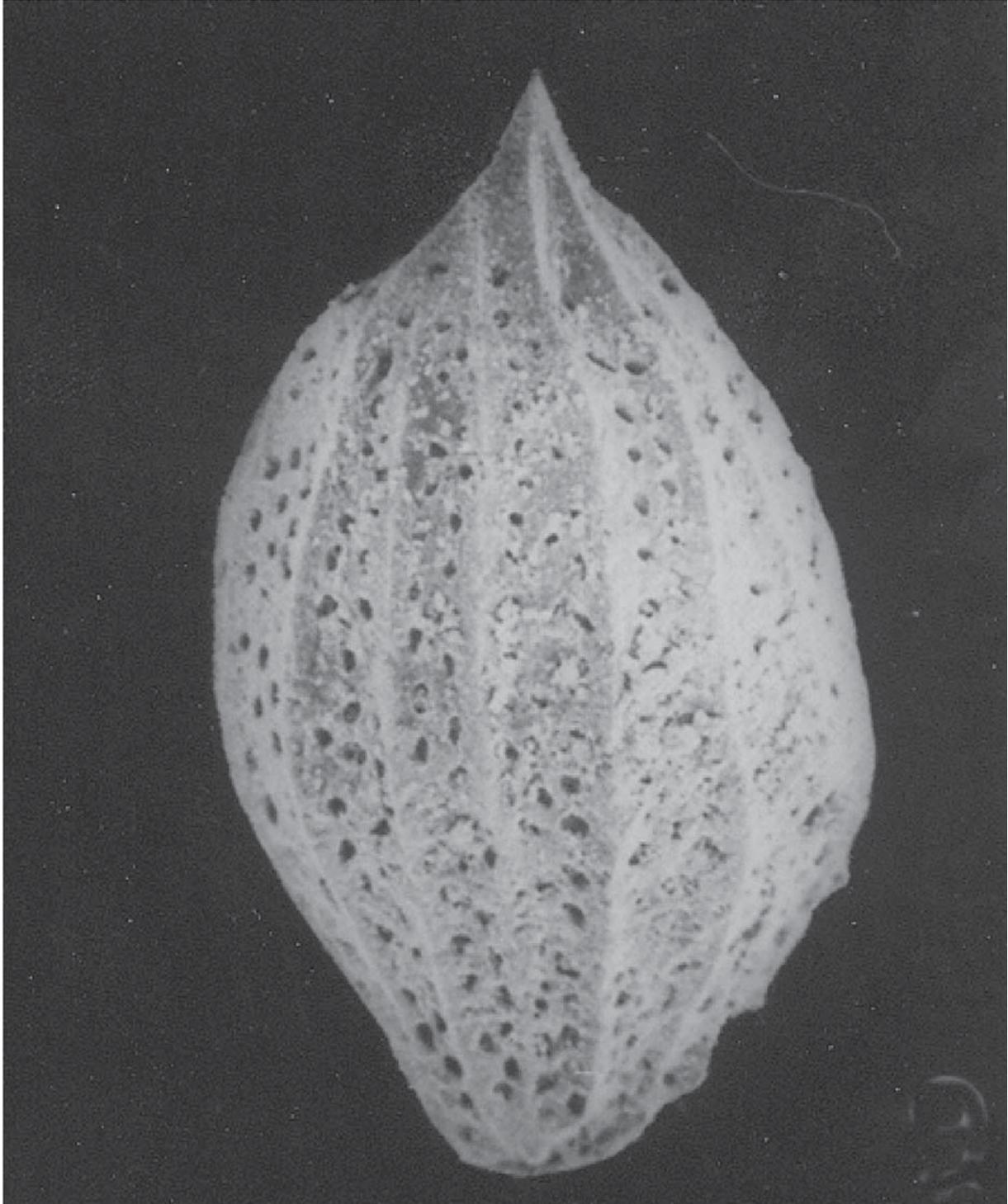




1 | Einleitung



(*Protunuma fusiformis*, Bathonium-Tithonium, Jura)



KAPITEL 1

Einleitung

1.1 Forschungsfelder der Paläontologie

Der Begriff der Paläontologie, was zu deutsch so viel wie die „Lehre von den alten Lebewesen“ bedeutet, wurde erstmalig im Jahre 1822 von den französischen Wissenschaftlern D. de Blainville und A. Brogniard gebraucht, die sich mit den zahlreichen Versteinerungen im Pariser Becken konfrontiert sahen. Zuvor hatte man dieses Forschungsgebiet schlicht und einfach als „Petrefaktenkunde“, also die Lehre von den Versteinerungen, bezeichnet und sie als Hilfswissenschaft innerhalb der längst etablierten Geologie betrachtet. Nach moderner Sichtweise repräsentiert die Paläontologie die Wissenschaft von den Lebewesen der Vorzeit, wobei als Vorzeit das so genannte Prä-Holozän, also die Zeit vor der geologischen Gegenwart (= Holozän) anzusehen ist (Krumbiegel & Walther, 1977; Lehmann, 1985; Ziegler, 1972, 1981).

Die hauptsächlichen Untersuchungsobjekte der Paläontologie sind die Fossilien, wobei es sich in der Mehrzahl um Versteinerungen von Lebewesen handelt. Der Fossilbegriff blickt im Gegensatz zum Terminus der Paläontologie selbst auf eine relativ lange Tradition zurück, war es doch Georg Agricola (1494–1555), der diesen ins Leben rief. Damals wurden zahlreiche Gegenstände wie Mineralien, Artefakte oder steinzeitliche Werkzeuge als Fossilien aufgefasst, welche mit der Bezeichnung nach gegenwärtiger Auffassung rein gar nichts zu tun haben. Die moderne Paläontologie bezieht nämlich den Namen Fossil lediglich auf Reste vorzeitlicher Lebewesen (Körperfossilien) und deren Lebensspuren (Spurenfossilien). Die bereits oben angesprochenen Versteinerungen stellen keineswegs die einzige Ausprägung von Fossilien dar; auch nicht petrifizierte Relikte wie Schuppen, Hautreste oder erhaltene Weich-



teile sind mit diesem Begriff zu belegen (Krumbiegel & Walther, 1977; Thenius, 1981; Lehmann, 1985; Lehmann & Hillmer, 1988).

Der Fossilbegriff ist nicht nur in Verbindung mit ausgestorbenen Tier- und Pflanzenarten zu sehen. Viele noch heute existente Spezies sind uns auch als Versteinerungen überliefert, wodurch uns zu verstehen gegeben wird, dass diese bereits in früheren Abschnitten der Erdgeschichte entsprechende Biotope besiedelten. Umgekehrt sind nicht alle ausgestorbenen Lebewesen in Form von Fossilien dokumentiert. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn es sich bei einer nicht weiter fortbestehenden Art um einen nur sehr kleinräumig verbreiteten oder von Fossilisationsprozessen unberührten Organismus handelt. Das Studium von Fossilien stößt sowohl in den Bio- als auch in den Geowissenschaften auf vermehrtes Interesse, weshalb sich die Paläontologie als Bindeglied zwischen diesen beiden Forschungsbereichen betrachten darf. Basierend auf diesem Umstand besteht vor allem im angloamerikanischen Raum der Trend, den Altbegriff der Paläontologie in die modernere Bezeichnung der „Geobiologie“ umzubenennen (Thenius, 1981).

Die paläontologische Forschung hat vor allem in den vergangenen 60 Jahren deutlich an Vielfalt gewonnen. Generell lässt sich dieses Wissenschaftsgebiet in die Allgemeine, Systematische und Angewandte Paläontologie untergliedern. Aufgabe der Allgemeinen Paläontologie ist die Vermittlung jener Wissensbasis und Methoden, welche hinter der erfolgreichen Dokumentation von Fossilfunden stehen. Die Spezielle Paläontologie beschäftigt sich indes mit der Einordnung der Fossilien in das biologische System; sie gliedert sich demzufolge in die Paläozoologie und Paläobotanik. Letzteres Forschungsfeld wurde in den 1960er und 1970er Jahren durch die so genannte Palynologie, also die Lehre von den fossilen Pollenkörnern und Sporen, erweitert. Die Angewandte Paläontologie versucht, anhand jener aus der Fossildokumentation gewonnenen Erkenntnisse Schlüsse in Bezug auf zahlreiche Fragestellungen



zu ziehen. So interessiert man sich etwa im Rahmen der Biostratigrafie für die Datierung von Gesteinsschichten mithilfe des darin enthaltenen Fossilbestandes. Hier gilt jener auf M. Lister und W. Smith zurückgehende Leitsatz, wonach jede Zeit über ihre charakteristischen Versteinerungen verfügt. Ein ideales Funktionieren der Biostratigrafie setzt freilich voraus, dass sich bei ungestörter Lagerung der Sedimente deren älteste Einheiten an der Basis, die jüngsten hingegen ganz oben befinden. Eine weitere Bedingung dieses Zweiges der Angewandten Paläontologie ist das Vorhandensein so genannter Leit- oder Indexfossilien, worunter man Fossilien versteht, welche für einen bestimmten Gesteinshorizont charakteristisch sind. Als weitere Disziplin der Angewandten Paläontologie gilt die Mikropaläontologie, also die gezielte Beschäftigung mit Mikrofossilien. Auch sie setzt sich mit Fragen der Datierung von Gesteinsschichten auseinander, hat darüber hinaus aber auch in der Rohstoffexploration einen beträchtlichen Stellenwert erlangt (siehe unten). Zuletzt seien noch die Paläogeografie und Paläoklimatologie als angewandte Disziplinen der Paläontologie genannt. Ersteres Forschungsfeld ist darum bemüht, anhand von Fossilfunden das genaue Verbreitungsgebiet einer Spezies zu rekonstruieren, wohingegen sich zweiteres Forschungsfeld mit der Nachbildung jener klimatischen Bedingungen beschäftigt, welche zu Lebzeiten einer bestimmten Art vorgeherrscht haben. Das rekonstruktive Element stellt überhaupt einen Brennpunkt der paläontologischen Wissenschaft dar und lässt sie umso mehr zu einer unentbehrlichen Disziplin innerhalb der Biowissenschaften geraten. Nach Ansicht von Erich Thenius war der Paläontologie diese Signifikanz nicht von jeher beschieden; noch zu Zeiten eines Charles Darwin etwa konnte man sich den Übergang von fischartigen Lebensformen zu amphibischen oder von amphibischen Formen zu reptilienartigen nicht erklären und führte demzufolge den Begriff der „missing links“ ein. Dieser wurde im Zuge des paläontologischen Aufstiegs, welcher unter anderem zu einer Lösung der



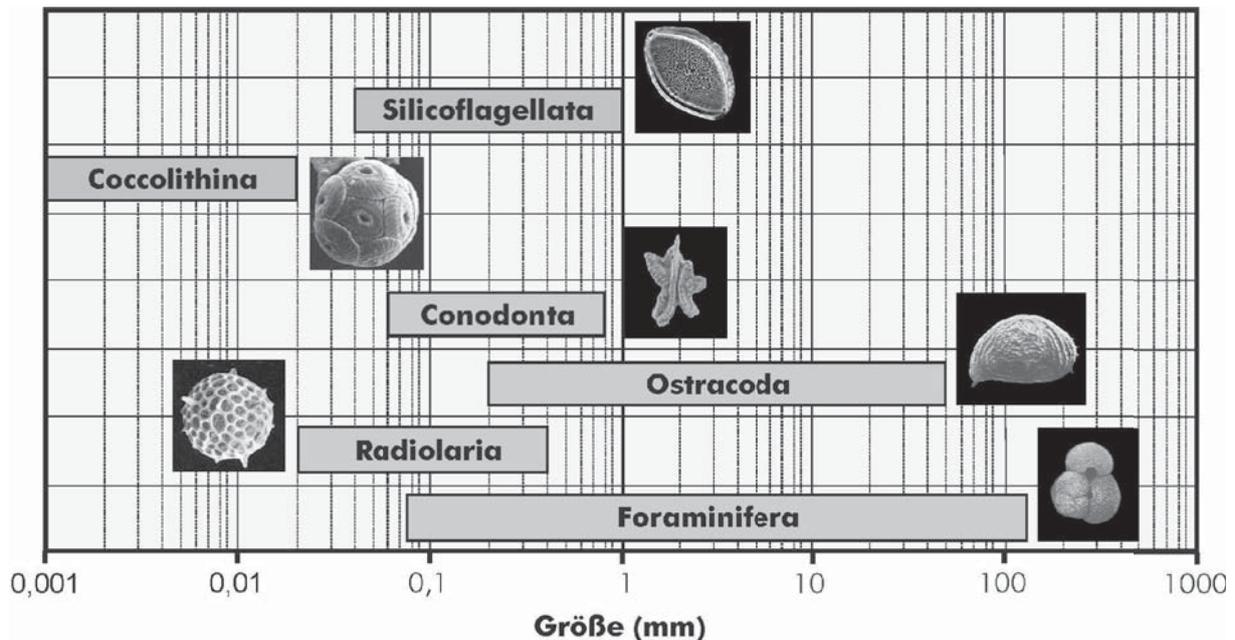
Problematik führte, durch die Bezeichnung „connecting links“ ersetzt (Thenius, 1976, 1981; Müller, 1976; Krumbiegel, 1976; Lehmann, 1985).

1.2 Die Bedeutung der Mikropaläontologie

Die Begründung der Mikropaläontologie geht auf die Mitte des 19. Jh. zurück, als sich vor allem A. D’Orbigny, C. G. Ehrenberg und A. E. Reuss mit der Studie von Mikrofossilien und deren paläontologischer Verwertbarkeit befassten. Unter Mikrofossilien sind im Allgemeinen erdgeschichtlich überlieferte Reste von Kleinstlebewesen zu verstehen, die nur mit dem Lichtmikroskop oder – im Extremfall – mit dem Elektronenmikroskop studiert werden können. Zu den tierischen Mikrofossilien zählen unter anderem Foraminiferen, Radiolarien, Ostrakoden und Conodonten, wohingegen Coccolithen und Silicoflagellaten als Vertreter pflanzlicher Mikrofossilien zu betrachten sind. Der Umstand, dass Coccolithen hinsichtlich ihres Durchmessers nochmals um ein bis zwei Größenordnungen unterhalb der anderen Mikrofossilien rangieren, hatte die Einführung der Bezeichnung „Nannofossilien“ (gr. *nannos* = Zwerg) für diese Organismengruppe zur Folge (Abb. 1).

Einer moderneren Definition zufolge erfährt die Mikropaläontologie eine Erweiterung insofern, als sie je nach Zusammensetzung der Mikrofossilien in vier Studienbereiche unterteilt wird (Brasier, 1980): Der erste Bereich befasst sich demnach mit Fossilien aus Kalziumkarbonat (CaCO_3), zu denen Coccolithen, Foraminiferen und Ostrakoden zählen. Im zweiten Bereich erfolgt dem gegenüber die Bearbeitung von phosphatischen Mikrofossilien wie Conodonten, Ichtyolithen (alle Arten von Fischresten) und Scolecodonten („Wurmzähne“). In der dritten Gruppe werden silikatische Mikrofossilien einer detaillierten Betrachtung unterzogen; hierzu zählen Radiolarien, Silicoflagellaten, ebenfalls einige Scolecodonten und Skelettnadeln von Schwämmen. Der vierte Bereich schließlich hat die Studie organischer Mikrofossilien zum Ziel und

fällt über weite Strecken mit der in Abschnitt 1.1 erwähnten Palynologie zusammen. Hauptsächliche Objekte des Interesses sind hier Pollen, Sporen, so genannte Chitinozoen, worin man die Eibehältnisse von marinen Invertebraten vermutet, wiederum Scolecodonten und Überreste von Pilzen.



1 | Größenbereiche einzelner Mikrofossilien: Während Foraminiferen und Ostrakoden über 1 mm groß werden können, bleiben die anderen Mikroorganismen mehr oder weniger deutlich unterhalb dieses Größenwertes.

Die moderne Mikropaläontologie bedient sich mittlerweile einer Vielzahl an Methoden, um gezielte und anderen Disziplinen dienliche Schlussfolgerungen ziehen zu können. Am Anfang jeder Studie stehen die Beprobung des fossilhaltigen Sediments oder Gesteins und die Extraktion von deren Fossilinhalt mithilfe verschiedener physikalischer und chemischer Labortechniken. Dazu zählen etwa die Siebung des zerkleinerten Gesteinsgutes, Dichtentrennung durch Zentrifugation oder in Schwereflüssigkeiten sowie die chemische Lösung unerwünschter mineralischer beziehungsweise organischer Fraktionen. Das aus den Vorgängen erhaltene Konzentrat aus den gewünschten Mikrofossilien wird nach entsprechender Präparation einer mikroskopischen Doku-



mentation zugeführt, wobei je nach Größe einzelner Studienobjekte entweder der licht- oder der elektronenmikroskopische Weg zu beschreiten ist (siehe Abschnitt 1.3). Die Mikroskopie besitzt zwei unterschiedliche Aufgaben: Einerseits dient sie der Identifikation und Quantifikation einzelner Taxa, andererseits lassen sich mit ihrer Hilfe strukturelle Detailuntersuchungen durchführen, welche zur Klärung bestimmter Fragestellungen notwendig erscheinen. Mikrofossilien treten sehr häufig in großer Anzahl in einzelnen Proben auf, so dass der Nachweis von mehreren hundert Arten in einer einzelnen Probe gar keine Seltenheit darstellt. Dieser Artenreichtum setzt zum einen fortgeschrittene taxonomische Kenntnisse voraus, hat zum anderen jedoch auch den Vorteil, ausführliche und gut gesicherte Statistiken zu erhalten, die etwa den Eingang in die multivariate Analyse ermöglichen (Lehmann, 1985).

Die Hauptanwendung der Mikropaläontologie besteht darin, einzelne Fossilien hinsichtlich ihres Wertes für die Biostratigrafie zu klassifizieren. Dieser Prozess wird hier unter anderem dadurch erleichtert, dass Mikrofossilien über teils extreme Abundanzen sowie über einen großen Verbreitungsradius verfügen. Zudem zeichnen sie sich durch ihr teils rasches Auftreten und Verschwinden innerhalb eines stratigrafischen Horizonts aus. All diese Eigenschaften tragen letztendlich dazu bei, dass petrifizierte Mikroorganismen nahezu ideale Leitfossilien darstellen können. Unter jenen in den folgenden Kapiteln behandelten Kleinstlebewesen besteht eine große Fülle an Leitfossilien, wobei die jeweiligen Organismengruppen unterschiedliche Zeiträume abdecken. Während Foraminiferen, Radiolarien, Conodonten und Ostrakoden seit dem Paläozoikum dokumentiert sind, können Coccolithen und Silicoflagellaten vornehmlich seit dem Meso- und Känozoikum auf der Erde angetroffen werden (Abb. 2). Die biostratigrafische Bedeutung von Mikrofossilien wird noch zusätzlich durch den Umstand bestärkt, dass diese sowohl planktonische als auch benthische Habitate zu besiedeln vermögen und somit einem weiteren

Rahmen an Fazies oder Paläoenvironments zugehörig sind (Brasier, 1980; Müller, 1980, 1981; Thenius, 1981; Ziegler, 1981).

Geologische Gliederung		Foraminifera	Radiolaria	Ostracoda	Conodonta	Coccolithina	Silicoflagellata
Ära	System						
Känozoikum	Quartär	■	■	■			
	Tertiär	■	■	■		■	■
Mesozoikum	Kreide	■		■		■	■
	Jura			■			
	Trias			■	■	⋯	
Paläozoikum	Perm	■		■	■	⋯	
	Karbon	■		■	■	⋯	
	Devon			■	■		
	Silur			■	■		
	Ordovizium			■	■		
	Kambrium			⋯	■		

2 | Zeitliches Auftreten einzelner Mikroorganismen, welches für biostratigrafische Untersuchungen als essenzielle Bewertungsbasis gilt. Für Foraminiferen, Radiolarien, Ostrakoden und Conodonten ist ein Auftreten seit dem Paläozoikum gesichert, wohingegen die übrigen Organismengruppen seit dem Meso- beziehungsweise Känozoikum die Erde besiedeln (Lehmann & Hillmer, 1988).

Neben der Funktion von Mikrofossilien in der Biostratigrafie ist insbesondere deren Wert als Indikatororganismen in der Paläoökologie hervorstreichend. Diese Zeigerfunktion kommt vor allem jenen Fossilien zu, welche in Tiefseesedimenten zur Konservierung gelangten; derartige Sedimentschichten blei-



ben von äußeren Einflüssen weitgehend ungestört und zeichnen jene globalen Umweltbedingungen auf, welche innerhalb unterschiedlich langer Zeitskalen vorgeherrscht haben. Dies lässt sich anhand eines einfachen Beispiels recht klar darlegen: Sind in einer Sedimentschicht vornehmlich kaltstenotherme (kälteliebende) Mikroorganismen anzutreffen, so darf innerhalb jenes vom Stratum abgedeckten Zeitraumes eine geringere Wassertemperatur und – als Folge dessen – auch eine reduzierte Temperatur der Lufthülle angenommen werden. Umgekehrt deuten wärmeliebende Spezies, welche in vermehrtem Maße in einem geologischen Horizont angetroffen werden, auf ein warmes Klima hin, das während der Bildung der Sedimentlage vorherrschte.

Die Paläoökologie steht sehr häufig in Assoziation mit der Paläogeografie, deren hauptsächliche Aufgabe in der Verortung einzelner Landmassen in den verschiedenen Erdzeitaltern besteht. Man weiß heute, dass die einzelnen Kontinente, wie sie gegenwärtig auf der Landkarte ersichtlich sind, aus einem gewaltigen Urkontinent, Pangäa, hervorgegangen sind und durch geodynamische Prozesse zu ihrem mehr oder weniger eigenständigen Dasein gelangten. Diese kontinentalen Bewegungsabläufe folgen seit frühesten erdgeschichtlichen Zeiten einem Zyklus, so dass in ferner Zukunft wiederum mit der Vereinigung und dem nachfolgenden Auseinanderbersten der Landmassen zu rechnen ist. Durch Mikrofossilfunde in geologisch klar einordenbaren Gesteinshorizonten kann rückgeschlossen werden, dass zu gegebenem Zeitpunkt an entsprechendem Ort marine oder limnische Umweltbedingungen vorgeherrscht haben; zudem lässt sich feststellen, auf welcher geographischen Breite sich die Lokalität zur Zeit der Sedimententstehung befunden hat. Somit liegen zwei wesentliche Parameter vor, welche in die Rekonstruktion der Kontinentaldrift einfließen können (Ager, 1963; Hecker, 1965; Müller, 1976; Thenius, 1976, 1981; Lehmann & Hillmer, 1988).



Als wohl bedeutendster Anwendungsbereich der Mikropaläontologie gilt seit einigen Jahrzehnten die Lagerstättenkunde und hier vor allem die Exploration fossiler Rohstoffe wie Erdöl und Erdgas. Von erhöhtem Wert für die Erkundung von Lagerstätten sind insbesondere die kalkschaligen Mikroorganismen, da sich kalzitisches Sedimentgestein unter anderem infolge unterschiedlicher Lösungsprozesse durch die Bildung von Poren und größeren Hohlräumen auszeichnet, die den fossilen Rohstoffen als mehr oder minder gut erreichbare Depots dienen können. Die Beprobung von derartigen Lokalitäten erfolgt in der Regel durch so genannte Spülbohrungen, bei denen das Bohrgut unter Zuhilfenahme von unter hohem Druck stehendem Wasser zutage gefördert wird. Als Ausgangssubstanz dienen die organischen Zellkörper der planktonischen oder seltener benthischen Mikroorganismen, welche eine dauerhafte und teils extreme Akkumulation im Sediment erfahren und einem langwierigen, von den jeweils vorherrschenden Druck- und Temperaturbedingungen bestimmten Umwandlungsprozess unterzogen werden. Am Ende dieses Vorganges, der unter anderem in der Verflüssigung und Sublimation der organischen Substanz sowie in der Bildung unterschiedlicher Kohlenwasserstoffketten besteht, kommt es zur Ansammlung von Erdöl und/oder Erdgas in so genannten Rohstofffallen, die je nach Größe über eine mehr oder weniger hohe Ergiebigkeit verfügen (Gothan & Weyland, 1973; Thenius, 1981).

1.3 Mikroskopische Untersuchungsmethoden in der Paläontologie

Die Studie von Mikrofossilien lässt sich nur unter Verwendung optischer Vergrößerungsgeräte erfolgreich durchführen. Für den Hobbyforscher stellen hier Vergrößerungsglas und Lichtmikroskop (LM) entsprechende Apparaturen der Wahl dar, während die professionelle Forschung vermehrt den Gang zum