

## VI.1.2. Paläontologie und Biostratigraphie – Einführende Bemerkungen

von Erich THENIUS

### VI.1.2.1. Paläontologie

Die Paläontologie ist die Wissenschaft von den Lebewesen der Vorzeit, worunter die Zeit vor der geologischen Gegenwart (Holozän) verstanden wird. Untersuchungsobjekte der Paläontologie sind Fossilien, die zumeist als Versteinerungen erhalten sind (siehe auch die Hauptkapitel III.1.3., VI.1.3. und VI.1.4.). Fossilien sind häufig nur als Hartteile von Tieren, z. B. Knochen und Zähne von Wirbeltieren, Schalen von Muscheln und Schnecken sowie von Pflanzen, z. B. Blätter und Hölzer, Früchte und Samen, überliefert. Die Fossilien finden sich fast ausschließlich in lockeren oder verfestigten Ablagerungsgesteinen, die vom eiszeitlichen Löß bis zu Tiefseesedimenten reichen können.

Nach der Größe der Fossilien und der Art ihrer Untersuchung unterscheidet man Makrofossilien (Großfossilien), Mikrofossilien (Kleinfossilien) und Nannofossilien (Kleinstfossilien). Mikrofossilien werden mit dem Mikroskop oder einem Binokularmikroskop untersucht, bei Nannofossilien ist zumeist der Einsatz z. B. eines Raster-Elektronenmikroskops nötig.

Für die Erdölindustrie sind vorwiegend die Mikrofossilien von Bedeutung. Diese Arbeitsrichtung wird als Mikropaläontologie bezeichnet, die seit 1916 auch Unterrichtsfach an Universitäten ist. Als Begründer der Mikropaläontologie gilt zwar C. G. EHRENBERG (1795–1876) durch seine 1854 veröffentlichte „Mikrogeologie“, doch kam es bereits vorher zur wissenschaftlichen Untersuchung und Beschreibung von Mikrofossilien, so etwa durch A. d'ORBIGNY (1846) über die Foraminiferen des Jungtertiärs des Wiener Beckens. Foraminiferen sind Einzeller (Protozoa) mit einem ein- bis mehrkammerigen Kalkgehäuse. Weitere Standardwerke stammen von L. von FICHTEL & J. P. C. von MOLL (1798) sowie von F. KARRER (1877), die auch fossile Foraminiferen aus dem Wie-

ner Becken berücksichtigten. Diese Untersuchungen beruhen hauptsächlich auf Oberflächenaufsammlungen. Bereits 1874 erfolgte durch W. DAMES & L. G. BORNE-MANN erstmals die praktische Auswertung von Mikrofossilien aus Bohrproben in Form einer stratigraphischen Deutung.

### VI.1.2.2. Stratigraphie

Die Stratigraphie oder Schichtenkunde befaßt sich mit der Beschreibung und altersmäßigen Einstufung von Schichtgesteinen. Die Biostratigraphie als Teildisziplin versucht mit Hilfe von Leitfossilien eine relative Altersdatierung bestimmter Zonen, Stufen oder Epochen (siehe Abb. 212). Leitfossilien sind Fossilien, die erfahrungsgemäß für einen bestimmten Zeitabschnitt kennzeichnend sind (siehe auch Hauptkapitel VI.1.3.).

Der Gegensatz zur relativen Altersbestimmung ist die absolute Altersbestimmung. Darauf wird im Hauptkapitel III.1.1. eingegangen.

Das Grundprinzip der Stratigraphie ist das erstmals von N. STENO 1669 formulierte Lagerungsgesetz, demzufolge bei ungestörter Schichtabfolge die ältesten Sedimente stets an der Basis liegen. Ausgehend von diesem Prinzip und der von M. LISTER (1638–1711) erstmals erkannten Tatsache, daß bestimmte Fossilien für bestimmte Schichthorizonte kennzeichnend sind, wurden, beginnend mit der ersten praktischen Anwendung durch W. SMITH im Jahre 1799, im 19. Jahrhundert die Grundzüge der biostratigraphischen Gliederung Europas geschaffen. Das zeitlich begrenzte Vorkommen von Leitfossilien wurde ursprünglich, wie etwa durch G. CUVIER und A. d'ORBIGNY, durch Katastrophen und wiederholte Schöpfungen erklärt. Erst mit dem Durchbruch der Abstammungstheorie von Ch. DARWIN (seit 1859) setzte sich die Erkenntnis von der Evolution (Entwicklung) der Lebewesen im Laufe der Erdgeschich-

te durch. Diese Evolution führte zu Veränderungen im Aussehen der Lebewesen und damit zur Möglichkeit, bestimmte „Arten“ als Leitfossilien zu erkennen und zu definieren. Leitfossilien ermöglichen neben der relativen Altersdatierung der Fundschichten auch eine Parallelisierung (Gleichsetzung) mehrerer Schichthorizonte obertags in Aufschlüssen (Aufgrabungen, Sand- und Ziegelgruben, Steinbrüche) oder untertags in Bohrungen durch Bohrkern und Spülproben.

Diese Parallelisierungsmöglichkeit bedeutet aber, daß sich durch die Datierung der Schichtfolgen verschiedener Bohrungen, z. T. in Kombination mit obertags anstehenden Schichten, in einem bestimmten Ablagerungsbereich (z. B. dem Wiener Becken) über eventuelle geologische Strukturen Aussagen machen lassen. Solche Strukturen können Abschiebungsbrüche, Antiklinalen (Aufwölbungen) oder Diskordanzen sein, die gegebenenfalls als Erdöl- oder Erdgasfallen fungieren können.

Die Biostratigraphie an sich ermöglicht weder direkte Rückschlüsse auf etwaige Erdöl- oder Erdgasvorkommen noch auf KW-Muttergesteine. Im Rahmen der KW-Prospektion ist die Biostratigraphie vorrangig ein Hilfsmittel zum Erkennen geologischer Strukturen in Sedimentgesteinen, wie sie oben kurz erwähnt wurden.

Voraussetzung zur erfolgreichen Auswertung der Leitfossilien ist deren autochthones Vorkommen. Autochthon bedeutet bei Fossilien, daß der einstige Lebensraum auch dem Grabesraum entspricht. Oft kommt es jedoch durch Erosion, das ist die Schichtabtragung an der Erdoberfläche durch fließendes Wasser, zur Umlagerung von Sedimentpartikeln und Fossilien in jüngere Schichten (allochthones Vorkommen). Auch in Bohrungen können Spülproben durch Nachfall aus der unverrohrten Strecke verunreinigt werden (siehe Hauptkapitel II.3.2.). So kann es vorkommen, daß Material aus hangenden, jüngeren Schichten mit den frisch erbohrten Spülproben vermischt werden, worauf sowohl der Bohrgeologe wie der bearbeitende Mikropaläontologe besonders zu achten haben.

Erdöl und Erdgas sind Umwandlungsprodukte einstiger Lebewesen, deren organische Substanz durch Mangel an Sauerstoff nicht völlig zersetzt wurde. Im Sediment bildet sich aus dieser organischen Substanz Kerogen, in dem bestimmte Molekularstrukturen erhalten geblieben sein können. Diese Reste werden als Chemofossilien bezeichnet und sind für die Beurteilung von Herkunft und Bildungsbedingungen von Muttergesteinen wichtig (siehe Hauptkapitel II.1.1.).

### VI.1.2.3. Mikropaläontologie

Die mikropaläontologische Gliederung der Ablagerungen des Wiener Beckens und der Molassezone erfolgte erstmalig durch R. GRILL (1941, 1943) unter Heranziehung der damaligen Tiefbohrungen. Diese Gliederung hat auch heute noch Gültigkeit. R. GRILL erkannte, daß verschiedene Foraminiferenfaunen für die marinen, d. h. unter Meeresbedingungen entstandenen Ablagerungen des Wiener Beckens kennzeichnend und für die Alterseinstufung und damit für die Gliederung in verschiedenen Zonen heranziehbar sind. Später haben A. PAPP & K. TURNOVSKY (1953) eine Gliederung mit Hilfe von Mikro-Leitfossilien versucht und zwar durch Auswertung von inzwischen abgeteufte SMV-Bohrungen. Als Mikro-Leitfossilien haben sich damals verschiedene Arten der Foraminiferengattung *Uvigerina* angeboten, das sind am Meeresboden lebende, d. h. benthonische Formen mit mehrkammerigen Gehäusen. Diese Gliederung wurde später allerdings etwas revidiert (A. PAPP & M. E. SCHMID 1978) und ist immer noch Gegenstand weiterer Untersuchungen. Die Gliederung nach Uvigerinen (siehe auch Kapitel VI.1.3.2.) entspricht echten Biozonen. Eine Biozone ist eine biostratigraphische Grundeinheit, die durch die Lebensdauer einer Art definiert wird.

In diesen Jahren wurden dann auch Nannofossilien, wie z. B. Coccolithen und Silicoflagellaten mit Erfolg zur Gliederung herangezogen (siehe auch Hauptkapitel VI.1.4.). Coccolithen sind winzige Kalkkörperchen von Algen (Coccolithophorida)

mit 0,002 bis 0,01 mm Durchmesser. Sili-coflagellaten sind Kieselalgen. Diese Ergebnisse wurden von A. PAPP & H. STRADNER publiziert (1961a und 1961b). Die Nannofossilien sind als Reste einstiger planktonischer Lebewesen meist weltweit verbreitet und damit auch für die interkontinentale Korrelation, d. h. für die Parallisierung von Ablagerungen verschiedener Kontinente, wichtig. Planktonische Lebewesen sind Schweborganismen des Meeres.

Für die Veränderungen der Mikrofaunen im Jungtertiär des Wiener Beckens spielt nicht nur die Zeit, sondern auch der wechselnde Gesamtsalzgehalt (Salinität) des Gewässers eine Rolle. Zum Vergleich sei angegeben, daß der Durchschnittswert der rezenten (gegenwärtigen) Weltmeere 35‰, bei einer Schwankungsbreite von etwa 30–37‰, beträgt. In randlichen Nebenmeeren ist die Schwankungsbreite noch wesentlich höher.

Im Badenien ist, was den Salzgehalt des Meeres zu dieser Zeit betrifft, mit vollmarinen (euhalinen) Bedingungen zu rechnen (Salinität 40–30‰). Die Makro- und Mikrofauna entspricht diesen Verhältnissen. Gegen Ende des Badenien (Rotalienzone) nimmt der Salzgehalt schon etwas ab. Im Sarmatien treten vorwiegend artenarme, aber individuenreiche Foraminiferenfaunen, vorwiegend Elphidien, auf. Die Salinität wird mit 30–18‰ als brachyhalin oder polymixohalin bezeichnet. Im Pannonien sind die marinen Foraminiferen fast völlig verschwunden. Dafür sind nunmehr Ostracoden (Muschelkrebse) als Mikrofossilien häufig. Die Salinität erreicht Werte zwischen 18 und 5 ‰ und wird als brackisch bezeichnet. Im Pontien tritt in den verbleibenden Seen eine Aussüßung ein, die Salinität schwankt nur mehr zwischen 5 und 0 ‰. Für diesen limnischen Bereich sind Reste von Characeen (Armleuchteralgen) und Otolithen (Gehörsteinchen von Knochenfischen) typisch, dazu kommen noch Pollen und Sporen von Landpflanzen.

Pollen, das ist der Blütenstaub von Samenpflanzen, und Sporen, das sind winzige verschiedenartige Fortpflanzungskörper von Farnen, Moosen und Schachtelhalmen (Pteridophyten), sind dank ihrer wi-

derstandsfähigen Hüllen fossil erhaltungsfähig. Sie sind auch als Leitfossilien verwendbar. Besondere Bedeutung haben fossile Pollen und Sporen bei der altersmäßigen Parallelsierung von marinen und kontinentalen Sedimenten erlangt. Pollen und Sporen (besonders von Windblütlern) können vom Wind über weite Strecken verweht werden und daher nicht nur in Sedimenten von Seen und Lagunen, sondern auch von solchen in Ozeanen eingebettet und fossil werden. Die Wissenschaft von den Pollen und Sporen sowie anderer Streukörper nennt man Palynologie (siehe auch Hauptkapitel VI.1.4.).

#### VI.1.2.4. Fazies

Die Begriffe marin, brackisch und limnisch führen zum Begriff „Fazies“. Unter Fazies versteht der Paläontologe und der Geologe das Ablagerungsmilieu, das etwa im aquatischen (Wasser-) Bereich nicht nur durch den Salzgehalt, sondern auch durch die Wassertemperatur, die Wassertiefe und -bewegung, das Sonnenlicht und das Sauerstoffangebot beeinflusst wird. Die einstige Fazies eines Sediments läßt sich nach dem Aktualitätsprinzip durch die gesteinsmäßige Beschaffenheit (Lithofazies) und den biologischen Inhalt (Biofazies) beurteilen. Das Aktualitätsprinzip besteht in der Erklärung des erdgeschichtlichen Geschehens, also der geologischen Vergangenheit, durch Vorgänge ähnlich den heutigen.

Unter Mikrofazies werden der gesteinsmäßige Charakter und die im Gestein enthaltenen Mikrofossilien verstanden. Die Untersuchung und Beurteilung erfolgt mit Hilfe von Gesteinsdünnschliffen. Manchmal ist es fraglich, welche ökologischen Faktoren für eine bestimmte fazielle Entwicklung ausschlaggebend sind. Unter Ökologie versteht man die Beziehungen der Lebewesen zur Umwelt und untereinander. Alle Fragen, welche die Umwelt in der geologischen Vergangenheit betreffen, sind Arbeitsgebiet der Pal(äo)ökologie. Diese bildet nicht nur die Grundlage für die fazielle Rekonstruktion des einstigen Lebensraumes (auch hier sind autochthone Bedingungen Voraussetzung), sondern

ebenso für die Paläogeographie, von der schon im Hauptkapitel III.1.6. die Rede war.

Wie wichtig die Rekonstruktion der paläogeographischen Gegebenheiten ist, hat u. a. die Auffindung des Autochthonen Mesozoikums unter den Molassesedimenten gezeigt. Dieses Autochthone Mesozoikum besitzt sowohl Muttergesteine wie Speichergesteine, sodaß hier gute Bedingungen für die Entstehung und Ansammlung von KW vorliegen.

Paläontologie und Biostratigraphie haben somit der Erdölindustrie wertvolle Dienste geleistet. Aber auch umgekehrt hat sich die Erdölindustrie befruchtend auf diese angewandten Erdwissenschaften ausgewirkt.

#### **VI.1.2.5. Tiefbohrungen**

Entscheidende Bedeutung kommt den Tiefbohrungen zu, welche durch die fast lückenlose Aufeinanderfolge der Dokumentation aus geologischen Bohrdaten und Gesteinsproben die dritte Dimension erschlossen haben. Auch wenn Schichtlücken vorhanden sind, so ist der Informationsgehalt besonders in bezug auf Mikrofossilien bedeutend größer, als durch die örtlich meist begrenzten Obertagsaufschlüsse. Einerseits sind genauere Aussagen über die einstige Faziesverteilung, andererseits über die Evolution von Mikroorganismen möglich. Dazu kommt, daß Mikrofossilien – im Gegensatz zu Makrofossilien –

in Bohrproben oft massenhaft vorhanden sind und dadurch biometrisch und statistisch ausgewertet werden können. Die Biometrie befaßt sich u. a. mit der mathematischen Auswertung von Körpermaßen und Variabilitäten von Lebewesen. Die Ergebnisse dieser Auswertungen haben F. BETTENSTAEDT (1968) zur Etablierung der Fossilgenetik angeregt. Das ist ein Arbeitsgebiet, das an Hand von „Populationen“ von Mikrofossilien Aussagen über die Art und Weise der Evolution ermöglicht. Die Population einer bestimmten Fossilienart umfaßt im paläontologischen Sinn nicht nur die gleichzeitig lebenden Individuen, sondern berücksichtigt auch die Entwicklung dieser Fossilien im Lauf der Zeit. Die Art und Weise der Evolution (Entwicklung) umfaßt z. B. die Artbildung, die Evolutionsgeschwindigkeit und die Mutationsrate (plötzliche Änderung der Erbfaktoren). Die oben genannte Fossilgenetik hat zur Bestätigung der Mendel'schen Vererbungsgesetze geführt. F. BETTENSTAEDT und seine Mitarbeiter haben dadurch eine Verknüpfung zwischen der angewandten Paläontologie und der Grundlagenforschung zustande gebracht, die seither noch ausgebaut wird. Durch die Auswertung von Fossilpopulationen in eng aufeinanderfolgenden Bohrproben konnte wahrscheinlich gemacht werden, daß die Evolution – zumindestens in den untersuchten Fällen – schrittweise und nicht sprunghaft verlaufen ist.

### **VI.1.3. Beispiele für die geologische Altersbestimmung mit Hilfe von Mikro- und Makrofossilien**

von Reinhard FUCHS

#### **VI.1.3.1. Einleitung**

Beim Abteufen von Bohrungen ist die Kenntnis des geologischen Baues der angetroffenen Gesteinsformationen von vorrangiger Bedeutung. Das während des Bohrvorganges anfallende Gesteinsmaterial (Bohrkerne und Spülproben) führt häufig Versteinerungen mit sich, die für bestimmte erdgeschichtliche Zeiträume charakteri-

stisch sind und über die Aufeinanderfolge der geologischen Formationen Auskunft geben können. Mit diesen Fossilien beschäftigt sich die Wissenschaft der Paläontologie (siehe auch Hauptkapitel VI.1.2.).

Wesentliche Aufgaben der Paläontologie in der Erdölpraxis sind die Schichtkorrelation, d. h. die Verfolgung altersgleicher Ab-