

6. Die Palynoflora des Lettenkeupers

Carmen Heunisch

Abstract

In terms of plant microfossils (spores, pollen, phytoplankton), the Lower Keuper belongs to the most diverse phases within the Germanic Triassic because of its transitional position between the marine Muschelkalk and the continental Middle Keuper. However, only two biozones can be differentiated, the GTr11 that covers the upper part of the Upper Muschelkalk and the Lower Keuper up to the base of the marine Grenzdolomit, and the GTr12 that covers the Grenzdolomit and the lower parts of the Middle Keuper Grabfeld Formation. In this chapter, the palynofacies of the continental, the lagoonal, and the marine depositional environments are characterized. These data are based on cores from drillholes of different palaeogeographic positions within the Germanic Basin. Finally, if possible the palynomorphs are correlated with macrofloral elements: the spores with horsetails, lycophytes, ferns and liverworts; the pollen with conifers, cycads, gingkophytes and pteridosperms.

1. Einführung

Bezogen auf pflanzliche Mikrofossilien gehört der Lettenkeuper zu den artenreichsten Zeitabschnitten innerhalb der Trias. Die Zwitterstellung als Übergangsglied zwischen dem marinen Oberen Muschelkalk und dem kontinental geprägten Mittleren Keuper dokumentiert sich in rasch wechselnden Sedimentationsbedingungen (Kap. 13), auf die Pflanzenwelt und Phytoplankton rasch reagieren mussten. Während größere Pflanzenfunde häufig auf bestimmte Schichten beschränkt und an gute Aufschlussverhältnisse gebunden sind (Kap. 5), kommen Sporen, Pollen und Phytoplanktonen, die unter dem Oberbegriff Palynomorphe zusammengefasst werden, in fast allen Sedimenten vor. Palynomorphe sind daher auch in Bohrungen, Aufschlüssen und Lesesteinen zu finden. Aus den Sedimentgesteinen werden sie mit einem chemischen Aufschluss (Salzsäure, HCl, Flusssäure, HF) herausgelöst. Die meisten der Lettenkeuper-Sporen und Pollen sind lediglich einer Pflanzengruppe zuzuordnen, nur wenige sind *in situ* bekannt, wurden also in Zusammenhang mit einer Pflanze gefunden, die dann als ihr Produzent identifiziert werden konnte.

2. Palynostratigraphische Aussagen

Lithostratigraphisch wurde die Grenze zwischen Muschelkalk und Keuper in Mitteldeutschland an die Basis der ersten Sandsteinbank festgelegt, in Süddeutschland an die Basis des Grenzbonebeds (BEUTLER 1980, 2005). Im Palynomorphenspektrum ist diese lithostratigraphische Grenze nicht erkennbar. Aus dem Oberen Muschelkalk gehen fast alle Taxa nahtlos in den Unteren Keuper über.

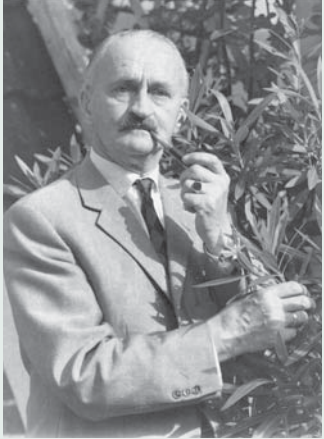
Palynostratigraphisch lässt sich der süddeutsche Lettenkeuper zwei Zonen zuordnen: Die Zone GTr11, die aus dem höheren Oberen Muschelkalk kommt und den Unteren Keuper ohne Grenzdolomit umfasst sowie die Zone GTr12, die vom Grenzdolomit bis in die tieferen Teile des Unteren Gipskeupers reicht. Die Kürzel dieser Zonen beziehen sich auf eine für ganz Deutschland generalisierte Palynomorphen-Zonierung der gesamten Germanischen Trias (GTr1 – GTr20; HEUNISCH 1999). Ihnen entsprechen für den süddeutschen Unteren Keuper verschiedene ältere Zonierungen. VAN BERGEN & KERP (1990) bezeichneten den Unterkeuper ohne Grenzdolomit als *perforatus-dimorphus*-Phase, BRUGMAN et al. (1988) denselben Bereich als *iliacoides-dimorphus*-Phase. VAN DEN BERGH (1987) bezeichneten den süddeutschen Unterkeuper ohne Grenzdolomit dagegen als *iliacoides-dimorphus*-Subphase. Diese unterschiedlichen Zonenbenennungen für den Lettenkeuper lassen sich zum Teil auf fazielle Ursachen und daraus resultierende regional verschiedene Häufigkeiten der einzelnen Arten oder auch auf das örtliche Fehlen bestimmter Arten zurückführen.

Ein gewisses versetztes Einsetzen ist von *Heliosaccus dimorphus* bekannt. In Norddeutschland tritt die Form bereits im Oberen Muschelkalk (m9) auf, in Süddeutschland dagegen erst an der Basis des Unteren Keupers (HEUNISCH in BEUTLER et al. 1996). Im alpinen Bereich wurde von VAN DER EEM (1983) der dem Unterkeuper entsprechende Bereich als *secatus-dimorphus*-Phase ausgewiesen. Trotz der Unterschiede lässt sich der Untere Keuper palynostratigraphisch von Norddeutschland über Süddeutschland bis in die Alpen auch palynologisch gut parallelisieren (SCHULZ & HEUNISCH 2005).

KARL MÄDLER

* 9. 12. 1902 in Plauen

† 22. 10. 2003 in Hannover



KARL MÄDLER im Alter von 80 Jahren im Garten seines Hauses. Foto privat.

KARL MÄDLER studierte zunächst in Marburg Pharmazie und arbeitete nach dem Staatsexamen 1927 mehrere Jahre als Apotheker in Seiffhennersdorf (Oberlausitz), wo er mit der bekannten oligozänen Flora vertraut wurde. So begann er 1931 in Frankfurt am Main bei RICHARD KRÄUSEL Paläobotanik zu studieren und arbeitete ab 1932 für das Senckenberg Institut über die pliozäne „Klärbecken-Flora“ von Frankfurt. Aufgrund ungünstiger Umstände konnte er nicht promovieren, doch seine Monographie erschien 1939. Nach Krieg und Gefangenschaft siedelte er nach Hannover um und bekam über eine Anstellung als Hilfsaufseher am Niedersächsischen Landesmuseum beim Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung eine DFG-Stelle und 1955

eine feste Stelle. Im Alter von 58 Jahren hörte er an der Technischen Universität Hannover nochmals Vorlesungen und wurde 1963 endlich mit einer viel beachteten Arbeit über „Die geologische Verbreitung von Sporen und Pollen in der Deutschen Trias“ promoviert. In über 50 Publikationen – größtenteils in Deutsch, weshalb seine Leistung international zu wenig beachtet wurde – arbeitete er auch wieder über Charophyten sowie mesozoische und känozoische Makroflora u.a. aus Jordanien, Griechenland, Mittelamerika und der Türkei. Bis lang über den Ruhestand 1967 hinaus war er weiter wissenschaftlich tätig und konnte noch mit 90 Jahren auf eine letzte Arbeit blicken, über eine permische Flora aus Norddeutschland. KARL MÄDLER gilt als Mitbegründer und Wegbereiter der Paläobotanik in Deutschland und gehört nicht nur für den deutschsprachigen Raum in mehreren Sparten der Paläobotanik zu den Pionieren. Mit seiner Dissertation über die triassischen Palynomorphen hat er eine bis heute wichtige Grundlage gelegt.

HEUNISCH, C. & WILDE, V. (2003): APP-Rundbrief, März 2003: 11–15.

3. Palynofazies

Kontinentale und marine Faziesbereiche sind durch unterschiedliche Zusammensetzungen ihrer Palynofloren charakterisiert. Im Lettenkeuper kommen in lateral (räumlich) und vertikal (zeitlich) eng begrenzten Abschnitten fast alle für die Trias bekannten Ablagerungsräume im ständigen Wechsel vor – ausgenommen ist der hochmarine Bereich. Es handelt sich dabei um verschiedene Ablagerungsräume, die in drei Gruppen zusammengefasst werden können: in kontinentale (terrestrisch-limnische), lagu-

näre (brackische oder hypersalinare) und (eingeschränkt) marine Ablagerungen.

Kontinentale Ablagerungen. – Die Zusammensetzung der Palynofloren ist sehr variabel und besteht im Wesentlichen aus Sporen, Pollen und mehrzelligen Grünalgen in wechselnder Zusammensetzung. Subaerisch (unter Luftzufuhr) abgelagerte Sedimente sind in der Regel arm an Palynomorphen. Sedimente mit hohem organischem Anteil, die unter Luftabschluss abgelagert wurden, oder Tonsteinfolgen in Sandsteinkomplexen können reich an Sporen und Pollen sowie Holzresten sein. Kontinentale Deltaablagerungen enthalten viele große Sporen und Pollen und ebenfalls Holzreste. Häufig vorhanden sind ferner mehrzellige Grünalgen, die zum einen der heute noch existierenden Gattung *Botryococcus* zugeordnet werden können, zum anderen in die Verwandtschaft der rezenten Gattung *Pediastrum* gehören und als *Plaesiodyctyon mossellanum* beschrieben wurden (WILLE 1970). Diese Form ist auf die Mittlere und Späte Trias beschränkt.

Lagunäre Ablagerungen. – Lagunäre Deltaablagerungen führen aufgrund des Süßwasserzuflusses oft eine sehr reichhaltige Palynoflora sowie im Allgemeinen mehrzellige Grünalgen, Prasinophyceen (einzellige Grünalgen) und Acritarchen (Zysten unbekannter Herkunft, vermutlich meist Algen). Chemische, evaporitische oder karbonatische Lagunensedimente, bei denen kein Süßwasserzufluss besteht, liefern dagegen eine geringe Ausbeute an eingewehten Pollen; Sporen kommen eher untergeordnet vor, da sie in der Regel auf Wasser als Transportmedium angewiesen sind. An aquatischen pflanzlichen Mikrofossilien sind vorwiegend Prasinophyceen vorhanden, die auch lebensfeindliche Umweltbedingungen in gewissem Umfang tolerieren („desaster species“, TAPPAN 1980), wie sie z.B. in abgeschlossenen Lagunen entstehen, die geringen Wasseraustausch, aber starke Verdunstungsraten aufweisen. Allerdings kommen vor allem dickwandige Prasinophyceen und kurzstachelige Acritarchen auch im offenen marinen Milieu vor, was diese Aussage relativiert. Eine schlüssige Milieuinterpretation kann nur in Zusammenhang mit der gesamten Vergesellschaftung getroffen werden (MONTENARI et al. 2003).

Marine Ablagerungen. – Hier ist der organische Rückstand durch einen hohen Anteil mariner Palynomorphen charakterisiert (Acritarchen, Prasinophyceen), begleitet von Pollen, Sporen, Pflanzenresten und amorphem, nicht strukturiertem Material. Dieser Faziestyp ist im Unteren Keuper auf die tieferen Schichten und die den Lettenkeuper abschließende Grenzdolomitregion beschränkt.

Zwischen diesen Endgliedern sind alle Übergangsbereiche möglich. Zu einer Milieuinterpretation werden noch weitere säureunlösliche Komponenten herangezogen, die

in den palynologischen Präparaten auftreten. Es handelt sich vor allem um von Landpflanzen stammende holzige, häufig kohlige Komponenten, Pflanzengewebe und durch die Abbautätigkeit von Bakterien und Mikroben entstandenes amorphes Material unterschiedlicher Herkunft, das je nach Anzahl und Erhaltungszustand in Zusammenhang mit den auftretenden Palynomorphen zu einer detaillierten Aussage herangezogen werden (z.B. BERGEN & KERF 1990; HEUNISCH 1990; BRUGMAN et al. 1994).

Leider ist für das Unterkeuper-Profil Kupferzell bislang keine palynologische Untersuchung verfügbar. Untersuchte und publizierte Gesamtprofile für den süddeutschen Raum, vorwiegend aus Franken und dem nördlichen Baden-Württemberg, liegen vor von HEUNISCH (1986: Unter- und Mittelfranken, Beckenfazies) und VAN BUGGENUM (1985: Bohrung Aalen, Baden-Württemberg, Randfazies). Sehr detailliert bearbeitet ist die Bohrung Obernsees (Oberfranken). VAN BERGEN & KERF (1990) untersuchten den höheren Oberen Muschelkalk und Unteren Keuper, VISSCHER et al. (1993) den gesamten Muschelkalk mit seinen Grenzen zum Oberen Buntsandstein und zum Keuper. Eine Untergliederung in ökologisch bedingte Phasen (*ecophases*) und Palynofazieseinheiten und -untereinheiten (*palynofacies units* und *subunits*) für den höheren Oberen Muschelkalk und Unteren Keuper dieser Bohrung präsentierten BRUGMAN et al. (1994). Die Kernbohrung Wiesloch-Hägenich (Baden-Württemberg, Nähe Heidelberg) wurde für diesen Bereich ebenfalls faziell untersucht (HEUNISCH 2000). Detaillierte Faziesuntersuchungen im norddeutschen Raum gibt es zum Beispiel für die Bohrung Natzungen 1979 (Ost-Westfalen, Borgentreicher Keupermulde; HEUNISCH 1990: höherer Oberer Muschelkalk, Unterer Keuper). Weitere Literaturhinweise zu Palynostratigraphie und Fazies des Unteren Keupers sind dem Literaturverzeichnis der Keuper-Monographie (SCHULZ & HEUNISCH 2005) zu entnehmen.

Die Kenntnisse über die Zugehörigkeit von Palynomorphentaxa zu ihren Erzeugerpflanzen und deren Lebensräumen werden im *Sporomorph Ecogroup Model* (SEG; ABBINK 1998; ABBINK et al. 2004) genutzt, um Hinweise auf die dem Ablagerungsraum nahe Vegetation und darüber hinaus auch Informationen über Meeresspiegelschwankungen zu erhalten. Für den Unteren Keuper von Thale (Sachsen-Anhalt) wurde eine erste Untersuchung dieser Art in KUSTATSCHER et al. (2012) an wenigen Proben durchgeführt, verbunden mit dem Versuch, die Aussagen von Palyno- und Megafloren zu vergleichen.

Palynofaziell ist im tiefsten Lettenkeuper ein Übergang vom marinen Oberen Muschelkalk zum marin-brackisch-limnischen-fluviatilen Unteren Keuper feststellbar. In Norddeutschland geht diese Abnahme der marinen Beeinflussung des Lettenkeupers umso schneller vonstatten, je weiter man von West nach Ost kommt. In Süddeutschland ist der Lettenkeuper unterhalb des Werksandsteinniveaus

vorwiegend marin-lagunär, darüber bis unter den Grenzdolomit eher ästuarin bis fluviatil ausgebildet.

Die zahlreich vorhandenen Sporentaxa, darunter viele *Aratrisporites*, weisen auf humide Ablagerungsbedingungen hin, bzw. im Vergleich zu den marinen Ablagerungsräumen des Muschelkalks auf Ablagerungsgebiete, die im Einflussbereich von Küsten, Flüssen und Sumpfbereichen zu suchen sind. Viele Proben lassen sich durch ihre Mikroflorenzusammensetzungen als Deltaablagerungen identifizieren. Dazwischen schalten sich immer wieder Assoziationen ein, die auf deutlich xerophytische, also trockenheitsliebende Pflanzen hinweisen. Diese Assoziationen liegen meist über den im gesamten Germanischen Becken ausgebildeten Sandsteinen. Sie sind häufig mit Einschaltungen von kohligem Ablagerungen aus Sumpfbereichen verbunden, die durch typisch hygrophytische (feuchtigkeitsliebende) Pflanzen geprägt sind. Dies ist ein Hinweis darauf, dass das Großklima weiterhin eher trocken und warm als generell feucht war. Der Untere Keuper findet seinen Abschluss im Grenzdolomit, einer marinen Ingression, deren Palynoflorenassoziation bereits derjenigen des folgenden Unteren Gipskeupers (Grabfeld-Formation) entspricht. Die z.T. zahlreich vorhandenen Prasinophyceen geben Hinweise auf hypersalinare-Bedingungen.

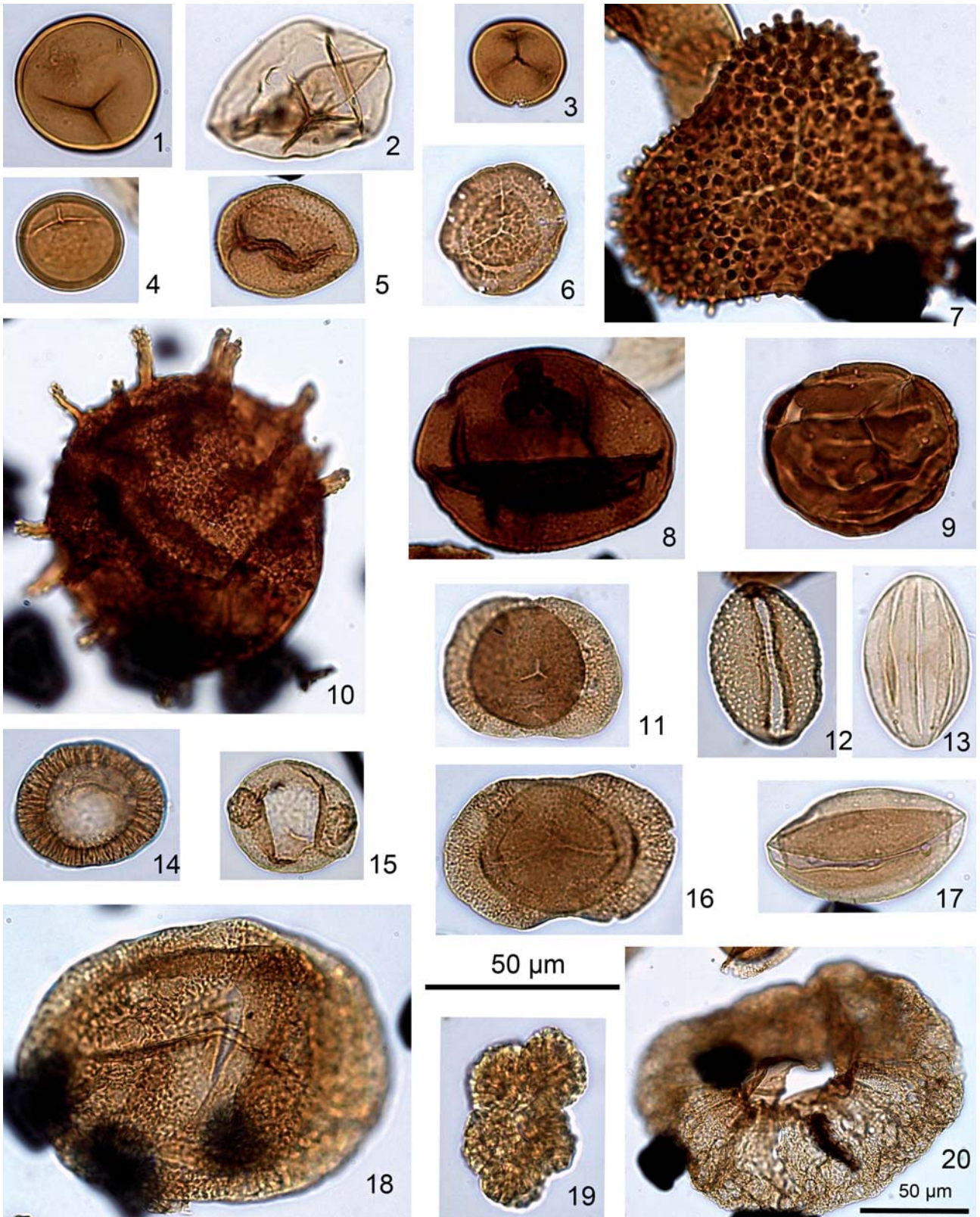
4. (Palyno-)Florenelemente des Lettenkeupers

Zu den Charakterpflanzen des Lettenkeupers zählen vor allem Sporen produzierende Pflanzen, die zu den Schachtelhalmen, Bärlappen und Farnen und auch zu den Lebermoosen gehören. Pollenproduzenten sind Koniferen, Cycadeen, Ginkgophyten und Pteridospermen (Samenfarn) (Kap. 5). Wie schon erwähnt, ist für viele Sporen- und Pollengattungen der Zusammenhang zu ihren Erzeugerpflanzen nicht klar. Diejenigen, deren Produzenten bekannt sind, lassen sich jedoch gut als Faziesindikatoren nutzen. Eine Übersicht über die bekannte Zuordnung von Palynomorphen-Taxa zu ihren möglichen Erzeugerpflanzen gaben KUSTATSCHER et al. (2012, Tab. 2).

Sehr aussagekräftig sind die zur Formgattung *Aratrisporites* (Abb. 6.1:5) gehörigen Lycophyten sporen (Bärlappgewächse). Sie besiedeln als Pionierpflanzen küstennahe Sümpfe und werden daher als Mangrovenelemente gedeutet. Zu ihren bekannten Produzenten zählt *Lepacyclotes* (früher *Annalepis*) *zeilleri* (GRAUVOGEL-STAMM & DURINGER 1983) KUSTATSCHER, DONÀ & KRINGS 2014.

Zu den interessanten Sporengattungen gehört auch *Porcellispora longdonensis*. Sie wird mit dem auf dem Wasser lebenden Lebermoos *Naiadita* in Verbindung gebracht (Kap. 5). Der bevorzugte Lebensraum liegt im trockenen evaporitischen Bereich. Unterstützt wird diese Annahme durch die Tatsache, dass bei häufigem Auftreten

6



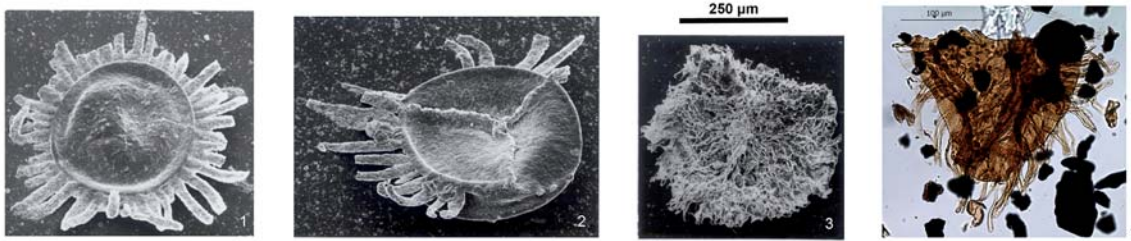


Abb. 6.2 Megasporen. **1** und **2** *Tenellisporites marcinkiewiczae* REINHARDT & FRICKE 1969 (REM-Aufnahme; Bohrung Natuzgen 1979, TK 4321 Borgholz). **3** *Dijkstrastrisporites beutleri* REINHARDT 1963 (REM-Aufnahme; Bohrung Natuzgen 1979, TK 4321 Borgholz). **4** *Echitriletes* sp. (Durchlichtaufnahme; Aufschluss Schleuse Bolzum, östlich Hannover); **1–3**: Maßstab 250 µm; **4**: Maßstab 100 µm. Aufbewahrung der Präparate: Sammlung LBEG, Hannover.

des Taxons nur sehr wenige andere Sporentaxa in geringer Stückzahl vorhanden sind. Hohe Prozentsätze werden z.B. im evaporitischen Mittleren Keuper (HAUSCHKE & HEUNISCH 1990) oder im Mittleren Muschelkalk erreicht (BRÜCKNER-RÖHLING & HEUNISCH 2004).

Das Auftreten von Farnsporen (z.B. *Punctatisporites*, *Osmundacidites*) und Equiseten (Schachtelhalm)-Sporen (z.B. *Calamospora*) sowie die zu den Bärlappgewächsen zählende monolete Spore *Leschikisporis aduncus* zeigt die Nähe von Sumpf- oder Marschvegetationen an. Die trilete Pollengattung *Triadispora* wird u.a. mit der Konifere *Voltzia* in Verbindung gebracht. Ihr Lebensraum liegt im trockenen Hinterland und/oder im Sabkha- und Playa-Milieu. Der häufig auftretende Pollen *Protodiploxypinus gracilis* spiegelt eine xerophytische Küsten-Pionierv egetation wider, während die taeniatischen Pollengattungen *Striatoabietes* und *Protohaploxypinus* zu Koniferen gehören, die zur Trockenheit tolerierenden Hinterland-Vegetation gerechnet werden. Der markante Typ von *Illinites chitonoides* wird mit der krautartigen Konifere *Willisostrobos acuminatus* (*Aethophyllum stipulare*) in Verbindung gebracht und als schilfartiges Vegetationselement in Küstenebenen interpretiert (VISSCHER et al. 1993).

Mikro- und Miosporen liegen im Größenbereich von 20–200 µm (selten größer als 100 µm); die meist weiblichen Megasporen sind in der Regel größer als 200 µm. Auch sie sind stark standort- und faziesabhängig. Aufgründ

ihrer Größe kommen sie in palynologischen Präparaten selten und häufig nur fragmentiert vor. Zu den interessantesten Formen zählen *Dijkstrastrisporites beutleri*, möglicherweise von Lycophyten (*Isoetes*) stammend (WIERER 1997), und *Tenellisporites marcinkiewiczae*. Letztere gilt als disperse Megaspore von *Lepacyclotes* (früher *Annalepis*) *zeileri* (KUSTATSCHER et al. 2014) und kann in der Vergesellschaftung mit *Aratrisporites* gehäuft auftreten. WIERER wies in einer 5 kg-Probe aus Krautheim-Rimbach in Franken 4438 Exemplare davon nach (WIERER 1997: Tab. 14).

Auch Charophyten (Armeleuchteralgen) sind im Unteren Keuper anzutreffen. Bisweilen in großer Zahl sind ihre kaligen Oogonien zu finden. Dabei handelt es sich um deren Fortpflanzungs- beziehungsweise Verbreitungsorgane. Sie können wichtige Faziesindikatoren sein, da sie ausschließlich in brackischen bis limnischen Ablagerungsbereichen vorkommen (Kap. 15; KOZUR 1972).

5. Literatur

- ABBINK, O. A. (1998): Palynological identification in the Jurassic of the North Sea region. – Laboratory of Palaeobotany and Palynology contribution series, **8**: 1–192.
- ABBINK, O. A., VAN KONIJNENBURG-VAN CITTERT, J. H. A. & VISSCHER, H. (2004): A sporomorph ecogroup model for the northwest European Jurassic-Lower Cretaceous I: concepts and framework. – *Geologie en Mijnbouw*, **83**: 17–31.

Abb. 6.1 Palynomorphe des Lettenkeupers aus einem kurzzeitigen Aufschluss an der Schleuse Bolzum, östlich von Hannover, Niedersachsen. **1** *Punctatisporites* sp. **2** *Calamospora tener* (LESCHIK 1955) MÄDLER 1964a. **3** *Retusotriletes hercynicus* (MÄDLER 1964a) SCHUURMAN 1977. **4** *Leschikisporis aduncus* (LESCHIK 1955) POTONIÉ 1958. **5** *Aratrisporites satumi* (THIERGART 1949) MÄDLER 1964a. **6** *Gordonispora fossulata* (BALME 1970) VAN DER EEM 1983. **7** *Leptolepidites diverseornatus* (PAUTSCH 1971) HEUNISCH 1986. **8** *Franconispora laevigata* HEUNISCH 1986. **9** *Contignisporites problematicus* (COUPER 1958) DÖRING 1965. **10** *Keuperisporites baculatus* SCHULZ 1965. **11** *Triadispora crassa* KLAUS 1964. **12** *Retisulcites perforatus* (MÄDLER 1964a) SCHEURING 1970. **13** *Ephedripites* sp. **14** *Cordaitina minor* (PAUTSCH 1971) PAUTSCH 1973. **15** *Protodiploxypinus gracilis* SCHEURING 1970. **16** *Parillinites* sp. **17** *Cycadopites* sp. **18** *Illinites chitonoides* KLAUS 1964. **19** *Botryococcus* sp. **20** *Heliosaccus dimorphus* MÄDLER 1964b. Mikroskop: Leitz DMRB; Fotoeinrichtung: Leica EC3; Maßstab 50 µm gilt für 1–19. Aufbewahrung der Präparate: Sammlung LBEG, Hannover.

- BEUTLER, G. (1980): Beitrag zur Stratigraphie des Unteren und Mittleren Keupers. – Zeitschrift für geologische Wissenschaften, **8** (8): 1001–1018.
- BEUTLER, G. (2005): Lithostratigraphie. – In: DSK (Hrsg.): Stratigraphie von Deutschland IV – Keuper. – Courier Forschungsinstitut Senckenberg, **253**: 65–84.
- BRÜCKNER-RÖHLING, S. & HEUNISCH, C. (2004): Zyklustratigraphie und Palynofazies des Mittleren Muschelkalks der Bohrung Remlingen 7 (Norddeutsches Becken). – Hallesches Jahrbuch für Geowissenschaften, (B), Beihefte, **18**: 109–120.
- BRUGMAN, W. A., VELD, H., VAN BUGGENUM, J. M., HOLSHUIJSEN, R. P., BOEKELMAN, W. A., VAN DEN BERGH, J. J., ALMEKINDERS, M. P., POORT, R. J., ABBINK, O. A. & D'ENGELBRONNER, E. R. (1988): Palynological investigations within the Triassic of the Germanic Basin of southern Germany. – Stuifmail, **6** (3): 52–54.
- BRUGMAN, W. A., VAN BERGEN, P. F. & KERP, J. H. F. (1994): A quantitative approach to Triassic palynology: the Lettenkeuper of the Germanic Basin as an example. – In: TRAVERSE, A. (Hrsg.): Sedimentation of organic particles: 409–429; Cambridge.
- GRAUVOGEL-STAMM, L. & DURINGER, P. (1983): *Annalepis zeilleri* FLICHE 1910 emend., un organe reproducteur de Lycophyte de la Lettenkohle de l'Est de la France. Morphologie, spores in situ et paléocologie. – Geologische Rundschau, **72**: 34–51.
- HAUSCHKE, N. & HEUNISCH, C. (1990): Lithologie und Palynologie der Bohrung USB 3 (Horn-Bad Meinberg, Ostwestfalen): ein Beitrag zur Faziesentwicklung im Keuper. – Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen, **181**: 79–105.
- HEUNISCH, C. (1986): Palynologie des Unteren Keupers in Franken, Süddeutschland. – Palaeontographica, (B), **200**: 33–110.
- HEUNISCH, C. (1990): Palynologie der Bohrung „Natzungen 1979“, Blatt 4321 Borgholz (Trias; Oberer Muschelkalk 2, 3, Unterer Keuper). – Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Monatshefte, **1990**: 17–42.
- HEUNISCH, C. in: BEUTLER, G. et al. (1996): Muschelkalk, Keuper und Lias am Mittellandkanal bei Sehnde (Niedersachsen) und die regionale Stellung des Keupers. – Geologisches Jahrbuch, **145**: 67–197.
- HEUNISCH, C. (1999): Die Bedeutung der Palynologie für Biostratigraphie und Fazies in der Germanischen Trias. – In: HAUSCHKE, N. & WILDE, V. (Hrsg.): Trias – eine ganz andere Welt, Europa am Beginn des Erdmittelalters: 207–220; München (Pfeil).
- HEUNISCH, C. (2000): Palynologische Untersuchung der Forschungsbohrung Wiesloch-Hägenich. – Mikropaläontologischer Untersuchungsbericht vom 31.10.2000. – Archivbericht NLFb Hannover: 4 S. [unpubliziert]
- KOZUR, H. (1972): Die Bedeutung der Megasporen und Characeen-Oogonien für stratigraphische und ökologisch-faziale Untersuchungen in der Trias. – Mitteilungen der Gesellschaft der Geologie- und Bergbaustudenten in Österreich, **21**: 437–454.
- KUSTATSCHER, E., DONÀ, H. & KRINGS, M. (2014): Sporophyll organization in the Triassic isoetalean lycopsid *Lepacyclotes* (formerly *Annalepis*) *zeilleri* from Germany. – Paläontologische Zeitschrift, DOI 10.1007/s12542-014-0246-0
- KUSTATSCHER, E., HEUNISCH, C. & VAN KONIJNENBURG-VAN CITTERT, J. H. A. (2012): Taphonomical implications of the Ladinian megafloora and palynoflora of Thale (Germany). – Palaios, **27**: 753–764. DOI: 10.2110/palo.2011.p11-090r
- MONTENARI, M., D'ASCO, V. & LEPPIG, U. (2003): Die Acritarcha: ihre Klassifikation, Morphologie, Ultrastruktur und paläoökologische/paläogeographische Verbreitung. – Paläontologische Zeitschrift, **77**: 173–194.
- SCHULZ, E. & HEUNISCH, C. (2005): Palynostratigraphische Gliederungsmöglichkeiten des deutschen Keupers. – In: DSK (Hrsg.): Stratigraphie von Deutschland IV. Keuper. – Courier Forschungsinstitut Senckenberg, **253**: 43–49.
- TAPPAN, H. (1980): The paleobiology of plant protists. 1028 S.; San Francisco (Freeman).
- VAN BERGEN, P. F. & KERP, J. H. F. (1990): Palynofacies and sedimentary environments of a Triassic section in southern Germany. – Mededelingen Rijks Geologische Dienst, **45**: 23–31.
- VAN BUGGENUM, J. M. (1985): Palynological investigations in the Muschelkalk of Franken (Germany). – Stuifmail, **3** (3): 8–16.
- VAN DEN BERGH, H. (1987): Aspects of Late Triassic palynology: Palynological investigations in the Keuper (Upper Ladinian, Karnian, Norian and Rhaetian) and Lower Jurassic (Lias alpha 1 and alpha 2) of Franken, SE West Germany. – Stuifmail, **5** (1): 26–33.
- VAN DER EEM, J. G. L. A. (1983): Aspects of Middle and Late Triassic palynology. 6. Palynological investigations in the Ladinian and Lower Karnian of Western Dolomites, Italy. – Review of Palaeobotany and Palynology, **39**: 189–300.
- VISSCHER, H., BRUGMAN, W. A. & VAN HOUTE, M. (1993): Chronostratigraphical and sequence stratigraphical interpretation of the palynomorph record from the Muschelkalk of the Obernsees Well, South Germany. – In: HAGDORN, H. & SEILACHER, A. (Hrsg.): Muschelkalk. Schöntaler Symposium 1991: 145–152.
- WIERER, J. F. (1997): Vergleichende Untersuchungen an Megasporenvergesellschaftungen der alpinen und germanischen Mittel- und Obertrias. – Münchner Geowissenschaftliche Abhandlungen, (A), **35**: 1–175.
- WILLE, W. (1970): *Plaesiodyctyon mosellanum* n.g., n.sp., eine mehrzellige Grünalge aus dem Unteren Keuper von Luxemburg. – Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Monatshefte, **1970**: 283–310.