

yet nevertheless its identity can be recognized under all such transmutations. So in the evolutionary story of the cerebellum there appeared in the dorsal lip of the rhombencephalon of the primitive vertebrate a special neuronal structure with inherent properties of design that lent themselves to development for all the computational problems confronting the evolving organisms in the growing complexities of their struggle for survival. We can glimpse this primordial process and its history in retrospect by imaginative insight based on the cerebellar structure and function of existing vertebrates. Our present understanding is very fragmentary and inadequate for this historical task. A tremendous program of investigation for the future can be organized in relationship to the evolutionary problems here outlined.

I am moved to finish my account of this fascinating story of the evolution of cerebellar design by a quotation from SHERRINGTON in his book "Man on his Nature" [26]: "Even should mind in the cataclysm of Nature be doomed to disappear... , man will have had his compensation: to have glimpsed a coherent world and himself as item in it. To have heard for a moment a harmony wherein he is a note. And to listen to a harmony is to commune with its Composer?"

[1] The Comparative Anatomy of the Nervous System of Vertebrates Including Man. By C. U. ARIENS KAPPERS, G. C. HUBER, and E. C. CROSBY. Vol. 2. New York: MacMillan 1936. — [2] ARMSTRONG,

D. M., R. J. HARVEY, and R. F. SCHILD: J. Physiol. 202, 106 (1969). — [3] CALNE, D. B.: J. Physiol. 146, 459 (1959). — [4] DIJKGRAFF, S.: The functioning and significance of the lateral-line organs. Biol. Rev. 38, 51 (1963). — [5] The Cerebellum as a Neuronal Machine. By J. C. ECCLES, M. ITO, and SZENTÁGOTHAÏ: Berlin-Heidelberg-New York: Springer 1967. — [6] ECCLES, J. C., H. TÁBOŘÍKOVÁ, and N. TSUKAHARA: Biol. Bull. 135, 418 (1968). — [7] ECCLES, J. C., H. TÁBOŘÍKOVÁ, and N. TSUKAHARA: Brain Res. (in press). — [8] ECCLES, J. C., H. TÁBOŘÍKOVÁ, and N. TSUKAHARA: Brain Res. (in press). — [9] FABER, D. S., and J. T. MURPHY: Brain Res. (in press). — [10] FOX, C. A., and J. W. BARNARD: J. Anat. (Lond.) 91, 299 (1957). — [11] FOX, C. A., et al., in: Progress in Brain Research, Vol. 25. The Cerebellum. Ed. by C. A. FOX and M. SINGER. Amsterdam: Elsevier 1966. — [12] HOUSER, G. L.: J. Comp. Neurol. 11, 65 (1901). — [13] KITAI, S. T., T. SHIMONO, and D. T. KENNEDY: Unpublished observations (1969). — [14] LARSELL, O., in: The Comparative Anatomy and Histology of the Cerebellum from Myxinoids through Birds. Ed. by J. JANSEN. Minneapolis: University of Minnesota 1967. — [15] LLINÁS, R., and J. BLOEDEL: Brain Res. 3, 299 (1967). — [16] LLINÁS, R., and J. R. BLOEDEL: Science 155, 601 (1967). — [17] LLINÁS, R., et al.: Science 160, 1132 (1968). — [18] LLINÁS, R., C. NICHOLSON, and W. PRECHT: Science 163, 184 (1969). — [19] LLINÁS, R., W. PRECHT, and S. T. KITAI: Brain Res. 6, 371 (1967). — [20] MARR, D.: J. Physiol. 202 (in press). — [21] MATTHEWS, P. B. C., C. G. PHILLIPS, and G. RUSHWORTH: Quart. J. exp. Physiol. 43, 38 (1958). — [22] NICHOLSON, C., and R. LLINÁS: Brain Res. 12, 477 (1969). — [23] NIEUWENHUYNS, R., in: Progress in Brain Research. Vol. 25. The Cerebellum. Ed. by C. A. FOX and R. S. SNIDER, S. 1. Amsterdam: Elsevier 1967. — [24] Histologie du Système Nerveux de l'Homme et des Vertébrés. S. RAMÓN y CAJAL. Vol. 2, S. 993. Paris: Maloine 1911. — [25] SCHAPER, A.: J. Comp. Neurol. 8, 1 (1898). — [26] Man on His Nature. By C. S. SHERRINGTON. London: Cambridge University Press 1940. — [27] SZENTÁGOTHAÏ, J.: Proc. Inst. Electrical Electronic Eng. 56, 960 (1968).

Received July 4, 1969

Ultrastrukturen bei kalkschaligen Foraminiferen

CHRISTOPH HEMLEBEN

Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Tübingen

Die Gehäuse-Feinstruktur der kalkschaligen perforierten Foraminiferen spielt eine immer wichtigere Rolle bei Untersuchungen stratigraphischer, phylogenetischer und taxonomischer Art. Dünnschliff-Methoden und Untersuchungen mit dem Elektronen-Transmissionmikroskop (ETM) werden schon seit vielen Jahren erfolgreich angewandt. Die methodische Untersuchungslücke zwischen Lichtmikroskop und ETM kann jedoch erst seit etwa fünf Jahren durch das Elektronen-Rastermikroskop (ERM) zum größten Teil überbrückt werden. Hier soll gezeigt werden, welcher Fortschritt in den Untersuchungen mit dem Elektronen-Rastermikroskop erzielt werden konnte.

Bisherige Kenntnisse

Aus den zahlreichen Publikationen über die Feinstruktur von Foraminiferen-Gehäusen seien hier nur drei Arbeiten herausgegriffen, die unsere Kenntnis wesentlich erweitert haben. REISS [5, 6] entwarf, auf den Ergebnissen von SMOUT [7] aufbauend, eine Klassifikation der perforierten Foraminiferen nach ihrer Feinstruktur im Dünnschliff-Bild. Danach ließen sich

vier Typen unterscheiden: lagenid, monolamellid, bilamellid und rotaliid. Ausschlaggebend ist bei allen vier Typen die Art des Kammer-Anbaus und die Lage der Primärmembran. Ein weiteres übergeordnetes Merkmal liefert die Feinstruktur mit radialen oder/und granulären Wandstrukturen. Für diese konnten TOWE und CIFELLI [8] mit Hilfe des ETM zeigen, daß die c-Achsen der Kristalle eine bevorzugte Orientierung aufweisen. Im Gegensatz dazu zeigen die Kristallnadeln der „porzellanschaligen“ Foraminiferen so gut wie keine Orientierung.

Präparationstechnik

Dank der verhältnismäßig einfachen und raschen Präparation lassen sich jeweils viele Exemplare einer Art untersuchen. Zum Teil mit Ultraschall gereinigte und künstlich angebrochene Exemplare wurden in Gruppen zu 20 auf einem zum ERM-Stereoscan der Cambridge Instrument Company passenden Aluminium-Träger aufgeklebt. Zum Festkleben wurden alle gängigen Klebstoffe probiert, wobei sich das Aufkleben auf einen doppelseitig klebenden Papierstreifen als beste Technik erwies.

Bedampft wurde in den meisten Fällen mit einer Au/Pd-Legierung bis zu einer Dicke von 500 Å, in wenigen Fällen — nämlich bei Aufladung organischer Substanzen — auch bis 800 Å. Untersucht wurde mit dem ERM Stereoscan; die Bilder wurden mit 100 sec auf einen KB 14-Film abgerastert.

Gehäuse-Ultrastrukturen

Porzellanschalige Foraminiferen

Querbrüche rezenter porzellanschaliger Foraminiferen (z.B. *Quinqueloculina seminulum* LINNÉ, *Peneroplis planatus* (FICHTEL und MOLL) zeigen bei Vergrößerungen über 5000× ein mehr oder weniger lockeres Haufwerk von Calcit-Nadeln, die keinerlei bevorzugte Orientierung zeigen (Fig. 1). Nur an der Innen- und Außenseite der Gehäuse-Wand liegen oberflächenparallele Nadeln, die noch mit organischen Substanzen verkittet sind (Fig. 1). Länge und Dicke der Nadeln scheinen von Gattung zu Gattung etwas zu variieren. So hat *Peneroplis* längere und dünnere Nadeln als z.B. *Quinqueloculina*. Allerdings wird dieser Unterschied bei fossilen Exemplaren wieder abgeschwächt: Eine stärkere „Verfilzung“ der Nadeln bahnt sich bereits zu Lebzeiten der Foraminifere an. Bei älteren Kammern ist die Kompaktierung stärker als bei jüngeren Kammern, deren Wände mehr aus einem lockeren Nadel-Haufwerk bestehen. Durch postmortale Einflüsse (Diagenese) wächst der Zwischen-Nadel-Bereich vollends zu, so daß der Eindruck einer „ultra-granulären“ Wand entsteht. Ein echtes Dickenwachstum scheint bei den Porcellanea zu fehlen, denn es tritt keinerlei Lamellierung auf. Eine solche müßte deutlich zu sehen sein, da auch an ehemaligen Oberflächen die flächenhafte Orientierung der Nadeln erhalten bleibt und als Lamellengrenze hervortreten würde. Nur im Mündungsbereich können mehrere Lagen übereinander liegen. Sie dienen wohl der Verstärkung der Mündung und des Mündungszahns. Also treten, wenn auch nur in kleinen Bereichen, auch bei den porzellanschaligen Foraminiferen Wachstums-lamellen auf. Sonst vollzieht sich die Auskristallisierung offenbar in einer vielleicht kolloidalen Lösung zwischen zwei Membranen, aber im wesentlichen ohne die steuernde Wirkung einer besonderen Matrice.

Die verhältnismäßig einheitliche Gestalt der Nadeln ist wahrscheinlich durch pH-Wert, Verunreinigungen (Spurelement-Beimengungen) der Lösung und vorhandene Ca-Ionen [8] bedingt. Der Mündungsbereich verhält sich vermutlich deshalb anders, weil hier eine differenzierte, matrice-gesteuerte Morphologie (z.B. Mündungszahn) aufgebaut werden muß. Kompromisse zwischen Kristallform und Oberflächen-Morphologie erübrigen sich, da aus einem Nadel-Haufwerk alle eckigen bis runden Formen gebildet werden können.

Perforate Foraminiferen

Grundsätzlich anders sind die Gehäuse der perforaten Foraminiferen aufgebaut. Hier kann sich die Wand durch additives Lamellenwachstum kontinuierlich verdicken, sei es durch unabhängige Verdickung der einzelnen Kammerwand oder durch Auflagerung beim Anbau einer neuen Kammer. Die Art der Kristalle (granulär oder radial-prismatisch) spielt dabei keine Rolle. Jede neue Lamelle entspricht einem besonderen

Ausscheidungsprozeß, der durch steuernde organische Matrizen kontrolliert wird; dabei bleiben die Kalklamellen durch Membranen voneinander getrennt. Diese sind bei fossilen Exemplaren weitgehend aufgelöst, so daß die einzelnen Kalklagen deutlich hervortreten. Dickenwachstum findet beim lageniden, monolamel-

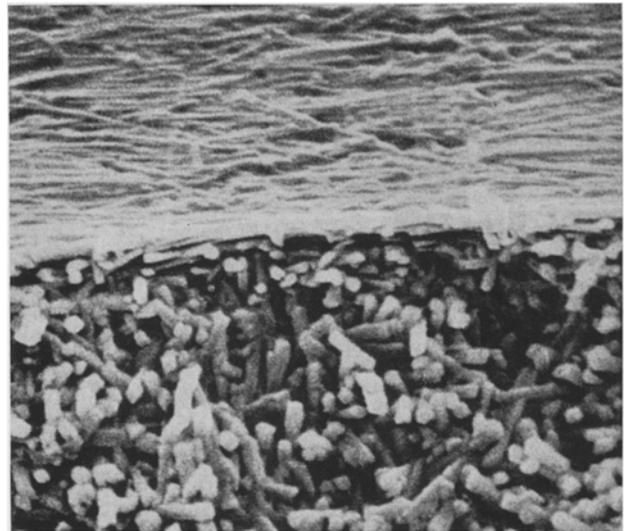


Fig. 1. Querbruch einer Kammerwand von *Peneroplis planatus* (FICHTEL u. MOLL). Der obere Teil des Bildes zeigt die Oberfläche des Gehäuses mit zu ihr parallel angeordneten Calcit-Nadeln. Im Innern der Kammer-Wand sind die Nadeln ungeordnet locker arrangiert; 12450fach

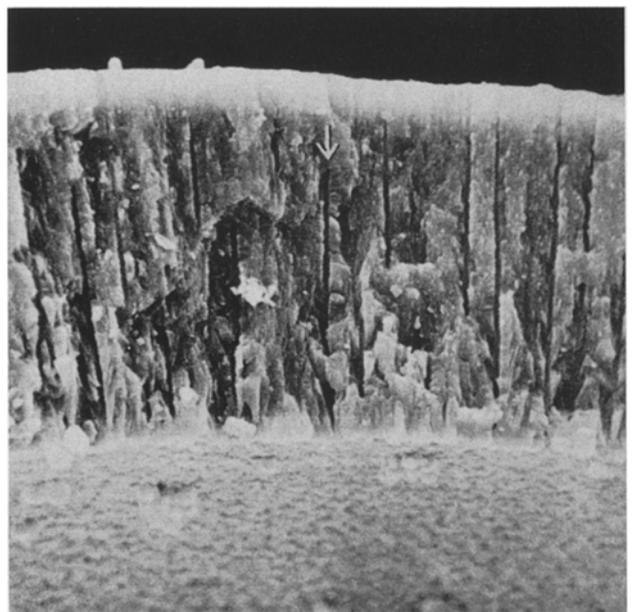


Fig. 2. Querbruch einer Kammerwand von *Guttulina* sp. Die radial gebaute Wand ist von zahlreichen Feinstporen durchzogen (Pfeil). Im unteren Bildteil ist die rauhe Kammer-Innenfläche zu sehen; 2280fach

laren und rotaliiden Bau-Typ nur in einer Richtung statt, nämlich nach außen. Die Primärmembran bildet dazu die Basis [1].

Als Beispiel einer lageniden Gehäusewand sei die Gattung *Guttulina* genannt, deren Wand aus senkrecht zur Oberfläche angeordneten Calcit-Fasern (Prismen) besteht (Fig. 2). Die Oberfläche selbst ist in der Regel

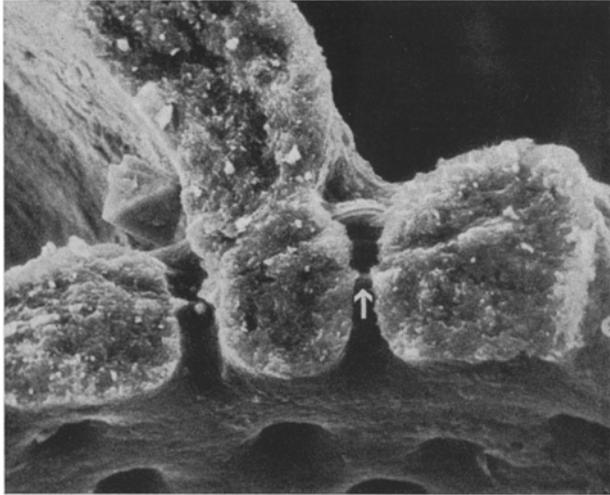


Fig. 3. Querbruch eines Kammer-Ansatzes von *Cibicides lobatulus* (WALKER u. JACOB). Die Primärmembran dieser bilamelliden, granulären Art liegt etwa in der Mitte der Gehäusewand (Pfeil). Innenfläche im unteren Bildteil; 1710fach

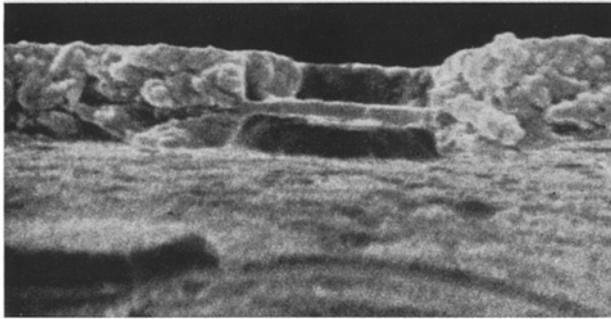


Fig. 4. Querbruch einer Kammerwand von *Globigerinoides ruber* (D'ORB.). Die noch sehr junge Kammerwand ist aus körnigem Calcit aufgebaut, der von organischem Material umgeben ist. Noch liegt die Primärmembran als Diaphragma in der Mitte der Kammerwand; innen und außen wurde also gleichviel Kalk angelagert; 7900fach

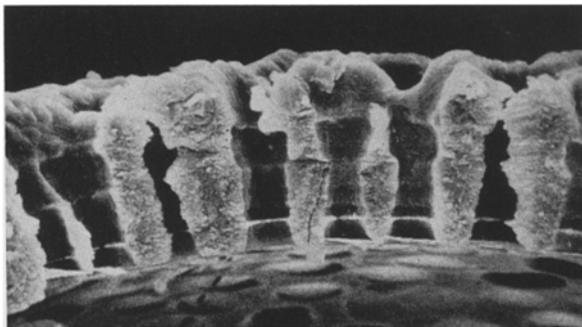


Fig. 5. Querbruch einer Kammerwand von *Globoquadrina dutertrei* (D'ORB.) mit mehrfach gegliedertem äußeren Lamellen-Komplex und hellgetönter Primärmembran. Im oberen Teil des Wandquerschnittes ist bereits eine geringmächtige Calcit-Kruste ausgebildet; 1050fach

von einer dünnen Haut überzogen, die die Spitzen der Prismen verdeckt. Auf der Innenseite aber treten die Faser-Enden als Rhomboeder-Flächen deutlich hervor. Die ganze Wand wird von dünnen Kanälchen (Feinstporen mit einem Durchmesser unter $1/2 \mu$) senkrecht zur Oberfläche durchzogen. Im Gegensatz zum porzellanschalenigen ist die Wand des lageniden Typs sehr dicht und wird daher bei der Fossilisation kaum verändert. Hier kann es nur zu vollständiger Um-

kristallisierung kommen, die dann jedoch deutlich zu erkennen ist.

Andere Verhältnisse liegen beim *bilamelliden Gehäuse-Typ* vor. Hier wird Calcit sowohl nach außen als auch nach innen lagenweise ausgeschieden; dabei bildet die Primärmembran eine Trennfuge zwischen innerem und äußerem Lamellen-Komplex. Innerhalb der Gehäusewand kann die Lage der Primärmembran etwas variieren: So liegt sie bei *Cibicides lobatulus* (WALKER und JACOB) etwa in der Mitte (Fig. 3), bei den planktonischen Foraminiferen dagegen immer im unteren Drittel der Wand; d.h. in diesem Fall werden nach innen weniger Lamellen ausgeschieden als nach außen. Junge, noch dünne Kammerwände zeigen granuläre Strukturen mit viel organischer Hüll-Substanz (Fig. 4). In der Regel sind diese Körner kleiner als $1/4 \mu$ (micro-

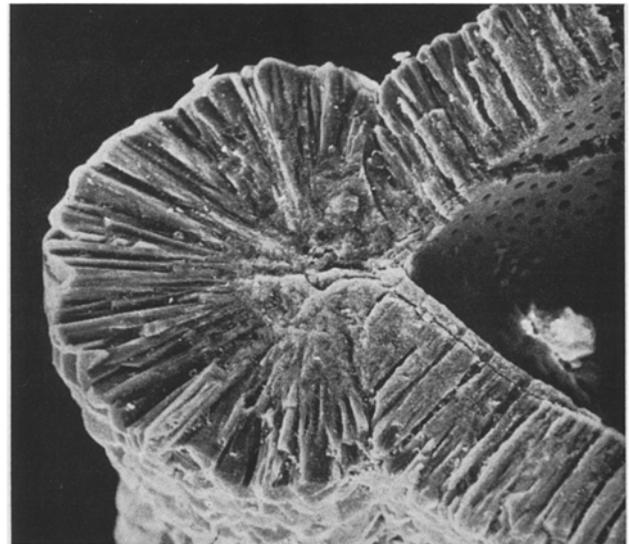


Fig. 6. Querbruch eines Kiels von *Globorotalia menardii* (D'ORB.), radial gebaute Calcit-Kruste zeigend; 425fach

granular; [4]) und können auch später noch die frühesten Kammerteile (z. B. Septen) kennzeichnen. Spätere Kammerwände machen einen bedeutend kompakteren Eindruck und können teilweise radial gebaut aussehen, indem einzelne Calcit-Körner zu „Pseudo-Prismen“ zusammenwachsen, so daß eine Art Korn-Gradierung entsteht. Durchgehende Prismen wie beim lageniden Bautyp treten aber nie auf, da die beiden Lamellen-Komplexe ihrerseits aus vielen — durch Sekundär-Membranen voneinander getrennten — Kalk-Lamellen bestehen (Fig. 5). Erst durch postmortale, diagenetische Veränderungen kann sekundär eine primär granuläre Wand in eine solche mit „pseudoradialer“ Struktur umgewandelt werden. Daher ist bei der Beurteilung fossiler Exemplare besondere Vorsicht geboten. Bei vielen *planktonischen Foraminiferen* treten dagegen echte Radial-Strukturen auf, wie sie für die „Calcit-Kruste“ charakteristisch sind (Fig. 6). Diese Kruste legt sich — von älteren zu jüngeren Kammern an Dicke zunehmend [2] — über das ganze Gehäuse und besteht aus langen Prismen, deren Rhomboederflächen (10 $\bar{1}$ 1) an der Oberfläche deutlich hervortreten. Da derartige Strukturen auch an lebend gefangenen Exemplaren auftreten, handelt es sich unzweifelhaft um eine prä-mortale Bildung; radiale und granuläre Strukturen

treten also hier an *einem* Gehäuse auf. Ein weiteres „radiales“ Struktur-Element bieten die Stacheln spinosier planktonischer Foraminiferen, doch stecken diese wie Nägel in der Gehäusewand, ohne mit ihr zu verwachsen (Fig. 7). Die wirkliche Basis dieser Stacheln liegt in der Regel im Niveau der Primärmembran. An der Gehäuse-Oberfläche verleiht ihnen eine Calcit-Manschette zunächst noch zusätzlichen Halt [3]. Der Querschnitt der Stacheln variiert je nach Gattung von kreisrund (z.B. bei *Globigerina*) über Formen mit abgeflachten Seiten (z.B. bei *Globigerinoides*) zu streng dreiflügeligen Stacheln. Dabei scheint es sich jeweils um einen Kompromiß zwischen Kristallographie und Funktion zu handeln: Runde und dünne Stacheln sind zahlreich und fungieren wahrscheinlich als Halt für Pseudopodien und vielleicht als Schwebeorgane. Drei-

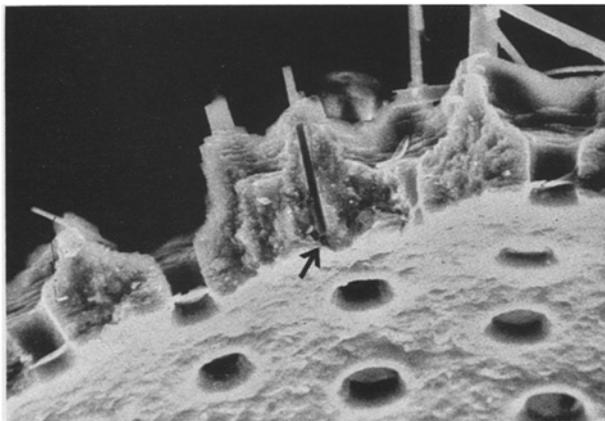


Fig. 7. Wand-Querbruch von *Globigerinoides sacculifer* (BRADY) mit einem herausgebrochenen Stachel (Pfeil), der nicht mit der Gehäusewand verwachsen war. Die Primärmembran tritt in den Poren deutlich hervor; 970fach

flügelige Stacheln sind kräftiger und weniger zahlreich (Fig. 8); kräftiger wohl deshalb, weil durch das Wachstum der Rhomboederkanten sehr zerbrechliche Gebilde entstehen würden, wären sie so dünn wie die runden Stacheln. Die dreiflügeligen Stacheln sind mit kleinen Widerhaken besetzt und dienen in verschiedenen Stadien sowohl als Stützen für neue Kammern wie dem Nahrungserwerb. Zusätzlich erfüllen sie sicherlich ebenfalls die Funktion von Schwebeorganen, denn ihre Länge übertrifft bei weitem den Durchmesser des gesamten Gehäuses.

Beim *Anbau einer neuen Kammer* wird zuerst eine Primärmembran „ausgespannt“, auf der sich anfangs innen und außen gleichmäßig schnell Kalk ausscheidet. Später wird dann fast nur noch von außen her Calcit aufgelagert, wobei dieses von Kammer zu Kammer unabhängige Wachstum durch Protein-Matrizen („active template“ bei TOWE und CIFELLI [8]) kontrolliert wird. Nach und nach entstehen so bestimmte Muster, z.B. bei der Gattung *Globigerinoides*, wo plattenartige Ultrastrukturen ein regelmäßiges Bienenwaben-Muster aufbauen (Fig. 9). Bei fortschreitender Calcifikation können diese Strukturen nachträglich wieder verschwinden. Bei *Globigerinoides* wird die Oberfläche eingeebnet und selbst die Kammergrenzen werden verwischt, so daß der Eindruck von Gehäuse-einhüllenden Kalklamellen entsteht. Aber erst die nur bei einigen planktonischen Arten auftretende „Calcit-

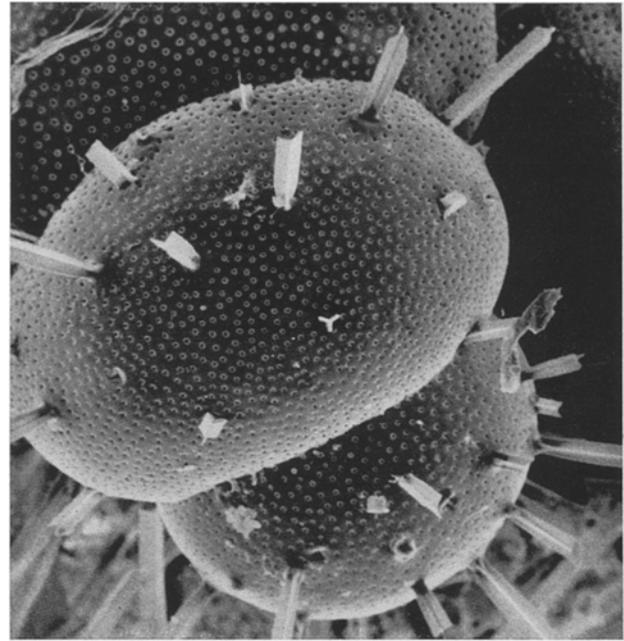


Fig. 8. *Hastigerina pelagica* (D'ORB.) mit wenigen dreiflügeligen, großen Stacheln; 170fach

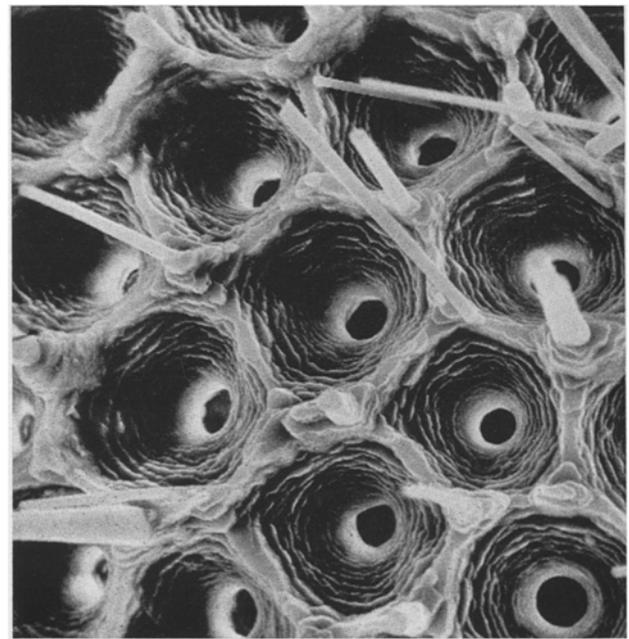


Fig. 9. *Globigerinoides sacculifer* (BRADY). Letzte Kammer mit retikulierter Oberfläche. Die einzelnen Porentrichter zeigen eine deutliche Terrassenstruktur, die die zahlreichen Kalk-Lamellen des äußeren Lamellen-Komplexes repräsentiert; 1240fach

Kruste“ bildet eine fast das ganze Gehäuse überziehende zusammenhängende Kalklage. Wie bei allen lamellaren perforaten Foraminiferen sind die Porenwände mit Membranen ausgekleidet und wirken damit verhältnismäßig strukturverhüllend.

Die Beispiele sollten über das fachliche Detail hinaus zeigen, welche neue Aspekte ein neues Instrument der mikropaläontologischen Forschung eröffnen kann. Zugleich gilt es aber zu bedenken, daß manche Merkmale, z.B. die Lage der Kristall-Achsen, oder stoffliche Unterschiede der organischen Substanzen durch die neue Untersuchungsmethode nicht erfaßbar sind.

Außerdem erscheinen mineralische Ultrastrukturen im Auflichtbild oft durch organische Substanzen verhüllt. Man wird daher auch weiterhin auf herkömmliche Methoden wie Dünnschliff-Untersuchung und Transmissions-Elektronenmikroskop nicht verzichten, sondern gezielt die jeweils günstigsten Methoden einsetzen, um die morphologische Betrachtungsweise auch in der Paläontologie über den Sichtbereich unseres Auges hinaus zu erweitern.

[1] ANGELL, R. W.: J. Protozool. 14, 299 (1967). — [2] BÉ, A. H. W., u. D. B. ERICSON: Ann. New York Acad. Sci. 109, 65 (1963). — [3] HEMLEBEN, CH.: Zitteliana 1 (1969). — [4] PESSAGNO, E. A., u. K. MIYANO: Micropaleont. 14, 38 (1968). — [5] REISS, Z.: Micropaleont. 4, 51 (1958). — [6] REISS, Z.: Bull. Israel geol. Surv. 35, 1 (1963). — [7] SMOUT, A. H.: Monogr. brit. Mus. natur. Hist. London, 1 (1954). — [8] TOWE, K. M., u. R. CIFELLI: J. Paleont. 41, 742 (1967).

Eingegangen am 11. Juli 1969

Biochemie der Flavonoide

H. GRISEBACH und W. BARZ

Lehrstuhl für Biochemie der Pflanzen,

Biologisches Institut II der Universität Freiburg i. Br.

Einleitung

Es ist gerade etwas mehr als 100 Jahr her, seit GREGOR MENDEL seine berühmten Kreuzungsexperimente mit Gartenerbsen durchführte, die zur Aufstellung der Mendelschen Gesetze führten. Eines der Merkmale, die MENDEL bei seinen Kreuzungen verfolgte, war die *Farbe der Erbsenblüten*, die, wie wir heute wissen, durch Anthocyane bedingt ist. Unbewußt verwandte also MENDEL die Anthocyan-Bildung als Merkmal für einen bestimmten Genotyp. Bekanntlich führte die Kreuzung von Erbsen mit purpurfarbenen und weißen Blüten in der F₁-Generation ausschließlich zu purpurfarbenen Blüten. Wir würden heute sagen, das Gen oder die Gene für die Anthocyan-Bildung sind bei den Erbsen dominant.

Modell für die Wirkungsweise von Genen auf chemische Merkmale [1, 2].

Mit der *chemischen Genetik* erfaßt man jedoch meistens nur die Endpunkte von Gen-Wirkketten. Wir müssen daher nach den biochemischen Grundlagen dieser Experimente fragen. Welche Stoffwechselwege sind an der Flavonoid-Bildung beteiligt, wie hängen die zahlreichen Verbindungen biogenetisch zusammen? Bis vor wenigen Jahren war man auf Hypothesen angewiesen. Erst in jüngerer Zeit sind einige Erfolge bei der Aufklärung der Flavonoid-Biosynthese erzielt worden. Da einige Zusammenfassungen über diese Arbeiten erschienen sind [3—5], sollen hier vorwiegend neuere Arbeiten besprochen werden. Mehrfach ist den Flavonoiden auch eine *physiologische Rolle* bei der Entwicklung der Pflanzen zugeschrieben worden [6]. Auch diese Frage soll kurz diskutiert werden.

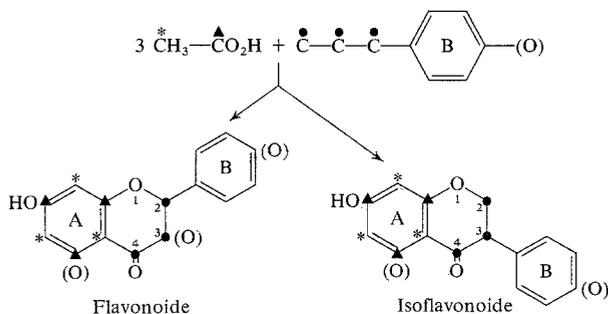


Fig. 1. Herkunft der Kohlenstoffatome in Flavonoiden und Isoflavonoiden

Bausteine der Flavonoide

Die Bausteine der Flavonoide stammen einerseits aus dem Fettsäure-Stoffwechsel, andererseits aus dem Zucker-Stoffwechsel über den Shikimisäure-Prephenensäure-Weg. Der Ring A bildet sich durch eine „Kopfschwanz“-Verknüpfung von Acetat- bzw. Malonat-Einheiten, während der Ring B einschließlich der C-Atome 2,3 und 4 aus einer Phenylpropan-Einheit (C₆-C₃) stammen, dies gilt für Flavonoide und Isoflavonoide (Fig. 1).

Klassische Untersuchungen zur biochemischen Genetik der Flavonoide verdanken wir vor allem (ab 1931) SCOTT-MONCRIEFF in England, die mit der Pelargonie arbeitete, nachdem durch die grundlegenden Arbeiten von KOSTANECKI, WILLSTÄTTER, ROBINSON und KARRER die Konstitution der wichtigsten Flavonoide bekannt war. In der Tat formulierte später BEADLE seine „ein Gen-ein Enzym“-Hypothese teilweise auf Grund der Untersuchungen von SCOTT-MONCRIEFF über die Vererbung der Anthocyane in höheren Pflanzen. Heute dürfen die Anthocyane als die genetisch bestuntersuchten Stoffe höherer Pflanzen bezeichnet werden. Sie dienen als

Die Phenylpropan-Vorstufe

Mit großer Wahrscheinlichkeit ist die eigentliche Phenylpropan-Vorstufe eine Zimtsäure. Die Bildung von *trans*-Zimtsäure durch Desaminierung aus L-Phenylalanin wird durch das Enzym L-Phenylalanin-ammonium-lyase (PAL, EC 4.3.1.5¹) katalysiert (Fig. 2). Dieses Enzym hat eine sehr wichtige Funktion im pflanzlichen Stoffwechsel, da es die Abzweigung des gesamten Phenylpropan-Stoffwechsels

¹ Zur Nomenklatur: Klassifizierungsnummer des Enzyms wie sie durch die Enzymkommission der Internationalen Union für Biochemie festgelegt wurde.