Ber. Naturhist. Ges. **109**, Hannover 1965

Zur Geschichte der angewandten Mikropaläontologie

von HEINRICH HILTERMANN, Hannover *)

Mit 1 Abbildung

In drei Kapiteln wird die Entwicklung der Mikropaläontologie von ihren ersten Anfängen bis in die ersten Nachkriegsjahre gezeigt, beginnend mit den Klassikern, dann in Verbindung mit den Forschern spezieller Wissenschaftsgebiete bis zu den heutigen Anwendungen und Möglichkeiten. Die Auswahl der behandelten Organismen richtet sich nach ihrer Bedeutung für die Biostratigraphie, wobei – dem behandelten Zeitabschnitt entsprechend – die Foraminiferen, Ostracoden und Sporomorphen in den Vordergrund treten. Auf methodische Fragen wird nur soweit eingegangen, wie es für das behandelte Thema nötig ist.

I. Vorwort

Dieses als Einleitungskapitel zu meiner Habilitationsarbeit 1957 der Universität Göttingen vorgelegte Manuskript wurde bisher nur in sehr stark gekürzter Form gedruckt als historische Einführung zu dem Mikropaläontologie-Band des FREUND'schen Handbuches der Mikroskopie in der Technik (Bd. II, Teil 3; Umschau-Verlag, Frankfurt am Main 1958). – Der von verschiedenen Seiten geäußerten Bitte entsprechend, wird jetzt das vollständige Manuskript veröffentlicht.

Auch für die Entwicklung der stratigraphisch angewandten Mikropaläontologie gilt der für den Fortschritt jeder Wissenschaft gültige Satz, daß weder bestimmte Länder noch eine bestimmte Zeit allein die Grundlagen legen. Vielmehr ist das Erkennen, Auslegen und Verknüpfen richtiger Ergebnisse an hervorragende Forscherpersönlichkeiten gebunden.

Die vorliegende Darstellung wird zweifellos daran kranken, daß heute noch der nötige zeitliche Abstand fehlt, um Wesentliches vom Nebensächlichen, Bleibendes vom zeitlich Gebundenen zu trennen. Aus diesem Grund wird in diesen Ausführungen das Schwergewicht auf jene Zeit gelegt, die den Anstoß und die Grundlagen gab zu der ungeahnten Ausweitung der Möglichkeiten und Anwendungen der mikroskopischen Paläozoologie und Paläobotanik und die mit den ersten Nachkriegsjahren abschließt.

*) Prof. Dr. H. HILTERMANN, Bundesanstalt für Bodenforschung, 3 Hannover-Buchholz, Alfred-Bentz-Haus, Postfach 54.

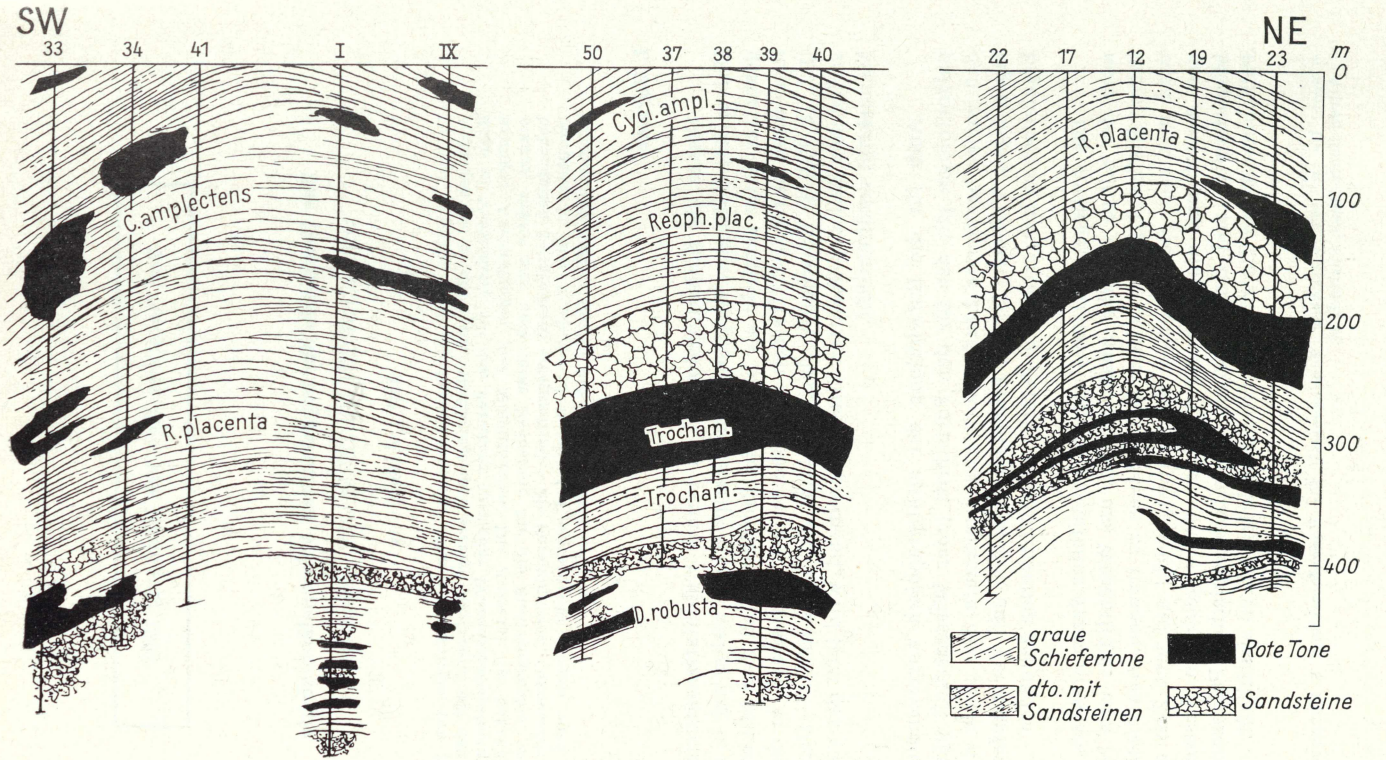


Abb. 1 Drei Querprofile durch Bohrungen der Potok-Turaszówka-Antiklinalen (Westgalizien) mit aequivalenten Foraminiferen-Horizonten. Aufeinanderfolge der ausgeschiedenen und benannten Schichteinheiten:
Nach GRZYBOWSKI 1898 (Beschriftung geändert), siehe Seite 34.

ca. 200 m mit *Cyclammina amplectens*
ca. 150 m mit *Reophax placenta*
ca. 130 m *Trochammina – Optimum*
ca. 100 m *Dendrophrya robusta*

Durch Rat und Kritik und durch Überlassung von Daten und Publikationen wurde ich von so vielen Kollegen und Freunden unterstützt, daß es mir nicht möglich ist, alle namentlich anzuführen. Es ist mir eine angenehme Pflicht, **allen** für dieses mir immer wieder gezeigte Entgegenkommen auch an dieser Stelle herzlich zu danken.

II. Erste Erfassung von Mikrofossilien

Zwei Forscher der Naturwissenschaft im 17. Jahrhundert haben das Mikroskop gegeben, der Mediziner MARCELLO MALPIGHI (1628–1694) aus Bologna und der Kaufmann ANTON van LEUVENHOEK (1632–1723) aus Delft. Während M. MALPIGHI schon planmäßig Untersuchungsreihen ausführte und publizierte, folgte A. v. LEUVENHOEK einem inneren Wissensdrange, Gegenstände des täglichen Lebens in zufälliger Folge unter seine Linsen zu bringen. Dabei entdeckte er unter anderem in Heuaufgüssen die „Infusorien". 1677 legte er der Royal Society in London die von ihm entdeckten Infusorien vor.

J. B. BECCARI (1682–1766) beschrieb 1731 verschiedene kleine Schalen aus Pliozän-Sanden von Bologna. J. PLANCUS (1739) zählte in einer Unze (ca. 31 g) im Küstensand der Adria 6000 Exemplare solcher Mikroorganismen. Die von diesem und von N. GUALTIERI (1688–1744) 1742 abgebildeten Foraminiferen wurden nach LINNÉ binomisch als Arten von *Serpula* oder K. GESNER's (1516–1565) Ansicht entsprechend als *Nautilus* behandelt. ABBE FORTIS bildete 1774 aus dem Zablachi-See in Dalmatien als Insektenrest einen Körper ab, der ein Charophyten-Oogonium ist. Ähnliche mikroskopische Charophytenreste wurden 1780 von A. SOLDANI (1736–1808) und 1804 von J. B. LAMARCK als Molluskenreste beschrieben.

Die um 1800 folgenden Publikationen bringen eine große Zahl neuer Foraminiferen. A. SOLDANI veröffentlichte 1789–1798 allein 228 Tafeln. J. E. FICHTEL (1760–1795) und E. K. von MOLL (1760–1838), die Klassiker der Mikropaläontologie in Österreich, gaben 1803 in ihren „Testacea Microscopica" eine Zusammenstellung fossiler Protozoen, die sie auf 24 Farbtafeln abbildeten. P. MONTFORT (1808) prägte 55 neue Gattungsnamen. 1799 bis 1822 fand J. B. LAMARCK 20 neue Foraminiferen-Gattungen. 1812 erkannte M. S. LEMAN und 1822 benannte ADOLPHE BRONGNIART die erwähnten LAMARCK'schen „Gyrogonite" als Charophyten.

Karl von LINNÉ (1707–1778) hat in seiner Klasse der „Würmer" nicht nur einige Foraminiferen beschrieben; seine entscheidende Bedeutung liegt darin, daß er mit seinem „Systema naturae" (1758) erst die logische Voraussetzung gab, die Formenfülle der Organismen mit seiner Binomik in ein eindeutiges Begriffssystem und Verständigungsmittel zu zwingen.

Mit W. SMITH (1769–1839) und L. v. BUCH (1774–1853) setzt sich dann die Erkenntnis von der stratigraphischen Bedeutung des Leitfossils durch, wodurch auch bei den Mikrofossilien zu der Beobachtung der Morphologie die Festlegung der zeitlichen Aufeinanderfolge kam.

Der von J. B. LAMARCK (1744–1829) und Ch. DARWIN (1809–1882) ausgesprochene Entwicklungsgedanke gab schließlich den Schlüssel, die zu beobachtende Folge verschiedener Lebewesen historisch zu sehen.

Nach endgültiger Erledigung des Naturspiel-Glaubens ist es das Verdienst von J. B. LAMARCK, gleichzeitig, aber unabhängig von L. CUVIER (1769–1832), den Nachweis geführt zu haben, daß die fossilen und rezenten Arten voneinander verschieden sind. Darüber hinausgehend forderte LAMARCK's Entwicklungsgedanke lange geologische Zeiträume mit gleichbleibenden physikalischen Einflüssen und kontinuierlichen Änderungen der Paläogeographie, eine Auffassung, die mit Ch. LYELL und K. v. HOFF in die Geologie Eingang fand. Inzwischen waren schon so viele Versteinerungen publiziert worden, daß W. SMITH (1769–1839) in England, A. T. BRONGNIART (1801–1876) in Frankreich und E. F. SCHLOTHEIM (1765–1832) in Deutschland deren Brauchbarkeit als Leitfossilien zur Altersbestimmung von Schichten beweisen konnten.

In den von A. GOLDFUSS (1782–1848) mit Graf G. v. MÜNSTER (1776–1844) groß angelegten Petrefacta Germaniae (1826–1844) werden Mikrofossilien ebensowenig übergangen wie in Fr. A. QUENSTEDT's „Handbuch der Petrefaktenkunde" (1852). Die Entdeckung der mikroskopischen Reste fossiler Holothurien geht auf G. v. MÜNSTER (Beitr. Petref.-Kunde 1843) zurück. Wenn sich auch Fr. A. QUENSTEDT (1809–1889) später vorwiegend auf Ammoniten beschränkte, so ging er zuerst auch auf Kleinfossilien seiner Jura-Profile ein; mit *Cypris amalthei,* einer *Ogmoconcha,* wurde von ihm 1858 die erste Lias-Ostracode beschrieben. – K. F. KLÖDEN hatte schon 1834 in den Versteinerungen der Mark Brandenburg die erste Beschreibung und Abbildung der silurischen *Beyrichia tuberculata* gegeben.

Ähnliche Erstbenennungen von Mikrofossilien finden sich auch in F. A. ROEMER's (1809–1869) damaligen Standard-Werken über die norddeutschen Oolithen- und Kreidegebirge (1836–1842). Auch aus den „tertiären Meeressanden" publizierte er Foraminiferen und Ostracoden, da diese „oft an Stellen vorkommen, wo andere Versteinerungen fast ganz fehlen oder vielleicht zur Bestimmung der Alters-Verhältnisse demnächst sehr gut benutzt werden können" (N. Jb. Min. 1838, S. 381). Einige tertiäre und karbonische Ostracoden waren schon 1830 vom Grafen v. MÜNSTER ohne Abbildung beschrieben worden. Die Foraminiferen und Bryozoen der Schreibkreide von Rügen fanden 1839–1846 eine erste Veröffentlichung durch F. v. HAGENOW (1797–1865).

ALCIDE D'ORBIGNY (1802–1857), der Inhaber der in Paris 1853 errichteten Professur für Paläontologie, hat für die Entwicklung der Mikropaläontologie im Vergleich zu den vorher genannten eine ungleich größere Bedeutung. Angeregt durch J. B. LAMARCK begann er 1825 die große Reihe seiner Publikationen. Mit seinem in Europa und Amerika gesammelten Material gab er die erste ausführliche systematische Darstellung fossiler Foraminiferen und sah schon einzelne Arten als charakteristisch für bestimmte Formationen an (D'ORBIGNY: Cours élémentaire 1852, p. 204). Seine „Paléontologie française" wurde die Grundlage für die Gliederung des Mesozoikums.

Auch die botanische Seite der Mikropaläontologie, die Pollenanalyse, geht in ihren Anfängen auf diese Zeit zurück. Die erste Systematik der Pollenkörner veröffentlichte 1834 H. MOHL (1805–1872), es wird von ihm der Blütenstaub von über 1000 Pflanzenarten beschrieben und verglichen; sein künstliches System liegt heute noch unseren Bestimmungsschlüsseln zugrunde, ebenso wie seine Terminologie der wichtigsten Pollen-Merkmale. Der Breslauer Botaniker H. R. GÖPPERT beschrieb 1836 und 1841 tertiäre Pollen, die von ihm aus einer Braunkohle und einem Kalk isoliert werden konnten.

Ch. G. EHRENBERG (1795–1876) erkannte Koniferen-Pollen in Kieselgur und Blätterkohlen und bildete sie 1837 und 1839 ab. Die erste Photographie einer Mikrospore wurde 1884 von P. E. REINSCH (1836–1914) publiziert. Bei diesen ersten Anfängen einer Bestimmung fossiler Pollen muß man auch G. FRESENIUS (1860), F. UNTER (1864) und J. FRÜH (1895) nennen.

Silicoflagellaten wurden 1840 von C. G. EHRENBERG als Diatomeen aus dem Tertiär Siziliens beschrieben; J. MÜLLER (1855) und E. HAECKEL (1887) faßten sie noch als Radiolarien auf. Die Darstellungen von A. BORGERT (1891) und E. LEMMERMANN (1901) führten weiter.

Auf die ersten Veröffentlichungen fossiler Ostracoden wurde schon hingewiesen. Auch J. de SOWERBY (1787–1871) beschrieb schon 1824 und 1829 Ostracoden aus vortertiären Schichten. Für das Paläozoikum folgen: L. G. KONINCK (1841–1844), Sir F. McCOY (1844); Reinhard RICHTER (1813–1884, publ. 1855–1896), J. W. KIRKBY (1834–1901, publ. 1858–1895), J. BARRANDE (1799–1883, publ. 1872) und C. W. GÜMBEL (1823–1898, publ. 1874). Für die Trias: K. v. SEEBACH (1839–1880, publ. 1857), A. E. REUSS (1811–1873, publ. 1868) und C. W. GÜMBEL (1869). Aus den leichter schlämmbaren Schichten der Kreide liegen schon aus früherer Zeit Beschreibungen fossiler Ostracoden vor, wie von: W. H. FITTON (1836), C. F. ROEMER (1839), R. W. DUNKER (1843 und 1846), A. E. REUSS (1846 und 1851),

J. CORNUEL (1846 und 1848), J. A. H. BOSQUET (1849 und 1854), Th. R. JONES (1849), und E. FORBES (1851). Von den noch häufigeren Publikationen tertiärer „Entomostraca" sei in diesem Zusammenhang nur hingewiesen auf die Arbeiten von J. A. H. BOSQUET (1814–1856), Th. R. JONES (1819–1911) und A. E. REUSS (1811–1873, publ. 1849–1856). Doch sind diese Arbeiten ebenso wie die bis zur Jahrhundertwende folgenden, zum Teil wichtigen Ostracoden-Beschreibungen von G. S. BRADY (1832–1921), F. CHAPMAN (1864–1943), J. EGGER (1824–1913), G. J. HINDE (1839–1918), Th. R. JONES, E. LIENENKLAUS (1849–1905), Ch. LORIOL (1828–1908), G. SEGUENZA (1833–1889) stratigraphisch nur bedingt zu benutzen, da man entscheidende Innenmerkmale homöomorpher Schalen noch nicht beachtete.

J. MÜLLER (1801–1858) trennte 1855 von den Rhizopoden (= EHRENBERG's Polycystinen) die Radiolarien ab. Doch geht unser Wissen über fossile Radiolarien zu einem erheblichen Teil auf Ch. G. EHRENBERG (1795–1876) zurück, der allein aus dem Jungtertiär von Barbados (1838–1875) an die 300 Arten beschrieb. E. HAECKEL's (1834–1919) vorwiegend rezente Formen behandelnde Radiolarien-Monographien (1862–1887) regten den Sanitätsrat D. RÜST (1831–1916) zu speziellen Untersuchungen an, die zu seinen grundlegenden und teilweise heute noch unerreichten Palaeontographica-Publikationen (1885 und 1892) über paläozoische und mesozoische Radiolarien führten.

Für die Bryozoen-Paläontologie sind nach E. VOIGT als Klassiker anzusehen:

Für das Paläozoikum: J. HALL of Albany (1811–1898), H. A. NICHOLSON (1844–1899), E. O. ULRICH (1857–1944), G. R. VINE (gest. 1893) und R. S. BASSLER.

Für den Jura: J. HAIME (1824–1856), J. W. GREGORY (1864–1932).

Für die Kreide: A. E. REUSS, F. v. HAGENOW (1797–1865), A. d'ORBIGNY (1802–1857), später: J. BEISSEL (1820–1887), Th. MARSSON (1816–1892), O. NOVAK (1851–1892), J. W. GREGORY und W. D. LANG.

Für das Tertiär: A. E. REUSS (1811–1873), H. MINE-EDWARDS (1800–1885), G. BUSK (1807–1896) und später A. W. WATERS (gest. 1929), A. MANZONI (gest. 1895), MacGILLIVRAY, A. NEVIANI, C. KOSCHINSKI, F. CANU (1862–1932) und R. S. BASSLER.

H. v. MEYER (1801–1896), „der Begründer der Vertebraten-Paläontologie Deutschlands", wies 1851 und 1856 auf den stratigraphischen Wert fossiler Fisch-Otolithen hin und bildete sie ab. – Die ersten Conodonten wurden 1856 zusammen mit Fischresten von Ch. H. PANDER (1794–1865) aus dem unteren Ordovicium von Pawlowsk bei St. Petersburg beschrieben.

Auch aus anderen Ländern wurden jetzt Conodonten-Funde bekannt, so 1861 aus Schweden und England, 1873 aus N-Amerika und 1877 aus Deutschland; umfassender ist schon die 1879 von C. J. HINDE (1839–1918) erschienene Arbeit über Conodonten aus Canada und den USA (Quart. J. geol. Soc. London, **35**).

Foraminiferen (und Bryozoen) der Oberkreide wurden durch W. v. d. MARCK (1814–1900) aus Westfalen (1855–1871) und durch J. BEISSEL (1820–1887) aus Aachen (1865 und 1891) publiziert. Weiterhin wurde die Foraminiferenkunde bis zur Jahrhundertwende gefördert unter anderem durch K. A. MÖBIUS (1825–1908), Ch. SCHLUMBERGER (1825–1905) und vor allem auch durch die WILLIAMSON'sche Schule, auf die im nächsten Kapitel näher eingegangen wird. Auch G. STACHE (1833–1921) behandelte 1889 bis 1905 in verschiedenen Publikationen Foraminiferen und Charophyten und J. F. WALKER (1839–1907) einige kleinwüchsige Brachiopoden. Wichtige Arbeiten sind 1857–1889 von G. SCHWAGER (1837–1891), 1874–1899 von E. v. d. BROECK (1851–1932), 1883–1911 von G. FORNASINI (1854–1931) und von H. DOUVILLE (1846–1937) über tertiäre Foraminiferen publiziert worden.

C. SCHWAGER (1837–1891) hat sich 1865–1891 eingehend über Jura-Foraminiferen verbreitet und wies 1889 in Mittelamerika erstmalig mittels Foraminiferen Eozän nach (K. SAPPER: Handb. regional. Geol., Bd. **8**, H. 29, S. 31, Heidelberg 1937).

Auf Grund heute noch wichtiger mikroskopischer Skelettelemente unterschied bei den Spongien M. H. D. BLAINVILLE (1777–1850) im Anschluß an J. FEMING Horn-, Kiesel- und Kalkschwämme, eine Einteilung, die die späteren Bearbeiter, zuletzt noch A. SCHRAMMEN (1869–1953), ihren grundlegenden Arbeiten über kretazische und jurassische Spongien zugrunde legten.

Wenn auch die stratigraphische Mikropaläontologie 1917 erstmalig in der Erdölgeologie Mexikos nachhaltig in Erscheinung trat und von Amerika aus ihre heutige Verbreitung und Bedeutung erlangte, so lassen sich also in Europa ihre Anfänge bis in die Mitte des vorigen Jahrhunderts zurückverfolgen.

III. Vorstufe der stratigraphischen Mikropaläontologie

Der Berliner Universitätsprofessor Ch. G. EHRENBERG (1795–1876) ist als Begründer der Mikropaläontologie in unserem Sinne anzusehen. Er wollte mit seiner 1854 erschienenen „Mikrogeologie – Das Erden und Felsen schaffende Wirken des unsichtbar kleinen selbständigen Lebens auf der

Erde –" etwa auch das, was heute noch die Mikropaläontologie bezweckt, damals zwar noch ohne eigentliche Leitarten zu erkennen. Er mikroskopierte die verschiedensten kambrischen bis rezenten Ablagerungen und publizierte eine Fülle speziellster Tatsachen über Form und Verbreitung von Mikrofossilien aller Formationen. Die Entdeckung fossiler Diatomeen, der „Coccolithen", Silicoflagellaten, Discoasterideen, Chrysostomataceen, Dinoflagellaten, Peridineen und Hystrichosphaerideen geht auf ihn zurück. Auch die Bezeichnungen Bryozoen und Anthozoen stammen ebenso wie die erste Aufklärung über die Natur des Korallenstockes von ihm. Die Arbeiten dieses Klassikers werden ihren bleibenden Wert behalten, auch wenn sie noch die Foraminiferen als Cephalopoden ansehen, obwohl sie schon 1826 d'ORBIGNY auf Grund ihrer häufig mit Poren versehenen Schale als besondere Ordnung „Foraminifera" neben die Cephalopoden gestellt und 1835 F. DUJARDIN endgültig als neue Abteilung der „Rhizopoda" abgetrennt hatte. F. DUJARDIN beobachtete als erster lebende Foraminiferen und sah, daß ihr Körper keine eigentlichen Organe zeigte, sondern aus einer homogenen kontraktilen Substanz bestand, die er Sarcode nannte. Der 1839 von MEYEN vorgenommene Vergleich mit Pflanzenzellen wurde dann von SIEBOLD zur Lehre der Einzelligkeit der Protozoen erweitert.

Die Bedeutung von A. E. REUSS (1811–1873) kann nicht hoch genug eingeschätzt werden. Neben zur Klärung der Mikro-Stratigraphie des Tertiärs durchgeführten Untersuchungen – allein 12 Publikationen von 1851 bis 1870 – beschrieb er auch Mikrofossilien älterer Formationen, so aus der Kreide und der alpinen Trias. Anfangs der Foraminiferen-Taxionomie von d'ORBIGNY (1802–1857) folgend, versuchte er später in rein paläontologischen Arbeiten die Schalenstruktur als Einteilungsprinzip in den Vordergrund zu stellen. Seine Arbeiten beschränkten sich keineswegs auf die Foraminiferen, sondern behandelten in gleicher Weise Bryozoen, Ostracoden, Anthozoen und andere Fossilien.

Die Voraussetzungen der paläontologischen und biostratigraphischen Foraminiferen-Forschung formulierte A. E. REUSS schon 1865 richtig:

„Es wird diese Ansicht ohne Zweifel wieder die Vorwürfe englischer Naturforscher hervorrufen, welche betonen, daß manche Foraminiferenforscher noch, dem englischen Vorgange sich nicht anschließend, so viele Species unterscheiden. Ich weiß sehr wohl, daß zahlreiche Formen sich sehr nahe stehen, gleichsam von einer Grundform als Typus ausgehend betrachtet werden können. Man mag dieselben als Variationen eines Formenkreises oder als Species bezeichnen, dies ist gleichgültig, aber unterschieden müssen sie werden, da sie sich wirklich unterscheiden lassen und oft sehr verschiedenen geologischen Epochen angehören. Sie alle zusammenziehen, heißt

ebensoviel, als völlig auf die geologische Bedeutung der Paläontologie verzichten. Denn was von den Foraminiferen gilt, wird und muß auch mit demselben Rechte auf die Fossilreste der übrigen Tierklassen seine Anwendung finden. – Eine Konsequenz, der man doch nur mit großer Vorsicht beitreten dürfte." (Sitz. Ber. Math. Nat. Cl. Akad. Wiss. Wien, **50,** S. 447).

1857 bis 1870 publizierte der in Metz lebende Apotheker O. TERQUEM (1797–1887) seine bedeutenden Arbeiten über Lias- und Dogger-Foraminiferen. Er betont: „Wir besitzen aus dem Lias stammende Proben, manchmal zeigt davon jedes Lager spezifische Fossilien." 1878 und 1882 folgten seine umfangreichen Arbeiten über die Foraminiferen und Ostracoden des Pliozän von Rhodos und des Eozäns von Paris.

J. G. BORNEMANN (1831–1896), und später mit ihm auch sein Bruder L. G. BORNEMANN, befaßte sich mit liassischen, kretazischen und tertiären Foraminiferen und versuchte damit auch gelegentliche Altersbestimmungen durchzuführen. In einer Greifswalder Tiefbohrung verglich er die vertikale Reichweite einzelner Mikrofossilien. Entsprechend der damaligen Anschauung schloß er 1874 zwar seinen Bericht wie folgt: „Wenn man nun auch den Foraminiferen nicht denselben Wert als Leitfossilien wie beispielsweise den Mollusken beilegen kann, und sich zweifelsohne noch viele Arten, welche wir heute bloß aus oberen Kreideschichten kennen, auch in tieferen Niveaus finden werden, . . . so scheint hier doch ein solches Überwiegen von Formen der senonen und turonen Kreide gegenüber den rein unterkretazischen Arten vorzuliegen, daß man die fraglichen Schichten wohl der oberen Kreide und unter Berücksichtigung der petrographischen Beschaffenheit dem Pläner zurechnen darf." (Z. deutsch. geol. Ges. **26,** S. 976).

In Österreich dürfte die erste mikropaläontologische Altersbestimmung von Bohrproben 1871 von F. KARRER (1825–1903) vorgenommen sein. Es handelt sich um eine Wasserbohrung durch miozänen Tegel, von der die Mikrofossilien qualitativ und quantitativ angegeben wurden (Jb. Geol. L.-Anst. Wien **21**).

M. HANTKEN (1821–1893) konnte 1884 petrographisch einander ähnliche Scaglia aus der Oberkreide und Alttertiär der Westalpen ausschließlich mittels Foraminiferen unterscheiden.

In diesem Zusammenhang muß auf weitere Arbeiten von J. CZJZEK (1806–1855), J. L. NEUGEBOREN (1807–1887), F. KARRER, F. TOULA, (1845–1920) und später auch von A. RZEHAK (1855–1923) in Mähren hingewiesen werden, die zum Teil auch versuchten, das Alter von Aufschluß- und gelegentlich auch Bohrproben auf Grund der Mikrofossilführung festzulegen.

Etwa zur gleichen Zeit wird auch in anderen Gebieten die Mikropaläontologie zur Einstufung von Schichten benutzt. In der Schweiz beschrieben die Pfarrherren J. KÜBLER und H. ZWINGLI und dann vor allem R. HAEUSLER (1881–1893) zahlreiche Foraminiferen aus dem Jura. Letzterer schließt wie folgt: „Wie weit sich die Foraminiferen als Leitfossilien eignen werden, läßt sich heute kaum bestimmen. Doch zweifle ich keinen Augenblick, daß sie einst als solche eine sehr wichtige Stelle einnehmen werden. Selbst wenn der petrographische Charakter zweier verschieden altriger Niederschläge und daher auch der Gesamtcharakter der mikroskopischen Tierwelt der nämliche ist, fallen bei Durchsehen des Schlämmrückstandes gewisse Verschiedenheiten sofort ins Auge, und ich habe wiederholt Gelegenheit gehabt, mich im Aargauer Jura zu überzeugen, daß in der Regel ein winziger Tropfen des Rückstandes genügt, um mit vollständiger Sicherheit das geologische Alter des Gesteins angeben zu können." (R. HAEUSLER: 1890 Abh. schweiz. Pal. Ges. **17**, S. 10).

F. J. KAUFMANN (1825–1892) zog seit 1862 bei seinen Geländearbeiten tertiäre und kretazische Foraminiferen für seine Alterseinstufung heran.

1883 erschienen auch die vom Geological Survey of Canada herausgegebenen Contributions to Canadian Micro-Palaeontology, worin A. H. FOOD im 1. Band über Bryozoen und Korallen und 1892 auch D. RÜST über Radiolarien publizierte.

In England beschrieb T. R. JONES 1884 die Foraminiferen und Ostracoden einer Tiefbohrung bei Richmond und identifizierte damit die Schichten als jurassisch. Ch. D. SHERBORN (1861–1942) und Fr. CHAPMAN (1864–1943) nahmen 1887 eine Reihe von mikropaläontologischen Altersbestimmungen vor, so von der Menx's Artesian boring in Tottenham und Kanalisations-Schächten einer Wasserbohrung von Hergott Springs in Australien als kretazisch und Fr. CHAPMAN 1900 die einer kalifornischen Ölbohrung als Mio-Pliozän, wobei er die Vergesellschaftung vor der Einzelform als entscheidend für die Einstufung hinstellte.

In Polen benutzte T. WISNIOWSKI (1865–1933) zur Einstufung jurassischer Schichten Kleinforaminiferen und mikroskopische Spongienreste.

In Rußland erschienen von J. MUSCHKETOW (1850–1902), S. N. NIKITIN (1851–1909) und Th. TSCHERNYSCHEW (1856–1914) stratigraphische Fusulinen-Arbeiten. Besonders die 20 Publikationen von P. A. TUTKOWSKI (1858–1930) zeigen, inwieweit damals von ihm die Mikropaläontologie zur Horizontierung von Bohrungen herangezogen werden konnte

(Abh. d. Naturw. Ver. Kiew 1886–1900). P. A. TUTKOWSKI behandelte die Tertiär-Ablagerungen Wolhyniens und Podoliens, von Kiew, Kertsch und Poltawa und die Kreide von Lublin, Radom, Kiew usw. Für 72 Lokalitäten Süd-Rußlands unterschied er folgende durch ihre Mikrofauna charakterisierte Stufen: Unter-Kelloway, Oberkreide, Spondylus-Stufe, 2. mediterrane Stufe und den Ervillien-Horizont. Die wichtigste allgemeine Folgerung aus seinen Arbeiten sieht P. A. TUTKOWSKI darin, „daß die Mikrofaunen der Ablagerungen, welche ein verschiedenes geologisches Alter haben, voneinander scharf getrennt sind. Der allgemeine Habitus der Mikrofauna jeder geologischen Etage ist ganz charakteristisch, selbständig und eigenartig, so daß im Betreff der von mir studierten Ablagerungen die Untersuchungen der Mikrofauna als ein völlig sicheres Mittel zur Bestimmung des geologischen Alters dienen kann".

1882 bis 1892 von V. UHLIG (1857–1911) in Wien und von A. HOSIUS (1825–1896) in Münster/Westf. durchgeführte Arbeiten versuchten mikropaläontologische Altersbestimmungen von Kreide- und Tertiär-Sedimenten.

Schon in etwas größerem Umfange wurden mikrostratigraphische Bestimmungen bei den Kali-Bohrungen im Elsaß angewandt, wie aus den Publikationen von A. ANDREAE (1859–1905) und B. FÖRSTER aus den Jahren 1887 und 1899 ersichtlich ist. Die von ihnen zuerst gegebenen Listen der vertikalen Fossilverbreitung wurden später noch ergänzt, so daß eine Gliederung des Tertiärs nach mikropaläontologischen Leitschichten möglich war.

K. A. v. ZITTEL (1839–1904) hat durch Spezialarbeiten, wie über Oberkreide-Radiolarien (1876), Pliozän-Amphisteginen, Conodonten, durch die diesbezüglichen Abschnitte in seinem Handbuch der Paläontologie und vor allem aber durch Betonung der Mikroskopie fossiler Schwämme auch die Mikropaläontologie wesentlich gefördert. Die Arbeiten des ZITTEL-Schülers G. STEINMANN (1856–1929) sind für unsere Kenntnisse der Radiolarien von gleicher Bedeutung wie für die Beurteilung von Hydrozoen und Kalkalgen.

1890–1891 führte G. SCHACKO (1824–1917) für den Landesgeologen G. BERENDT mikrostratigraphische Bestimmungen von Probenserien Berliner Tiefbohrungen durch. G. SCHACKO (Arch. Ver. Freunde Nat. Mecklenburg 1897) kommt bei der Bohrung Gr. Lichterfelde im Gegensatz zu der auf Gastropoden fußenden Paläozän-Bestimmung des A. v. KOENEN (Jb. preuß. geolog. L.-Anst. 1890) zu dem Schluß, daß es sich nach der Mikrofauna um tiefere Kreide handele. Dieser Mikrobefund konnte letzthin durch C. A. WICHER (1901–1957) bestätigt und sogar noch spezifiziert werden. (Oel und Kohle **39**, Berlin, S. 442).

G. SCHACKO soll eine der vollständigsten damaligen Foraminiferen-Sammlungen gehabt haben. 1882 regte er durch seinen Fund von Embryonen in einer *Peneroplis* genetisch wichtige Arbeiten von O. BÜTSCHLI (1880 bis 1889), L. RHUMBLER (1888–1912) und F. WINTER (1907) an.

In der Bohrung Hirschgarten bei Berlin-Köpenick entdeckte G. SCHACKO in 318 m Vorläufer der tertiären Hantkeninen.

Für E. KOKEN (1860–1912), der die mikroskopischen Fischotolithen stratigraphisch unterschied, fertigte er die mikroskopischen Fossilpräparate an.

1875 machte F. TOULA (1845–1920) (Mitt. geogr. Ges. Wien **19**) auf die Bedeutung mikrofaunistischer Tiefsee-Untersuchungen aufmerksam.

1896 gab J. NIEDZWIECKI (1845–1918) ein Verzeichnis von 79 Foraminiferen einer Tiefbohrung im Stadtgebiet von Lemberg und knüpfte daran stratigraphische Folgerungen. E. STOLLEY (1869–1944) erkannte 1899 mikropaläontologisch Diluvialgeschiebe als Londonton.

Der erste Einsatz der angewandten Mikropaläontologie für die praktische Ölgeologie wurde durch Józef GRZYBOWSKI (1869–1922) in Westgalizien verwirklicht. In seinen in polnischer Sprache erschienenen „Mikroskopischen Untersuchungen von Bohrschlamm von Ölbohrungen" (Kosmos **22**, Lemberg 1898) werden Bohrprofile eines engeren Gebietes in mikropaläontologische Horizonte gegliedert. Mittels dieser Horizonte wird dann eine graphische Korrelation benachbarter Bohrungen durchgeführt (Abb. 1). Schon 1895 hatte GRZYBOWSKI betont, daß man seit den von SZAJNOCHA 1891 von Dukla genannten Kleinforaminiferen nicht mehr von einer Fossilfreiheit des Flysches sprechen kann. Weiter weist GRZYBOWSKI (1895, S. 523) darauf hin, daß ohne eine mikropaläontologische Bearbeitung der Bohrproben eine gesteigerte Bohrtätigkeit für eine wissenschaftliche Auswertung nutzlos ist, und daß der Begleitzettel einer Probe die technischen und geologischen Daten enthalten muß, da diese für die Bearbeitung und für später sehr wichtig sind. Dieser Vorstoß blieb in seinen Anfängen stecken und kam weder zur praktischen noch zur wissenschaftlichen Auswirkung, da die Flysch-Bildungen stratigraphisch und faunistisch eine Sonderstellung gegenüber den anderen Sedimenten einnehmen (vergl. H. HILTERMANN 1943).

Weniger bekannt ist, daß auch die Anwendung der ja schon viel früher angebahnten Pollenanalyse durch einen ähnlichen Grund verzögert wurde. GÖPPERT's Pollen stammten, wie vorher ausgeführt wurde, aus Ablagerungen des Tertiärs, wo in ähnlicher Weise Schwierigkeiten einer stratigraphischen Auswertung bestehen, so daß seine Anregungen damals keinen Widerhall finden konnten.

C. A. WEBER (1856–1931) blieb es vorbehalten, 1893 und 1896 die Pollenanalyse in die Moorgeologie einzuführen. Die wichtigsten methodischen Voraussetzungen lieferten dann die Skandinavier: G. LAGERHEIM (1860–1926) und N. O. HOLST (1846–1918) gaben 1901, 1902 und 1909 die ersten quantitativen Aufstellungen. L. v. POST (1884–1951) entwickelte 1916 als entscheidende Grundlage für die heutige geologisch-chronologische Auswertung das „Pollen-Diagramm" als die graphische Darstellung der Zähl-Ergebnisse. G. ERDTMAN's „Pollenanalytische Untersuchungen von Torfmooren und marinen Sedimenten in Südwest-Schweden" (1921) regten dann die analogen Arbeiten u. a. von T. W. S. DOKTUROWSKY (1923), K. RUDOLPH und F. FIRBAS (1923 und 1924), F. KIRCHHEIMER, P. STARK und K. BERTSCH an.

Die Palynologie des Präquartärs kam, wie im folgenden Kapitel ausgeführt wird, erst später zur praktischen Anwendung, wenn auch H. POTONIÉ (1857–1913) schon 1893 den Begriff *„Sporites"* prägte und H. STÜCK 1913 die ersten Sporen aus dem Staßfurter Zechsteinsalz publizierte.

Die 1903 von R. J. SCHUBERT (1876–1915) von der Welser Tiefbohrung gegebenen Fossil-Listen halten sich streng an die jeweilig durchteuften Schichtenkomplexe, so daß man heute noch anhand seiner Angaben die vertikale Verbreitung der Mikrofauna rekonstruieren kann.

Aus dem Jahre 1904 liegen zwei Versuche mikropaläontologischer Altersbestimmungen vor, einmal bei einer Erdölbohrung durch A. STEUER (1867–1936) und dann bei Wasserbohrungen der Stadt Memel, deren Mikrofaunen R. BRÜCKMANN mit dem Ornatenton von Tschulkowo verglich. Mit mehr Erfolg konnte 1909 im Anschluß an A. ANDREAE's (1859–1905) Darstellung der Vertikalverteilung mitteloligozäner Foraminiferen E. SPANDEL (1855–1909) und ihm folgend A. BÖHL (1928) im Mainzer Becken den 120 m mächtigen Rupelton noch Foraminiferen dreigliedern.

A. FRANKE (1860–1942) untersuchte bei den staatlichen Tiefbohrungen in den Vierlanden bei Hamburg bei der Bohrung XVI die Mikrofauna eines Schichtenkomplexes von 170 m und stufte diesen altersmäßig ein. A. FRANKE (1912, S. 32) gab eine ausführliche Tabelle der Vertikalverbreitung von oligozänen Ostracoden und Foraminiferen. Wenn auch diese Arbeiten von A. FRANKE heute vorwiegend historisch wichtig sind, so hat er den Weg für die ungeahnte Entwicklung der stratigraphischen Mikropaläontologie methodisch vorbereitet. Durch ihn wurde erst allgemein bekannt, daß durch die Kristallisations-Sprengung auch aus härteren Gesteinen die Mikrofossilien unbeschädigt herauspräpariert werden können. Er entwickelte die bekannte „FRANKE'sche Zelle", die seit 1923 durch Hugo WEISE/Thü-

ringen in allen mikropaläontologischen Laboratorien der Welt Eingang gefunden hat und auch heute noch die einzige bewährte Aufbewahrungsform für körperlich erhaltene Mikrofossilien darstellt.

F. TOULA stellte 1915 die Vertikalverbreitung der Mikrofauna einer Wasserbohrung in Mödling bei Wien tabellarisch zusammen und verglich sie mit einer ebenso von ihm bearbeiteten Liesinger Wasserbohrung und schon bekannten Mikrofaunen.

A. LIEBUS (1876–1945) und R. SCHUBERT (1876–1915) zogen Kleinforaminiferen zu geologischen Kartierungsarbeiten heran, wenn auch die meisten ihrer Einstufungen den damaligen Kenntnissen entsprechend noch unzureichend blieben.

Auf Veranlassung von K. OEBBEKE wurden schon seit 1908 von J. G. EGGER (1824–1917) Bohrproben aus dem Erdölgebiet von Tegernsee mikropaläontologisch untersucht. Diese durch den Tod von J. G. EGGER unterbrochenen Arbeiten wurden später auf die gleiche Veranlassung hin 1918 von B. FÖRSTER wieder aufgenommen. Da eine Isolierung der Mikrofossilien aus härterem Gestein Schwierigkeiten machte, wandte er vorwiegend die Dünnschliff-Untersuchung an. Von etwa 20 Bohrungen wurden Bohrproben untersucht, ihre Mikrofossil-Führung festgelegt und bei der Horizontierung und stratigraphischen, ja sogar tektonischen Auswertung herangezogen, natürlich in den Grenzen, die durch die Methode gesetzt waren.

Aber alle Pionierarbeiten stellen nur unbefriedigende Ansätze dar, wenn man bedenkt, daß sich inzwischen die übrige Paläontologie, vor allem die Ammoniten-Paläontologie, als entscheidendes Fundament der Stratigraphie bewährt hatte. Demgegenüber war eine Altersbestimmung von Schichten mittels Mikrofossilien nur sehr bedingt möglich und blieb ohne Einfluß auf die Geologie, weil fast ausnahmslos mit zu umfassenden taxionomischen Einheiten gearbeitet wurde. Viele Fossilien – vorwiegend waren es Foraminiferen – wurden mit den rezenten Arten gleichgesetzt. Als Unterlage für Altersvergleiche diente sogar häufig nur dieselbe Gattungs-Zugehörigkeit. Abgesehen von leicht schlämmbaren Tonen bevorzugte man isolierte Zufallsfunde von Einzelformen oder Schliffe. Es fehlten die Aufbereitungs- und Anreicherungs-Techniken, die erst ein erfolgreiches Arbeiten mit Mikrofossilien ermöglichten. Infolgedessen erhielt man nur die häufigsten Mikrofossilien und bekam faziesfremde leitende Formen überhaupt nicht zu Gesicht. Von seiten der Praxis bestand außerdem weder eine Notwendigkeit noch ein Anreiz, Mikrofossilien stratigraphisch zu benutzen.

Ein weiterer Grund für die Vernachlässigung der Mikrofossilien als Leitfossilien liegt darin, daß die Taxionomie der Mikrofossilien damals nicht

von Geologen und Paläontologen bearbeitet wurde, sondern fast nur von Zoologen und Biologen. Auf dem Gebiete der Foraminiferen hatte nachhaltigsten Einfluß die Schule des bedeutenden englischen Zoologen W. WILLIAMSON (1848–1884), aus der über ein Dutzend der namhaftesten und einflußreichsten Foraminiferen-Forscher hervorgingen. W. WILLIAMSON glaubte damals, den Nachweis führen zu können, daß die einzelligen Lebewesen, insbesondere die Foraminiferen, biologisch und phyletisch anderen Gesetzmäßigkeiten unterworfen wären als die Vielzeller, daß aus diesem Grunde der übliche Artbegriff gar nicht gebraucht werden dürfte, daß vielmehr fließende Übergänge alle Versuche vereiteln würden, Foraminiferen als Leitfossilien zu benutzen. Die Beweisführung dieser – wie wir heute wissen – auf unzureichenden Unterlagen basierenden Annahmen erschien so lückenlos, daß die WILLIAMSON'schen Lehren von fast allen Geologen und Paläontologen angenommen wurden, auch noch von J. WALTHER (1860–1937), W. DEECKE (1862–1934) und C. DIENER (1862–1928). Die großen Verdienste der englischen Mikrozoologie bleiben hierdurch unangetastet. Es soll nur auf folgende verdiente Foraminiferen-Forscher der Schule von W. WILLIAMSON hingewiesen werden: R. M. BAGG (1869–1946), H. B. BRADY (1835–1891), W. B. CARPENTER (1813–1885), F. CHAPMAN (1864–1943), A. EARLAND (publ. 1891–1899), J. M. FLINT (publ. 1886 bis 1889), A. GOES (publ. 1882–1896), F. HERON-ALLEN (1861–1943), T. R. JONES (1819–1911), W. K. PARKER (1823–1890), Ch. D. SHERBORN (1861 bis 1942) und J. WRIGHT (1834–1923). Besonders H. B. BRADY's unübertrefflicher Challenger Report (1884) hat seit Jahrzehnten auch auf die Paläontologie der Foraminiferen nachhaltigsten Einfluß ausgeübt.

Um die Jahrhundertwende sind auch auf anderen Gebieten und in anderen Ländern wichtigste Grundlagen für die Mikropaläontologie gelegt worden. So stieg E. O. ULRICH (1857–1944), der zunächst als Fossil-Zeichner zum U.S. Geol. Survey kam, zu einer Autorität für paläozoische Bryozoen, Conodonten und Ostracoden auf. T. MORTENSEN (1868–1952) gab in seinen umfassenden Monographien mit die Basis für die geologische Anwendung mikroskopischer Echinodermen-Reste.

Der norwegische Zoologe C. O. SARS begründete 1863 in einem Dutzend meist umfangreicher Publikationen über marine und limnische Ostracoden das System käno- und mesozoischer Ostracoden. – E. SCHELLWIEN (1866–1906) publizierte über Fusulinen. J. H. BONNEMA (1864 bis 1941) über paläozoische und kretazische Ostracoden – als erster brachte er davon 1909 Mikrophotos statt Zeichnungen – und J. PERNER (1869 bis 1947), W. FRIEDBERG (1873–1941), V. MADSEN (1865–1947) und ALFREDO SILVESTRI (1867–1950) über kretazische und tertiäre Foraminiferen. 1893 benutzte F. PROCRAZKA Foraminiferen, Ostracoden und Otolithen zur

Klärung der Miozän-Stratigraphie von Seelowitz in Mähren. In den Erdölgebieten Rumäniens setzte sich schon ab 1921 R. NOTH (1884–1954) für mikrostratigraphische Untersuchungen ein. Er hatte 1912 über Foraminiferen seiner Heimat (Flyschkarparten) promoviert.

Doch muß man zusammenfassend feststellen, daß mikroskopische Fossilien bis dahin bei weitem vorwiegend aus Liebhaberei untersucht wurden, wogegen sich die Paläontologie der größeren Fossilien als Konsequenz und Grundlage der fortschreitenden Stratigraphie weiterentwickelte. Nur diese Wissenschaft wurde damals ein brauchbares Instrument der Praxis, die noch nicht in dem Maße eine exakte Feinstratigraphie zur Klärung der Paläogeographie und Tektonik forderte wie heute. Diese letzten Forderungen der Praxis, vor allem der Erdöl-Bohrtätigkeit, haben dann die modernen Beobachtungs- und Bearbeitungs-Grundlagen der Mikropaläontologie geschaffen.

IV. Die stratigraphisch angewandte Mikropaläontologie

Erst die beharrlichen Arbeiten der Amerikaner J. J. GALLOWAY und J. A. CUSHMAN führten zu einer Weiterentwicklung.

J. J. GALLOWAY (1882–1962) hatte sich seit 1906 mit paläozoischen Bryozoen, Ostracoden und Brachiopoden beschäftigt und dehnte diese Arbeiten im Laufe der Jahre auf die übrigen Formationen und weitere Fossilien aus. 1917 erkannte er die Bedeutung der Foraminiferen für die Klärung der Oberkreide- und Tertiär-Stratigraphie. Er konnte an den Amerikaner J. A. UDDEN (1859–1923) anknüpfen, der 1908 bis 1914 Bohrproben mikropaläontologisch eingestuft und auf die Vorteile dieser Methode hingewiesen hatte, J. J. GALLOWAY stellt fest: „Foraminiferen sind, wenn sie einwandfrei bestimmt sind, schließlich jeder Art von Fossilien in bezug auf leichte Identifikation und sichere Korrelation gleichzusetzen." (J. J. GALLOWAY 1926, S. 567). „Das Alter von Schichten kann mittels kleiner oder großer Foraminiferen genau so sicher bestimmt werden wie mit jedem anderen marinen Fossil." Dasselbe gab er an für „die Fixierung von Zonen und Horizonten durch ihre Foraminiferenführung"; „die häufig wiederholte Angabe, daß sich Foraminiferen als einzellige und primitive Organismen in der geologischen Zeit sehr wenig geändert hätten, entspricht nicht den Tatsachen, vielmehr sind sie weder primitiv noch einfach, sondern hoch entwickelt und in mannigfaltiger Weise spezialisiert". (J. J. GALLOWAY 1933, S. 2).

J. A. CUSHMAN (1881–1949), von Haus aus Protozoologe, kam von einer ganz anderen Seite zur Mikropaläontologie. 1901 hatte er sich zu-

nächst mit rezenten Foraminiferen beschäftigt, über die er 1905 publizierte. Seine umfassende Neubearbeitung der Foraminiferen der Albatross-Fischerei-Expedition legte den Grund zu der in 6 Teilen 1910 bis 1917 erschienenen „Monograph of the Foraminifera of the North Pacific Ocean". Der U.S. Geological Survey regte ihn zur Bearbeitung fossiler Foraminiferen an. Dabei wurde es J. A. CUSHMAN klar, daß die angebliche Lebensdauer „vom Cambrium bis recent" für viele Foraminiferenarten nicht stimmen konnte. Es trat an ihn die Aufgabe heran, mittels Kleinforaminiferen in einer Wasserbohrung die Kreide-Tertiär-Grenze zu fixieren. Die 1914 von STEPHENSON publizierte Notiz über diese Bohrung in S-Carolina gab die Anregung zum Studium der Kleinforaminiferen für die Ölgeologie. Die über Kleinforaminiferen mexikanischer Erdölgebiete 1925 bis 1927 erschienenen zehn CUSHMAN'schen Publikationen waren mehr biologisch-taxionomisch. Die 1932 folgenden Arbeiten von P. WHITE und W. L. F. NUTTAL brachten deren stratigraphische Anwendung für Oberkreide und Tertiär.

1927 wurde unter besonderer Berücksichtigung der Mikropaläontologie eine Society of Economic Paleontologists and Mineralogists gegründet. Als ihr Publikumsorgan wurde das Journal of Paleontology ins Leben gerufen, dem sich 1935 auch die Paleontological Society of America anschloß.

Es liegen 554 CUSHMAN'sche Publikationen vor, teilweise grundlegend, zum anderen aber spärliches Ausgangsmaterial wiederholt aufgreifend. 1923 gründete er in Sharon/Mass. ein eigenes Foraminiferen-Institut. 1925 wurde in Form der „Contributions from the CUSHMAN Laboratory for Foraminiferal Research" ein eigenes Publikationsorgan geschaffen. Die Arbeiten von CUSHMAN behandeln vorwiegend die Taxionomie rezenter, tertiärer und kretazischer Foraminiferen. Seine Monographien einzelner Foraminiferengruppen wurden eingeleitet durch die gemeinsam mit Y. OZAWA erfolgte Polymorphinen-Bearbeitung (1928–1930).

Beide, GALLOWAY und CUSHMAN, waren unabhängig voneinander zu denselben, grundsätzlich übereinstimmenden Ergebnissen gekommen (vergl. M. F. GLAESSNER 1945, S. 213):

1. Die Mikrofossilien, insbesondere die Foraminiferen, können in der Geologie ebenso angewandt werden wie die Megafossilien,

2. die bis dahin verbreitete Lehre von einer biologischen Sonderstellung der Einzeller ist falsch, und

3. es liegen sogar Anwendungsmöglichkeiten vor, die über die der bisherigen Paläontologie hinausgehen.

Diese Anfangserfolge wurden von der amerikanischen Erdölgeologie 1917 zuerst in Mexiko aufgegriffen und ausgebaut. In Kürze richtete eine Ölgesellschaft nach der anderen ihr eigenes mikropaläontologisches Laboratorium ein. 1924 wurde die Mikropaläontologie in Amerika von Universitäten in den Lehr- und Forschungsbetrieb aufgenommen. Die Columbia-Universität richtete damals innerhalb der Gruppe Geologie-Geographie-Mineralogie für die Mikropaläontologie ein besonderes Fach unter Prof. GALLOWAY ein. Der erste Kursus wurde wie folgt angekündigt:

„Geology 207–208. – Micropalaeontology . . . Professor GALLOWAY"

The principles of Paleontology, classification and nomenclature, the use of paleontological literature and the identification of small forms with the microscope. Special attention is given to the use of minute fossils, mainly Foraminifera, Bryozoa, and Ostracoda, in the solution of stratigraphical and structural problems. (C. CRONEIS 1941, S. 1219).

Wichtig ist, daß in Amerika die Mikropaläontologie als Mikrostratigraphie eng gekoppelt war mit der Mikrolithologie, eine Empfehlung, die schon 1893 Joh. WALTHER (1860–1937) für seine die Paläontologie, Stratigraphie und Paläogeographie in gleicher Weise umfassende Historische Geologie gegeben hatte.

Für die in der amerikanischen Ölgeologie folgende schnelle Ausweitung der Mikropaläontologie war der Gesichtspunkt maßgebend, daß die Kosten der Einrichtung und Unterhaltung eines mikropaläontologischen Laboratoriums in keinem Verhältnis stehen zu denen einer einzigen Fehlbohrung.

. Es ist in diesem Rahmen ausgeschlossen, aus der Fülle wichtiger amerikanischer Arbeiten dieser Zeit auch nur die wichtigsten namhaft zu machen. Es eröffnete sich durch sie eine Möglichkeit, vom „wildcat drilling" eine stratigraphisch fundierte und kontrollierte Erdöl-Bohrtätigkeit zu erreichen. Für die Anfangszeit hat auch die 1927 von H. J. PLUMMER (1891–1951) veröffentlichte Bearbeitung der Midway-Foraminiferen einen nachhaltigen Einfluß gehabt.

Mit der Intensivierung der Bohrtätigkeit in Deutschland setzte auch hier die Forderung nach einer exakten Feinstratigraphie ein.

Seit dem Jahre 1931 hat die Shell (Gewerkschaft Rudolph I) ihre laufenden Bohrungen mikropaläontologisch untersuchen lassen, zuerst von H. E. THALMANN und R. E. KOCH, dann von F. E. HECHT. Die in diesem Rahmen in den ersten vier Jahren erzielten Erfolge wurden von F. E. HECHT (1937) zusammengestellt.

Unabhängig davon nahm O. STUTZER im Institut für Brennstoff-Geologie an der Bergakademie Freiberg/Sa. ab 1. Mai 1931 „Die Erforschung der Foraminiferen norddeutscher Erdölfelder" in Angriff. Als Ausgangsbasis diente die Unterkreide-Folge des Mittellandkanal-Profiles von Wenden, in dem W. EICHENBERG (1931–1935) eine große Zahl von leitenden Foraminiferen fand, die eine Stratigraphie der Unterkreide ermöglichten.

Schon 1928 hatte K. STAESCHE in der damaligen Preußischen Geologischen Landesanstalt in Berlin damit begonnen, Mikrofossilien für die Tertiär-Stratigraphie zu benutzen, da Megafossilien fehlten. Seit 1930 wurden von ihm in steigendem Maße Bohrprofile bearbeitet. Es zeigte sich, daß im nordwestdeutschen Tertiär eine streng gesetzmäßige Aufeinanderfolge verschiedener Mikrofossilien vorhanden ist, „die sich in allen Bohrungen fast in gleicher Weise wiederholt und die daher als eine paläontologische oder wie man heute sagt, ‚mikrobiostratigraphische' Gliederung angesehen werden darf". (K. STAESCHE Jb. Geol. L.-A. Berlin 1938, S. 731).

Für die Unterkreide hatten die Arbeiten von W. EICHENBERG dasselbe Ergebnis gebracht. Es konnten also die damals in Deutschland noch weit verbreiteten Vorurteile gegen die stratigraphische Brauchbarkeit von Foraminiferen nicht länger aufrecht gehalten werden. Die gleichzeitige Ostracoden-Bearbeitung von H. WEBER (1934) brachte die Entdeckung der für das Hauterive als Leitfossil wichtigen Ostracode *Cyterelloidea ovata.* Zur nachhaltigen Auswirkung kam dann die auch auf dem Mittellandkanal-Profil basierende „Standard-Gliederung der NW-deutschen Unterkreide nach Foraminiferen", die von F. HECHT aufgestellt und 1938 publiziert wurde. Der Hinweis von F. PERSCH (1933) auf die Erfolge der Mikrofaunistik in Kalifornien war also nicht vergeblich gewesen. 1933 erfolgten in Deutschland von der Erdölindustrie noch zwei Neugründungen mikropaläontologischer Laboratorien, und zwar von W. SCHEFFEN bei der Deutschen Vacuum Oel AG in Hamburg und von W. HEISE (1896–1937) bei der Gewerkschaft „Anschluß" in Hannover.

Dank der Initiative von A. BENTZ, des damaligen Leiters des Institutes für Erdölgeologie der Preuß. Geologischen Landesanstalt, wurde 1933 in Berlin unter Zusammenfassung schon bestehender Arbeitsrichtungen (Rob. POTONIÉ: Tertiärpollen, K. STAESCHE: Tertiärforaminiferen und C. A. WICHER: Karbonsporen) eine staatliche Untersuchungskommission für Mikropaläontologie geschaffen. Da aber die Erdölgeologie in NW-Deutschland in steigendem Maße eine Feinstratigraphie des Mesozoikums benötigte, konzentrierte C. A. WICHER (1901–1957) den Einsatz dieser Untersuchungsstelle seit 1934 auf Jura- und Kreide-Sedimente. „Liegen doch gerade in der Tatsache, daß Mikrofossilien an sich in jedem Sediment vorkommen können und nicht nur auf solche mariner Herkunft beschränkt sind, stratigraphische Möglichkeiten, die heute in ihrer Tragweite noch gar nicht

zu übersehen sind. Konsequente Arbeit auf weite Sicht dürfte es hier durchaus möglich machen, Altersgleichstellungen von marinen Sedimenten über brackische bis zu limnisch-terrestrischen selbst auf weitere Entfernung hin vorzunehmen. Eine ganze Reihe schöner Ansätze dazu sind schon vorhanden. Was bedeutet es z. B. anderes, wenn ein Samenrest in der nordwestdeutschen Unterkreide (in marinen Schichten mit schwachen limnisch-terrestrischen Einlagerungen) zusammen mit Foraminiferen gefunden wird, die eine Altersbestimmung erst möglich machen, wenn dieser gleiche Samenrest in einer bestimmten limnischen Schichtenfolge Westafrikas, deren Alter zwischen Paläozoikum und Tertiär angegeben wird, ohne Foraminiferen vorkommt? Oder wenn einzelne Ostracoden brackischer Sedimente sich in einer anderen Gegend in solchen mariner Herkunft finden." (C. A. WICHER 1942, S. 49). Seit 1934 wurden in NW-Deutschland auf Anregung von S. HEISE regelmäßige „Austauschsitzungen für Mikropaläontologie und Stratigraphie" abgehalten.

Dank Rudolf RICHTER (1881–1957) sind aus dem Senckenberg-Museum und dem Geologischen Institut der Universität Frankfurt/M. zahlreiche mikropaläontologisch grundlegende Publikationen erschienen. In erster Linie ist hinzuweisen auf E. TRIEBEL, der erst die klassischen Arbeiten von G. O. SARS (1805–1891) und von G. W. MÜLLER (1857–1940) und die Extremitäten-Taxionomie von W. KLIE (1880–1951) für fossile Ostracoden anwendbar machte. Weiter sind hier die Frankfurter Dissertationen über die Foraminiferen von Lias und Dogger (H. BARTENSTEIN und E. BRAND 1937) und über die Ostracoden von Purbeck-Wealden (G. MARTIN 1940) zu nennen. Eine Zusammenstellung der weiteren, bis zum Kriegsende in Deutschland erzielten mikrostratigraphischen Ergebnisse finden sich bei H. HILTERMANN 1947.

Der Utrechter Universitätsprofessor M. G. RUTTEN (1884–1946) zog in zahlreichen Arbeiten Foraminiferen zur Lösung geologischer Fragen vor allem in Niederländisch-Indien heran. Dasselbe gilt für A. TOBLER (1872–1929), der von 1906 bis 1929 u. a. Großforaminiferen aus dem Alttertiär von Sumatra, Mittelamerika und den Schweizer Alpen bearbeitete. Neben J. J. GALLOWAY und J. A. CUSHMAN hat M. F. GLAESSNER eine große Bedeutung für die Entwicklung der heutigen Mikropaläontologie durch seine Lehrtätigkeit, seine Kaukasus-Publikationen (1936–1937) und sein 1945 erschienenes Lehrbuch „Principles of Micropaleontology" gehabt. Bezüglich origineller Grundlagenforschung und gewissenhaftem Arbeitseifer ist der Javaner TAN SIN HOK (1902–1945) vergleichbar mit dem auf ähnlich tragische Weise zu Tode gekommenen Österreicher R. SCHUBERT. Während letzterer die Taxionomie der Kleinforaminiferen entscheidend beeinflußte, veröffentlichte TAN SIN HOK von 1934 bis 1937 grundlegende Neuergebnisse über die Phylogenie von Großforaminiferen und über das fossile Nannoplankton.

Abgesehen von den erwähnten grundlegenden Ostracoden-Publikationen von E. TRIEBEL rückt auch diese eine Zeitlang nicht so intensiv bearbeitete Fossilgruppe immer mehr in den Vordergrund der Forschung (F. W. ANDERSON, P. C. SYLVESTER-BRADLEY u. a.). Hierfür sind vor allem zwei Gründe maßgebend: man hat gesehen, daß man mit Populationen arbeiten muß und die Foraminiferen allein nicht herausnehmen darf; weiter zeigen auch die Ostracoden-Schalen in allen Formationen Merkmale, die eine Unterscheidung und Fixierung kurzlebiger, stratigrapisch anwendbarer Arten gestatten.

An anderer Stelle wurden schon die Otolithen erwähnt; diese in Schlämmrückständen besonders häufigen und u. a. schon von E. KOKEN (1884–1891), R. J. SCHUBERT (1906–1916) und F. PRIEM (1914) beschriebenen Fischresten kommt nach den grundlegenden Arbeiten von W. WEILER eine immer größere Bedeutung zur Klärung stratigraphischer, palökologischer und paläogeographischer Fragen zu.

Eine steigende Bedeutung für die Stratigraphie fossilarmer, häufig schwer aufbereitbarer paläozoischer Schichten erhielten die Conodonten. Nach den grundlegenden Publikationen von E. B. BRANSON & M. G. MEHL (1933–1941) war es auch hier wieder die amerikanische Ölgeologie, die die Anregung gab zu den Arbeiten von Ch. L. COOPER (1939), S. P. ELLISON (1944–1946), F. H. GUNNEL (1933), J. W. HUDDLE (1934), C. R. STAUFFER (1932–1940) und W. YOUNGQUIST (1945–1947).

Auf die stratigraphische Bedeutung mikroskopischer Pflanzenreste aus Tertiär und älteren Formationen wurde erst von J. PIA, F. KIRCHHEIMER und R o b e r t POTONIÉ nachhaltig hingewiesen. J. PIA (1897 bis 1943) kam etwa seit 1920 von seinen Algenstudien zur Lithogenese der Kalksteine und damit zur Mikrofazies-Kunde. F. KIRCHHEIMER und R o b e r t POTONIÉ gaben 1928–1931 Tabellen und Tafeln zur Bestimmung vordiluvialer Pollen und Sporen heraus (vergl. E. STACH 1952). Schon 1935 konnte R. POTONIÉ unter dem Mikroskop eozäne, miözäne und pleistozäne Vergesellschaftungen unterscheiden. Auf seine Anregung folgten 1937 die Arbeiten über Tertiärpollen von G. V. RAATZ und vor allem von F. THIERGART, der 1940 seine Erfahrungen in dem Buch „Die Mikropaläontologie als Pollenanalyse im Dienst der Braunkohlenforschung" zusammenfaßte. Angaben über die historische Entwicklung der Arbeitsweisen finden sich bei F. KIRCHHEIMER (1941), K. BERTSCH (1942), G. ERDTMANN (1943) und R. KRÄUSEL & F. SCHAARSCHMIDT (1963). Megasporen wurden seit 1930 von J. ZERNDT und Th. LANGE zur Unterscheidung von Karbon-Ablagerungen angewandt. C. A. WICHER (Arb. Inst. Paläobot. Berlin 1934) zeigte durch seine eng zonierte Zerlegung eines Steinkohlen-Flözes Möglichkeiten der Auswertung von Mikrosporen für die Feinstratigraphie des Karbons.

Die Palynologie des Tertiärs wurde im niederrheinischen Braunkohlenrevier seit 1947 von G. KREMP, H. PFLUG, Rob. POTONIÉ, U. REIN und P. W. THOMSON in entscheidendem Maße gefördert.

Auf einem ganz anderen Gebiet hat der Bildhauer J. WALLNER (1908 bis 1935) in einer heute kaum wieder erreichten Weise gearbeitet; seine 1933–1940 publizierten Untersuchungen über Quellkalke führten ihn dazu, die Ursprungs-Algen aus dem mikroskopischen Kristallbild zu bestimmen.

Die Entwicklung der angewandten Mikropaläontologie erfolgt so schnell, daß die Grundlagenforschung hiermit nicht Schritt halten kann. Es ist zu wünschen, daß die paläontologisch-systematische Wissenschaft den durch die Anforderungen der Erdölpraxis erzwungenen großen Vorsprung der angewandten Mikropaläontologie einholt. Weiterführen werden nur paläontologische Arbeiten, die modernsten biologischen und phylogenetischen Grundsätzen gerecht werden, wie u. a. die grundlegenden Arbeiten von M. REICHEL und seiner Schule zeigen. Die Forschung kann sich dabei nicht begnügen mit einigen Einzelproben, sondern muß und kann aus der Fülle des überreichlich vorhandenen Materiales schöpfen. Wohl selten kann für phylogenetische Forschungen ein ähnliches reiches Material zur Verfügung gestellt werden wie durch die von der Praxis erarbeitete und erprobte, oft auf Zentimeter genaue Probenentnahme und Darstellung der Fossilführung. Ständiger Gedankenaustausch und ständige Kontrolle mit stratigraphisch einwandfreien Befunden werden hier der taxionomischen Wissenschaft den richtigen Weg zeigen. Die sich aus einer solchen Zusammenarbeit ergebenden fazieskundliche, stratigraphischen und paläogeographischen Möglichkeiten dürften sich heute noch nicht absehen lassen.

V. Wichtigste Schriften

BARKER, R. W. 1936: Micropaleontology in Mexico with Special Reference to the Tampico Embayment. – Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol. **20.**

BARTENSTEIN, H. 1948: Mikropaläontologische Untersuchungen zur Stratigraphie des westfälischen produktiven Oberkarbons. – Erdöl und Kohle **1,** Hamburg und Glückauf **81–84,** Essen.

BERTSCH, K. 1942: Lehrbuch der Pollenanalyse. Stuttgart.

BISCHOFF, G. & ZIEGLER, W. 1957: Die Conodontenchronologie des Mitteldevons und des tiefsten Oberdevons. – Abh. Hess. L.-A. f. Bodenforschung. Wiesbaden, **22.**

BROCKMANN, C. 1935: Diatomeen und Schlick im Jade-Gebiet. – Abh. senckenberg. Naturf. Ges. **430,** Frankfurt am Main.

CRONEIS, C. 1941: Micropaleontology – past and future. – Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol. **25.**

CRONEIS, C. 1942: New Frontiers in Micropaleontology. With Especial Reference to Petroleum Exploration. – Economic. Geology **37.**

CUSHMAN, J. A. 1924: The use of Foraminifera in Geologic Correlation. – Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol. **8.**

CUSHMAN. J. A. 1939: The Future of Paleontology. – Smithonian Report for 1938, Washington.

CUSHMAN, J. A. 1948: Foraminifera. Their Classification and economic use. – Cambridge/Mass. (l. ed. 1928).

CZJZEK, J. 1848: Beitrag zur Kenntnis d. foss. Foraminiferen des Wiener Beckens. – Haidingers naturw. Abh. **2,** Wien.

CZJZEK, J. 1852: Brunnenbohrung bei der Heilanstalt Pirawart im Weidental/Österreich. – Jb. geol. Reichsanst. Wien.

EHRENBERG, C. G. 1840: Über die Bildung der Kreidefelsen und Kreidemergel durch unsichtbare Organismen. – Abh. preuß. Akad. Wiss. Berlin, Phys. Kl. Jg. 1838.

EHRENBERG, C. G. 1854: Mikrogeologie. – Leipzig.

EICHENBERG, W. 1931: Die stratigraphische Bedeutung der Foraminiferen und anderer Mikroorganismen für die norddeutschen Erdölfelder. – Petroleum H. 47.

EICHENBERG, W. 1931: Der stratigraphische Wert der Foraminiferen der Unterkreide im nordwestdeutschen Erdölbecken. – Jber. Niedersächs. geol. Ver. Hannov. **24,** Hannover.

EICHENBERG, W. 1932: Die stratigraphische Bedeutung der Mikroorganismen, insbesondere der Foraminiferen der Unterkreide im nordwestdeutschen Erdölbecken. – Z. deutsch. geol. Ges. **84,** Berlin.

EICHENBERG, W. 1933: Foraminiferen aus dem Albien und Barrême von Wenden am Mittellandkanal. – Jber. niedersächs. geol. Ver. **25,** Hannover.

EICHENBERG, W. 1934: Mikrofaunen-Vergesellschaftung und Erdölbohrkern-Bestimmung. – Z. d. deutsch. geol. Ges. **86,** Berlin.

EICHENBERG, W. 1934: Foraminiferen aus dem Hauterive von Wenden am Mittellandkanal. – Jber. niedersächs. geol. Ver. **26,** Hannover.

EICHENBERG, W. 1935: Die Foraminiferen aus dem Apt von Wenden am Mittellandkanal. – Mitt. Roemer Mus. **37,** Hildesheim.

EICHENBERG, W. 1935: Mikrofaunentafeln zur Bestimmung von Unterkreide-Horizonten in Bohrkernen norddeutscher Ölfelder. – Oel und Kohle **11,** Berlin.

ERDTMAN, G. 1954: An Introduction to Pollen Analysis. – Stockholm (l. ed. 1943).

FICHTEL, J. E. & MOLL, E. K. 1803: Testacea microscopica aliaque minuta ex generibus Argonauta et Nautilus ad naturam delineata et descripta. 24 Taf., 2. Ausg. Wien.

FOERSTER, B. & OEBBEKE, H. 1923: Tiefbohrungen am Tegernsee. – Geognostische Jahreshefte **35,** München.

GALLOWAY, J. J. 1926: Methods of Correlation by Means of Foraminifera. – Bull. Amer. Ass. Petrol Geol. **10.**

GALLOWAY, J. J. 1928: Change in Ideas about Foraminifera. – J. Paleont. **2.**

GALLOWAY, J. J. 1933: Manual of Foraminifera. – Bloomington/Ind.

GLAESSNER, M. F. 1945: Principles of Micropaleontology. – Melbourne and London.

GÖPPERT, H. R. 1836: De floribus in statu fossili commentation. – N. Acta Acad. Leop. Nat. Cur. **18,** Halle/S.

GÖPPERT, H. R. 1841: Über das Vorkommen von Pollen in fossilem Zustand. – N. Jb. f. Min. usw.

GOUDKOFF, P. P. 1926: Correlative Value of the Microlithology and Micropaleontology of the Oil Bearing Formations of the Sunset-Midway and Kern River Oil Fields. – Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol., vol. **10.**

GROHSKOPF, J. G. & McCRACKEN, E. 1949: Insoluble Residues of some Paleozoic Formations of Missouri. Their Preparation, Characteristics and Application. – State of Missouri, Div. Geol. Survey, Rep. Invest. No. **10,** Rolla/Miss.

GRZYBOWSKI, J. 1894: Mikrofauna des Karpathensandsteins bei Dukla. – Rozprawy Wydz. mat.-przyr. poln. Akad. Um. **29,** Kraków.

GRZYBOWSKI, J. 1895: (Derzeitige Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung von Bohrschlamm galizischer Erdöl-Tiefbohrungen.) – Kosmos **20,** S. 519–524, Lwów. (poln.)

GRZYBOWSKI, J. 1896: (Die Foraminiferen der roten Tone von Wadowice) – Rozpr. Wydz. mat.-przyr. Akad. Um. **30,** Kraków (poln.).

GRZYBOWSKI, J. 1897: Otwornice pokladów naftonosnych okolicy Krosna. – Rozpr. Wydz. mat.-przyr. Akad. Um. **33,** Kraków (poln.).

GRZYBOWSKI, J. 1898: (Mikroskopische Untersuchungen von Bohrschlamm von Ölbohrungen). – Kosmos **22,** Lwów. (poln.).

HAEUSLER, R. 1890: Monographie der Foraminiferen der schweizerischen Transversarius-Zone. – Abh. Schweiz. paläont. Ges. **17**, Zürich.

HANTKEN, M. v. 1875: Die Fauna der Clavulina szaboi Schichten. – Mitt. Jb. ungar. Geol. Anst. **4**, H. 1, Budapest.

HECHT, F. 1933: Arbeitsweisen der Mikropaläontologie. – Senckenbergiana **15**, Frankfurt am Main.

HECHT, F. 1937: Die Verwertbarkeit der Mikropaläontologie bei Erdöl-Aufschlußarbeiten im norddeutschen Tertiär und Mesozoikum. – Senckenbergiana **19**, Frankfurt am Main.

HECHT, F. 1938: Standard-Gliederung der NW-deutschen Unterkreide nach Foraminiferen. – Abh. senckenb. naturf. Ges. **443**, Frankfurt am Main.

HECHT, F. 1949: Grundsätzliches zur Mikropaläontologie. – In: A. BENTZ: Erdöl und Tektonik in Nordwestdeutschland. Hannover–Celle.

HENBEST, L. G. 1952: Joseph Augustine CUSHMAN and the contemporary epoch in micropaleontology. – Geol. Soc. Amer. Proc. vol. for 1951.

HERON-ALLEN, E. 1917: ALCIDE D'ORBIGNY, his Life and his Work. – J. Roy. Micr.-Soc. London.

HILTERMANN, H. 1943: Zur Stratigraphie und Mikropaläontologie der Mittelkarpaten. – Erdöl und Kohle **39**, Berlin.

HILTERMANN, H. 1947: Fortschritte der stratigraphischen Mikropaläontologie in Deutschland. – Jber. Naturhist. Ges. Hannover **94.–98.**

HILTERMANN, H. 1951: Adolf FRANKE, Adalbert LIEBUS und Ludwig RHUMBLER zum Gedenken. – Erdöl und Kohle **4**, Hamburg.

HILTERMANN, H. 1953: JOSEPH GEORG EGGER zu seinem 40. Todestag. – Geologica Bavarica Nr. 17, München.

HILTERMANN, H. 1957: C. A. WICHER zum Gedenken. 11. V. 1901 – 3. IV. 1957. – Erdöl und Kohle, Jg. **10**, Hamburg.

HILTERMANN, H. 1958: Aus der Geschichte der angewandten Mikropaläontologie. – In H. FREUND: „Handbuch der Mikroskopie in der Technik", Bd. II, Teil 3, Frankfurt am Main.

HOSIUS, A. 1889: Über die Verbreitung des Mitteloligozäns westlich von der westfälischen Kreideformation und nördlich von der Weserkette. – Verh. naturh. Ver. Rheinland-Westf. **64**, Bonn.

HORNIBROOK, N. de B. 1955: The Present Status of Micropaleontology. – New Zealand Science Review, **13.**

JONES, T. R. 1884: Foraminifera and Ostracoda from the Deep Boring at Richmond. – Quart. J. Geol. Soc. London, **40.**

KARRER, F. 1861: Über das Auftreten der Foraminiferen im marinen Tegel des Wiener Beckens. – Sitzber. Akad. Wiss., Bd. **44**, Wien.

KARRER, F. 1877: Geologie der Franz-Josefs Hochquellen-Wasserleitung, Wien.

KIRCHHEIMER, F. 1940: 100 Jahre Pollenforschung im Dienste der Paläobotanik. Planta **31.**

KIRCHHEIMER, F. 1952: Über die jüngste Geschichte der Pollenanalyse des Präquartärs. – N. Jb. Geol. Paläont. Mh. Stuttgart.

KLAUS, W. 1950: Entwicklung und Bedeutung der Präquartär-Palynologie (Pollen- und Sporenanalyse) in Österreich. – Erdöl und Kohle **6** und Montan-Z. **10**, Wien.

KRÄUSEL, R. & SCHAARSCHMIDT, F. 1963: Aufstieg der Paläobotanik. – Natur u. Museum **93**, Frankfurt am Main.

KÜPPER, H. 1955: Dr. Rudolf NOTH (1884–1954). – Verh. geol. Bundesanst. Wien., H. 2.

KÜPPER, H. 1959: Österreichs Beiträge zur Entwicklung der Mikropaläontologie. – Erdöl-Z. H. 5, Wien.

LAMBRECHT, K. & QUENSTEDT, W. 1938: Paleontologie. Catalogus biobibliographicus. – Fossilium Catalogus I. Animalia, Pars 72.

LIEBUS, A. 1921: Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung einiger Bohrproben der subbeskidisch Zone. – Natur. Z. Lotos **69**, Prag.

MAJZON, L. 1962: HANTKEN Miksa Emlékezete. – Geol. Mitt. **92** (3), Budapest.

MENNER, V. V. 1950: Sovetskaja mikropaleontologija 1930–1949 detisce stalinskich piatiletok. – Bjull, Moskovsk. obsc. ispyt. prir 25 (2) Moskau.

MOHL, H. 1834: Über der Bau und die Formen der Pollenkörner, Bern.

NEALE, J. W. 1964: Some factors influencing the distribution of Recent British Ostracoda. – Pubbl. staz. zool. Napoli **33** suppl.

NIEDZWIEDZKI, J. 1896: Fossilverzeichnis der tiefsten 6 m einer 500 m Wasserbohrung im Stadtgebiet von Lemberg. – Kosmos **21**, Lemberg.

NUTTAL, W. L. F. 1933: The Application of Micro-Paleontology in Petroleum Geology. – Proc. World Petrol. Congr. London, **1.**

PERSCH, F. 1933: Mikropaläontologische Untersuchungen von Bohrkernen in Kalifornien und die Anwendbarkeit dieses Verfahrens in Deutschland. – Petroleum **29,** Wien.

POKORNY, V. 1958: Grundzüge der zoologischen Mikropaläontologie. 2 Bände. – Berlin.

POTONIÉ, R. 1957: Zum 100. Geburtstag von Henry POTONIÉ am 16. November 1957. – Palaeontographica **103** (B), Stuttgart.

RZEHAK, A. 1915: Geologische Ergebnisse einiger in Mähren ausgeführten Brunnenbohrungen. – Verh. Naturf. Ver., Brünn.

SCHEFFEN, W. 1937: Neuere Methoden und Erfolge der Mikropaläontologie. – Öl und Kohle, Jg. **13,** H. 21.

SCHENK, H. G. 1928: The Biostratigraphic Aspect of Micropaleontology. – J. Paleont. **2.**

SCHENK, H. G. 1940: Applied Paleontology. – Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol. **24.**

SCHUBERT, R. J. 1903: Die Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung der bei der ärarischen Tiefbohrung zu Wels durchteuften Schichten. – Jb. geol. R.-A., **53,** Wien.

SCHUBERT, Ch. 1924: The Value of Mirco-Fossils in Petroleum Exploration. – Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol., vol. **8.**

SITTER, L. U. de 1941: Facies Analyse. – Geologie en Mijnbouw, Jg. **3,** No. 8.

STACH, E. 1952: Geschichte der Kohlenmikroskopie. – In H. FREUND: „Handbuch der Mikroskopie in der Technik", Bd. II, Teil 1, Frankfurt am Main.

STAESCHE, K. 1938: Die Gliederung des NW-deutschen Tertiärs auf Grund von Mikrofossilien. – Jb. Preuß. Geol. L.-A. **58,** Berlin.

STAESCHE, K. 1948: Deutsche mikropaläontologische Forschung. – Z. deutsch. geol. Ges. **100,** Hannover.

STEPHENSON, L. W. 1914: A Deep Well at Charleston, S. C. – U. S. Geol. Survey Prof. Paper **90.**

STEUER, A. 1904: Untersuchung des Tones über den bitumenreichen Sanden aus den Bohrlöchern von Heppenheim. – Notizbl. Geol. L.-A. Darmstadt. 4. Folge 25. Heft.

THALMANN, H. E. 1934: Die regional-stratigraphische Verbreitung der oberkretazischen Foraminiferen-Gattung G l o b o t r u n c a n a CUSHMAN 1927. – Eclogae geol. Helv. Basel **27,** H. 2 und **28,** H. 2.

THALMANN, H. E. 1955: Practical Value of some Microfossils. – Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol. **39.**

THIERGART, F. 1940: Die Mikropaläontologie als Pollenanalyse im Dienste der Braunkohlenforschung. – Schrift. Gebiet Brennstoffgeologie **13,** Stuttgart.

TODD, RUTH 1950: CUSHMAN laboratory for Foraminiferal Research. Memorial Volume. – Sharon/Mass.

TOULA, F. 1875: Die Tiefsee-Untersuchungen und ihre wichtigsten Resultate. – Mitt. geogr. Ges. Wien. **18.**

TOULA, F. 1913: Die Brunnentiefbohrung der Staatseisenbahngesellschaft (1839–1845 und 1909). – Verh. geol. Reichsanst. Wien.

TRIEBEL, E. 1941: Zur Morphologie und Ökologie der fossilen Ostracoden. – Senckenbergiana **23,** Frankfurt am Main.

TRIEBEL, E. 1947: Methodische und technische Fragen der Mikropaläontologie. Senckenberg-Buch **19,** Franfkurt am Main.

TUTKOWSKI, P. 1898: Die Aufeinanderfolge der fossilen Mikrofaunen Südrußlands. – Annuaire Geol. & Min. de la Russie **3,** Warschau.

UDDEN, J. A. 1914: Some Deep Borings in Illinois. – Illinois State Geol. Survey Bull. **24.**

UDDEN, J. A. 1921: Charakteristics of some Texas Sedimentary Rocks as seen in Well Samples. – Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol. vol. **5.**

ULRICH, E. O. 1889: On some Polizoa (Bryozoa) and Ostracoda from the Cambro-Silurian Rocks of Mahitoba. – Canadian Geol. Survey Micropaleontology pt. **2.**

WEBER, C. A. 1893: Über die diluviale Flora von Fahrenkrug in Holstein. Engler Bot. Jb. **18.**

WEILER, W. 1942: Die Otolithen des rheinischen und nordwestdeutschen Tertiärs. – Abh. R.-A. Bodenforsch. N. F. **206,** Berlin.

WETZEL, O. 1937: Geschichtliche Umschau über die Mikropaläontologie. – Z. Geschiebeforschung **13,** Leipzig.

WICHER, C. A. 1942: Praktikum der angewandten Mikropaläontologie. Berlin.

ZITTEL, K. A. v. 1899: Geschichte der Geologie und Paläontologie bis Ende des 19. Jahrhunderts. München.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Naturhistorischen Gesellschaft Hannover

Jahr/Year: 1965

Band/Volume: 109

Autor(en)/Author(s): Hiltermann Heinrich

Artikel/Article: Zur Geschichte der angewandten Mikropaläontologie 23-47