Ueber mikroskopische Untersuchungen im Gebiet der Palaeontologie.

Von

O. Jäkel in Berlin.

Wenn man sich vergegenwärtigt, welche Bedeutung mikroskopische Untersuchungen in den letzten Decennien im Gebiete der Zoologie erlangt haben, wie durch dieselben die Morphologie erweitert, die Histologie ins Leben gerufen ist, welchen Aufschwung durch diese Fortschritte die vergleichende Anatomie genommen, und welche Resultate durch sie die Embryologie erreicht hat, so muss es auffallen, dass in einer Wissenschaft, welche mit der Zoologie ihrem Wesen und ihren Zwecken nach so untrennbar verknüpft ist, dass in der Palaeontologie mikroskopische Untersuchungen bisher keine oder nur eine sehr geringe Bedeutung erlangt haben.

Man muss allerdings bei dem Begriff mikroskopische Untersuchungen einen wesentlichen Unterschied machen. Gewöhnlich wird schlechthin als mikroskopische Untersuchung jede bezeichnet, die mit dem Mikroskop vorgenommen wird. Hierbei handelt es sich aber entweder um die Feststellung der Form oder um die Untersuchung des inneren geweblichen Aufbaues der Hartgebilde. Die Untersuchungen der ersteren Art fallen in das Gebiet der Morphologie und sind in der Palaeontologie fast ebenso alt als diese Wissenschaft selbst, da es nur auf diesem Wege möglich ist, kleine Organismen, wie Radiolarien, Foraminiferen oder feine Oberflächen-Verzierungen oder zierliche Skelettheile höherer Thiere zu erkennen. In allen diesen Fällen handelt es sich lediglich um

eine schärfere Beobachtung der Form, also um eine rein morphologische Untersuchung. Auf die Wichtigkeit dieser Methode hinzuweisen, wäre überflüssig, da die Nothwendigkeit derartiger Studien namentlich in gewissen Gebieten der Palaeontologie wohl niemals verkannt worden ist. Sie muss überall da angewandt werden, wo das unbewaffnete Auge zur Erkennung der Morphologie zu schwach ist, und erreicht ihren Zweck entweder dadurch, dass das ganze zu betrachtende Object unter das Mikroskop gebracht wird, oder dass durch Anschleifen des Objectes dessen innerer Skeletbau der Betrachtung in schwacher Vergrösserung zugänglich gemacht wird.

Wesentlich verschieden von dieser Untersuchungsmethode ist die, auf deren vielseitige Bedeutung ich hier hinweisen, und deren praktischen Werth für die Zwecke der Palaeontologie ich durch einige Beispiele erläutern möchte. Ich meine die Untersuchungen des inneren geweblichen Aufbaues der Hartgebilde — denn um diese handelt es sich für den Palaeontologen fast ausnahmslos —, welche also in das Gebiet der Histologie fallen. Fragen wir uns zunächst, welche Rolle das Mikroskop in dieser Hinsicht in der Palaeontologie spielt, so wird man zugeben müssen, dass dieselbe im Vergleich zu seiner Stellung in der Zoologie eine höchst unbedeutende ist. Die Zahl der Palaeontologen, welche sich überhaupt mit histologischen Untersuchungen befasst haben, ist eine relativ sehr geringe, und Forschungsgebiete, in denen die letzteren eine entscheidende Bedeutung besässen, gibt es zur Zeit überhaupt nicht. Denn selbst in denjenigen Gebieten, in welchen die zahlreichsten histologischen Untersuchungen vorgenommen worden sind — ich erinnere nur an die Arbeiten Owen's und Pander's —, nehmen die Mehrzahl später erschienener Arbeiten von jenen Beobachtungen und Forschungsmethoden wenig oder keine Notiz. Aus dieser nahezu vollständigen Nichtbeachtung der Histologie könnte man den Schluss ziehen, und auf diesem Standpunkt stehen sehr viele Palaeontologen, dass dieselbe für die Palaeontologie sehr unwichtig sei, jedenfalls einen praktischen Nutzen bei der Erreichung der verschiedenen Ziele und Aufgaben dieser Wissenschaft nicht gewähre.

Man stösst sehr häufig auf die Ansicht, dass die fossilen Reste, welche oft eine höchst mangelhafte Erhaltung ihrer

äusseren Form aufweisen und äusserlich vielfach einen sehr dürftigen Eindruck machen, von feineren Structurverhältnissen ihres inneren Baues erst recht nichts erkennen lassen. Diese Vermuthung liegt nahe, aber sie widerlegt sich fast in allen Fällen, wenn man einen Dünnschliff des Fossils untersucht.

Bei der Betrachtung des histologischen Erhaltungszustandes bei fossilen Wirbelthierresten finden wir fast ausnahmslos, dass die feineren und feinsten Structurverhältnisse nicht nur ebenso gut als bei recenten Objecten, sondern dass dieselben hier oft noch viel schöner und klarer erhalten sind, weil durch einen natürlichen, langsamen Infiltrationsprocess mit verschieden gefärbten Lösungen alle Hohlräume und Canäle sehr deutlich hervortreten, und sich auch die verschiedenen Substanzen durch differenzirte Färbungen meist auf den ersten Blick klar unterscheiden lassen. Dies ist namentlich bei den aus verschiedenen Zellschichten entstandenen Theilen des Hautskelets, also bei Zähnen, Schuppen, Hautknochen, Stacheln etc. sehr schön zu erkennen. So erscheint z. B. der vom Epithel abgesonderte Schmelz in allen seinen Ausbildungsformen farblos oder schwach bläulich. Die vom Mesoderm aus gebildeten Zahnsubstanzen, also namentlich das Dentin, stechen dagegen scharf vom Schmelz ab und sind gewöhnlich gelblich oder röthlichbraun gefärbt. Dies entsteht dadurch, dass die Dentinröhrchen fast immer bis in ihre feinsten Verästelungen hinein mit eisenhaltigen Lösungen injicirt sind. Die eingedrungene Farbsubstanz füllt dabei gewöhnlich das ganze Lumen der Röhrchen aus, so dass dieselben sehr klar und scharf hervortreten. Die grösseren, Blutgefässe führenden Canäle, Havers'sche Canäle und Zahnpulpen, erscheinen in der Regel dunkelbraun, indem die in grösserer Menge eingedrungene Farbsubstanz die Wandungen der Canäle auskleidet und deren Grenzlinien deshalb sehr scharf erkennen lässt. Durch diese Verhältnisse werden sowohl das Gesammtbild wie die feineren Einzelheiten des histologischen Baues sehr viel klarer und übersichtlicher als bei recenten Objecten. Denn bei diesen sind fast nur die mit Luft gefüllten Röhrchen sichtbar, und da diese Injection durch Luft meist nur einen Theil der Röhrchen und häufig in grösseren Theilen kein einziges Röhrchen traf, so ist das mikro-

skopische Bild meist ein sehr unvollkommenes. Färbt man nun die Objecte künstlich, so dringt der Farbstoff schon in das oft vielverschlungene Netzwerk der gröberen Canäle nur ungleichmässig, in die feinen Dentinröhrchen oft gar nicht ein. Ausserdem ist die Färbung eine gleichartige und nicht wie bei fossilen Objecten in den verschiedenen Substanzen differencirt. Die intercellulare Substanz ist auch bei fossilen Objecten im allgemeinen farblos, doch treten auch hier verschiedene Absonderungserscheinungen meist sehr deutlich hervor, die an recenten Objecten erst bei pathologischen Zuständen schwach sichtbar werden. Schliesslich kann man sich bei fossilem Material mit grossem Vortheil zur Untersuchung auch des polarisirten Lichtes bedienen, was bei recenten Objecten deshalb zwecklos ist, weil die in den frischen Geweben vorhandene organische Substanz durch eigene Polarisationserscheinungen die Bilder stört.

Weniger günstig gestalten sich die Verhältnisse bei den Resten wirbelloser Thiere. Über den Schalenbau der Crustaceen und Mollusken liegen zwar nur wenige Beobachtungen vor, so dass es schwer ist, nach dem Wenigen ein Urtheil über den Erhaltungszustand der inneren Structurverhältnisse der Hartgebilde bei diesen Classen zu fällen; immerhin sind aber durch die bisher angestellten Untersuchungen ziemlich mannigfaltige histologische Verhältnisse aufgedeckt, und jedenfalls ist bei Mollusken das nachgewiesen worden, dass der Erhaltungszustand bei den fossilen Schalen dieser Thiere im allgemeinen nicht ungünstiger ist als bei recenten Formen. Sehr viel zahlreicher sind die Beobachtungen über die Mikrostructur der Brachiopodenschalen, und wenn Carpenter hierbei fand, dass dieselben so charakteristische Merkmale aufweisen, dass man sogar Bruchstücke noch sicher bestimmen könne, so geht daraus hervor, dass der Erhaltungszustand bei dieser Gruppe im Allgemeinen ein günstiger sein muss.

Bei fossilen Echinodermen findet man in der Regel einen sehr charakteristischen Erhaltungszustand, indem durch nachträgliche Infiltration von kohlensaurem Kalk eine späthige Structur in den Skelettheilen entsteht. Wie v. Zittel indess hervorhebt, geht durch diesen Versteinerungsprocess die cha-

rakteristische Mikrostructur nur in seltenen Fällen verloren. Ausserdem finden sich gewöhnlich neben ungefärbten auch von Eisenoxyd natürlich gefärbte Stücke, an denen die histologischen Verhältnisse sehr klar zu beobachten sind. Bei Corallen ist die Mikrostructur des Kalkskelets fast immer wohl erhalten, bei fossilen Spongien scheint sie allerdings, wie v. Zittel nachwies, oft sehr eigenthümliche Umwandlungen erfahren zu haben, doch beweisen die feinen Untersuchungen dieses Autors z. B. über den Verlauf der Axencanäle in den Nadeln, dass auch hier mikroskopischen Studien günstige Resultate folgten. Bei Foraminiferen scheint der histologische Erhaltungszustand der Schalen dem bei recenten Formen nicht nachzustehen.

Ist demnach durch den Erhaltungszustand der fossilen Thierreste die Möglichkeit einer histologischen Untersuchung derselben in den meisten Fällen gegeben, so werden wir doch, um uns von dem praktischen Werth und der Nothwendigkeit derartiger Studien zu überzeugen, weiter fragen müssen, inwiefern durch dieselbe die Ziele und Aufgaben der Palaeontologie direkt gefördert werden können.

Die nächst liegende und historisch zuerst in Angriff genommene Aufgabe der Palaeontologie besteht darin, die fossilen Formen systematisch zu bestimmen, um dadurch einerseits eine Basis für alle palaeontologischen Arbeiten zu schaffen, und um andererseits der Geologie die Mittel an die Hand zu geben, die einzelnen Formationsglieder zu trennen, oder innerhalb derselben faunistische Provinzen, Faciesbildungen etc. zu unterscheiden. Eine weitere, erst auf obiger Grundlage ausführbare Aufgabe erwächst dem Palaeontologen in dem Studium des Zusammenhangs und der Beziehungen der fossilen Organismen unter einander und zu den lebenden Formen, um dadurch deren natürliche Stammesgeschichte zu ermitteln und eine naturgemässe Systematik der Organismen zu schaffen.

Prüfen wir also nun zunächst, welchen praktischen Nutzen histologische Untersuchungen zur Bestimmung der fossilen Reste gewähren.

Dass fürs erste mit der Untersuchung der Mikrostructur ein neues diagnostisches Merkmal zur Bestimmung eines Fossils gewonnen wird, bedarf wohl kaum eines Hinweises. Aus

den zahlreichen Einzelbeobachtungen in den verschiedensten Gebieten der Palaeontologie und Zoologie hat sich so viel mit Sicherheit ergeben, dass die Mikrostructur bei ein und derselben Art eine ebenso grosse Constanz aufweist, wie die äussere Form, mag dieselbe aus Europa oder aus Australien stammen, in schwarzem Thon oder in weissem Kalkstein aufbewahrt, fossil oder recent sein. Hieraus ergibt sich, was ja auch von vornherein durchaus naturgemäss und selbstverständlich ist, dass jeder Organismus in der Mikrostructur seiner Hartgebilde einen bestimmten Bauplan besitzt. So unbestreitbar aber diese Thatsache ist, so wenig wird derselben von vielen Autoren praktischer Werth beigemessen. Für die nachtheiligen Folgen einer solchen Nichtbeachtung liessen sich zahllose Beispiele anführen, von denen hier nur die Irrfahrten der Gattung *Palaeobates* erwähnt seien. Dieselbe wurde zuerst mit der Gattung *Psammodus*, dann mit *Strophodus* vereinigt und schliesslich zu den Myliobatiden gestellt. Für jede dieser Deutungen hatte ein unwesentliches Merkmal der äusseren Form den Ausschlag gegeben, während eine einzige Beobachtung der Mikrostructur sofort den Beweis geliefert hätte, dass jede der obigen Deutungen irrthümlich war. Diese Nichtbeachtung geht aber noch weiter, denn man findet sogar nicht selten, dass ein Autor in einer Diagnose selbst bemerkt, dass die Mikrostructur eines Fossils vom typischen Bau desselben vollkommen abweiche, ohne dadurch auf die Vermuthung zu kommen, dass seine Ansicht über die systematische Stellung des betreffenden Fossils falsch sei. Die Zahl der Irrthümer, die sich auf Grund der Mikrostructur sehr leicht nachweisen lässt, ist nicht gering und wird sich bei weiteren Arbeiten auf diesem Gebiete noch bedeutend vermehren.

Es zeigt sich aber ferner, dass die Mikrostructur nicht nur ein wichtiges, sondern eines der wesentlichsten Merkmale zur Bestimmung liefert und nicht ein Merkmal nur, sondern deren zahlreiche. Die Form und die äussere Oberfläche der Hartgebilde ist oft sehr einförmig und zeigt wenig charakteristische Merkmale, die innere Structur ist dagegen in der Regel so mannigfach differenzirt, dass sich in ihr fast immer eine ganze Reihe eigenthümlicher Merkmale finden lassen.

Und diese letzteren sind immer zuverlässig, wogegen die der äusseren Form, nach dem Alter und dem Geschlecht oder nach günstigen oder ungünstigen Lebensbedingungen, vielfachem Wechsel unterworfen sein können. Während es schliesslich bei Beurtheilung der äusseren Form oft sehr schwer ist, das Wesentliche von dem Unwesentlichen zu unterscheiden, gehört hierzu bei der Betrachtung des inneren Baues nur eine sehr geringe Übung und die Kenntniss einiger weniger Regeln, auf die ich später noch zurückkomme. Die histologische Untersuchung dürfte demnach zur Ergänzung der Beschreibung der äusseren Form stets vortheilhaft, in zweifelhaften Fällen geradezu unerlässlich sein. Da dem Palaeontologen in der Regel nur Skelettheile oder Fragmente von Hartgebilden für seine Bestimmungen als Grundlage dienen, so ist er eben zur genauesten Untersuchung derselben auch in viel höherem Maasse verpflichtet als der Zoologe, dem die ganzen Thiere zu Gebote stehen.

Jeder Palaeontolog weiss ferner, wie unendlich schwer und geradezu unmöglich es oft ist, auf Grund des äusseren Aussehens die einzelnen getrennten Stücke eines Skeletes als zusammengehörig zu erkennen, da dieselben in den Erdschichten meist mit ähnlichen Resten anderer Thiere in bunter Unordnung vermischt liegen. Welchen Nutzen auch in solchen Fällen die histologische Untersuchung bietet, das möchte ich durch ein Beispiel erläutern, durch welches ich selbst zum erstenmal von dem praktischen Werth derartiger Untersuchungen überzeugt wurde. Es war mir eine Sammlung von etwa 10 000 isolirten Selachierzähnen zur Bestimmung übergeben worden, welche sämmtlich aus einer einzigen Schicht und einem eng begrenzten Fundort stammten. Es war deshalb von vornherein mehr als wahrscheinlich, dass dieselben früher irgendwie zusammengehört hatten, ehe sie auf dem Meeresboden unter einander verstreut wurden. Der Erhaltungszustand war bei allen der gleiche, auch die Grössenunterschiede hielten sich in ziemlich engen Grenzen. Hiermit liess sich daher ebensowenig eine systematische Trennung durchführen, wie mit den sehr wechselnden Merkmalen der äusseren Form. Dass aber verschiedene Gattungen vorliegen mussten, das ging aus den grossen Unterschieden hervor,

welche sich zwischen extremen Formen zeigten. Das Studium der Literatur half aus diesem Labyrinthe auch nicht heraus, da von den Autoren nach sehr verschiedenen Gesichtspunkten einzelne markante Formen benannt waren, die grosse Mehrzahl der übrig bleibenden aber keiner oder sehr verschiedenen Arten oder Gattungen zugerechnet werden konnten, je nachdem man den systematischen Begriffen eine engere oder weitere Fassung geben wollte. In jedem Falle zeigte es sich auf den ersten Blick, dass die Eintheilungen keine natürlichen Grenzen besassen. Da einige mikroskopische Präparate der Zähne sehr klare Bilder zeigten, so fertigte ich eine grössere Anzahl von Schliffen, und hierbei ergab sich, dass immer nur 4 verschiedene Typen des inneren Baues wiederkehrten. Die naheliegende Vermuthung, dass durch dieselben 4 verschiedene Gattungen gekennzeichnet würden, bestätigte sich vollkommen, denn als ich das ganze Material auf Grund der neu gewonnenen Merkmale des inneren Baues anordnete, ergaben sich auch hinsichtlich der äusseren Form der Zähne sehr natürlich abgegrenzte Formenkreise, indem klar hervortrat, welchen Merkmalen der Form ein systematischer Werth zukam, und welche als unwesentlich zu betrachten waren. Die Unterschiede, welche sich innerhalb der 4 Typen zwischen den zusammengehörigen Zähnen fanden, entsprachen nun ferner den Verschiedenheiten der Zähne, welche man im Gebiss lebender oder vollständiger bekannter Verwandten kannte, und so wurde es einerseits wegen der Zuverlässigkeit der neuen Anordnung und andererseits auf Grund der Analogien möglich, die ehemaligen Gebisse der verschiedenen Arten zu reconstruiren. Hierdurch konnte zunächst die Nomenclatur wesentlich berichtigt und vereinfacht werden, indem z. B. vorher in einem Fall die verschiedenen Zähne einer und derselben Art mit 9 verschiedenen Namen benannt worden waren. Ferner wurde dabei die Kenntniss der Organisation jener Formen nicht unerheblich gefördert.

Manche nur isolirt vorkommende Skelettheile sind ferner in ihrer Gestalt so wenig charakteristisch, dass man dieselben gar nicht oder in sehr verschiedener Weise gedeutet hat. In solchen Fällen gibt die histologische Untersuchung allein den Ausschlag. Auch hier möge ein Beispiel reden. In einem

tertiären Material von Wirbelthierresten befanden sich einige höchst unscheinbare, stachelartige Körper, die kaum 1 cm lang waren und ausser einer schwachen Krümmung und Compression kein einziges irgendwie auffallendes Merkmal, dagegen deutlich Spuren von Abnützung und Bruch zeigten. Kurz, die Reste waren äusserlich so unscheinbar, wie fossile Reste überhaupt nur sein können. Als ich jedoch einen Dünnschliff von einem der Stücke anfertigte, war ich überrascht, im Innern eine prachtvoll erhaltene und höchst originelle Structur zu finden. Dieselbe wies zunächst auf einen Selachier, wollte aber zu keinem derselben passen, bis ich beinahe zufällig eine vollständige Übereinstimmung mit dem Bau der Rostralzähne von *Pristiophorus* fand. Nachdem einige weitere Präparate das Gesetzmässige des beiderseitigen Baues festgestellt hatten, war an der Zusammengehörigkeit beider Gebilde nicht mehr zu zweifeln. Die Übereinstimmung liess sich bis in die feinsten Einzelheiten verfolgen, und einen annähernd ähnlichen Bau hatte ich bei keinem zum Vergleich in Betracht kommenden Hartgebilde beobachtet. Es ergab sich nun auch sofort, dass auch die äussere Form der vorher zweifelhaften Gebilde der angegebenen Deutung entsprach, wenn dieselbe auch durch Abnützung und Bruch äusserlich schwer kenntlich geworden war. Nachdem sich aber das Auge für die Erkennung dieser Form geschärft hatte, fand sich bald, dass bereits andere derartige Reste von fossilen Pristiophoriden abgebildet waren, freilich aber irrthümliche Deutungen erfahren hatten. Eine Art war als Kieferzahn unter dem Namen *Lamna lanceolata* beschrieben worden, eine andere Art gar als Schwanzstachel eines Rochen unter dem Namen *Trygon ensifer*, andere Reste waren schliesslich zu *Pristis* gestellt worden. Die histologische Untersuchung ergab in allen Fällen den gleichen Bau und bewies zugleich, dass die Reste keiner der früheren Deutungen entsprachen.

Diese Beispiele dürften genügen, um den Werth histologischer Untersuchungen bei der Bestimmung fossiler Reste zu beweisen.

Wir würden uns nun der weiteren Frage zuzuwenden haben, ob und inwiefern histologische Untersuchungen das Studium der Stammesgeschichte der Organismen, welches

wir als die höhere Aufgabe der Palaeontologie bezeichneten, zu fördern geeignet sind.

Die im Folgenden berührten Untersuchungen sind ein erster Versuch, die Resultate histologischer Beobachtungen im Interesse phylogenetischer Forschungen zu verwerthen. Das Beweismaterial für die hierbei gewonnenen Anschauungen ist allerdings noch sehr unvollkommen, indem es ganz auf Wirbelthiere beschränkt ist und die Untersuchungen zunächst nur bei einer Gruppe bis zu einer gewissen Vollständigkeit durchgeführt sind. Die über niedere Thiere vorliegenden Einzelbeobachtungen sind noch so dürftig und ungleichmässig, dass sich aus denselben unmöglich schon jetzt ein innerer Zusammenhang erkennen und eine klare Übersicht gewinnen liesse. Es ist auch durchaus keine mühelose Aufgabe, eine Thiergruppe wie z. B. die Gastropoden oder die Bivalven auf diese Zwecke hin zu untersuchen. Denn es ist nothwendig, jede markante oder irgendwie zweifelhafte Form ohne Rücksicht auf das bestehende System zu untersuchen, um sich eine objective Beobachtung jeder einzelnen Form und eine von anderen Vorstellungen in keiner Weise beeinflusste Übersicht über die natürlichen Beziehungen und die allmähliche Differenzirung der Mikrostructur innerhalb der einzelnen Abtheilungen zu ermöglichen. Wollte man sich hier damit begnügen, aus den durch das System geschaffenen Hauptabtheilungen einzelne Vertreter zur Untersuchung herauszugreifen und die dabei gewonnenen Resultate auf die übrigen Formen auszudehnen, so würde man durch die Unzuverlässigkeit solcher Verallgemeinerungen der Sache wahrscheinlich mehr schaden als nützen. Wenn irgendwo in der Palaeontologie objectiv und der herrschenden Systematik gegenüber kritisch verfahren werden muss, so ist dies bei derartigen Untersuchungen der Fall.

Wir haben oben gesehen, dass die Mikrostructur der Organismen eine ausserordentlich mannigfaltige ist und bedeutenden Unterschieden in der äusseren Form auch gewöhnlich erhebliche Differenzirungen der Mikrostructur entsprechen, oder dass mit anderen Worten die Richtigkeit der bestehenden Systematik, welche fast immer ohne Rücksicht auf die histologischen Merkmale geschaffen ist, durch dieselben

bestätigt wird. Bisweilen aber ist dies nicht der Fall, und dann sind wir vor die Frage gestellt, ob den Merkmalen der äusseren Form oder denen des inneren Baues ein höherer systematischer Werth beizumessen sei.

Die Systematik ist im einzelnen meist auf eine Summe formaler Merkmale basirt: je grösser diese Summe ist, um so naturgemässer wird die Abgrenzung in jedem Falle sein. Nicht selten stützt sich aber eine systematische Trennung lediglich auf ein äusserlich besonders hervortretendes, oder biologisch besonders wichtiges Merkmal. Nun wissen wir aber aus dem Variiren der lebenden und dem Mutiren der fossilen Formen, dass die äussere Form oft sehr schnell und in verschiedener Weise wechselt und neu erworbene, dem Organismus besonders zuträgliche Eigenthümlichkeiten sich sehr schnell und sozusagen auf Kosten der übrigen breit machen. Diese letzteren treten dann sehr oft in den Hintergrund und werden bei der systematischen Abgrenzung häufig in viel geringerem Grade berücksichtigt, obwohl sie die charakteristischen Merkmale der Stammformen bildeten und den Zusammenhang der abgezweigten Typen mit den übrigen Stammesgenossen beweisen. Es liegt auf der Hand, dass in solchem Falle die Systematik nicht den Grad der natürlichen Verwandtschaft zum Ausdruck bringt. Wenn nun der weitere und nicht allzu seltene Fall eintritt, dass jene abgezweigten Typen durch ihre neu erworbenen Eigenthümlichkeiten anderen ihnen verwandtschaftlich sehr fern stehenden Formen ähnlich werden und das System derartig verschiedene durch Convergenz einander genäherte Thierformen in eine Familie, Ordnung oder Classe vereinigt, so steht eine derartige Eintheilung im Widerspruch mit der natürlichen Entwickelung der Organismen.

Da wir nun aber ein System, in welchem die natürliche Stammesentwickelung der Organismen zum Ausdruck kommt, mit einem Wort, eine natürliche Systematik anstreben, so dürfen wir den momentan hervortretenden Merkmalen der Form keinen allzu hohen systematischen Werth beimessen, sondern wir müssen wenigstens für alle höheren Eintheilungen nach Merkmalen suchen, welche relativ constant sind und sich am längsten als phyletische Eigenthümlichkeiten vererben.

Diese Merkmale aber werden naturgemäss in denjenigen Organen zu finden sein, welche durch den Wechsel der Lebensweise am wenigsten beeinflusst werden. Zu diesen letzteren muss aber zweifellos die Mikrostructur der Hartgebilde gehören. Diejenigen Organe, welche an den Lebensfunctionen directen Antheil nehmen, wie die Bewegungs- und Sinnesorgane, ferner auch die zur Ernährung in Beziehung stehenden werden immer durch den Wechsel der Lebensbedingungen und Functionen beeinflusst und verändert werden. Bei einem Lauf-Fuss, der sich zum Klettern anpasst, wird sich die Form der einzelnen Knochenstücke sehr schnell ändern, aber die Art, wie sich die Knochen im Innern aufbauen, wird sich dabei schwerlich ändern. Es wäre auch in der That kaum möglich, sich für eine derartige Änderung irgend einen Grund vorzustellen. Die Form der Gebisse und der einzelnen Zähne ändert sich ebenfalls schnell unter der Einwirkung veränderter Nahrungsweise, aber der histologische Bau der Zähne bleibt constant. Auch in einem und demselben Gebiss differenziren sich die einzelnen Zähne je nach ihrer Function in sehr verschiedene Formen, die Übereinstimmung im inneren Bau, namentlich in den feineren Structurverhältnissen, wie z. B. der Art der Verästelung der Dentinröhrchen, ihres Eintritts in den Schmelz u. s. w., bleibt dabei streng gewahrt. Ein sehr eclatantes Beispiel ergibt sich aus den Untersuchungen Oscar Hertwig's, der bei mehreren Arten von Selachiern nachwies, dass die als differenzirte Hautschuppen aufzufassenden Mundzähne mit den Hautschuppen noch heute vollständige Übereinstimmung im histologischen Bau aufweisen. Die Differenzirung in Hautschuppen und Zähne liegt aber unendlich weit zurück und ist jedenfalls phylogenetisch älter als die ältesten Selachier, die wir bereits aus palaeozoischen Schichten mit differenzirten Zähnen und Hautschuppen kennen. Ebenso zeigen z. B. die Schwanzstacheln und die Zähne der Myliobatiden, trotzdem beide in ihrer Form sehr verschieden differenzirt sind, in ihrem inneren Bau eine so vollkommene Übereinstimmung, dass es kaum möglich sein würde, formlose Fragmente beider zu unterscheiden. Diese Beispiele liessen sich noch bedeutend vermehren, aber ich glaube, dass die angeführten genügen, um zu zeigen, dass die Eigenthümlich-

keiten der Mikrostructur der Hautgebilde sehr constant sind. sich sehr lange vererben und folglich sehr werthvolle Hilfsmittel zur Feststellung der Stammesgeschichte der Organismen bieten.

Um nun von diesen Gesichtspunkten aus praktische Resultate zu erzielen, schien vor Allem eine Concentration auf einen möglichst natürlich abgegrenzten Theil der Wirbelthiere erforderlich. Da es, wie ich bereits an andern Orten hervorhob, den Anschein hat, dass keine Abtheilung unter den Wirbelthieren eine so vollständige und unvermittelte Stellung den übrigen gegenüber einnimmt wie gerade die Selachier. und da dieselben vom Palaeozoicum an in allen Formationen in ziemlich gleichbleibender, nirgends allzugrosser Mannigfaltigkeit vertreten sind, so schien gerade diese Gruppe zu phylogenetischen Studien besonders geeignet.

Die mikroskopische Untersuchung fast sämmtlicher recenter und der Mehrzahl fossiler Gattungen erwies zunächst. dass der histologische Bau der Hautgebilde der Selachier auf einer relativ niedrigen Stufe der Differenzirung stehen geblieben ist. Es fehlt denselben nämlich jede Spur von echtem (prismatischem) Schmelz und von Knochenkörperchen sowohl in ihrer ganzen phylogenetischen wie ontogenetischen Entwickelung. Dafür sind aber die Differenzirungen und Modificationen, welche das Dentin aufweist, ungemein mannigfaltig, und mindestens für jede Familie, in der Regel auch für jede einigermassen selbstständige Gattung charakteristisch. Die geringe phyletische Divergenz, welche im System nur specifische Trennungen involvirt, kommt in der Mikrostructur noch nicht zum Ausdruck, was nach dem oben über die Constanz derselben Gesagten fast selbstverständlich erscheint. Da umgekehrt sichtbare Verschiedenheiten im inneren Bau zweier Formen stets eine längere phyletische Divergenz derselben voraussetzen, so würden in solchem Falle die Unterschiede durch specifische Trennung der Formen nicht genügend scharfen Ausdruck finden.

Da es zu weit führen würde, auch nur die wichtigsten auf Grund der Histologie sich ergebenden phyletischen Beziehungen der Selachier zu berühren und ich überdies weiter unten auf einige allgemeinere Gesichtspunkte zurückkommen

werde, so begnüge ich mich damit, ein besonders charakteristisches Beispiel herauszugreifen.

Die sogenannten echten Rochen werden in 4 Familien eingetheilt: die Rajiden, Torpediniden, Trygoniden und Myliobatiden. Alle diese sollten eine natürliche Gruppe bilden, in welcher nur die Myliobatiden wegen ihres ganz fremdartigen Gebisses eine abgesonderte Stellung einzunehmen schienen. Die übrigen zeigten ausser in der allgemeinen Körperform in dem Gebiss so grosse Übereinstimmung, dass man sie sehr wohl für nahe Verwandte halten konnte. Während die Zähne der Torpediniden und Rajiden im Innern eine geschlossene Pulpa aufweisen, besitzen dagegen die Trygoniden ebenso wie die Myliobatiden einen maschig-netzförmigen Zahnkeim und bestehen also aus Vasodentin. Diese Beobachtung ist mehrfach in der Literatur verzeichnet; eine Bedeutung ist dieser Erscheinung aber ebenso wenig beigemessen worden, wie eine Erklärung für dieselbe versucht wurde. Der Unterschied ist indess so constant und durchgreifend, dass ihm zunächst eine systematische Bedeutung nicht abgesprochen werden kann. Betrachtet man nun die fossilen Formen, welche man als Vorläufer der Rajiden einerseits und der Trygoniden andererseits ansehen muss, so ergibt sich, dass der Unterschied in früheren Perioden gleich scharf bleibt und von einem Übergang zwischen beiden Typen keine Rede ist. *Cyclobatis*, die man aus der Kreide als älteste Rajide kennt, zeigt hinsichtlich der Mikrostructur der Zähne und Hautgebilde dasselbe Verhalten wie die lebenden Rajiden[1]. Verfolgt man die Trygoniden zurück, so finden sich zunächst Übergänge zu den Myliobatiden sowohl in der Bezahnung wie in der allgemeinen Körperform, ferner ergibt sich, dass sich die Familien erst an der Grenze der Kreide und Tertiärformation trennten, und schliesslich zeigt sich bei der ältesten Zwischenform beider ein deutlicher Übergang zu Formen wie *Ptychodus*, *Strophodus*, *Acrodus*, also zu der Gruppe der Cestracioniden im Sinne v. Zittel's. Für alle Glieder dieser Gruppe ist vom Kohlenkalk an der gleiche Typus der Mikrostructur charakteristisch, welchen wir gegenwärtig noch bei Myliobatiden und Trygoniden an-

[1] Der eingehende Beweis, dass *Cyclobatis* eine unzweifelhafte Rajide ist, soll in einer demnächst erscheinenden Arbeit erbracht werden.

treffen. Er erklärt sich als ein Erbtheil, welches uns noch heute auf die phyletische Abstammung hinweist. Die äussere Körperform der Trygoniden und Rajiden ist durch Anpassung an die gleichen Lebensbedingungen einander sehr ähnlich geworden, alle von jener Anpassung nicht oder wenig beeinflussten Skelettheile und namentlich der histologische Bau aller Hautgebilde beweist, dass man jene äusserliche Ähnlichkeit als eine Convergenzerscheinung betrachten muss, welche den Gang der natürlichen Stammesentwickelung und das Bild der verwandtschaftlichen Beziehungen verschleiert. Die Mikrostructur aber erweist sich als dasjenige Merkmal, welches am treuesten die phyletischen Eigenthümlichkeiten bewahrt und deshalb die sichersten Anhaltspunkte zur Feststellung der Stammesgeschichte liefert.

Indem ich versuchte, die bei Selachiern beobachteten primitiven Verhältnisse der Mikrostructur mit den Ausbildungsformen, welche bei höheren Wirbelthieren vorliegen, in Beziehung zu bringen, ergaben sich von selbst einige Gesichtspunkte über die geologische Entwickelung bezw. phyletische Vervollkommnung einzelner Substanzen, welche ein allgemeineres Interesse beanspruchen dürften. Erstens lassen sich auf diesem Wege eine Reihe von Erscheinungen erklären, welche bisher in ihrer höchsten Ausbildung bei dem Menschen und höheren Säugethieren unvermittelt erschienen und unverständlich waren, so lange man ihre allmähliche Entwickelung nicht kannte. Zweitens werden durch einige Regeln, welche sich aus jener vergleichenden Betrachtung ergeben, scheinbare Inconsequenzen aufgeklärt, welche ohne die Kenntniss jener höheren Regeln an dem Werth histologischer Untersuchungen bisweilen Zweifel erregen und zu Irrthümern verleiten könnten. Drittens lassen sich diese Ergebnisse auch direct praktisch verwerthen, indem oft schon allein der Grad der Differenzirung der einzelnen Substanzen über die systematische Stellung und die phyletischen Beziehungen einer Gruppe werthvollen Aufschluss ertheilen kann. Ich möchte hier nur einiges über die phylogenetische Entwickelung des Dentins und der Schmelzbildungen hervorheben. Die Bemerkungen über das Dentin erstrecken sich zunächst nur auf die Selachier, während das über den Schmelz Gesagte für die Wirbelthiere im Allgemeinen gilt.

Das Dentin besteht bei dem ausgebildeten Zahn aus zwei Theilen, einem organischen, welcher die Blut- und Nervengefässe enthält, und von welchem die Ernährung und Verkalkung des Dentins ausgeht, und einem anorganischen, welcher im wesentlichen aus kalkigen Ausscheidungsproducten besteht und von Zahnfasern durchzogen ist. Diese Zahnfasern oder Dentinröhrchen sind feine Ausläufer eigenthümlicher Zellen, der sogen. Odontoblasten, welche die oberste Lage des weichen organischen Theiles bilden und als die eigentlichen zahnbildenden Elemente aufzufassen sind. Der weiche organische Theil des Dentins, in welchem jene Odontoblasten die äusserste Schicht gegen das eigentliche verkalkte Dentin bilden, heisst Zahnkeim. Die Form desselben ist sehr mannigfaltig. Nimmt er einen geschlossenen Sack oder keulenförmigen Hohlraum ein, so heisst er Pulpa, ist er in ein maschiges Netzwerk von Canälen vertheilt, so werden diese Havers'sche Canäle oder, wie ich kürzlich vorschlug, Vasa-Canäle, die ganze von diesen durchzogene Substanz Vasodentin genannt. Die absolute Homologie der Pulpa und Vasa sowie der von beiden ausgehenden Röhrchen ist nicht zu bezweifeln. Bei Selachiern lassen sich nun alle Übergänge zwischen den extremsten Ausbildungsformen dieser Elemente und, wie ich glaube, ein gesetzmässiger Gang der Vervollkommnung erkennen.

Man findet nämlich bei den geologisch alten Selachiern verschiedener natürlicher Gruppen im Allgemeinen eine schwache Entwickelung der Dentinröhrchen. Dieselben sind verhältnissmässig kurz, und ihr Verlauf ist im Allgemeinen wirr und regellos. Bei jüngeren Formen findet man dagegen häufig, dass die Dentinröhrchen sehr viel länger sind und einen regelmässigen in ihrer Richtung scharf bestimmten Verlauf besitzen. Die Ausbildung dieser letzteren Verhältnisse lässt sich bisweilen schrittweise verfolgen, wenigstens finden sich so naturgemässe Übergänge zwischen beiden Ausbildungsarten, dass man dieselben wohl mit Recht als Etappen einer einheitlichen Differenzirung betrachten kann. Genau das Gleiche gilt von dem Verhältniss des Vasodentins zum Pulpodentin. Bei den älteren Selachiern finden wir fast nur Vasodentin, bei den jüngeren nicht selten eine Concentration der getrennten Vasa zu einer einheitlichen Pulpa. Bei den Formen, bei

denen viel verästelte Vasa das Dentin durchziehen, sind die Dentinröhrchen kurz, bei denjenigen, bei denen eine Pulpa die Mitte der Zahnkrone einnimmt, sind dieselben relativ länger. Da das ganze Dentin stets von Dentinröhrchen durchzogen ist, und sich um jeden Canal oder die Pulpa immer nur eine Zone radial ausstrahlender Dentinröhrchen findet, so brauchen sie im ersten Fall nur bis zur Zone des benachbarten Canals zu reichen, im letzten Fall müssen sie die ganze Zahnkrone bis an den Schmelz hin durchziehen. Nach alledem liegt die Annahme nahe, dass zwischen beiden Erscheinungen ein Causalnexus bestehe derart, dass die Verästelung des Zahnkeimes eine nothwendige Folge der geringen Ausbildungsstufe der Dentinröhrchen sei, und dass erst durch deren höhere Differenzirung die Concentration des Zahnkeimes in eine einheitliche Pulpa möglich wird. Diese Annahme wird durch zahlreiche Beobachtungen bestätigt.

An die Gruppe der geologisch älteren Notidaniden schliesst sich morphologisch und histologisch die Gruppe der Spinaciden sehr nahe an und dürfte höchst wahrscheinlich einen eigenartig differenzirten Seitenzweig jenes älteren Typus darstellen. In den Zähnen der Notidaniden findet man ein dicht verzweigtes Vasodentin mit sehr kurzen wirr verlaufenden Dentinröhrchen. Bei einigen der älteren Spinacidenformen. z. B. bei *Acanthias orpiensis*, findet man jene Ausbildung nur wenig vervollkommnet, doch tritt bereits in der Hauptspitze ein Canal durch bedeutendere Grösse und längeren regelmässigen Verlauf hervor. Das Gleiche ist bei *Echinorhinus* der Fall, der sich in der Form seines Gebisses noch auf das engste an *Notidanus* anschliesst. Bei einer Anzahl jüngerer Spinacidenformen, die sich am weitesten von den Notidaniden entfernt haben, z. B. bei *Spinax* selbst und bei der verhältnissmässig früh isolirten Gattung *Pristiophorus*, ist die Concentration des Zahnkeimes allmählich so weit fortgeschritten. dass eine typische Verästelung bisweilen ganz fehlt, und nur ein Pulpa-artiger Mittelcanal dominirt. Die Dentinröhrchen haben sich dabei in dem angegebenen Sinne erheblich vervollkommnet und z. B. bei einer tertiären Art von *Pristiophorus* einen verhältnissmässig hohen Grad der Differenzirung erreicht.

Einen durchaus analogen Vorgang finden wir in den Familien der Scylliden und der Carchariden. Bei letzteren, welche die geologisch jüngsten Selachier sind, da wir sie erst im Tertiär finden, erreicht jene Differenzirung den höchsten Grad. Hier findet sich stets eine geschlossene geräumige Pulpa und die grösste Länge und Regelmässigkeit der Dentinröhrchen. Während demnach der Grössenentwickelung der Dentinröhrchen bestimmte Grenzen gezogen zu sein scheinen, lässt sich das Umgekehrte an zahlreichen Beispielen beweisen, dass nämlich die Dentinröhrchen bei einer bestimmten Höhe ihrer Differenzirung unter ein gewisses Maass nicht hinuntergehen und deshalb einen entsprechenden Raum zu ihrer Entfaltung beanspruchen.

Man beobachtet sehr häufig, dass bei Zähnen, welche mehrere verschieden grosse Spitzen haben, in den grösseren Spitzen typisches Vasodentin die Regel ist, während sich in den kleinsten Nebenspitzen oft nur ein einziger Canal findet, den man für sich allein als Pulpa betrachten könnte. Dieser eine Canal ist dann nicht viel kleiner als die zahlreichen Äste, welche sich in den grösseren Spitzen finden, und umgekehrt sind die die ganze Nebenspitze vom Mittelcanal aus durchdringenden Dentinröhrchen nicht grösser als in dem Vasodentin der grösseren Spitzen, und man überzeugt sich sofort, dass allein aus Mangel an Raum nur der eine Canal zur Entfaltung kam.

Diese Umstände sind bei Beurtheilung histologischer Verhältnisse von viel grösserer Tragweite, als es auf den ersten Blick scheinen mag. Ohne die Kenntniss dieser Regeln wäre und war thatsächlich die Mikrostructur bisweilen unverständlich und in ihrem systematischen Werth in Frage gestellt. Mit der Kenntniss dieser immer und ganz allgemein geltenden Regeln, werden jene Erscheinungen als unwesentliche Zufälle kenntlich, denen ein systematischer Werth nicht zukommt. Der letztere findet sich dann meist in feineren Structurverhältnissen, die jenen Zufälligkeiten nicht unterliegen.

In ähnlicher Weise wirft auch das Studium der Schmelzbildungen bei Selachiern und anderen niedrigstehenden Wirbelthieren auf verschiedene Erscheinungen Licht, welche, bisher nur in ihrer höchsten Entwickelung im Schmelz der Säugethiere beob-

achtet, unverständlich und viel bestritten waren. Es betrifft dies z. B. das Eintreten von Dentinröhrchen in den Schmelz. Der echte Schmelz, wie er typisch bei den Zähnen des Menschen und höherer Säugethiere auftritt, ist morphologisch besonders durch drei Eigenschaften charakterisirt. Erstens besteht er aus feinen Prismen, welche von seiner Innenseite nach der Oberfläche des Zahnes verlaufen, zweitens ist er von dem darunter liegenden Dentin scharf getrennt, drittens durch den Mangel an Kanälen ausgezeichnet. Hinsichtlich des letzteren Punktes war indess von mehreren Seiten insofern eine Ausnahme constatirt worden, als man in vereinzelten Fällen beobachtete, dass beim menschlichen Zahne Dentinröhrchen eine Strecke weit in den Schmelz eindringen. Die Fälle müssen aber so selten sein, dass sie von verschiedenen der hervorragendsten Forscher geläugnet wurden. Von John Tomes war nun ferner beobachtet worden, dass bei Marsupialiern regelmässig, bei Rodentien nicht selten Dentinröhrchen in grösserer Anzahl in den Schmelz eindringen. Auch bei einem embryonalen Katzenzahn und bei fossilen Feliden habe ich den gleichen Fall vereinzelt beobachtet. Die Thatsache liess sich nach alledem nicht mehr in Abrede stellen, aber eine Erklärung dieser Erscheinung ist meines Wissens noch nicht versucht worden. Dieselbe ergibt sich jedoch von selbst, wenn man die analogen Verhältnisse bei den niederen Wirbelthieren und zwar speciell auch bei Selachiern in Betracht zieht. Dass auch bei diesen letzteren die äusserste Schicht eine epitheliale Bildung, also dem Schmelz höherer Wirbelthiere homolog ist, ist nach den Untersuchungen Oscar Hertwig's unbestreitbar. Bei den älteren und im Allgemeinen niedrig organisirten Selachiern findet man nun den Schmelz durch folgende Eigenschaften ausgezeichnet: erstens ist er nicht prismatisch abgesondert, zweitens nicht oder nur wenig deutlich vom Dentin geschieden und drittens durchziehen fast alle Dentinröhrchen in feinen Verzweigungen die ganze Schmelzschicht. Dieser Schmelz ist also in den drei wichtigsten Punkten diametral von dem der höchsten Wirbelthiere verschieden, sodass sein Vorhandensein von verschiedenen Seiten geradezu geläugnet wurde. Jedoch zeigen sich schon bei einigen höher differenzirten Selachiern bemerkenswerthe

Übergänge, indem sich eine undeutliche Grenzzone zwischen Dentin und Schmelz ausbildet, die Dentinröhrchen in dieser eigenthümliche Störungen aufweisen, und färbende Lösungen in den Schmelz nicht mehr eindringen. Über diese Differenzirung geht kein Selachier heraus, so dass ich für diese immerhin sehr primitive Form des Schmelzes den Namen Placoinschmelz vorschlug. Zeigt sich aber in jenen Differenzirungen bereits eine Annäherung an die höhere Ausbildungsform, so finden wir directe Übergänge bei höheren Fischen. Einerseits wird bei diesen, z. B. bei älteren Teleostierformen, die Grenze zwischen Schmelz und Dentin ziemlich scharf und die Störung der Dentinröhrchen in der Grenzzone sehr regelmässig. Bei anderen alten Gruppen, wie z. B. Ganoiden, die durch ein starkes Hautskelet ausgezeichnet sind, stellt sich die erste Prismenbildung ein. Aber dieselbe ist insofern noch sehr primitiv, als die einzelnen Prismen sehr niedrig und in dünnen Lagen abgesondert sind. Ein sehr interessantes Entwickelungsstadium der Prismenbildung finden wir z. B. bei *Sphaerodus*-Zähnen aus dem oberen Jura. Bei diesen dringen die Dentinröhrchen nur mehr in die untere Hälfte des Schmelzes ein und lassen eine äussere Zone desselben frei. Im polarisirten Licht zeigt sich nun jene innere Zone mit den Dentinröhrchen structurlos, die äussere dagegen zeigt die ersten Spuren einer undeutlich prismatischen Absonderung. Bei Amphibien und Reptilienzähnen, bei denen die Grenze gegen das Dentin sehr scharf ist und verhältnissmässig weniger Dentinröhrchen in den Schmelz eindringen, erscheint dieser im polarisirten Licht deutlicher prismatisch, wenn auch die Grenzlinien der einzelnen Prismen unklar sind. Die typische Schmelzbildung, wie wir sie oben beschrieben, findet sich wie gesagt erst bei den Säugern, und dass unter diesen gerade die niedrigst organisirten und älteren Gruppen, die Marsupialier und Rodentier, eine Ausbildungsform zeigen, welche der der niederen Wirbelthiere am nächsten steht, scheint mir für die phylogenetische Bedeutung des geschilderten Entwickelungsganges sehr bezeichnend. Es ergibt sich sonach, dass die Höhe der Differenzirung des Schmelzes einen Maassstab abgibt für die Organisationsstufe einer Gruppe und deren Beziehungen zu anderen. Auch diese Thatsache scheint bei phylogeneti-

schen Studien eine erhebliche Tragweite zu haben. So werden z. B. von verschiedenen Seiten die Cetaceen hinsichtlich ihrer einfachen und Reptilien-ähnlichen Bezahnung als die ursprünglichsten Säugethiertypen betrachtet und an Formen, wie *Ichthyosaurus*, angeschlossen. W. Dames, der die entgegengesetzte Ansicht vertritt, dass nämlich die Cetaceen stark degenerirte Nachkommen höherer Säugethiere seien und deshalb hinsichtlich ihrer Bezahnung nicht als ursprünglicher Typus gelten können, machte es mir möglich, den Schmelz eines der ältesten Cetaceen (*Zeuglodon*) zu untersuchen. Hierbei ergab sich, dass derselbe eine Organisationshöhe besitzt, wie sie nur höheren Säugern zukommt. Innerhalb des ganzen Cetaceenstammes können wir eine schrittweise Verkümmerung der Zähne verfolgen, welche mit der Reduction des Schmelzes beginnt und bei *Balaena mysticetus* ihren Abschluss gefunden hat. Wenn wir also bei einem alten Cetaceen noch hoch entwickelten Säugethier-artigen Schmelz finden, so ist dies ein sicherer Beweis, dass sich jene Zahnformen und ihre Träger von bereits hoch entwickelten Säugethiertypen abgezweigt haben, aber nicht z. B. zu *Ichthyosaurus*-artigen Reptilien in Beziehung zu bringen sind, deren Schmelzbildung niemals die Höhe erreicht hat, welche jene bereits degenerirenden Typen noch aufweisen, also eine weitere Bestätigung der Dames'schen Auffassung.

Die angeführten Beobachtungen und Beispiele dürften, wie ich glaube, genügen, um die hohe Bedeutung histologischer Untersuchungen sowohl zur systematischen Bestimmung fossiler Reste wie zur Feststellung ihrer phylogenetischen Beziehungen ausser Frage zu stellen.

Vielleicht trägt ein derartiger Hinweis dazu bei, dass jenen Studien ein höherer Werth zuerkannt wird als bisher; ich zweifle nicht, dass dieselben in hervorragendem Maasse berufen sind, zur Lösung der hohen aber schweren Aufgaben der Palaeontologie beizutragen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie

Jahr/Year: 1891

Band/Volume: 1891

Autor(en)/Author(s): Jäkel (Jaekel) Otto

Artikel/Article: Ueber mikroskopische Untersuchungen im Gebiet der Palaeontologie. 178-198