedersachsen vornimmt, ist im Mainzer Becken für das untersuchte Zeitintervall nicht durchführbar.

5.3. Zonierung nach BENEDEK & MÜLLER (1974, 1976)

Nach der von BENEDEK & MÜLLER (1974, 1976) entworfenen Zonierung ist die Basis der untersuchten Abfolge aus dem Mainzer Becken in die *Hystrihogonyaulax coreoides*-Zone zu stellen (Abb. 5). Die von den Autoren zur Grenzziehung gegenüber der nächsten Zone im Liegenden verwendete Art *Cyclonephelium laciniiforme* (heute: *Glaphyrocysta laciniiforme*) kommt bereits in der tiefsten Probe aus dem Foraminiferenmergel der Bohrung Bodenheim B28 vor. Gleichzeitig fehlt *Areosphaeridium dictyoplokus* (heute: *Cordosphaeridium dictyoplokus*), dessen Aussetzen ebenfalls die Grenze markiert, im Probenmaterial. Mit *Chiropteridium aspinatum*, *Enneadocysta pectiniformis*, *Cordosphaeridium cantharellum*, *Pentadinium laticinctum* und *Wetzeliella symmetrica* sind zudem alle Formen vorhanden, deren Einsetzen BENEDEK & MÜLLER (1974, 1976) zur Definition der drei tiefer liegenden Zonen nutzen.

Problematisch ist die Einordnung der Obergrenze der untersuchten Abfolge in die Zonierung von BENEDEK & MÜLLER (1974, 1976). *Cordosphaeridium xanthium* und *Pentadinium laticinctum lophophorum*, deren FADs die Grenze der *H. coreoides*-Zone zur *C. xanthium*-Zone im Hangenden definieren, fehlen im Profil und legen damit eine Festlegung des Tops noch innerhalb der *H. coreoides*-Zone nahe. Das Nannoplankton-Alter dieser Zone (NP 23) ist jedoch älter als die Nannoplankton-Datierungen für den oberen Teil der untersuchten Abfolge aus dem Mainzer Becken (NP 24; GRIMM 1994). Allerdings lässt im Mainzer Becken die stratigraphische Reichweite von *E. pectiniformis*, die nach BENEDEK & MÜLLER (1974, 1976) an der Grenze der *C. xanthium*-Zone zur jüngeren *Homotryblium floripes*-Zone aussetzt, auch eine andere Grenzziehung zu. Danach läge hier die Grenze *C. xanthium*-/*H. floripes*-Zone im Schleichsand noch innerhalb der

untersuchten Abfolge. Auch dann würde jedoch das Nannoplankton-Alter dieser Zonengrenze (Grenzbereich NP 24/NP 25) nicht mit dem bekannten Alter des Schleichsandes nach der Kalibrierung von GRIMM (mittlere NP 24; 1995 schriftl. Mitt.) übereinstimmen. Eine Besonderheit der Zonierung von BENEDEK & MÜLLER (1974, 1976) liegt im deutlich späteren Aussetzen von *Rhombodinium draco* relativ zu *E. pectiniformis*, was mit den Verhältnissen im Mainzer Becken, aber auch in Niedersachsen (KÖTHE 1990) nicht in Einklang zu bringen ist.

Zusammenfassend lassen teils starke Unterschiede zwischen den Verbreitungsmustern der bearbeiteten Abfolge und der Zonierung von BENEDEK & MÜLLER (1974, 1976) eine Übertragung auf das Rupel des Mainzer Becken nicht sinnvoll erscheinen. Vergleiche werden zusätzlich dadurch erschwert, dass die Zonierung von BENEDEK & MÜLLER (1974, 1976) wesentlich auf Taxa beruht, die in den untersuchten Profilen fehlen.

6. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Die Aussetzdaten von *Wetzeliella gochtii*, *Rhombodinium draco*, *Phthanoperidinium amoenum*, *P. comatum*, *W. symmetrica* und *Enneadocysta pectiniformis* ermöglichen eine Gliederung der untersuchten Abfolge vom obersten Foraminiferenmergel bis in den unteren Schleichsand in vier Abschnitte. *Wetzeliella gochtii* wurde nur im unteren Teil der Abfolge gefunden und setzt kurz unterhalb der Fischschiefer A/Fischschiefer B-Grenze aus. Der Grenzbereich Fischschiefer B/Oberer Rupelton ist durch einen relativ deutlichen Umschlag im Spektrum der Dinoflagellatenzysten markiert und wird durch das Aussetzen von *R. draco*, *P. amoenum* und *P. comatum* charakterisiert; alle drei Arten verschwinden im basalen Oberen Rupelton. Die Grenzregion Oberer Rupelton/Sleichsand lässt sich durch das LAD von *W. symmetrica* fassen, die im untersten Schleichsand aussetzt. Im Hangenden dieses Datums reicht *E. pectiniformis* bis in den mittleren Schleichsand und charakterisiert so – bei gleichzeitigem Fehlen der übrigen diskutierten Leitformen – den Abschnitt vom untersten bis in den mittleren Schleichsand.

Ein Vergleich der Dinoflagellatenzysten-Biostratigraphie im Rupel des Mainzer Beckens mit Dinoflagellatenzysten-Zonierungen aus dem nordwesteuropäischen Raum ergibt eine gute Übereinstimmung mit der für Norddeutschland aufgestellten Zonierung von KÖTHE (1990). Auch wenn sich eine Korrelation auf Subzonen-Ebene für den untersuchten Zeitabschnitt nicht durchführen lässt, weisen die sehr ähnlichen Aussetzmuster im Mainzer Becken und in Norddeutschland auf enge paläozeanographische Verbindungen zwischen diesen beiden Ablagerungsräumen hin.

Für die Rupel-Abfolge des Mainzer Beckens erweisen sich organischwandige Dinoflagellatenzysten als effektives Werkzeug zur biostratigraphischen Gliederung. Ihr besonderer Vorteil besteht darin, dass sie auch in sekundär entkalkten Sedimenten, bei denen kalkiges Nannoplankton und Foraminiferen als biostratigraphische Marker nicht verwendet werden können, biostratigraphische Informationen liefern. Für die Rupelsedimente des Mainzer Beckens wird dabei eine Auflösung erreicht, welche diejenige kalkiger Mikrofossilien erreicht oder sogar übertrifft.

Schriften

- AUBRY, M.-P. (1988): Nannoplankton: The Paris Basin. — In: VINKEN, R. (Hrsg.): The Northwest European Tertiary Basin. Results of the International Geological Correlation Programme Project No 124. Geol. Jb., A, **100**, S. 264–266, Hannover.
- BALDI, T. (1984): Eocene and Early Oligocene events in Hungary. — Ecl. Geol. Helvetiae, **77**, S. 1–27, 11 Abb., Basel.

- BENEDEK, P.N. VON & MÜLLER, C. (1974): Nannoplankton-Phytoplankton/Korrelation im Mittel- und Oberoligozän von NW-Deutschland. — N. Jb. Geol. Paläont., Mh., **1974**, S. 385–397, 3 Abb., Stuttgart.
- (1976): Die Grenze Unter-Mittel-Oligozän am Doberg bei Bünde/Westfalen. I. Phyto- und Nannoplankton. — N. Jb. Geol. Paläont., Mh., **1976**, S. 129–144, 3 Abb., Stuttgart.
- CHATEAUNEUF, J.-J. (1980): Palynostratigraphie et paléoclimatologie de l'Eocène supérieur et de l'Oligocène du Bassin de Paris. — Mém. Bur. Rech. Géol. Min. (BRGM), **116**, S. 1–360, 36 Taf., Paris.
- COSTA, L.I. & MANUM, S.B. (1988): Dinoflagellate cysts: The description of the international zonation of the Paleogene (D1–D15) and the Miocene (D16–D20). — In: VINKEN, R. (Ed.): The Northwest European Tertiary Basin. Results of the International Geological Correlation Programme Project No 124. Geol. Jb, A, **100**, S. 321–330, Hannover.
- DODSWORTH, P. (1995): A note of caution concerning the application of quantitative palynological data from oxidized preparations. — J. Micropalaeontology, **14**, S. 6, London.
- GERLACH, E. (1961): Mikrofossilien aus dem Oligozän und Miozän Nordwestdeutschlands unter besonderer Berücksichtigung der Hystrichosphaeren und Dinoflagellaten. — N. Jb. Geol. Paläont., Abh., **112**, S. 143–228, 23 Abb., 3 Tab., 4 Taf., Stuttgart.
- GRADSTEIN, F. M. & KRISTIANSSEN, I. L. & LOEMO, L. & KAMINSKI, M. A. (1992): Cenozoic foraminiferal and dinoflagellate cyst biostratigraphy of the central North Sea. — Micropalaeontology, **38**, S. 101–137, 9 Abb., 3 Tab., 6 Taf., New York.
- GRIMM, K.I. (1991): Biostratigraphie, Paläogeographie und Paläoökologie des Fischschiefers (Mittlerer Rupelton/Mitteloligozän) im Mainzer Becken. — Mainzer geowiss. Mitt., **20**, S. 249–278, 15 Abb., 2 Taf., Mainz.
- (1994): Paläoökologie, Paläogeographie und Stratigraphie im Mainzer Becken, im Oberrheingraben, in der Hessischen Senke und in der Leipziger Bucht während des Mittleren Rupeltons (Fischschiefer/Rupelium/Unteroligozän). — Mitt. Pollichia, **81**, S. 7–193, 32 Abb., 2 Tab., 5 Taf., Bad Dürkheim.
- GRUAS-CAVAGNETTO, C. & CHATEAUNEUF, J.J. & SITTLER, C. & MEYER, K.-J. (1988): Dinoflagellate cysts: The Paris Basin. — In: VINKEN, R. (Ed.): The Northwest European Tertiary Basin. Results of the International Geological Correlation Programme Project No 124. Geol. Jb., A, **100**, S. 332–334, Hannover.
- HÖLL, C. (1992): Morphologische und taxonomische Untersuchungen der Gattung *Cordosphaeridium* EISENACK 1963 (Dinoflagellata) in brack-marinen Sedimenten (Mittelo-oligozän-Untermiozän) des Mainzer Beckens (Mitteleuropa). Diplom-Arbeit Universität Mainz, 64 S., 23 Abb., 1 Tab., 7 Taf., Mainz. — [unveröff.].
- HOYBERGHS, H. J. F. & MOORKENS T. (1988): Planktonic foraminifers. — In: VINKEN, R. (Ed.): The Northwest European Tertiary Basin. Results of the International Geological Correlation Programme Project No 124. Geol. Jb, A, **100**, S. 190–198, Hannover.
- KNOX, R. W. O. B. (1996): Correlation of the early Paleogene in Northwest Europe: an overview. — In: KNOX, R. W. O. B. & CORFIELD, R. M. & DUNAY, R. E. (Ed.): Correlation of the Early Paleogene in Northwest Europe. Geol. Soc. Spec. Publ., **101**, S. 1–11, London.
- KÖTHE, A. (1990): Paleogene dinoflagellates from Northwest Germany — biostratigraphy and paleoenvironment. — Geol. Jb., A, **118**, S. 3–111, 13 Abb., 33 Taf., Hannover.
- KUNZ-PIRRUNG, M. (1993): Beschreibung und Taxonomie der Gattungen *Wetzeliella* EISENACK 1938, *Rhombodinium* GOCHT 1955 und *Apectodinium* LENTIN & WILLIAMS 1977 (Dinoflagellata) aus dem Tertiär des Mainzer Beckens und des Oberrheingrabens

- (SW-Deutschland). Diplom-Arbeit Universität Mainz, 120 S., 10 Taf., Mainz. — [unveröff.].
- MARTINI, E. (1971): Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation. — Proceedings II Planktonic Conference, Roma 1970, **2**, S. 739–785, Rom.
- (1982): Bestandsaufnahme des Nannoplankton im „prä-aquitane“ Tertiär des Mainzer Beckens. — Mainzer geowiss. Mitt., **10**, S. 29–36, 1 Tab., Mainz.
- MUDGE, D. C. & BUJAK, J.P. (1996): An integrated stratigraphy for the Paleocene and Eocene of the North Sea. — In: KNOX, R. W. O. B. & CORFIELD, R. M. & DUNAY, R. E. (Ed.): Correlation of the Early Paleogene in Northwest Europe. Geol. Soc. Spec. Publ., **101**, S. 91–113, London.
- POWELL, A. J. (1992): Dinoflagellate cysts of the Tertiary system. — In: POWELL, A.J. (Ed.): A stratigraphic index of dinoflagellate cysts. S. 155–252, (CHAPMAN & HALL), London.
- PROSS, J. (1997): Aquatische Palynomorphe im Rupel des Mainzer Beckens (Oligozän, südwestdeutschland): Paläoökologie, Biostratigraphie und Taxonomie. — Tübinger Mikropal. Mitt., **15**, 208 S., 33 Abb., 7 Tab., 15 Taf., Tübingen.
- (2000a): Dinoflagellate cyst biogeography and biostratigraphy as a tool for palaeoceanographic reconstructions: An example from the Oligocene of western and northwestern Europe. — N. Jb. Geol. Paläont., Abh., **219**, S. 207–219, 1 Abb., Stuttgart.
- (2000b): Paleo-oxygenation in Tertiary epeiric seas: Evidence from dinoflagellate cysts. — Palaeogeogr., Palaeoecol., Palaeoclimatol., **166**, S. 369–381, 5 Abb., 1 Taf., Amsterdam.
- RAUSCHER, R. & WEILER, H. (1988): Dinoflagellate cysts: France — the Federal Republic of Germany, The Rhine Graben. — In: VINKEN, R. (Ed.): The Northwest European Tertiary Basin. Results of the International Geological Correlation Programme Project No 124. Geol. Jb., A, **100**, S. 335, Hannover.
- ROTHAUSEN, K. & SONNE, V. (1984): Mainzer Becken. — Sammlung geol. Führer, **79**, 203 S., 21 Abb., 3 Tab., 47 Taf., (Borntraeger) Berlin, Stuttgart.
- SCHÄFER, P. (1988): Kernbeschreibung der Bohrung Lautersheim LB1. Geologisches Landesamt Rheinland-Pfalz, Mainz. — [unveröff.].
- SCHINDLER, K. (1990): Beschreibung und Taxonomie der Gattung *Chiropteridium* GOCHT (Dinoflagellata) aus dem Mittl. Rupelton (Mittl. Oligozän) des Mainzer Beckens mit Anmerkungen zu Stratigraphie und Fazies. Diplom-Arbeit, Universität Mainz, 68 S., 32 Abb., 3 Tab., 7 Taf., Mainz. — [unveröff.].
- (1992): Taxonomie der Gattung *Chiropteridium* GOCHT (Dinophyceae) im Rupelium des Mainzer Beckens (Mittl. Oligozän, SW-Deutschland). — Paläont. Zeitschr., **66**, S. 199–211, 11 Abb., Stuttgart.
- SCHMITT, M. (1983): Kernbeschreibung der Bohrung Bodenheim B28. Geologisches Landesamt Rheinland-Pfalz, Mainz. — [unveröff.].
- (1990): Kernbeschreibung der Bohrung Frei-Laubersheim P16. Geologisches Landesamt Rheinland-Pfalz, Mainz. — [unveröff.].
- (1992a): Kernbeschreibung der Bohrung Biebelsheim BH3. Geologisches Landesamt Rheinland-Pfalz, Mainz. — [unveröff.].
- (1992b): Kernbeschreibung der Bohrung Bosenheim BB3. Geologisches Landesamt Rheinland-Pfalz, Mainz. — [unveröff.].
- SCHULER, M. (1990): Environnements et paléoclimats paléogènes: palynologie et biostratigraphie de l'Éocène et de l'Oligocène inférieur dans les fosses rhénane, rhodanienne et de Hesse. — Documents BRGM, **190**, 503 S., zahlreiche Abb. und Tab., Orléans.

- STOVER, L. E. & HARDENBOL, J. (1993): Dinoflagellates and depositional sequences in the Lower Oligocene (Rupelian) Boom Clay Formation, Belgium. — Bull. Soc. belge Géol., **102**, S. 5–77, 22 Abb., 13 Taf., Brüssel.
- STRAUSS, C. (1991): Taxonomie und Biostratigraphie des marinen Mikroplanktons mit organischer Wandung im Oligo-Miozän Ostdeutschlands. Diss. Bergakademie Freiberg, 157 S., Freiberg.
- WEILER, H. (1956): Über einen Fund von Dinoflagellaten, Coccolithophoriden und Hystrichosphaerideen im Tertiär des Rheintales. — N. Jb. Geol. Paläont., Abh., **104**, S. 129–147, Taf. 11–13, Stuttgart.
- (1982): Bestandsaufnahme des Phytoplanktons (Dinoflagellaten-Zysten, Prasinophyceae und Calciodinelloideen) im „prä-aquitane“ Tertiär des Mainzer Beckens. — Mainzer geowiss. Mitt., **10**, S. 13–17, 1 Tab., Mainz.
- (1988): Das Mikrophytoplankton im Kalktertiär (Oberoligozän – Untermiozän) des Mainzer Beckens. — Geol. Jb, A, **110**, S. 371–398, 38 Abb., Hannover.
- WILLIAMS, G. L. & LENTIN, J. K. & FENSOME, R. A. (1998): The Lentin and Williams Index of Fossil Dinoflagellates, 1998 Edition. American Assoc. Strat. Palynol., Contr. Ser., **34**, 815 S., Dallas, Tex.

Anschrift des Autors:

Dr. JÖRG PROSS, Institut und Museum für Geologie und Paläontologie,
Sigwartstr. 10, D-72076 Tübingen; E-Mail: joerg.pross@uni-tuebingen.de.

Manuskript eingegangen am 25. 5. 2000