

EESTI VABARIIGI TARTU ÜLIKOOI
TOIMETUSED

ACTA ET COMMENTATIONES
UNIVERSITATIS TARTUENSIS
(DORPATENSIS)

A

MATHEMATICA, PHYSICA, MEDICA

XXVI

TARTU 1934

EESTI VABARIIGI TARTU ÜLIKOOLI
TOIMETUSED

ACTA ET COMMENTATIONES
UNIVERSITATIS TARTUENSIS
(DORPATENSIS)

A

MATHEMATICA, PHYSICA, MEDICA

XXVI

TARTU 1934

INDEX OPHTHALMOLOGIAE BALTICUS

ZUSAMMENGESTELLT

VON

DR. MED. ERNST BLESSIG

PROF. EMER. DER OPHTHALMOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT TARTU-DORPAT

TARTU 1933

Sisukord. — Contenta.

1. **Ernst Blessig.** Index ophthalmologiae Balticus.
2. **Ernst Öpik.** Atomic collisions and radiation of meteors.
3. **J. Tehver** und **A. Kriisa.** Zur Histologie des Harnleiters der Haussäugetiere.
4. **Hugo Kaho.** Leelissoolade toimest taimeraku deplasmolüüsile.
Referat: Über den Einfluss von Alkalisalzen auf die Deplasmolyse der Pflanzenzellen.
5. **A. Öpik.** Über Klitamboniten.
6. **Arnold Tudeberg.** Über die Beweisbarkeit einiger Anordnungsaussagen in geometrischen Axiomensystemen.

Zur Einführung.

Vorliegender „Index“ ist, als ein Ableger von meiner in diesen Akten 1922 erschienenen „Ophthalmologischen Bibliographie Russlands 1870—1920“, hervorgegangen aus dem Wunsche, die ophthalmologische Literatur des Baltischen Gebietes von ihren Anfängen bis zur Gegenwart gesondert und möglichst vollständig zusammenzustellen. Gemeint ist das Gebiet der einst zum Russischen Reich gehörigen „Ostseeprovinzen“: Est-, Liv- und Kurland, mithin der heutigen Freistaaten „Eesti“ (Estland) und „Latvija“ (Lettland), wozu hier noch das heutige Litauen kommt, wegen Zugehörigkeit auch der litauischen Fachgenossen zur Organisation der All-Baltischen Ophthalmologen-Tagungen. Der Index umfasst nur die aus diesem baltischen Raum hervorgegangenen Arbeiten, nicht aber auch solche, die etwa von baltischen Autoren während ihrer Tätigkeit ausserhalb des Baltikums, so z. B. in Russland, veröffentlicht wurden. Diese letzteren sind in der „Ophthalmologischen Bibliographie Russlands“ aufgeführt und dort einzusehen*). Von solchen Autoren, die hier nur zeitweilig, z. B. in Dorpat als Professoren, gewirkt haben, sind auch nur ihre während dieser Zeit gelieferten Arbeiten erwähnt. Bei allen denen, die längere Zeit (nicht nur vorübergehend als Assistenten) an einem Ort augenärztlich tätig waren, ist dieser tunlichst angegeben, wobei die betreffende Stadt, falls sie seitdem umbenannt worden ist, jeweils bei dem damals geltenden Namen genannt wird (z. B. Dorpat, Jurjew, Tartu). Aufgenommen wurden in diesen Index ferner nur Originalarbeiten und auf Kongressen oder Ärztetagen gehaltene Vorträge und Referate. Nicht berücksichtigt

*) Hier wären zu nennen: in St. Petersburg: Blessig, R., Blessig, E., Dohnberg, Germann, Kubli, Lezenius, Gr. Magawly, v. Poppen, v. Schroeder; in O d e s s a: Walter, Wernecke; in K i e w (Swenigorodka): Rubert, u. a.

wurden dagegen die zahlreichen in verschiedenen Ärztevereinen gehaltenen Vorträge, Mitteilungen und Demonstrationen, soweit sie nicht noch anderweitig veröffentlicht worden sind, weil diese, in den Protokollen der betreffenden Vereine verstreut, auch nicht annähernd vollständig zu erfassen waren. Um aber das Aufsuchen solcher Vorträge u. dgl. zu erleichtern, seien hier die Druckorte der betreffenden Protokolle angeführt:

- Protokolle der deutschen Ärztevereine (Riga, Dorpat, Reval, Libau u. a.) sowie Ärztetage 1877 — 1914 in d. St. Petersburger Med. Wochen- resp. Zeitschrift. (Von Dorpat die früheren (1870—76) — in der Dorpater Med. Zeitschrift.)
- „ der estnischen Ärztevereine (Tallinn-Reval, Tartu-Dorpat u. a.) sowie Ärztetage ab 1922 im „Eesti Arst“.
- „ der lettischen Ärztevereine (Riga u. a.) ab 1923 im „Latvijas Arstu Žurnals“.
- „ der litauischen Ärztevereine (Kaunas u. a.) ab 1920 in der „Medicina“.

Ebenso sind hier nicht berücksichtigt: Kongressberichte, Personalien (Nachrufe etc.), sowie populäre Vorträge und Abhandlungen.

Die Abkürzungen der Zeitschriften-Titel sind hier die nach dem Vorgang der „Klinischen Monatsblätter f. A.“ üblichen:

- | | |
|---------------------------|---|
| Arch. d' O. | = Archives d'Ophthalmologie. |
| Arch. f. A. | = Archiv für Augenheilkunde. |
| Arch. f. O. G. | = Archiv für Ophthalmologie (Graefe's). |
| Centralbl. f. g. O. | = Centralblatt für die gesamte Ophthalmologie. |
| Centralbl. pr. A. | = Centralblatt für praktische Augenheilkunde. |
| Kl. M. f. A. | = Klin. Monatsblätter f. Augenheilkunde. |
| Russ. Arch. f. O. | = Russisches Archiv für Ophthalmologie. |
| Russ. Ophth. J. | = Russisches Ophthalmologisches Journal. |
| Vers. D. O. G. Heidelberg | = Bericht d. Vers. d. Deutschen Ophth. Gesellsch. |
| Z. f. A. | = Zeitschrift für Augenheilkunde. |
| Z. f. Phys. S. | = Zeitschrift für Physiologie der Sinnesorgane. |
| Ferner: | |
| Dorp. Med. Z. | = Dorpater Medizinische Zeitschrift. |
| Pet. Med. W. resp. Z. | = Petersburger Med. Wochen- resp. Zeitschrift. |
| Westn. O. | = Westnik oftalmologii (russ.). |

| | |
|-------------|--|
| Eesti A. | = Eesti Arst (estn.). |
| Latv. A. Ž. | = Latvijas Arstu Žurnals (lett.). |
| Medic. | = Medicina (lit.). |
| A. B. O. T. | = All-Baltische Ophthalmologen-Tagung. (Referiert in: Kl. M. f. A., Eesti A., Latv. A. Ž., Medic.) |

Den Titeln der estnischen, lettischen, litauischen Arbeiten sind deutsche Übersetzungen beigelegt, die der russischen Arbeiten werden nur in deutscher Übersetzung gebracht (mit dem Vermerk: russ.).

Bei denjenigen Zeitschriften, die in Jahrgängen resp. Jahresbänden erscheinen, ist nur das Jahr, bei solchen, wo Band und Jahr sich nicht decken (z. B. Archive), ist beides — Bandnummer und Jahreszahl — angegeben.

Hauptsächlich benutzte Quellen :

- Adelmann: Geschichtl. u. statist. Rückblicke auf die Augen-
klinik der K. R. Universität zu Dorpat von ih-
rem Beginn bis z. J. 1867. (D. Arch. f. Ge-
schichte d. Medizin u. mediz. Geogr. 4. 1881.)
- Grünfeld: Verz. d. v. d. mediz. Fakultät zu Dorpat seit ih-
rer Gründung veröffentl. Schriften. (Histor. Stu-
dien a. d. Pharmakolog. Inst. Dorpat, hsg. v.
Kobert 1893.) Verzeichnis sämtlicher Disser-
tationen!
- Lewizki: Biographisches Lexikon d. Professoren u. a. Lehr-
kräfte d. K. Universität Jurjew (1802—1902),
russ. 1903.
- Hirschberg: Geschichte d. Augenheilkunde. Handb. Graefe-
Saemisch. 2. Aufl. D. Augenärzte Russlands. 1916.
- Blessig: Ophthalmolog. Bibliographie Russlands 1870—1920.
(Acta et Commentationes Univers. Dorpatensis
A III 3. IV 1.) 1922.
- Normann: Eesti meditsiiniline bibliograafia 1918—30. (Eesti
Arst 1932.)
- Jahresberichte d. Ophthalmologie (Michel-Nagel und Zen-
tralblatt Springer).
- Brennsohn: Die Ärzte Livlands 1905, Die Ärzte Estlands
1922, Die Ärzte Kurlands 1929.

(Bei Adelmann findet sich die ältere Literatur 1802—1879 anscheinend sehr vollständig, ebenso die einheimische Trachomliteratur in den Dissertationen von Kuriks: „Trachooma Eestis, eriti Tartus, möödunud ajal ja praegu“ (Das Trachom in Estland, insbesondere in Dorpat, einst und jetzt), Acta et Commentationes Univ. Dorpatensis A VII 3, 1925, und Uudelt: „Über das Blutbild Trachomkranker“ ibid. A XIX 1, 1929.

Damit sei dieser „Index“ allen baltischen Fachgenossen gewidmet. Möge er ihnen ein brauchbarer Führer durch die ophthalmologische Literatur ihrer Heimatländer sein.

Frl. Anna Baeckmann, die Kartothek und Maschinendiktat hergestellt hat, danke ich für verständnisvolle Mitarbeit.

Tartu-Dorpat
Juli 1933.

E. Blessig.

Index.

A.

- Adelmann, G. (Dorpat 1841—71)
 Übers. d. i. chirurg. Klinikum
 1841—43 behandelt. Krankheit. u.
 verricht. Operationen. Dorpat 1843
- D. chirurg. Abt. d. K. Univ. zu
 Dorpat 1844. Med. Ztg. Russlands 45
- D. Augenkrankh. unter d. Bewoh-
 nern d. deutschen Ostseeprovinz. Russ-
 lands. Beitr. z. med. u. chi-
 rurg. Heilkunde Bd. 2 45
- Cantoplastik. Med. Ztg. Russlands 47
- Üb. endem. Augenkrankh. d. Esten
 i. Livland etc. Naturf.-Vers. Cassel 78
- Geschichtl. u. statist. Rückblicke
 a. d. Augenklinik d. Univ. Dorpat
 bis 1867. Arch. f. Gesch. d. Med. 81
- Apin, K. (Riga)
 Oftalmotonometrija. Latv. A. Ž. 1926
- Vergleich. Betracht. d. Tonometer
 v. Schiötz, Maklakow u. Fick-Liv-
 schitz. Kl. M. f. A. 77 26
- D. Applanationsprinzip d. Tonome-
 trie i. Lichte manometr. Untersuch.
 I—III. ibid. 81—83 28/29
- Tonometer Fick-Livschitz u. s. Prü-
 fung. ibid. 82 29
- Vērojumi par acs iecietību pret
 dažiem retākiem intraokulāriem
 svešķermeņiem. II. Lettl. Ärztekongr.
 (I. A. B. O. T.) Riga
 1928. Latv. A. Ž. 29
- (Beobacht. üb. d. Verhalten d. Au-
 ges gegen intraokulare Fremdkör-
 per.)
- Applanācijas princips oftalmotono-
 metrijā. II. A. B. O. T. Tartu-
 Dorpat 30
- (D. Applanationsprinzip in d. Oph-
 thalmotonometrie.)
- Beobacht. üb. d. Verwendbarkeit
 d. Kobaltlampe nach Rössler z. Re-
 fraktionsbestimmung. I—III. Kl. M. f. A. 85—87 30/31

| | | |
|--|---|----------|
| Apin, K. Betracht. üb. d. Methoden d. chromoptometr. Refraktionsbestimm. | ibid. 87 | 1931 |
| — Üb. Grundlagen u. Methodik ein. klin. Tonometerprüfung. | ibid. 88 | 32 |
| — Üb. retrobulbäre Anästhesie. | III. A. B. O. T. Kaunas | 32 |
| Assmuth, J. Subcut. Inject. v. schwefels. Strychnin b. Beginn. Star. | Dorp. Med. Z. | 1874 |
| Ausin, J. D. Eisen i. d. Linse. | Diss. Dorpat | 1891 |
| Avižonis, P. (Kaunas seit 1919, vorher Šiauliai-Schaulen) Augenkr. u. Blindheit u. d. litauischen Bevölker. d. Gouv. Kowno (russ.). Kaip organizuoti kovą su trachoma Lietuvoje? (Wie wäre d. Bekämpf. d. Trachoms i. Litauen zu organisieren?) | Diss. Jurjew (Dorpat) | 1914 |
| — Mėlyna sklera. (Üb. d. blaue Sklera.) | Medic. | 21 |
| — Gydytojų praktikų uždaviniai kovoje su aklumu. (D. Aufgaben d. prakt. Ärzte i. Kampfe m. d. Blindheit.) | ibid. | 21 |
| — Apie trachomos gydymą. (Üb. d. Trachombehandlung.) | I. Kongr. d. Ärzte Litauens. Kaunas | 21 |
| — Herpes zoster ophthalmicus. | Medic. | 21 |
| — Kovai su trachoma įstatymo sumanymas. (Gesetzentw. z. Trachombekämpf.) | ibid. | 22 |
| — Kontuzinės kataraktos atsitikimas. | ibid. | 22 |
| — Aufhellung einer Kontusionskatarakt. | Z. f. A. 50 | 23 |
| — Raudonojo kryžiaus klinikos akių skyriaus apyskaita. (Jahresberichte d. Augenabteil. d. Rote-Kreuz-Krankenhauses.) | Medic. | 23 ff. |
| — Universiteto akių klinikos apyskaita. (Jahresberichte der Universitätsaugenklinik Kaunas.) | ibid. | 26 ff. |
| — Aklųjų globojimas kitur ir Lietuvoje. (D. Blindenfürsorge i. Litauen u. i. Auslande.) | ibid. II. Kongr. d. Ärzte Litauens. Kaunas | 23 22 |
| — Apie metilinio alkoholio kenksmingumą. (Schädlichkeit d. Methyl-Alkohols.) | Medic. | 23 |
| — Kovai su trachoma įstatymo sumanymo paaiškinamasis raštas. (Erläuter. z. Gesetzentwurf z. Trachombekämpf.) | ibid. | 23 |

| | | |
|--|--|------|
| Avižonis, P. Trachoma Kauno prieglaudose. (D. Trachom i. d. Kinderasylen i. Kaunas.) | ibid. | 1925 |
| — Vokų kolobomos atsitikimas. | ibid. | 25 |
| — F. v. Coloboma palpebrae congenitum. | Z. f. A. 56 | 25 |
| — Pryšakinės kameros amagnetinių krislių operacijos klausimu. | Medic. | 25 |
| — Myxoedema ir akių susirgimai. (Ueb. Augenkomplikationen b. Myx- oedem.) | Medic. | 25 |
| — Akinių istorija. (Geschichte d. Brille. Rektoratsrede.) | — | 25 |
| — Dasselbe russ. | Russ. Arch. f. O. 2 | 26 |
| — Z. operativ. Entfernen. amagnetisch. Fremdkörper a. d. Vorderkammer (russ.). | Russ. Arch. f. O. 1 | 26 |
| — F. v. Optikusatrophie b. Myxoedem. | Z. f. A. | 26 |
| — Oftalmologijos katedra su klinika 1925/26 apyskaita. (Üb. d. Tätigkeit d. Lehrstuhls f. Ophthalmol. u. d. Augenlinik 1925/26.) | Medic. | 26 |
| — Galvos skausmai ir akių ligos. (Üb. Kopfschmerzen u. Augen- krankh.) | III. Kongr. d. Ärzte Litauens. Kaunas | 26 |
| — Dasselbe russ. | Klin. Med. 4 | 26 |
| — Apie ligų spėjimą iš akių. (Üb. d. Augendiagnose.) | Medic. | 27 |
| — Trachoma Kauno aukštesniosiose mokyklose. (D. Trachom i. d. höheren Lehran- stalt. i. Kaunas.) | ibid. | 27 |
| — Kryptophthalmus ir jo patogenezė. | ibid. | 27 |
| — Zur Frage üb. d. Zusammenhang d. einseit. Elephantiasis d. Oberli- des m. Erweiter. d. Sella turcica. | Vers. D. O. G. Heidel- berg | 27 |
| — Üb. Kryptophthalmus congenitus. | Z. f. A. | 27 |
| — Noguchi'o rastasis trachomos mik- robos. (Üb. d. v. Noguchi entdeckten Trachomerreger.) | Z. f. A. 64 | 28 |
| — Par akli dzimušo un operēto mā- cišanu redzēt. (Üb. d. Sehenlernen d. Blindgebo- renen nach Operation.) | Medic. | 28 |
| — Dasselbe. | Latv. A. Ž. | 28 |
| — Dasselbe russ. | Medic. | 28 |
| | Russ. Arch. f. O. 5 | 29 |

| | | |
|---|---|----------|
| Avižonis, P. Üb. schädliche Folgen d. Tränen- drüsenentfernung. | Vers. D. O. G. Heidelberg | 1928 |
| — Senatviškiesi akių pakitimai. (D. Altersveränder. d. Augen.) | II. Lettl. Ärztekongr. (I. A. B. O. T.) Riga | 28 |
| — Dasselbe russ. | IV. Kongr. d. Ärzte Litauens | 28 |
| — Haematoma corneae (russ.). | Russ. Ophth. J. 11 | 30 |
| — Üb. d. Verbreitung d. Trachoms i. Litauen. | Russ. Arch. f. O. 6 | 29 |
| — Dasselbe. | Z. f. A. Medic. | 29 30 |
| — Dislocatio glandulae lacrymalis spontanea (russ.). | Russ. Ophth. J. 10 | 29 |
| — Üb. spont. Verlager. d. orbitalen Tränenrüse. | II. A. B. O. T. Tartu (Dorpat) | 30 |
| — Tarptautinė organizacija kovai su trachoma. (Üb. d. Internat. Organisat. z. Trachombekämpfung.) | Medic. | 30 |
| — Akių semiotikos reikšmė bendrajai diagnostikai. (Bedeut. d. Augensymptome f. d. allgem. Diagnostik.) | ibid. | 31 |
| — Z. klin. Frühdiagnose d. Trachoms. | Z. f. A. 81 III. A. B. O. T. Kaunas | 33 32 |
| — Migratio et eliminatio spontanea corporis alieni oculi. | ibid. Ssow. Westn. O. | 32 33 |

B.

| | | |
|--|--|----------------|
| Baer, C. E. v. De morbis inter Es- thonos endemicis. | Diss. Dorpat | 1814 |
| Balod, K. (Riga) Z. Kenntnis d. Hornhautzysten. | Kl. M. f. A. 77 | 1926 |
| — Radzenes degenerācija pie trachoma. (Hornhautdegeneration bei Trachom.) | Latv. A. Ž. | 27 |
| — Dasselbe. | Kl. M. f. A. 78 | 27 |
| — Par konjunktivas tuberkulozi. | Latv. A. Ž. | 27 |
| — Par nespecifisko proteina terapijas nozimi oftalmologijā. (Üb. d. Bedeut. d. unspezifischen Proteintherapie i. d. Ophthalmo- logie.) | II. Lettl. Ärztekongr. (I. A. B. O. T.) Riga | 28 |
| — Über Tätowierung d. Hornhaut (russ.). | II. A. B. O. T. Tartu (Dorpat) III. A. B. O. T. Kaunas Russ. Arch. f. O. | 30 32 31 |

| | | |
|---|--|----------|
| Baranowski, J. De lentis humore aquaeo imbibito post cataractum operationis intumescencia. | Diss. Dorpat | 1858 |
| Barth, G. Conspectus morborum oculorum in nosocomio chirurgico Dorpatensi a. 1845—50 observat. | Diss. Dorpat | 1854 |
| Becker, G. De iritidis diagnosi. | Diss. Dorpat | 1836 |
| Beyer, F. De Panno. | Diss. Dorpat | 1850 |
| Bielski, St. Üb. reine Halluzinationen i. Gebiete d. Gesichtssinnes i. Dunkelzimmer. | Diss. Dorpat | 1884 |
| Bilterling, C. A. De trichiasi et entropio. | Diss. Dorpat | 1827 |
| Blessig, E. (Tartu-Dorpat seit 1921, vorher St. Petersburg) Augenbefund u. Allgemein-Diagnose (Antrittsvorlesung). | — | 1921 |
| — Richtlinien f. e. Blindenenquête i. Estland. | I. Estn. Ärztekongr. Tartu (Dorpat) | 21 |
| — Z. Statistik d. schwereren Augenverletzungen. | X. D. Ärztetag. Reval Z. f. A. 49 | 22 |
| — Ophthalmol. Bibliographie Russlands 1870—1920. | Acta et Commentat. Univ. Dorpatensis A III 3. IV 1 | 22 |
| — Verletzungen d. Auges i. klin. Bildern. | Berlin (Karger) | 22 |
| — (mit Kuriks) D. Trachom i. Estland einst und jetzt. | XI. D. Ärztetag. Dorpat Z. f. A. 52 | 23 23 |
| — E. einfache Methode z. Herstell. makroskop. Augenpräparate i. Formalin-Glyzerin. | Dorpat (Mattiesen) | 23 |
| — 100 Jahre St. Petersburger Augenheilanstalt. | Kl. M. f. A. 72 | 24 |
| — Z. Trichiasis-Operation. | XII. D. Ärztetag. Reval | 24 |
| — Augenärztl. Indikation. z. Unterbrech. d. Schwangerschaft. | XIV. D. Ärztetag. Reval | 27 |
| — Dasselbe russ. | Russ. Ophth. J. | 29 |
| — Üb. zeitliche Indikation z. Staroperation. | II. Lettl. Ärztetag (I. A. B. O. T.). Riga | 28 |
| — Schule und Myopie. | XV. D. Ärztetag. Dorpat | 29 |
| — Dasselbe estn. | Eesti A. | 29 |
| — Üb. Vererbung i. Gebiete d. Ophthalmol. | II. A. B. O. T. Tartu (Dorpat) | 30 |
| — Dasselbe estn. | Eesti A. | 30 |
| — D. Ophthalmol. d. Nachkriegszeit. | II. A. B. O. T. Tartu (Dorpat) | 30 |
| — Dasselbe russ. | Russ. Ophth. J. | 30 |
| — Tuberkulose d. Auges. | XVI. D. Ärztetag. Reval | 31 |

| | | |
|---|---|------------------|
| Blessig, E. Dasselbe estn. | Eesti A. | 1932 |
| — Silma vaktsiin-nakkus lemmasaba kaudu. (Vakzine-Infektion d. Auges durch Kuhschwanz.) | Eesti A. | 32 |
| — Psychologisches a. d. Augenpraxis. | III. A. B. O. T. Kaunas | 32 |
| — D. konstitutionelle Moment b. Augenleiden. | XVII. D. Ärztetag. Dorpat | 33 |
| Blessig, R. (St. Petersburg) De retinae textura disquisitiones microscopicae. | Diss. Dorpat | 1855 |
| Blumberg, P. Üb. d. Augenlider einiger Haustiere m. besond. Berücksicht. d. Trachoms. | Diss. Dorpat | 1867 |
| Boettcher, A. Üb. d. Veränderung d. Netzhaut u. d. Labyrinths i. e. F. v. Fibrosarkom d. N. acusticus. | Arch. f. A. u. Ohrenh. | 1872 |
| — Exper. Unters. üb. d. Entsteh. d. Eiterkörperchen b. d. traumat. Keratitis. | Arch. f. path. Anat. | 73 |
| — Üb. d. Entwickl. d. traumat. Keratitis. | Dorp. Med. Z. 4 | 73 |
| — Üb. d. circumscripste Keratitis. | Arch. f. path. Anat. | 75 |
| Bolschwing, D. v. Volksmedizin d. Letten. | Repertor. d. Heilk. | 1843 |
| Bonwetsch, J. Üb. d. Jäger-Flarer'sche Trichiasis-Operation. | Dorp. Med. Z. | 1876 |
| Brasche, N. Experimenta de capsulae lentis disscissione. | Diss. Dorpat | 1858 |
| Braun, K. (Libau) D. Schädigung des Auges durch Licht u. ihre Verhüt. | Pet. Med. W. | 1910 |
| Brosse, G. De cyklotide. | Diss. Dorpat | 1854 |
| Buck, A. (Pernau) D. skrophul. Augenentzündung. | XIII. D. Ärztetag. Dorpat | 1926 |
| — Hirntumoren u. Operationen am Zentralnervensyst. (russ.). | V. Eesti arstide päev. Tartu | 27 |
| — Verletz. d. Sehsphäre d. Gehirns. | II. A. B. O. T. Tartu (Dorpat) | 30 |
| — Vähk ja silm. (Krebs und Auge.) | II. Eesti Arst. kongr. Tartu | 32 |
| Buividaitè-Kutorgienè, E. (Kaunas) Trachoma akių klinikos 1920—1925 daviniais. (D. Trachomfälle d. Augenlinik Kaunas 1920—1925.) | Medic. | 1926 |
| Butz, R. Untersuch. üb. d. physiolog. Funktion. d. Netzhaut-Peripherie. | Preisarbeit Dorpat Arch. f. Anat. u. Phys. Diss. Dorpat | 1880 81 83 |

D.

- Dahlfeld, C. (Riga)
 D. Wert d. Jecquirity-Ophthalmie
 f. d. Behandl. d. Trachoms. Diss. Dorpat 1885
 — Bilder f. stereosk. Übung. Schie-
 lender. Stuttgart 91 ff.
- Demme, C. De palpebrarum oclu-
 sione qua remedio. Diss. Dorpat 1855
- Dohnerg, H. (St. Petersburg)
 D. Temperatur a. Auge unter physiol.
 Verhältn. Diss. Dorpat 1876

E.

- Ehrenbusch, G. De strabismo. Diss. Dorpat 1833
- Eliasberg, M. (Riga)
 F. v. Chinin-Amaurose. XII. Intern. Med. Kongr.
 Moskau 1897
 Centralbl. pr. A. 1898
 — Z. offenen Wundbehandl. n. Au-
 genoperat. Pet. Med. W. 1904
 — F. v. Retinitis proliferans. ibid. 04
 — F. v. Tay-Sachs'scher amaurot.
 famil. Idiotie. Z. f. A. 13 05
 — Verb. u. Nachbehandl. nach Au-
 genoperat. W. f. Ther. u. Hyg. 11
 Pet. Med. Z. 12
 Russ. Ärztekongr. 13
 Westn. O. 14
 — Üb. Augenverletz. d. Kinder (russ.). Westn. O. 13/14
 — Z. operat. Behandl. v. Augen m. per-
 forier. Hornhautverletz. etc. (russ.). R. Wratsch 15
 — Gleichz. Glaukom- u. Altersstarope-
 rat. an hochgrad. kurzsicht. Auge. Kl. M. f. A. 70 23
 — D. limbare Irisschnitt — Iridoto-
 mia limbaris etc. Kl. M. f. A. 73 24
 Arch. d'O. 42 25
- Engelmann, A. (Riga)
 Tonometr. Untersuch. a. gesund. u.
 krank. Augen (russisch). Diss. Jurjew (Dorpat) 1902
 — dasselbe. Mitteil. a. d. Augenkli-
 nik Jurjew (Dorpat) H. 2 05
- Erdberg, A. v. Z. Prophylaxe d.
 Blennorrh. neonat. Diss. Dorpat 1891
- Ewertzki, Th. O. (Jurjew-Dorpat
 1900—09, vorher Moskau)
 Beitr. z. Kenntnis d. Kolobomcysten. Diss. Dorpat 1886
 — Intraokulare Desinfektion m. Jodo-
 form. Kl. M. f. A. 1902
 — Üb. d. Syphilome d. Corpus ciliare. Mitteil. a. d. Augenkli-
 nik Jurjew (Dorpat) H. 1 04

- Ewetzki, Th. O. (m. Kennel) Fliegenlarve i. d. Vorderkammer. Z. f. A. 12 1904
 — Dasselbe russisch. Westn. O. 04
 — Üb. d. Bedeut. einiger Teratome d. Orbita (russ.). Westn. O. 08
- F.**
- Friedrichson, A. Unters. ü. Veränd. d. Netzhautzirkulat. b. Allgemeinleiden etc. Diss. Dorpat 1888
- G.**
- Ger mann, Th. (St. Petersburg, Riga) Statist.-klin. Untersuch. üb. Trachom. Diss. Dorpat 1883
- Gernet, R. v. sen. (Panevėžys) Erfahrung. m. Tarsusexzisionen. Z. f. A. 46 1921
 — Z. Tarsusexzision. ibid. 53 25
 — Üb. Knorpelumwendung bei Entropium. Kl. M. f. A. 77 26
 — Z. Abänderung d. Operat. v. Mahec. ibid. 78 27
 — Z. Tarsuseinpflanzung. ibid. 80 28
 — Z. keilförm. Einpflanzung v. Mundschleimhaut i. d. Intermarginalsaum. ibid. 82 29
 — Z. Bekämpf. d. echten Trichiasis a. Unterlide. ibid. 83 29
 — Üb. einige neue Operationsverfahren z. Beseitig. d. Trachomkomplikat. ibid. 86 31
 — Üb. Tarsektomie u. ihre unliebsamen Folgen. III. A. B. O. T. Kaunas 32
- Gernet, R. v. jun. (Resekne-Rositten, Riga) Tätowierung d. Hornhaut m. Platinchlorid. II. Lettl. Ärztekongr. (I. A. B. O. T.) Riga 1928
 — Z. Tarsuseinpflanzung. II. A. B. O. T. Tartu (Dorpat) 30
- Girgensohn, O. De retinitide traumatica respectu pathol.-anatom. Diss. Dorpat 1859
- Goeldner, J. Kasuist. Beiträge z. Farbenblindheit. Diss. Jurjew (Dorpat) 1900
- Goldenheim, B. (Kaunas) Üb. d. schmerzstillenden Mittel b. absolut. Glaukom. II. A. B. O. T. Tartu (Dorpat) 1930
- Graff, H. F. v. Hemiatrophie facialis progr. m. neuroparalyt. Ophthalmie. Diss. Dorpat 1886
- Grewingk, C. v. Noch e. Beitr. z. Thema: Endem. Augenkrankh. Livlands. Balt. Monatsschr. 1863
- Grünhoff, E. D. Knochenauswüchse d. Augenhöhle. Diss. Dorpat 1861

H.

| | | |
|---|----------------------------|------|
| Haensell, P. (Paris, Libau) | | |
| Beiträge z. Lehre v. d. Tuberkulose | Diss. Dorpat | 1879 |
| d. Iris, Kornea u. Konjunktiva etc. | Arch. f. O. G. 25 | 79 |
| Hampeln, P. E. Beitr. z. Anatomie | | |
| d. Iris. | Diss. Dorpat | 1869 |
| Hanke, C. De Cholestearia oculi. | Diss. Dorpat | 1852 |
| Hassenmüller, J. Novum ad curationem | | |
| Trichiaseos remedium. | Diss. Dorpat | 1802 |
| Hermann, G. Beitr. z. Kasuist. d. | | |
| Farbenblindheit. | Diss. Dorpat | 1882 |
| Higier, C. Üb. d. Unterschiedsempfindlichkeit | | |
| d. Netzhaut b. extens. Grössen etc. | Preisarb. Dorpat | 1889 |
| — Experim. Prüf. d. psychophys. Methoden | | |
| i. Bereiche d. Raumsinnes d. Netzhaut. | Diss. Dorpat | 90 |
| Hollmann, G. Üb. Gesichtsfeldveränderung | | |
| n. Alkoholrausch. | Mitteil. a. d. Augenklinik | |
| | Jurjew (Dorpat) H. 2 | 1905 |
| Holst, L. v. Variæ theoriæ de trachomatibus | | |
| natura et causis etc. | Diss. Dorpat | 1856 |
| Hueck, H. De mutationibus oculi internis, | | |
| respectu distantiarum rerum. | Diss. Dorpat | 1826 |
| Hugenberger, Th. Quaedam ad coreomorphosin | | |
| qua remedium iritidis et iridochor. adhibendum. | Diss. Dorpat | 1857 |
| Hulanicki, Wl. Die leprösen Erkrank. d. Auges. | Diss. Dorpat | 1893 |

I.

| | | |
|--|-------------------|------|
| Ignatius, G. Conspectus oculi morborum | | |
| inde ab anno 1850. | Diss. Dorpat | 1859 |
| Ischreyt, G. (Libau) | | |
| Z. Geschichte d. Blindenstatist. i. Russland. | Centralbl. pr. A. | 1895 |
| — Z. pathol. Anat. d. polypoid. Tumoren | | |
| d. Conjunctiva. | Arch. f. A. 32 | 96 |
| — Üb. Veränder. d. Konjunktival-Epithels | | |
| b. Trachom. | Centralbl. pr. A. | 97 |
| — Üb. Zysten d. Krause'schen Drüsen. | Arch. f. A. 35 | 97 |
| — E. mutmasslicher F. v. angeborener Trichiasis. | Centralbl. pr. A. | 98 |
| — Üb. d. Faserbündelverlauf i. d. Lederhaut | | |
| d. Menschen. | Arch. f. O. G. 48 | 99 |
| — Anat. u. physik. Untersuch. d. Rindersklera. | ibid. 48 | 99 |
| — Beitr. z. Tonometrie u. Manometrie d. Auges. | ibid. 48 | 99 |

| | | |
|--|---|-------|
| Ischreyt, G. Üb. d. elastischen Fasern i. d. Sklera d. Menschen. | ibid. 49 | 1900 |
| — Üb. sept. Netzhautveränderungen. | Samml. zwangl. Abhandl. | 00 |
| — Beitr. z. pathol. Anat. d. haemor- rhag. Netzhauterkrank. | Arch. f. A. 41 | 00 |
| — Z. pathol. Anat. d. Sekundärglau- koms n. Linsensubluxat. | ibid. 42 | 01 |
| — (mit Reinhard) Üb. Verfett. d. Pigmentepithels i. e. glaukomat. Auge. | ibid. 43 | 01 |
| — Z. Anat. d. Glaukoms i. Augen v. übernorm. Achsenlänge. | Kl. M. f. A. | 01 |
| — Üb. Hornhaut-Fremdkörper. | XIII. Livl. Ärztetag. Riga | 01 |
| — Üb. d. Verhalt. d. Elastika i. d. Umgeb. d. Sehnerveneintritts glau- komat. Augen. | Kl. M. f. A. | 02 |
| — F. v. Frühjahrskatarrh (russ.). | Westn. O. | 03 |
| — Üb. d. Dicke d. Sklera a. Aug. m. Primärglaukom. | Arch. f. A. 47 | 03 |
| — Beitr. z. pathol. Anat. d. Tränen- organe. | ibid. 49 | 03 |
| — Üb. Konjunktivalzysten. | Kl. M. f. A. | 04 |
| — Epidermoid d. Conjunct. bulbi. | Arch. f. A. 53 | 05 |
| — Üb. epibulbäre Karzinome. | Z. f. A. 13 | 05 |
| — 2 F. v. Xeroderma pigmentosum etc. | ibid. 14 | 05 |
| — F. v. Tarsitis luetica. | Pet. Med. W. | 05 |
| — Klin. u. anat. Studien a. Augen- geschwülsten. | Berlin (Karger) | 06 |
| — Üb. hyaline Degenerat. d. Kon- junktiva. | Arch. f. A. 54 | 06 |
| — F. v. intraskleraler Zyste. | Kl. M. f. A. | 07 |
| — Optikusatrophie n. Typhus abdom. | Pet. Med. W. | 07 |
| — F. v. angeb. Star. | ibid. | 07 |
| — Zentraler schwarz. Fleck b. Myopie. | ibid. | 07 |
| — Fremdkörperverletzung d. Linse. | ibid. | 07 |
| — Ophthalmoskop. Veränder. inf. stum- pfer Traumen. | ibid. | 07/08 |
| — Fremdkörper i. d. Vorderkammer. | ibid. | 08 |
| — Augenveränd. infolge v. Ichthyosis. | ibid. | 08 |
| — Üb. Glaukom inf. v. Katarakta senilis. | Arch. f. A. 62 | 08 |
| — Üb. d. Bezieh. zw. Glaukom u. Myopie. | ibid. 64 | 09 |
| — F. v. eingeschnürtem Linsenvorfall. | Kl. M. f. A. | 09 |
| — Üb. d. pathol. Anat. u. Pathoge- nese d. primären Glaukoms. | I. Balt. Ärztekongr. Jurjew (Dorpat) | 09 |
| — F. v. Glaukom u. Myopie. | Pet. Med. W. | 09 |
| | Pet. Med. W. | 09 |

| | | |
|---|------------------------------------|------|
| Ischreyt, G. Üb. d. Einfluss d. Seh- schwäche a. d. Kinderzeichnungen. | „Neue Bahnen“ | 1909 |
| — Üb. Vorstufen d. prim. Glaukoms. | Pet. Med. W. | 10 |
| — V. d. Eintritt entzündl. Erschein. b. Glaukoma simplex. | Arch. f. A. 70 | 11 |
| — F. v. Ringsarkom d. Ziliarkörpers. | Arch. f. O. G. 81 | 12 |
| — Z. vergleich. Morphol. d. Entenaugen. | Arch. f. vergl. Ophthal- mol. 3 | 12 |
| — Üb. Blendungserschein. d. Sonnen- licht. | Pet. Med. Z. | 12 |
| — Verfahren f. d. plastisch. Ersatz d. Unterlides. | Münch. Med. W. | 12 |
| — Z. pathol. Anat. d. Netzhautablösung. | Arch. f. O. G. 84 | 13 |
| — F. v.luet. Erkrank. d. Chiasma. | Arch. f. A. 75 | 13 |
| — Z. Morphol. d. Auges d. Urinatores (Taucher). | Arch. f. vergl. Oph- thalmol. 3 | 13 |
| — Üb. Aderhautgeschwülste. | Arch. f. A. 77 | 14 |
| — Z. Kasuistik d. Missbildung d. Auges. | Kl. M. f. A. | 16 |
| — F. v. prim. Sarkom d. Orbita etc. | Kl. M. f. A. | 16 |
| — Üb. einige seltenere Netzhauter- krank. | Arch. f. A. 81 | 16 |
| — Üb. einige seltenere Augengrund- bilder. | ibid. 82 | 17 |
| — Z. Kasuistik d. Augenverletzung. | Z. f. A. 39 | 18 |
| — Üb. 3 F. v. Turmschädel mit Augenstör. | Kl. M. f. A. 60 | 18 |
| — Z. Kasuist. d. Pigmentdegenerat. d. Netzhaut. | ibid. 63 | 19 |
| — Klinisches a. d. Gebiet d. Zirkulat- störungen d. Auges. | Z. f. A. 43 | 20 |
| — Betellig. d. Auges b. Morb. macul. etc. | Kl. M. f. A. 66 | 21 |
| — Sehstör. n. akut. Alkohol- u. Chinin- vergift. | ibid. 67 | 21 |
| Itzig, L. De Pterygio. | Diss. Dorpat | 1805 |

J.

| | | |
|--|-------------------|------|
| Jaesche, E. (Moskau, Dorpat) Z. Behndl. d. Tränenschlauch-Ob- struktion. | Arch. f. O. G. 10 | 1864 |
| — D. erwärmend. Umschläge i. d. Augenpraxis. | Kl. M. f. A. | 73 |
| — (G.) Jaesches Operation d. Entropi- um u. d. Distichiasis. | ibid. | 73 |
| — Üb. d. Bezieh. gewisser Augen- übel z. Bau d. Schädels. | Dorp. Med. Z. | 74 |
| — Üb. d. Refraktionsanomalien. | ibid. | 75 |
| — Üb. d. gemeinsame Blickfeld. | ibid. | 77 |

| | | |
|---|--------------------------------------|-------|
| Jaesche, E. D. räuml. Sehen. | Stuttgart | 1879 |
| — Z. Trichiasis-Operation. | Kl. M. f. A. | 81 |
| — Z. Entropium-Operation. | ibid. | 82 |
| — Z. Verständig. m. Hotz. | ibid. | 84 |
| — Einige Bemerk. ü. d. Ruhelage d. Augen. | Arch. f. A. 15 | 84 |
| — Üb. Distichiasis- u. Trichiasis-Operat. | ibid. 21 | 89 |
| — Bemerk. z. Behandl. d. Stenose d. Tränenganges. | ibid. 21 | 89 |
| — F. v. Trachom. | Pet. Med. W. | 90 |
| — Üb. Lidoperationen. | II. Livl. Ärztetag | 90 |
| — Wie sollen wir denn d. Trachom behandeln? | Centralbl. pr. A. | 90 |
| — 2 eigentüml. F. bekannt. Netzhautleiden. | Arch. f. A. 24 | 91 |
| — Z. Lehre v. binokularen Sehen. | ibid. 27 | 93 |
| | ibid. 31 | 95 |
| | und ibid. 39 | 99 |
| — Z. Trachombehandlung. | Kl. M. f. A. | 96 |
| — Bemerk. z. d. Lidoperationen. | Pet. Med. W. | 99 |
| Jaesche, R. De sensuum externorum epigenesi in animalium serie generat. agitur. | Diss. Dorpat | 1835 |
| Janson, E. (Riga) | | |
| Üb. d. Wirkung d. Antidiphtherie-Serums a. infektiöse Augenkrankh. (russ.). | Diss. Jurjew (Dorpat) | 1913 |
| — Acu saslimsanas pie nierukaitem. (Augenerkrank. b. Nierenkrankh.) | Latv. A. Ž. | 23/24 |
| — Üb. Synchysis nivea seu albescens etc. | Kl. M. f. A. 75 | 25 |
| Johannson, E. (Riga) | | |
| Üb. d. Jaesche-Arlt'sche Operation. | Centralbl. pr. A. | 1890 |
| — Kataraktoperation i. ausserklin. Behandl. | III. Livl. Ärztetag | 91 |
| | Pet. Med. W. | 91 |
| — Üb. Augenverletz. u. deren Entschädig. | I. Balt. Ärztekongr. Jurjew (Dorpat) | 1909 |
| | Pet. Med. W. | 09 |
| K. | | |
| Kazlauskas, P. (Kaunas) | III. A. B. O. T. Kaunas | 1932 |
| Verletzung d. Auges d. Klettenhaare. | Medicina | 33 |
| Kessler, L. Untersuch. ü. d. Entwickl. d. Auges a. Hühnchen u. Triton. | Diss. Dorpat | 1871 |
| — Üb. d. Entwickl. d. Linsenkapsel. | Dorp. Med. Z. | 75 |
| — Üb. d. Entwickl. d. Glaskörpers. | ibid. | 75 |
| — Z. Entwickl. d. Auges d. Wirbeltiere. | Leipzig | 77 |
| Kolominsky, J. F. v. hyalin-amyloid. Degenerat. d. Konjunktiva. | Kl. M. f. A. | 1912 |

| | | |
|---|--|------------|
| Koppe, O. Ophthalmosk.-ophthalmol. Untersuch. a. d. Dorpat. Gymnasium. | Diss. Dorpat | 1876 |
| Korganovaitė, M. (Kaunas) Dėl kovos su trachoma Kauno mieste. (Z. Trachombekämpfung i. Kaunas.) | Medic. | 1932 |
| Kowalewski, O. Nonnulla de tri- chosi et trichomate. | Diss. Dorpat | 1847 |
| Krannhals, J. Klin. Beobacht. a. d. Witwe-Reimer'schen Augenheilanst. Riga. | Diss. Dorpat Kl. M. f. A. | 1879 79 |
| Kroeger, Al. (Pernau) D. Prüf. d. Sehschärfe b. Verdacht a. Simulation. | X. Livl. Ärztetag Pet. Med. W. | 1898 99 |
| Kruedener, H. Bar. (Riga) Beitr. z. pathol. Anat. d. Amyloidtu- moren. | Diss. Dorpat | 1892 |
| — Üb. Zirkulationsstör. u. Spannungs- veränd. d. Auges b. Aderhautsarkom. | Arch. f. A. 31 | 95 |
| — Üb. d. Ursachen d. Trachoms. | Pet. Med. W. | 95 |
| — Üb. Erkrank. d. Tränendrüsen. | Vers. D. O. G. Heidelberg | 1903 |
| — Lepra d. Iris. | ibid. | 03 |
| — Üb. Zystizerken i. Gehirn u. Auge. | Pet. Med. W. | 05 |
| — F. v. Iristuberkulose. | ibid. | 05 |
| — Üb. Erblind. d. Atoxyll, Methyl- alkohol etc. | Z. f. A. 16 (Suppl.) | 06 |
| — Z. Pathol. d. Stauungspapille etc. | Arch. f. O. G. 65 | 07 |
| — Absichtliche Verstümmelung d. Auges. | Pet. Med. W. | 07 |
| — F. v. Lepra d. Auges. | ibid. | 07—09 |
| — Üb. Zellparasiten b. Trachom. | I. Balt. Ärztekongr. Jurjew (Dorpat) Pet. Med. W. | 09 09 |
| — Zystizerkus i. Glaskörper. | ibid. | 09 |
| — Aneurysma arterio-venosum d. Ca- rotis etc. | ibid. | 09 |
| — Schädig. d. Augen b. Sonnenfin- sternis. | ibid. | 12 |
| — Üb. Eisenverletzungen. | ibid. | 12 |
| — Orbitalsarkom. | ibid. | 12 |
| — Üb. Sehstör. d. Intoxikation. | D. Med. W. | 18 |
| — Subconjunct. Staroperation. | Vers. D. O. G. Jena | 22 |
| Kubli, Th. (St. Petersburg) A. d. Univ.-Augenklinik zu Dorpat. | Kl. M. f. A. | 1880 |
| — Beitr. z. Kasuist. d. Augenmuskel- lähmungen. | ibid. | 80 |
| — D. klin. Bedeut. d. sog. Amyloid- tumoren d. Konjunktiva. | Diss. Dorpat Arch. f. A. (Suppl.) | 81 81 |

- Kuriks, O. (Tartu-Dorpat)
- Uuemad trahoomi uurimised. (Ülevaade.) (Neue Forschung. über Trachom. Übersicht.) Eesti A. 1923
- Trahooma Eestis, eriti Tartus, möödunud ajal ja praegu. (D. Trachom in Estland, insbes. Dorpat, einst u. jetzt.) Diss. Tartu (Dorpat) 23
Acta et Comm. Univ. Dorpat. A VII 3 (25)
- Kärbsse vastne (larv) silma eeskambris. (Fliegenlarve i. d. Vorderkammer.) Eesti A. 23
- Neuro-retinitis albuminur. gravidar. ibid. 24
- D. Lähmungen d. Augennerven b. Lepra. Folia neuropathol. Esth. III. 25
- Muutused leeprahaigete silmas. (Veränder. a. d. Augen Lepröser.) Acta et Comm. Univ. Dorpat. A VIII 3 25
- Silmakasvajad. (Augentumoren.) Eesti A. 25
- Kornealmikroskoop. Beobacht. bei Augenlepra. Kl. M. f. A. 25
- Üb. d. Anwend. d. Kollargols i. d. Augenheilk. etc. ibid. 26
- Z. Kenntnis d. Westphal-Strümpell-Pseudosklerose etc. Folia neuropathol. Esth. V. 26
- Sarvkesta paise ravimine kollargooliga. (Behandl. d. Hornhautgeschwüre m. Kollargol.) Eesti A. 27
- Oftalmoskoopim.punakiirita valgusel. (Ophthalmoskop. i. rotfreiem Licht.) (Probevorles.) Eesti A. 27
- Silma kasvajate diagnoosimine ja ravimine. (Diagnose u. Behandl. d. Augentumoren.) V. Eesti Arstidepäev 27
- Sarvkesta haavandi ravimine. (Behandl. v. Hornhautwunden.) VI. Eesti Arstidepäev 28
- Pisarate toimest silma mikrofloorasse. (Wirkung d. Tränen a. d. Mikroflora d. Auges.) Acta et Comm. Univ. Tartuens. (Dorpatens.) A XVI 4 29
- Pisarate mõjust silma immuniteedile. (Einfluss d. Tränen a. d. Immunität d. Auges.) II. A. B. O. T. Tartu (Dorpat) 30
- Kuri silm ja tema pilgu maagiline mõju. (D. „böse Blick“ u. s. magische Kraft.) Eesti A. 30
- Silma lokaalne immuniseerimine ja antiviruse tarvitamine oftalmoloog. (Ülevaade.) (Lokale Immunisierung u. Antivirus-Behandl. i. d. Ophthalmolog. Übersicht.) ibid. 30

- Kuriks, O. E nukleeritud silmade kaalu ja tensiooni muutus lahuste mitmesug. pH mõjul. (Gewichts- u. Tensionsänder. enukleierter Augen i. Lösungen v. verschied. pH.) ibid. 1930
- Vesinikuioonide - kontsentratsiooni muutus silma eeskambri vedelikus peale iridektomiat. (Änderung d. Wasserstoffionen-Konzentration d. Kammerwassers n. Iridektomie.) ibid. 30
- Avitaminoosi nähtused oftalmoloogias. (Ülevaade.) (Erschein. v. Avitaminose i. d. Ophthalmol. Übersicht.) ibid. 30
- Muutused leeprahaigete silmas. (Veränder. a. d. Augen Lepräser.) II. Eesti arstide kongr. Tartus 32

L.

- Landsbergienė, O. (Kaunas) III. A. B. O. T. Erblindungsursachen i. Litauen etc. Kaunas 1932
- Lange, O. (St. Petersburg, Braunschweig) D. Eigenfarbe d. Netzhaut u. d. ophthalmoskop. Nachweis. Diss. Dorpat 1878
- Lehmann, E. (Ae.) Experimenta quaedam de nervi optici dissecti ad retinae texturam vi et effectu. Diss. Dorpat 1857
- Lurje, M. Üb. d. Verhalten d. Netzhautgefäße b. Sklerose d. Hirnarterien. Diss. Dorpat 1893

M.

- Mandelstamm, L. (Riga) Beitr. z. Lehre v. d. Lage d. korrespond. Netzhautpunkte. Arch. f. O. G. 18, 19 1872
- (m. Schöler) E. neue Methode z. Bestimm. d. opt. Konstanten d. Auges. ibid. 18 72
- F. v. jugendl. haemorrhag. Glaukom. Pet. Med. W. 77
- Uraemische Amaurose. ibid. 77
- Ektopia lentis m. berechneter Länge d. Augenachse. Kl. M. f. A. 77
- F. v. sympathisch. Ophthalmie. Pet. Med. W. 78
- Auslöfflung d. Tränensackes. Centralbl. pr. A. 79
- Z. Aetiologie d. central. Skotoms. ibid. 79
- F. v. monokular. Doppelsehen etc. ibid. 80
- F. v. Mikrophthalmus congenitus. ibid. 82
- F. v. seltener Augenverletzung. Pet. Med. W. 84
- F. v. doppelseit. Linsenluxation. ibid. 87

- Marcinkus, J. (Kaunas)
 Dacryocystorhinostomia. Medic. 1923
 — Ectopiae hereditar. lentium cum
 cataractis polar. poster. atsitikimai. ibid. 24
 — Trachoma Lietuvos kariuomenėje
 1929 met. (Verbreit. d. Trachoms i.
 litauischen Heer i. J. 1929.) Mūsų Žinynas 30
- Martinson, C. Üb. d. Häufigk. u.
 Abhängigk.-verhältnisse d. Pannus
 bei Trachom. Diss. Dorpat 1886
- Maurach, Ed. Disquisitiones de Tri-
 chiasi, Distichiasi et Entropio. Diss. Dorpat 1857
- Mende, R. v. (Riga, Mitau)
 Beitr. z. Bakteriologie d. Konjunktiva. Pet. Med. W. 1908
 — Üb. lokale Anwend. d. Iothions i.
 d. Augenheilk. Kl. M. f. A. 11
 — Z. Technik d. Iridektomie. ibid. 12
 — Technik d. Elliot'schen Trepanation. ibid. 13
 — Üb. d. Verwendbark. d. Lippen-
 schleimhaut z. tekton. Keratoplastik. ibid. 13
- Middendorff, M. v. (Reval-Tallinn)
 Üb. Sprengverletzungen d. Augen. I. Balt. Ärztekongr.
 Jurjew (Dorpat) 1909
 Pet. Med. W. 10
- Mühlen, A. v. z. 2 F. v. Aneurysma d.
 Karotis cerebri m. Exophthalmus etc. Z. f. Ohrenheilk. 1903
- N.**
- Natanson, Al. (St. Petersb., Moskau)
 Üb. Glaukom i. aphakischen Augen. Diss. Dorpat 1889
 Dasselbe russ. Westn. O. 90
- O.**
- Oehr, A. Z. Trachomstatistik i. Livland. Centralbl. pr. A. 1893
- Oettingen, G. v. (Dorpat)
 Observationes quaedam de Catarac-
 tae operatione extractionis ope in-
 situenda. Diss. Dorpat 1854
 — Mitteil. a. d. chirurg. Abteil. d.
 Univers.-Klinik z. Dorpat betreff.
 d. J. 1856—58. Dorpat 57
 Riga 60
 — (m. Samson v. H.) Anleit. z.
 Pflege u. Behandl. v. Augenkrankh.
 Mitau 60
 — D. endemischen Krankheiten Liv-
 lands. Balt. Monatsschr. 62
 — Mitteil. a. d. Chirurg.-ophthalmol.
 Klinik i. Dorpat. Pet. Med. Z. 64
 — Rede b. Eröffnung d. Ophthalmol.
 Klinik z. Dorpat. ibid. 68

- Oettingen, G. v. D. Ophthalmol. Klinik
 Dorpats i. d. 3 ersten Jahren. *Dorp. Med. Z.* 2 1871
 — F. v. Augentumor m. Exophthalmus. *ibid.* 71
 — (m. Kessler) Üb. Koloboma
 chorioidale. *ibid.* 71
 — Arteria hyaloidea persistens. *ibid.* 72
 — Anwendung. d. Strychnins b. Er-
 krankung. d. Auges. *ibid.* 72
 — Tumor d. Orbita m. Ptose. *ibid.* 73
 — Üb. diffuse Glaskörpertrübung. *ibid.* 73
 — Dermoidzyste d. Orbita m. Amyloid. *ibid.* 74
 — Üb. d. Beziehung. gewisser Augen-
 störung. z. Bau d. Schädels. *ibid.* 74
 — Z. Kasuist. u. Diagnost. d. Orbital-
 tumoren. *Kl. M. f. A.* 74/76
 — Z. operat. Behandl. d. Folgezu-
 stände d. Trachoms. *Dorp. Med. Z.* 75
 — Z. Lehre v. d. Embolie d. Arteria
 centr. ret. *ibid.* 76
 — Abtrag. d. Zilienbodens b. Trichiasis. *ibid.* 77
 — 3 F. v. progr. Amblyopie. *ibid.* 77
 — Amblyopie u. Amaurose n. Blutver-
 lust. *ibid.* 77
 — Ber. üb. d. Wirksamkeit d. Dorpater
 Ophthalmol. Univers.-Klinik i. d. J.
 1868—78. *Dorpat* 79
 — D. indirekt. Läsionen d. Auges b.
 Schussverletz. d. Orbitalgegend. *Stuttgart* 79
 — Auge und Ohr. *Dorpat* 82
- Osolin, J. (Jurjew-Dorpat)
 F. v. Tränensackeiterung geh. d.
 interkurr. Gesichtserysipel. *Centralbl. pr. A.* 1907
 — Z. Kasuist. d. Augenverletzungen. *ibid.* 10
 — E. Wort z. Statistik d. Augener-
 krank. i. Eesti. *Eesti A.* 22
- Osten-Sacken, L. Bar. v. d.
 (Mitau)
 D. progress. periphere Puls d. Netz-
 hautvenen. *Diss. Dorpat* 1890
- Ottas, J. (Tartu-Dorpat).
 Silmamarjad ehk Trachoma ja tema
 vastu võitlemine. (Das Trachom
 u. s. Bekämpfung.) *Tervis* 1909
- P.**
- Poetschke, O. (Schlock, Mitau)
 D. Verwert. d. Gesichtsfeldprüf. f.
 d. Diagn. u. Progn. d. Amblyopien. *Diss. Dorpat* 1886

- P o p p e n**, A. v. (St. Petersburg, Tallinn-Reval)
 Untersuch. d. durchsichtig. Medien d. Auges m. Spaltlampe etc.
 — D. Trachom u. s. Bekämpfung. Eesti A. 1924
 — 2 F. orbitaler Tumoren. II. A. B. O. T. Tartu (Dorpat) 30
 ibid. 30
- P r i a l g a u s k a s**, J. (Šiauliai-Schaulen)
 Vėjarauplių komplikacijos panoftalmitu atsitikimas. (F. v. Panophthalmitis n. Windpocken.) Medic. 1925
 — Trachoma Kauno miesto pradžios mokyklose 1924 metais. (D. Trachom i. d. Elementarschulen d. Stadt Kaunas i. J. 1924.) ibid. 25
 — Trachoma ir kova su ja Rusijoje. (D. Trachombekämpfung i. Russland.) ibid. 25
 — Trachoma Šiaulių apskrities pradžios mokyklose. (D. Trachom i. d. Volksschulen d. Kreises Schaulen.) III. A. B. O. T. Kaunas 32
- R.**
- R a d z v i c k a s**, P. (Kaunas)
 Glio-sarkomos oculi atsitikimas. Medic. 1923
 — Lietuvos kariuomenės akių apžiūrėjimo rezultatai 1921 m. vasara (Ergebnisse v. Augenuntersuch. i. litauischen Heere i. J. 1921.) Mūsų Žinynas 23
 — Keli praktikos patyrimai iš mano senųjų laikų veikimo. (Einige prakt. Erfahrung. a. früherer Tätigkeit.) Medic. 32
- R a e h l m a n n**, Ed. (Dorpat-Jurjew 1879—1900, vorher Strassburg, nachher Weimar)
 Z. Korrektion d. Keratokonus d. Gläser. Berl. Klin. W. 1880
 — Üb. d. neuro-pathol. Bedeut. d. Pupillenweite. Volkm. Samml. Klin. Vortr. 80
 — Z. Lehre d. Amyloiddegeneration d. Konjunktiva. Arch. f. A. 10, 11 81
 — Hyperbolisch geschliffene Linsen b. Keratokonus. Kl. M. f. A. 81
 — Ber. d. Dorp. Augenlinik f. 1879—81 u. ff. Dorpat 81 ff.
 — Üb. d. opt. Wirkung d. hyperbol. Linsen b. Keratokonus. Kl. M. f. A. 82

| | | |
|---|-------------------------------------|------|
| Raehlmann, Ed. Üb. hyaline u. amyloide Degenerat. d. Konjunktiva. | Arch. f. Pathol. 92 | 1882 |
| — Pathol.-anat. Untersuch. üb. d. folliculäre Entzünd. d. Bindehaut od. d. Trachom. | Arch. f. O. G. 27 | 83 |
| — Üb. d. Bezieh. d. Netzhautzirkulat. z. allgem. Störung. d. Blutkreislaufs. | Arch. f. Pathol. 102 | 85 |
| — Üb. Trachom. | Volkm. Samml. klin. Vorträge | 85 |
| — Üb. d. histol. Bau d. trachomat. Pannus. | Arch. f. O. G. 33 | 87 |
| — Üb. aetiolog. Bezieh. zw. Pannus u. Trachom. | ibid. | 87 |
| — Üb. Veränder. a. d. Netzhautgefäßen b. allgem. Arteriosklerose. | Vers. Südwestd. Neurol. | 88 |
| — Üb. d. Netzhautzirkulation b. Anaemie n. Blutung etc. | Kl. M. f. A. | 89 |
| — Ophthalmosk. sichtbare Erkrank. d. Netzhautgefäße b. allgem. Arteriosklerose etc. | Z. f. Klin. Med. 16 | 89 |
| — Üb. Sklerose d. Netzhautarterien a. Ursache plötzlicher Erblindung. | Fortschr. d. Med. | 89 |
| — Üb. e. pulsierendes Dehnungsaneurysma d. Art. centr. ret. | Kl. M. f. A. | 89 |
| — Üb. miliare Aneurysmen a. d. Netzhautgefäßen etc. | ibid. | 89 |
| — Üb. d. ophthalmoskop. Diagnose sklerot. Erkrank. d. Netzhautgefäße. | Z. f. A. 7 | 89 |
| — Üb. Trachom d. Bindehaut. | X. Intern. med. Kongr. Berlin | 90 |
| — Üb. d. sichtbaren Puls d. Netzhautarterien. | Kl. M. f. A. | 90 |
| — Leber's Erklärung d. Netzhautablös. u. d. Diffusionstheorie. | Arch. f. A. 27 | 90 |
| — Therap. Erfahr. üb. Lidkantenoperation etc. | D. Med. W. | 91 |
| — Primäre Haarneubild. a. d. intermargin. Kantenfläche etc. | Arch. f. O. G. 37 | 91 |
| — Üb. d. Pathologie d. Trachoms. | Wiener Med. W. | 91 |
| — Physiol.-psychol. Studien üb. d. Entwickl. d. Gesichtswahrnehm. b. Kindern etc. | Z. f. Psych. u. Phys. d. Sinnesorg. | 91 |
| — Üb. d. folliculär. Konjunktivalgeschwüre etc. | Arch. f. O. G. 38 | 92 |
| — Skopolamin, e. neues Mydriatikum. | Kl. M. f. A. | 93 |
| | Wien Med. W. | 94 |
| — Üb. d. Rückwirkung. d. Gesichtsempfindung. a. d. phys. u. psych. Leben. | Z. f. Phys. S. | 95 |

- Raehlmann, Ed. Üb. Mikrophthalmus, Koloboma oculi u. Hemimikrosoma. Biblioth. Med. 1897
- Üb. Marginoplastik m. Transplantation. v. Lippenschleimh. etc. Vers. D. O. G. Heidelberg 98
- Üb. d. Heilwert d. Therapie bei Trachom. Berlin (Fischer) 98
- Üb. d. Anwendung d. hyperbol. Gläser b. Keratokonus etc. Kl. M. f. A. 98
- Üb. Zilien- u. Liderkrank. (Blepharitis acarica). D. Med. W. 98
- Üb. Farbensehen u. Malerei. Kl. M. f. A. 99
- Üb. d. Anheilung transplant. Lippenschleimh. a. d. intermargin. Fläche. München (Reinhardt) 99
- Üb. relat. u. absol. Mangel d. Farbensinnes. Beitr. z. path Anat. 99
- Einige neue Result. b. Untersuch. relat. Farbenblindheit. Berlin (Karger) 1900
- Üb. Dakryocystitis trachomatosa etc. Arch. f. Physiol. 00
- Reinhardt, G. (Riga) D. Med. W. 01
- Üb. d. Liderkrank. b. Trachom. Diss. Jurjew (Dorpat) 1899
- Üb. Verbreit. d. Trachoms und Ursach. d. Blindheit i. Kurland. Russ. Ärztekongr. Westn. O. 1904
- Z. d. Bezieh. zw. d. Nase u. d. Auge. Z. f. Klin. Med. 07
- Üb. d. Blindheitsverhältnisse in Lettland. III. A. B. O. T. Kaunas 32
- Reyher, G. De Trachomatis initiis statisticis de eo notationibus adjunctis. Diss. Dorpat 1857
- Ritter, S. Der Druckverband bei Ophthalmoblennorrhoea neonat. Diss. Dorpat 1860
- Rubert, J. (Riga seit 1923, vorher Kiew-Swenigorodka)
- Üb. Augenerkrank. b. Lepra. Diss. Jurjew (Dorpat) 1903
- D. Veränder. d. Augenhintergr. b. Lepra. Mitteil. d. Augenklinik z. Jurjew (Dorpat) 04
- Par oftalmologiju, viņas nodibināšanos un attīstīšanos sakarā ar pārējo medicīnu. (Üb. d. Ophthalmol. i. Zusammenhang m. d. übrigen Medizin. Antrittsvorlesung.) Riga 23
- Recherches sur les restes de la membrane pupillaire adhérents à la cornée. Acta Univers. Latv. 23
- Acis kā dvēseles un miesas spogulis. (D. Augen als Spiegel d. Seele u. d. Körpers.) (Rektoratsrede) ibid. 23

- Rubert, J. Par acu slimibu ārstēšanū ar
tuberkulinu.
(Üb. Augenbehandl. m. Tuberkulin.) Latv. A. Ž. 1923
— Starextraktion b. Mikrophthalmus
(russ.). Russ. Ophth. J. 29
— Üb. Erkrankung. d. Tränenkanäl-
chen b. Trachom (russ.). Russ. Arch f. O. 29
— Dasselbe. III. A. B. O. T. Kaunas 32
Kl. M. f. A. 89 32
— Üb. Aderhautablös. n. Trepanation
n. Elliot. Acta Univers. Latv. 30
— Dasselbe. II. A. B. O. T. Tartu
(Dorpat) 30
— Üb. Entbindung d. Altersstars i. d.
Kapsel b. Keratokonus. Kl. M. f. A. 86 31
— D. klin. Bild d. Trachoms. III. A. B. O. T. Kaunas 32
- R y m s z a, W. Vergleich. Untersuch.
üb. d. Zusammenh. zw. d. Refrak-
tion u. d. Schädelbau. Diss. Dorpat 1892

S.

- S a h m e n, H. Disquisitiones microscop.
de chiasmatis optici textura. Diss. Dorpat 1854
- S a l o m o n, I. Nonnulla de Ceratotomia. Diss. Dorpat 1847
- S a w i, V. (Kuresaar-Arensburg)
Nägemisergu atrofia küsimusest
taabesi puhul. (Ülevaade.)
(Z. Frage d. tabischen Sehnerven-
atrophie. Übersicht.) Eesti A. 1925
- S c h e r l, J. Untersuch. üb. d. Pigment
d. Auges. Arch. f. O. G. 39 1893
- S c h m i d t, E. Ergebn. d. ophthalmo-
skop. Untersuch. d. Augenhinter-
grund. i. physiol. Zustände. Diss. Dorpat 1859
- S c h m i d t, P. (Tallinn-Reval)
Vorschl. betr. d. Linsenextraktion. II. A. B. O. T. Tartu-Dorpat 1930
- S c h ö l e r, H. sen. De oculi evolutione
in embryon. gallinaceis. Diss. Dorpat 1848
- S c h ö l e r, H. jun. (Berlin)
Experiment. Beiträge z. Kenntn. d.
Irisbewegung. Diss. Dorpat 1869
- S c h r o e d e r, Th. v. (St. Petersburg)
Beitrag z. Kenntnis d. Iritis syphi-
litica. Diss. Dorpat 1880
— Üb. d. b. Herderkrank. d. Gehirns
auftretend. Augensymptome. I. Livl. Ärztetag 89
Pet. Med. W. 89

| | | |
|---|---|------------|
| Schroeder, Th. v. Üb. Entropiumoperation m Hauttransplantation. | II. Livl. Ärztetag Pet. Med. W. | 1890 90 |
| — Üb. d. Resultate d. operat. Behandl. d. hochgrad. Myopie etc. | V. Livl. Ärztetag Pet. Med. W. | 93 93 |
| Schultz, Fr. Experiment. Stud. üb. Degeneration u. Regeneration d. Kornealnerven. | Diss. Dorpat | 1881 |
| Seidlitz, C. v. De praecipuis ocu- lorum morbis inter Esthonas obviis. | Diss. Dorpat | 1821 |
| Seiler, A. (Mitau) Beitr. z. Pyoktanin-Frage. | Diss. Dorpat | 1890 |
| Sesjulinski. Gesichtsfeldveränder. n. Vergift. m. Nitrobenzol u. Stick- stoffoxydul. | Mitteil. d. Augenklinik Jurjew (Dorpat) H. 2 | 1905 |
| Sivers, A. v. De Dacryocystitide ejus- que morbis secundariis. | Diss. Dorpat | 1827 |
| Springovic, G. Behandl. d. Opticus- atrophien m. retrobulbären Atropin- Injektionen. | III. A. B. O. T. Kaunas Kl. M. f A. 90 | 1932 33 |
| Spulgeran, J. Üb. lokale Immuni- tät u. Antivirus i. d. Augenpraxis. | II. Lettl. Ärztekongr. Riga (I. A. B. O. T.) | 1928 |
| Stavenhagen, J. (Riga) Klin. Beobacht. a. d. Reimer'schen Augenh.-Anst. z. Riga 1867. | Diss. Dorpat | 1868 |
| — 2 Orbitaltumoren. | Pet. Med. W. | 81 |
| Strauch, C. De Blepharophthalmo- blennorrhoea neonat. | Diss. Dorpat | 1835 |
| Stroehmberg, Chr. Beitr. z. Kasu- ist. d. amyloid. Degenerat. a. d. Augenlidern. | Diss. Dorpat | 1877 |
| — Günstig. Verlauf e. Ziliarkörperver- letz. d. Fremdkörper. | Pet. Med. W. | 79 |
| — 16 Vergiftungsfälle m. Methylalkohol. | ibid. | 1904 |

T.

| | | |
|---|-----------------------------------|------------|
| Taumi, Al. (Tallinn-Reval) Kanapimedate vere uurimisest jne. (Blutuntersuch. b. Hemeralopen etc.) | Eesti A. ibid. | 1923 24 |
| — Melanoma Conjunct. bulbi. | | |
| — Silma välislihaste operatiivsest ra- vimisest. | | |
| (Operativ. Behandl. d. äusseren Augenmuskeln.) | ibid. | 28 |
| — Sarvkesta flüktenulaarsete tumes- tuste mõjutusest tuberkuliiniga. (Üb. Beeinfluss. v. Hornhauttrü- bung. phlyktänul. Natur d. Tuber- kulin.) | II. A. B. O. T. Tartu (Dorpat) | 30 |

| | | |
|--|--|------------|
| Thalberg, J. Z. pathol. Anat. d. Netzhautglioms u. Aderhautsarkoms. | Diss. Dorpat | 1874 |
| — Z. pathol. Anat. d. Aderhautkoloboms. | Arch. f. A. | 84 |
| — Z. pathol. Anat. d. Netzhauthaemorrhagie. | ibid. | 84 |
| — Z. Frage d. Xerosis conjunctivae (russ.). | Westn. O. | 84 |
| Theol, Th. Duae de irideremia totali congenita observationes. | Diss. Dorpat | 1858 |
| Thilo, O. D. Augen d. Schollen. | Biol. Centralbl. | 1908 |
| Truhart, H. (Dorpat) | IV. Livl. Ärztetag | 1892 |
| Z. Trachomstatistik. | Pet. Med. W. | 93 |
| — Üb. Skiaskopie. | ibid. | 93 |
| — D. operat. Behandl. d. Trachoms. | ibid. | 94 |
| — Aktinomykotische Geschwülste i. Auge. | ibid. | 94 |
| U. | | |
| Ucke, Al. Z. Entwicklung d. Pigmentepithels d. Retina. | Diss. Dorpat | 1891 |
| — Epithelreste a. Opticus u. a. d. Retina. | Arch. f. mikr. Anat. | 91 |
| Uudelt, J. (Tartu-Dorpat) | | |
| Lõhkeainete tekitatud silmavigastused rahuajal. (Sprengverletz. d. Augen i. Friedenszeit.) | III. Eesti arstide päev. | 1924 |
| — Ulcus serpens corneae arstimine ultraviolet kiirtega. (Behandl. d. Ulcus serpens m. Ultravioletstrahlen.) | Eesti A. | 25 |
| — Z. Diagnose v. Tumoren d. Fossa pterygo-palatina a. Gr. d. Behr'schen Symptomenkompl. | Z. f. A. 58 | 26 |
| — F. v. Heilung e. sympathischen Ophthalmie n. intercurr. Scharlach etc. | Kl. M. f. A. 76 | 26 |
| — Silmaplasmoomeist. (Üb. Augenplasmome.) | V. Eesti arstide päev | 27 |
| — On trahoomi tekitaja avastatud? (Ist d. Trachomerreger entdeckt?) | Eesti A. | 29 |
| — Dispositioonist trahoomile. (Disposition f. Trachom.) | VIII. Eesti arstide päev | 29 |
| — Üb. d. Blutbild Trachomkranker. E. Beitr. z. Konstitutionsfrage bei Trachom etc. | Diss. Tartu (Dorpat) Acta et Comm. Univ. Tartuensis (Dorpat.) A XIX 1 | 29 (30) |
| — Iirise ja pupillimängu mõjust glaukoomi tekkimisel. (Üb. d. Rolle d. Iris u. d. Pupillenspiels b. d. Entstehung d. Glaukoms. Probevorles.) | II. A. B. O. T. Tartu (Dorpat) | 30 |

| | | |
|---|--------------------------|------|
| Uudelt, J. Z. Pathogenese d. Trachoms. | ibid. | 1930 |
| — Tab. nägemiseteravuse määramiseks. (Sehprobentafel.) | Tartu-Dorpat (Loodus) | 30 |
| — Blindheit u. Erblindungsursachen i. Estland. | III A. B. O. T. Kaunas | 32 |

V.

| | | |
|---|-----------------------------------|------|
| Vilenkin, M. (Riga) | II. Lettl. Ärztekongr. | |
| Üb. d. Adrenalin als Mydriatikum. | Riga (I. A. B. O. T.) | 1928 |
| Vogel, K. (Tartu-Dorpat) | | |
| Irrwege der Augenheilkunde: „Iris- diagnose“, „Sehschulen“. | II. A. B. O. T. Tartu (Dorpat) | 1930 |
| Volbergas, J. (Šiauliai-Schaulen) | | |
| Šiaulių apskrities savivaldybės akių ligoninės nuo 1925 m.—1927 m. apyskaita. (Ber. üb. d. Tätigk. d. Kreisaugen- heilanst. i. Schaulen 1925—27.) | Medic. | 1927 |

W.

| | | |
|--|--|-------|
| Wahl, Ed. v. De retinae textura in monstro anencephalico disquisitiones microscopicae. | Diss. Dorpat | 1859 |
| Waldhauer, C. (Riga, Mitau) | | |
| Üb. Blindeninstitute. | Riga | 1874 |
| — Verletzung. d. Auges u. d. Augen- höhle. | Mitteil. d. Reimerschen Augenheilanst. Riga | |
| | Kl. M. f. A. | 76 |
| — Echinokokkus d. Orbita. | ibid. | 76 |
| — Tumoren d. Auges u. d. Augen- höhle. | ibid. | |
| | Pet. Med. W. | 77 |
| — Berichtig. betr. d. Trichiasisoperat. | Kl. M. f. A. | 81 |
| — F. v. sympathischer Ophthalmie. | ibid. | 83/84 |
| — Üb. Trichiasisoperat. | VIII. Int. Med. Kongr. Kopenhagen | 84 |
| — 4 F. v. Katarakta diabetica. | Pet. Med. W. | 84 |
| | Rev. gén. d'O. | 85 |
| — Eine Augenverletzung. | Centralbl. pr. A. | 85 |
| — 2 F. v. Katarakta punctata. | Arch. f. O. G. 31 | 85 |
| — Aphoristisches z. Schulfrage. | Pet. Med. W. | 85 |
| — Z. Operat. d. Ptosis. | ibid. | 86 |
| | France méd. | 86 |
| — E. Irisanomalie. | Kl. M. f. A. | 86 |
| — Fremdkörper i. d. Orbita. | D. Z. f. Chir. 29 | 89 |
| — Z. Operat. d. Trichiasis. | Kl. M. f. A. | 97/98 |
| Waldhauer, W. Untersuch. betr. d. untere Reizschwelle Farbenblinder. | Diss. Dorpat | 1883 |

| | | |
|--|--|------------|
| Walter, E. De variarum operationis methodorum ad corneae staphyloma radicitus tollendum prolatarum usu. | Diss. Dorpat | 1854 |
| Walter, O. (Odessa) Experiment. u. klin. Beobacht. üb. d. Wirk. d. Hyoscins i. d. Augenheilk. | Diss. Dorpat | 1887 |
| Weiss, C. Z. Statist. u. Aetiologie d. unter d. Landvolk Livlands vor- komm. Augenkrankh. etc. | Diss. Dorpat | 1861 |
| Werncke, Th. (Odessa) Z. Aetiologie d. Dacryocystitis acuta. | Diss. Jurjew (Dorpat) | 1900 |
| — Beitr. z. Aniridia congen. bilater. | Mitteil. d. Augenklinik i. Jurjew (Dorpat) H. 2 | 04 |
| — Beitr. z. Onkologie d. Auges u. s. Adnexa. | ibid. | 04 |
| — Z. Anat. d. Tränensackes u. s. Drüsen. | Kl. M. f. A. | 05 |
| — Dasselbe russ. | Westn. O. | 04 |
| Wibczkowski, N. De Entropio, Tri- chiasi et Distichiasi animadversiones. | Diss. Dorpat | 1848 |
| Wittram, Ed. Bakteriolog. Beitr. z. Aetiologie d. Trachoms. | Diss. Dorpat Pet. Med. W. | 1889 |
| Wöhrmann-Taler, S. Anestee- tikumide võrdlev hinnang silmaarsti- lisest vaatepunktist. (Vergleich. Bewert. d. Anästhetika v. augenärztl. Gesichtspunkt.) | II Eesti arstide kongr. Tartu (Dorpat) | 1932 |
| Wolferz, R. Experiment. Untersuch. ü. d. Innervationswege d. Tränen- drüse. | Diss. Dorpat | 1871 |
| Z. | | |
| Zepernick, C. Meletemata de cata- racta. | Diss. Dorpat | 1859 |
| Zieminski, Br. Experiment. u. klin. Beitr. z. Anwend. d. Cocains i. d. Ophthalmol. | Diss. Dorpat Kl. M. f. A. | 1884 85 |
| Zumft, J. (Schaulen) Klin.-experiment. Stud. ü. d. Augen- spiegelbefund b. Anaemie u. Chlo- rose etc. | Diss. Dorpat | 1891 |
| Zwingmann, L. (Riga) D. Amyloidumoren d. Conjunctiva. | Diss. Dorpat | 1879 |
| — Conjunctiv. diphtherit. m. töd- lichem Ausgang. | Pet. Med. W. | 83 |
| — Refraktion u. Sehschärfe d. Schü- ler d. Stadtgymnasiums z. Riga. | Riga | 84 |

Anhang.

I. Universitäts-Augenkliniken im Baltischen Gebiet:

Dorpat-Jurjew-Tartu (seit 1868)

- 1868—79. Professor G. v. Oettingen.
Assistenten (successive): Hansen, Thalberg, Hoffmann,
Koppe, Ströhmborg, Zwingmann.
- 1879—1900. Prof. Ed. Raehlmann.
Assist.: Kubli, Germann, Grubert, Dahlfeld, Martinson, Wal-
ter, Hlasko, Bar. Osten-Sacken, Seiler, Zumft, Bar.
Kruedener, Rymsza, Lackschewitz, Ischreyt, Reinhard,
Maurach, Göldner, v. Engelmann, Werncke.
- 1900—09. Prof. Th. O. Ewetzki.
Assist.: (v. Engelmann), (Werncke), Rubert, Schneider,
Osolin, Hollmann, Ichwetadze, Danilewskij, Ottas,
Janson, Kolominskij.
- (1909—11. stellv. Osolin.)
- 1911—18. Prof. Al. Gr. Ljutkewitsch.
Assist.: (Osolin), (Kolominskij), Kaschmenskij, Ssinew, Ssi-
neokowa, Ljubimow, Nikolskaja, Pinskij, Kutschewskij.
1918. Prof. W. Löhlein.
Assist.: Vogel.
- (1918—21 stellv. Osolin.)
Assist.: Vogel.
- 1921—30. Prof. E. Blessig.
Assist.: (Vogel), Udelt, Kuriks, Hallik, Sawi.
- 1930—
Doz. J. Udelt.
Assist.: (Sawi), Wöhrmann-Taler, Suurküla.

Riga (seit 1923)

- 1923— Prof. J. Rubert.
Assist.: Spulgeran, Apin, Balod, Rubert jun., Springowic,
Abolin.

Kaunas (seit 1922)

- 1922— Prof. P. Avižonis.
Assist.: Landsbergienė, Prialgauskas, Buividaitė-Kutorgienė,
Melcas, Nemeikša, Goldengeimas, Korganovaitė, Mik-
ševičienė, Kazlauskas, Bridžius, Mekys, Steiblys, Avi-
žonis jun.

NB: Vervollständigungen und Berichtigungen für etwaigen Nach-
trag zu diesem Index erbeten! d. Verf.

ATOMIC COLLISIONS AND RADIATION OF METEORS

BY

ERNST ÖPIK

TARTU 1933

Abstract.

Relatively small meteors, not more than a few cm in diameter, are considered in this paper. Collisions of meteor atoms with air molecules represent the chief source of radiation, the so-called impact radiation; for larger meteors, of magnitude zero and brighter, temperature radiation produced by mutual collisions of the molecules of the coma, or the expanding cloud of vaporized meteoric material, becomes appreciable. Both give rise to a linear emission spectrum. Electronic collisions as a source of continuous radiation, and the continuous radiation of the meteoric nucleus are considered as unimportant. A method is developed for calculating the amount of visible radiation produced by a meteor of given velocity, mass, and chemical constitution. The method is applied to a typical case, by assuming a certain average distribution of the excitation (radiation) levels. Considerable deviations from the typical case, due to variance in chemical constitution, may be expected.

The minimum mass of a meteor is calculated from its luminosity on the assumption that all the kinetic energy is transformed into black body radiation of 6000°K.

The heat factor, by which the minimum mass is to be multiplied to obtain the probable mass, is calculated for the typical case, and found equal to from 20 to 400, according to size and velocity of the meteor; it decreases with increasing mass and velocity, except for very small telescopic meteors.

Thermodynamic equilibrium is generally not reached in the coma of a small meteor, the expansion and mixing with the atmospheric gases going on too rapidly. The radiating gases are in a state of underexcitation, in spite of the high energy of the collisions; radiation must occur chiefly from collisions of low relative velocity — secondary collisions, and because of the underexcitation and the low inelastic efficiency of the collisions,

ultimate lines are expected to be the most prominent feature of the spectrum. Impact radiation will yield lines of the various ionized states of the same atom, whereas temperature radiation will produce lines of the neutral and of the first ionized states, in the first place of the more easily ionized elements. The average spectral energy distribution (averaging the emission lines over more extended spectral limits) is much more widespread than a black body distribution, showing strong excess both in the red and the violet for a given visual brightness; the richness in ultra-violet radiation must be even greater than that expected in the typical case, due to the fact that many ultimate lines of the elements are found in the ultra-violet.

A physical theory of dissipation of energy and efficiency of inelastic transitions in atomic collisions is developed; the theory gives the right order of magnitude for all velocities, and almost perfect agreement in the case of α -particles in air. The theory is based on the hypothesis that the forces of interaction in atomic collisions, as function of the relative distance, are determined in terms of the electronic energy levels of the two interacting atoms, the chief assumption being that the potential energy of resistance to interpenetration of two electronic orbits is equal to the smaller of the two ionization potentials.

The present, more general sketch is supposed to represent a basis for further detailed numerical researches.

Atomic Collisions and Radiation of Meteors.

The theory of radiation of meteors is especially important in estimating meteor masses, the estimate depending upon the ratio of visible radiation to the total energy of the meteor. The present paper deals with a special chapter of a more general theory of meteor phenomena, some speculations as to interatomic forces being also introduced. Only meteors of relatively small dimensions which do not reach the ground will be considered.

More or less extended physical theories of meteors have been proposed several times: by Lindemann and Dobson¹), Sparrow²), Maris³), and others; some early speculations were offered by the writer⁴). All these authors agree in one point, namely — that the radiation from the solid or from the liquid nucleus is insignificant, and that the major part of the radiation of the meteor is produced by the collision of air molecules with the gaseous constituents evaporated from the nucleus, a view supported by the evidence of known meteor spectra, in which emission lines are the most prominent feature. As to the details, Lindemann and Dobson's theory cannot be accepted in its full extent on account of a mistake in the adiabatic formula for the temperature of a compressed gas. According to that formula the major part of the kinetic energy of the air molecules relative to the meteor is not taken into account, because the air, accelerated to the speed of the meteor and moving with it, has zero energy relative to the meteor; therefore according to the formula used by Lindemann and Dobson the internal energy and energy of compression represent only a small fraction of the initial relative kinetic energy. This misconception has been shown very clearly by Sparrow⁵); although Lindemann, in his reply to Sparrow⁶), finds the arguments of the latter not convin-

1) Proceedings Royal Society, **102**, 111 ff, 1923.

2) Astrophysical Journal, **63**, 90 ff, 1926.

3) Terrestrial Magn., **34**, 309 ff, 1929 (Reference according to Science Abstracts).

4) Tartu Publications, **25**, 1, 32—37, 1922. And earlier in Russian periodicals.

5) *Loc. cit.*

6) Astrophysical Journal, **65**, 117 ff, 1927.

cing, we must confess that the error is nevertheless there. An accurate formula for the temperature of compressed air has been given by Epstein¹⁾; applying this formula we find that the flow of heat from a hot air cap toward the nucleus of the meteor is much greater than that assumed by Lindemann and Dobson; consequently the densities of air along the visible path of the meteor are much smaller, and their theory of the "hot" upper atmosphere becomes invalid.

On the other hand, Sparrow's conception of meteor phenomena must be regarded as a very sound one in its general features, notwithstanding the neglect of some important details, such as the amount of heat absorbed in the nucleus before the beginning of vaporization; his argument in favor of the non-formation of an air cap and the direct bombardment of the nucleus by the air molecules is made even more valid, if we consider that the effective free length of path of molecules at meteoric velocities is many times greater than at ordinary molecular velocities; the quantitative data on this subject may be found below. This circumstance invalidates another qualitative feature on which Lindemann and Dobson's theory rests.

1. Forces of interaction in atomic collisions. There are not enough experimental data relating to the dissipation of energy and generation of radiation in atomic collisions; the data are lacking or scarce precisely for the range of velocities and the elements most likely to occur in meteors. It seemed that a theory, giving the size of the target area in a given collision and the probability of a successful inelastic collision "of the first kind", may fill up the gap in the experimental evidence. Such a theory depends altogether upon the assumed law of forces of interaction between two approaching atoms, or molecules. In the following discussion a practical solution of the problem is proposed, representing the experimental facts within a fair order of magnitude, from low molecular velocities up to velocities of alpha-particles. We have to introduce certain simplifications, which however must not extend over essential details; thus, the conception of rigid spheres with constant radius, or even with an effective radius depending upon the relative velocity only, is of no use for our purpose.

1) Proceedings Nat. Acad., 17, 532, 1931.

We neglect altogether, as of smaller importance at the velocities concerned, forces of attraction acting between molecules at greater distances; also we disregard any possible asymmetry in orientation. In other words, we shall consider only the average force of repulsion at a given distance.

We assume that the two atoms create a mutual field of central force, with a potential energy of repulsion equal to $V(x)$, x being the relative distance of the nuclei; $V(x)$ is supposed to vanish at distances greater than or equal to the average distance of the molecules in a liquid state.

The trajectory of one of the atoms relative to the other is a curve, convex to the center of force; for the sake of simplicity we substitute for this curve two straight lines, crossing at the point of closest approach, and assume that instead of acting gradually, all the energy $V(x_0)$ acts suddenly at the distance of closest approach, x_0 ; this is evidently equivalent to a substitution of the continuous field of force by a fictitious rigid sphere of radius x_0 and radial energy of interaction $V(x_0)$; from the spheres of the kinetic theory of gases this sphere differs by having the radius, x_0 , dependent upon both the relative velocity and the angle of impact.

Let ξ denote the radius of the target, or the distance of one of the atoms from the undeflected rectilinear path of the other; from the laws of conservation of momentum, of energy, and of angular momentum the following equation may be derived:

$$E_r \left(1 - \frac{\xi^2}{x_0^2} \right) = V(x_0) \quad (1),$$

where E_r is the relative kinetic energy,

$$E_r = \frac{m_1 m_2 w^2}{2(m_1 + m_2)} \quad (2);$$

here m_1 , m_2 are the masses; w , the relative velocity.

$V(x_0)$ is the relative energy of the collision; this represents the maximum amount available for inelastic transformations. This quantity cannot exceed E_r .

Equation (1) permits computation of the target area, $\pi \xi^2$, for a given relative energy of the collision, $V(x_0)$, when the function $V(x)$ is known.

In our special problem we have to consider the effect of successive collisions of a moving particle m_2 with particles m_1

of a medium whose molecules have small relative velocities, so that we may assume, as a good approximation, that all the m_1 are at rest with respect to each other. We choose our coordinates of reference as fixed relative to the medium, or, which is the same, as fixed relative to the original state of m_1 before the collision. In the case of a perfectly elastic collision, the amount of kinetic energy transferred from m_2 to m_1 is

$$\Delta \left(\frac{m_2 w^2}{2} \right) = -V(x_0) \cdot \frac{4 m_2}{(m_1 + m_2)} \quad \dots \quad (3).$$

In the case of a completely inelastic collision, when all the amount $V(x_0)$ is absorbed by the inelastic transition, the total loss of kinetic energy of m_2 is

$$\Delta \left(\frac{m_2 w^2}{2} \right) = -V(x_0) \cdot \left(1 + \frac{m_2}{m_1 + m_2} \right) \quad \dots \quad (4),$$

whereas the gain by m_1 is $V(x_0) \cdot \frac{m_2}{(m_1 + m_2)}$.

From these formulae the dissipation of energy may be calculated.

It remains to define the function $V(x)$ ¹⁾. The repulsive energy we shall consider as composed of the two parts: $V_1(x)$, the energy of the „quantum forces” due to the presence of electrons, and $V_2(x)$, the electrostatic energy. Thus,

$$V(x) = V_1(x) + V_2(x) \quad \dots \quad (5);$$

V_1 is by far the most important of the two.

Let us define r_n , the reduced radius of an electronic orbit, by the equation:

$$I_n = \frac{7 \cdot 15 \times 10^{-8} n}{r_n} \quad \dots \quad (6);$$

here I_n is the ionization potential in volts; n , the degree of ionization (or the ordinal number of the electron counted from outside), r_n being given in cm.

1) The potential energy function could have been derived by methods of quantum mechanics, *e. g.* applying the method of Heitler and London in a way analogous to the way used by J. C. Slater (Phys. Rev., **32**, 349, 1929) in treating the interaction of helium atoms. The result would have been practically the same except for very low energies and minute details, which are of no importance for our present purpose.

Let us consider two approaching atoms a and a' at a distance $x_1 = r_1 + r_1'$, where r_1 and r_1' are the reduced radii of their outer electronic orbits; I_1 and I_1' the corresponding energies of ionization. Let $I_1' < I_1$. We assume that the "quantum" energy of interaction in this case is equal to the smaller of the two ionization potentials, $V_1(x) = I_1'$, and that the "weaker" electron, the one with smaller energy, is "knocked out" — that is, it is forced to move somewhere outside, and its "quantum resistance" to the intruding atom is broken down. At further approach, at a distance $x_2 = r_1 + r_2'$ the atom a meets the resistance I_2' of the atom a' ; let now $I_2' > I_1$. We assume $V_1(x_2) = I_1' + I_1$, and so forth.

The relative position of the two atoms, when their distance is equal to the sum of the reduced radii of two of their electronic orbits, we will call the "contact" of these orbits.

Thus, generally, considering the k^{th} in a sequence of successive contacts, when the distance x_k is equal to the sum of the reduced radii of the outer not yet knocked out electrons of the two atoms, we assume that $V_1(x_k)$ for the given contact exceeds $V_1(x_{k-1})$ of the preceding contact by an amount equal to the smaller of the two ionization energies of the interacting electronic orbits, and that the "weaker" of the two electrons is at the same time "knocked out". In the case of equal ionization energies we still assume that only one of the electrons is knocked out. Thus, $V_1(x_k) = \sum_1^k I(i) \dots (7)$, where $I(i)$ denotes the ionization energy of the "weaker" electron in a contact. As to the "knocked out" electron, it may return, after the collision, to its former position without radiation, in which case we have a perfectly elastic collision; or it may stay on a higher energy level and fall back into the lower state with emission of a quantum; or the "knocking out" may result in separating the electron altogether from the atom; the latter will be ionized. The energy of interaction, $V_1(x)$, however, is assumed equal to the ionization energy, without regarding whether the collision really results in ionization, excitation, or is perfectly elastic.

Further, we assume that for a bare nucleus V_1 is zero, or that the nucleus without bound electrons is not affected by the "quantum forces" of the electronic orbits of the other atom; only electrostatic forces will be taken into account in this case.

The electrostatic energy of interaction is defined by the following formula:

$$V_2(x_2) = V_2(x_1) + 7.15 \times 10^{-8} e_1 e_2 \left(\frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1} \right) \dots \dots \dots (8),$$

where e_1 and e_2 are effective numbers of elementary charges of the two atoms. Formula (8) evidently considers the electronic charges either concentrated in the center, or distributed evenly over a spherical shell — a conception fulfilled statistically, if not in individual cases. As to e_1 and e_2 , we assume that the knocked out electrons exert zero force on both the colliding atoms and upon their electrons not yet knocked out; thus, knocking out of an electron from the atom a increases its effective charge e_1 by one positive unit. Therefore, between two consecutive contacts, e_1 and e_2 remain constant, and formula (8) is to be used, for the computation of V_2 , stepwise for each contact separately.

The effective molecular or atomic radii, as given by the kinetic theory of gases, are much greater than the reduced radii of the outer electronic orbits; at the same time, the average energy involved in molecular collisions at ordinary temperatures is of the order of 0.04 volt, or much smaller than the smallest of the ionization potentials; also, we know from the behaviour of the coefficient of viscosity of gases that the effective molecular diameter decreases with increasing temperature, that is, with increasing energy of the collisions. This indicates that the energy of interaction does not attain suddenly its value $V(x_1)$ at the first contact, but that from the distance x_1 outward it must decrease gradually. By analogy we assume also that between two contacts, $k-1$ and k , $V(x)$ changes gradually.

The rule for constructing the potential function $V(x)$ is now given. For the consecutive contacts $x_1, x_2, \dots, x_k \dots$ we compute, according to formulae (6), (5), (7), (8), the values of $V(x)$; further, for $x_m = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2}$, where σ_1 and σ_2 are the molecular diameters according to the kinetic theory of gases, we assume $V(x_m) = 0.036$ volt-e, which is the average relative energy of two molecules at 273° K, and from the known (or assumed) dependence of the coefficient of viscosity upon tempe-

ture we determine $\left. \frac{\partial V}{\partial x} \right|_{x=x_m}$ ¹⁾, or the slope of $V(x)$ at $x=x_m$, taking into account that $V(x)$ is proportional to the temperature.

The curve $V(x)$ is then traced through the given points, being also fitted to the assumed slope at $x=x_m$; the curve is led exactly through the points, without smoothing except between the points. Very little is thus left to arbitrariness in tracing the curve. The greatest uncertainty arises from an incomplete knowledge of the ionization energies, which in many cases must be guessed; but this uncertainty does not influence the order of magnitude of the results.

Table I contains examples of adopted functions $V(x)$, assumed according to the rules explained above.

TABLE I

Energies of Interaction for Some Pairs of Colliding Atoms²⁾

| | | | | | | | | | | | |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|-------|-----------|-------|
| a) He : N | | | | | | | | | | | |
| x | 2.50 | 2.00 | 1.50 | 1.00 | 0.790 | 0.779 | 0.750 | 0.720 | 0.655 | 0.390 | 0.369 |
| $V(x)$ | 0.036 | 0.22 | 0.68 | 2.8 | 14.4 | 33.7 | 68.6 | 116.5 | 173.6 | 218 | 226 |
| x | 0.083 | 0.075 | 0.05 | 10^{-2} | 10^{-3} | 10^{-4} | 10^{-5} | | | | |
| $V(x)$ | 894 | 1004 | 1670 | 9700 | 10^5 | 10^6 | 10^7 | | | | |
| b) He+ : N | | | | | | | | | | | |
| x | 2.47 | 1.97 | 1.47 | 0.97 | 0.761 | 0.750 | 0.720 | 0.655 | 0.390 | 0.369 | |
| $V(x)$ | 0.036 | 0.22 | 0.68 | 2.8 | 14.4 | 44.0 | 91.9 | 149.0 | 193 | 202 | |
| x | 0.083 | 10^{-2} | 10^{-3} | 10^{-4} | 10^{-5} | | | | | | |
| $V(x)$ | 869 | 9700 | 10^5 | 10^6 | 10^7 | | | | | | |
| c) He++ : N | | | | | | | | | | | |
| x | 0.496 | 0.485 | 0.455 | | 0.390 | 0.369 | 0.083 | 0.075 | 0.05 | 10^{-2} | |
| $V(x)$ | 0 | 0.6 | 4.6 | | 26.0 | 34.6 | 702 | 812 | 1480 | 9500 | |
| x | 10^{-3} | 10^{-4} | 10^{-5} | | | | | | | | |
| $V(x)$ | 10^5 | 10^6 | 10^7 | | | | | | | | |
| d) N : Fe | | | | | | | | | | | |
| x | 2.70 | 2.50 | 2.25 | 2.00 | 1.75 | 1.50 | 1.414 | 1.366 | 1.355 | 1.310 | |
| $V(x)$ | 0.036 | 0.093 | 0.35 | 0.74 | 1.5 | 4.0 | 7.8 | 22.2 | 28.8 | 65 | |
| x | 1.152 | 1.122 | 0.965 | 0.900 | 0.833 | 0.812 | 0.773 | 0.487 | 0.464 | | |
| $V(x)$ | 97 | 141 | 197 | 273 | 356 | 457 | 564 | 851 | 1029 | | |
| x | 0.376 | 0.369 | 0.348 | 0.339 | 0.330 | 0.321 | | | | | |
| $V(x)$ | 1392 | 2237 | 2655 | 3082 | 3557 | 4085 | | | | | |

1) cf Jeans, Dynamical Theory of Gases, p. 284 (Cambridge, 1925).

2) $V(x)$, in volts; the relative distance, x , in Ångströms.

Where electrons with higher ionization energies yield a reduced radius greater than the radii of those with lower energies, as apparently happens in the closed outer group of the neon and argon cores, the first contact was assumed to take place with the orbit of the greatest reduced radius, and it was assumed that the corresponding electron might be knocked out only together with all the other electrons of smaller energies.

2. Dissipation of kinetic energy by a high speed atom. In considering processes of radiation produced by an individual high speed atom, we are justified in neglecting molecular velocities to temperatures of several thousand degrees; the molecules of the medium are practically at rest, and formulae (3) and (4) of the preceding section refer to this case. Denoting the ratio of masses by μ ,

$$\mu = \frac{m_2}{m_1},$$

and the kinetic energy by

$$E_2 = \frac{1}{2} m_2 w_2^2,$$

formula (2) for the relative energy is transformed into

$$E_r = \frac{E_2}{1 + \mu} \quad \dots \quad (2'), \text{ and similarly}$$

formulae (3) and (4) into

$$\Delta E_2 = - V(x_0) \cdot \frac{4\mu}{1 + \mu} \quad \dots \quad (3') \quad \dots \quad (\text{elastic}),$$

$$\Delta E_2 = - V(x_0) \cdot \left(1 + \frac{\mu}{1 + \mu}\right) \quad \dots \quad (4') \quad \dots \quad (\text{inelastic}).$$

In the latter case, the kinetic energy gained by m_1 is

$$\Delta E_1 = + V(x_0) \cdot \frac{\mu}{1 + \mu} \quad \dots \quad (4'').$$

For our purposes it is convenient to measure the kinetic energy in volt-electrons (volts). Table II gives these energies for different atoms and for different velocities of the order which may occur in meteors.

TABLE II

| Kinetic Energy of Atoms | | | | | | | | | |
|-------------------------------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Velocity, km/sec | | | | | | | | | |
| <i>w</i> | 0.92 | 1.30 | 1.85 | 2.61 | 3.70 | 5.22 | 7.40 | 10.44 | |
| $E_2 =$ kinetic energy, volts | | | | | | | | | |
| Atom | | | | | | | | | |
| <i>H</i> | 0.0046 | 0.0092 | 0.018 | 0.037 | 0.074 | 0.148 | 0.295 | 0.59 | |
| <i>N</i> | 0.06 | 0.12 | 0.25 | 0.50 | 1.0 | 2 | 4 | 8 | |
| <i>Fe</i> | 0.25 | 0.50 | 1.0 | 2 | 4 | 8 | 16 | 32 | |
| <i>w</i> | 14.8 | 20.9 | 29.6 | 41.8 | 59.2 | 83.6 | 118.4 | 167.2 | 236.8 |
| Atom | E_2 | | | | | | | | |
| <i>H</i> | 1.15 | 2.3 | 4.6 | 9.2 | 18.4 | 36.9 | 73.8 | 147.5 | 295 |
| <i>N</i> | 16 | 32 | 64 | 128 | 256 | 512 | 1024 | 2048 | 4096 |
| <i>Fe</i> | 64 | 128 | 256 | 512 | 1024 | 2048 | 4096 | 8192 | 16384 |

The rate of dissipation of energy is given by $\frac{\partial E_2}{\partial \lambda}$, or by the loss of energy over unit length of path, volt cm^{-1} ; λ is the actual length of the trajectory; it may differ very much from the apparent length of penetration, λ' , counted along a straight line between two actual positions of the moving molecule.

Using the notations of this and the preceding sections, the rate of dissipation of energy is given as follows:

$$\frac{\partial E_2}{\partial \lambda} = \pi \nu \int_{\xi=0}^{\xi=\infty} f(\mu) V(x_0) d(\xi^2) \dots \dots \dots (9),$$

where ν is the number of atoms per cm^3 , and $f(\mu)$ is equal to $f_e = \frac{4\mu}{1+\mu}$ for elastic, and $f_i = 1 + \frac{\mu}{1+\mu}$ for inelastic collisions; for partly inelastic collisions an intermediate value of $f(\mu)$ is to be taken; generally $f(\mu)$ may be regarded as a function of $V(x_0)$ and E_r , limited by the extreme values f_e and f_i ; ξ is determined by x_0 , through equation (1).

The maximum possible amount of inelastic energy dissipated is found from (9), putting $f(\mu) = 1$; the true amount of inelastic energy may be smaller, or nil.

With the aid of Table I, and formulae (9) and (1) for high velocities of the order of those of alpha-particles, the values of $\frac{\partial E_2}{\partial \lambda}$ are found to be practically constant as follows:

| | <i>He</i> : <i>N</i> | <i>He</i> ⁺ : <i>N</i> | <i>He</i> ⁺⁺ : <i>N</i> | |
|--|----------------------|-----------------------------------|------------------------------------|------|
| $\frac{\partial E_2}{\partial \lambda}$ elast. | 21,7.10 ⁵ | 18,3.10 ⁵ | 4,9.10 ⁵ | volt |
| $\frac{\partial E_2}{\partial \lambda}$ inelast. | 29,7.10 ⁵ | 25,1.10 ⁵ | 6,7.10 ⁵ | cm |

These figures refer to a helium atom moving in atomic nitrogen at 1520 mm pressure, so that the number of nitrogen atoms is the same as in molecular nitrogen at atmospheric pressure. For the energy of a helium atom ranging from $8 \cdot 10^5$ to $8 \cdot 10^6$ volts these figures change only by a fraction of one percent. As there is not a very great difference between the elastic and the inelastic cases, and as the collisions of alpha-particles are known to be practically "perfectly inelastic", we may adopt the inelastic set of figures. For comparison, from the curves of dissipation of energy of alpha rays of RaC as given by Kapitza¹⁾, the following rates of dissipation are derived:

| | energy, E_2 , volt | $8 \cdot 10^5$ | $8 \cdot 10^6$ |
|--|----------------------|----------------------|---------------------|
| observed $\frac{\partial E_2}{\partial \lambda}$ | volt cm | 18,5.10 ⁵ | 8,4.10 ⁵ |
| computed | | 12,9.10 ⁵ | 6,7.10 ⁵ |
| computed: observed | | 0,70 | 0,80 |

How the computed values were found is explained below.

We must take into account that an alpha-particle moving in air is apt to catch one or two electrons and lose them again, so that it partly moves as *He*⁺⁺, *He*⁺ or *He*. Both theoretical considerations and observations indicate that the free length of path for taking up a charge increases with increasing speed, so that the higher the velocity, the greater will be the percentage of collisions that happen during the higher ionized state of the moving atom. From Rutherford's observations on the free length of path of recharge of alpha-particles in air one may infer that at $E_2 = 8 \cdot 10^5$ volts, 67 percent and at $E_2 = 8 \cdot 10^6$ volts, 99.6 percent of the collisions are produced by *He*⁺⁺, the rest being ascribed to *He*⁺, whereas the share of *He* is practically nil. The increasing fraction of *He*⁺⁺ collisions may explain the observed decrease of $\frac{\partial E_2}{\partial \lambda}$ with increasing velocity. With Rutherford's data for the ratio $\frac{He^{++}}{He^+}$, the "computed" values of the preceding table were found. It may be added that within the limits

1) Proc. Royal Soc., 102, 48, 1922.

covered by the table the observed range, which is proportional to $E_2 \sqrt{\frac{\partial E_2}{\partial \lambda}}$, changes with the 2.68 power of velocity, whereas the computed range is proportional to the 2.58 power. Perfect agreement between observation and calculation may be attained by changing slightly the relative frequency of $He^{++}: He^+$ collisions. Table III gives these effective ratios, which were assumed conventionally for the calculation of the number of ions in the following section.

TABLE III

Effective Fraction (p) of He^{++} Collisions for Alpha-Particles in Air

| | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|
| $E_2, 10^6$ volt | 8.2 | 5.7 | 4.1 | 2.5 | 1.65 | 0.82 |
| $\frac{\partial E_2}{\partial \lambda}, 10^6 \frac{\text{volt}}{\text{cm}}$ | 0.84 | 0.97 | 1.25 | 1.60 | 1.77 | 1.85 |
| p | 0.91 | 0.84 | 0.69 | 0.50 | 0.40 | 0.36 |

A remarkable feature of the dissipation of energy at high velocities is that the major part of the energy is lost by very small fractions. This is opposite to what happens in collisions of rigid spheres of constant radius, where the major part of the energy is transferred in large fractions of the relative energy, Er . The following example may serve as illustration.

TABLE IV

Fraction of Energy Dissipated within Given Limits of the Energy of Collision
 $E_2 = 8.10^5$ volt

| | $V(x_0): Er$ | | | | | | | | Sum |
|----------------------------------|--------------------------|-------------------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------|------------|------------|-------|
| | 0 to $1.5 \cdot 10^{-5}$ | $1.5 \cdot 10^{-5}$ to 0,0001 | 0,0001 to 0,001 | 0,001 to 0,003 | 0,003 to 0,01 | 0,01 to 0,1 | 0,1 to 0,5 | 0,5 to 1,0 | |
| Fraction of energy | | | | | | | | | |
| $He: N$ | 0,034 | 0,016 | 0,818 | 0,075 | 0,037 | 0,018 | 0,0009 | 0,00015 | 0,999 |
| $He^+: N$ | 0,040 | 0,023 | 0,783 | 0,086 | 0,045 | 0,022 | 0,0011 | 0,00018 | 1,000 |
| $He^{++}: N$ | 0,006 | 0,099 | 0,461 | 0,209 | 0,142 | 0,080 | 0,0041 | 0,00066 | 1,002 |
| Rigid spheres of constant radius | $2,25 \cdot 10^{-10}$ | 10^{-8} | 10^{-6} | $8 \cdot 10^{-6}$ | $8 \cdot 10^{-5}$ | 0,0099 | 0,24 | 0,75 | 1,000 |

We may say in general that our theory, representing very well the rate of dissipation of energy at velocities of alpha-particles and being made to fit at ordinary molecular velocities, gives a fair approximation also for intermediate velocities, the discrepancy not exceeding 2:1 and never affecting the order of magnitude. The following data may show how well the computed values represent what happens at meteoric velocities (from 8 to 50 km/sec).

Relative Change of Mean Free Path with Velocity.

| Relative energy, $E_r = E_2/(1 + \mu)$, volt | Mass Ratio | | | | |
|---|------------|-----|-----|-----|-----------|
| | 3 | 10 | 30 | 100 | |
| Ratio of mean free path to kinetic theory value | | | | | |
| Computed, $Fe:N$ | 3.1 | 4.1 | 5.4 | 6.4 | 4 |
| Observed, $K^+:N_2(N)$ | 2.3 | 3.0 | 3.6 | 4.2 | 1.4 (2.8) |
| Observed, $K^+:A$ | 1.5 | 2.5 | 3.8 | 5.0 | 1.0 |
| Observed, $K^+:He$ | 4.9 | 7.6 | 12 | — | 10. |

The observed values are according to F. M. Durbin¹⁾ and are derived essentially from deflections in angle; they are therefore not well comparable with the values computed for the dissipation of energy, but they show that the computed values give perhaps more than the mere order of magnitude.

3. Ionization by atomic collisions. — The chief attention of experimental and theoretical physicists has been hitherto directed to inelastic collisions of atoms with electrons. In the process of radiation of meteors these collisions must play an insignificant part compared with collisions of atoms with atoms or with molecules. It was therefore necessary to work out a quantitative model of such collisions, on the basis of the theoretical considerations in the two preceding sections, supplemented by existing experimental evidence.

Ionization is the easiest to observe of all kinds of inelastic energy, and is therefore most adapted to furnish a test of the theoretical considerations. Excitation yields probably to the same rules as ionization, but quantitative tests are not so easy to obtain. A few words may be said about the mechanism involved in inelastic collisions of two atoms. For the sake of

1) Physical Review, **30**, 844, 1927.

simplicity we limit our attention to ionization only, although the considerations are quite general. The following models may be considered.

Model 1. The outer electron is thrown out as the result of the recoil of the nucleus, in the collision of two nuclei, or atomic cores. For alpha-particles in air it would correspond to a maximum fraction of ionization energy of $1/25000$ only, whereas observations give a fraction of the order of $1/2$. Also, according to this hypothesis, the minimum translational energy at which ionization begins should be of the order of $5 \cdot 10^5$ volts, whereas in the collision of alkali ions with inert gases appreciable ionization sets in at 110—300 volts.

Therefore, there is no doubt that the part played by Model 1 in producing ionization is negligible and need not be taken further into account.

Model 2. An electron is thrown out by an elastic collision with the nucleus of the other atom. This model is to be discarded exactly for the same reasons as Model 1.

Model 3. The model cannot be described precisely. The essential is that all the relative energy of the collision, $V(x_0)$, which depends upon the mass-ratio of the two colliding atoms as a whole, and not upon the masses of the single electrons, is available for ionization. The electron is not simply a satellite moving on its orbit under the force of electrostatic attraction, and otherwise free, but is much more closely bound to the whole system by "quantum forces" so that inertia is not the only way of transmitting energies of collision.

The present model may have two variants:

3^a — That only forces of interaction due to the presence of electronic orbits, $V_1(x)$ of Section 1, may produce ionization; this variant is to be rejected because in this case He^{++} particles should be unable to ionize except by the minute amounts corresponding to Models 1 and 2, and the ionization by alpha-particles would be considerably smaller than the observed one. Thus we have to accept the only possible variant:

3^b — That all the relative energy of a collision, $V(x) = V_1(x) + V_2(x)$, including the electrostatic fraction of the energy, is available for inelastic changes in the electronic energy levels.

In the case of the n^{th} degree of ionization, the inelastic energy is given by

$$H = I_1 + I_2 + \dots + I_k + \dots + I_n + \varepsilon_n \dots \dots (10),$$

where I_k is the ionization potential of a k^{th} electron, and ε_n is the energy of a possible excited level of the n^{th} ionized state; putting $\varepsilon_n = 0$ we get a minimum value of the inelastic energy, which however is in most cases close to the true value, because ε_n is only a fraction of I_{n+1} . Dealing with ionization alone, we need to consider only this fraction of the inelastic energy,

$$H_i = \sum_1^n I_k \dots \dots \dots (10').$$

The maximum possible degree of ionization is determined by the inequality

$$H_i \leq V(x_0) \dots \dots \dots (11).$$

To explain ionization by alpha-particles, we must assume that maximum ionization really takes place. On the other hand, experiments indicate that at low velocities the ionization is smaller than the maximum possible. From a comparison of experimental data relating to different velocities¹⁾, to 20000 volts, chiefly from observations of ionization of rare gases by alkali ions, it was found that the order of magnitude of the observed number of ions is well represented on the assumption that the fraction of successful inelastic collisions of a given degree of ionization, or the coefficient of efficiency, k , is determined by

$$k = 0,026 \sqrt{\frac{E_r}{H_i}} \dots \dots \dots (12),$$

under the restriction $k \leq 1$. Formula (12) means that for a given pair of atoms the efficiency is proportional to the relative velocity. When k exceeds 1 according to (12), we must assume it equal to 1.

As the result of an inelastic collision, ions of different degrees of ionization are created. However, in successive collisions with neutral molecules, a redistribution of the charge takes place, so that finally only single-charged ions remain; in air of atmospheric density this process is completed within less than 10^{-9} seconds.

1) References in connection with Table VI.

The maximum number of singly charged ions produced by a highly charged ion is not equal simply to the integer of the ratio of their energies, but is smaller because in the consecutive collisions there is not available a sufficient number of molecules to take up at once all the extra charge; the redistribution of the charge must thus proceed by steps; in this process some energy is lost in the form of residues, each of which is probably smaller than the energy of first ionization; part of the loss goes into dissociation of the molecules. The redistribution may take place in different ways, the resulting number of ions being practically the same. For the case of alpha-particles in air, the data of Table V were calculated on the basis of a particular model of the redistribution of charges, where dissociation by recoil was also taken into account.

TABLE V

Number (F_i) of Singly Charged Ions Formed in Nitrogen through Redistribution of Charge

| | Primary ion | | | | | | | | |
|---------------|-------------|----------|-----------|----------|-------|----------|-----------|----------------------------|--------------------------|
| | N_I | N_{II} | N_{III} | N_{IV} | N_V | N_{VI} | N_{VII} | $He_{II} \rightarrow He_I$ | $He_{II} \rightarrow He$ |
| Energy, volts | 14.4 | 43.9 | 91.0 | 164.5 | 261.5 | 798 | 1461 | 54.1 | 78.4 |
| F_i | 1 | 2 | 6 | 9 | 14 | 44 | 82 | 2 | 3 |

The number of primary ions created per cm of path of a moving atom is found from

$$N_i = \pi \nu k (\xi_i^2 - \xi_{i+1}^2) \dots \dots \dots (13),$$

the notations being those of formulae (1), (9), (12). ξ_i is the target radius for $V(x_0) = \sum_1^i I_k$ in notations of (10') and (1).

The final number of singly charged ions is given by

$$N = \sum F_i N_i \dots \dots \dots (14),$$

where F_i for nitrogen is given by Table V.

For the high velocity alpha-particles we put $k=1$; also, the target radii ξ_k prove to be practically independent of velocity, for the limits of velocity considered of importance in this case; the same was found for the rate of dissipation of energy at high velocities. With the aid of Table I, the number of ions formed per cm by He^{++} was computed as follows:

| <i>Ion</i> | N_I | N_{II} | N_{III} | N_{IV} | N_V | N_{VI} | N_{VII} | Sum |
|---------------------|-------|----------|-----------|----------|-------|----------|-----------|-------|
| H_i | 14.4 | 43.9 | 91.0 | 164.5 | 261.5 | 798 | 1461 | — |
| $\log \xi_i^2 + 16$ | -0.76 | -0.92 | -1.16 | -1.44 | -1.64 | -2.20 | -2.58 | — |
| N_i | 910 | 870 | 553 | 228 | 282 | 62 | 45 | — |
| F_i | 1 | 2 | 6 | 9 | 14 | 44 | 82 | — |
| $F_i N_i$ | 910 | 1740 | 3318 | 2052 | 3948 | 2728 | 3690 | 18336 |

In a similar way, the number of ions generated by He^+ per cm was calculated and found equal to 85900. The amount of energy spent per cm in primary ionization is:

$He^{++} = 328000 \frac{\text{volt}}{\text{cm}}$ or 49 per cent of the whole dissipated energy;

$He^+ = 1586000 \frac{\text{volt}}{\text{cm}}$ or 63 per cent of the whole.

The maximum ratio of inelastic energy to the whole dissipated energy is $\frac{1+\mu}{1+2\mu}$ (equation 4'), in the case of a "completely" inelastic collision; in the present case, with $\mu = \frac{4}{14}$, the ratio is 81 per cent. Taking into account that in addition to ionization excitation and dissociation occur, we conclude that the collisions of alpha-particles approach very closely the conditions of complete inelastic encounters, as was anticipated in Section 2.

The average energy spent in generating one singly charged ion is calculated as follows:

$$\text{by } He^{++}, \frac{670\,000}{18336} = 36.5 \text{ volts};$$

$$\text{by } He^+, \frac{2\,510\,000}{85\,900} = 29.3 \text{ volts.}$$

Assuming the effective He^{++} ratio according to Table III, we may compute the total number of ions generated on the path of the alpha-particle by mechanical quadratures, taking into account the change of the said ratio with decreasing velocity. The results, as compared with experimental data, are as follows:

| | Source | Radium C | Uranium 1 |
|---|--------|---------------------|----------------------|
| Initial energy, volt | | 8,2.10 ⁶ | 4,06.10 ⁶ |
| Total number of ions per particle, computed | | 243600 | 125400 |
| <i>ditto</i> observed | | 237000 | 126000 |
| Energy per ion, computed | | 33,7 | 32,4 |
| <i>ditto</i> observed | | 34,6 | 32,3 |

1) Not 4/28.

The agreement is very close, even the minute increase in the average energy spent per ion with increasing speed is predicted, at least in sign.

Applying the same methods, and assuming the efficiency according to equation (12), different experimental data were compared with the theory. The results are contained in Table VI. It must be noticed that the numerical coefficient of formula (12) was derived as a mean value from the same experimental data.

TABLE VI

Number of Ions Generated per cm at 760 mm and 0° C

| Atom | E_2 volts | Velocity km/sec | Gas | Number of ions | | Ratio Obs: Comp | Remarks |
|-------------------------------------|------------------------------|--------------------|-----|----------------|----------|--------------------|---------|
| | | | | Observed | Computed | | |
| Li+ | 750 | 143. | He | 300 | 170 | 1.76 | 1 |
| " | " | " | Ne | 570 | 780 | 0.73 | 1 |
| " | " | " | A | 2970 | 2580 | 1.15 | 1 |
| Na+ | 750 | 79.0 | He | 150 | 140 | 1.07 | 1 |
| " | " | " | Ne | 1560 | 780 | 2.00 | 1 |
| " | " | " | A | 1370 | 2740 | 0.50 | 1 |
| K+ | 750 | 60.6 | He | 80 | 210 | 0.38 | 1 |
| " | " | " | Ne | 1180 | 1140 | 1.04 | 1 |
| " | " | " | A | 9350 | 3580 | 2.61 | 1 |
| Rb+ | 750 | 41.0 | He | 40 | 90 | 0.44 | 1 |
| " | " | " | A | 4780 | 2830 | 1.68 | 1 |
| Cs+ | 750 | 32.9 | He | 0 | 0 | — | 1 |
| " | " | " | Ne | 680 | 740 | 0.92 | 1 |
| " | " | " | A | 2820 | 2540 | 1.11 | 1 |
| He He+ } | 2100 | 1000. | He | 2830 | 2800 | 1.01 | 2 |
| " | 15000 | 840. | " | 2400 | 2600 | 0.93 | 2 |
| " | 11000 | 720 | " | 1850 | 2000 | 0.92 | 2 |
| " | 7500 | 600 | " | 1240 | 1700 | 0.73 | 2 |
| RaC | 8,2.10 ⁶ | | | | | | |
| α -part. | to 0 | 20000 | air | 33400 | 34300 | 0.97 | 3 |
| U ₁ , α -part. | 4,06.10 ⁶ to 0 | 14000 | air | 50500 | 50300 | 1.00 | 3 |

Remarks: 1. Observed data according to Sutton and Mouzon, Phys. Rev., 37, 379, 1931. For the same ion and gas the relative change of the number of ions with velocity below

750 volts is much better represented than the absolute number of ions. The accuracy of the observed numbers may be about ± 80 .

2. Observed data by Rudnick, Phys. Rev., **38**, 1942, 1931.

3. These numbers are average values over the whole range of the corresponding alpha-particle.

In Table VI, the largest part of the deviations is to be attributed to the uncertainty in the efficiency factor k ; the uncertainty in the assumed higher ionization energies of the rare gases and of the alkalis probably also affects the results to some extent. Omitting the data for alpha-particles, where $k=1$ is practically certain, the rest of the data show a probable deviation in $\log k$ equal to ± 0.19 , or a probable error in the ratio 1,55:1. This may be regarded as a measure of the maximum statistical uncertainty of equation (12).

We may assume that excitation to higher electronic levels obeys the same rules as does ionization, at least as far as the order of magnitude is concerned; only for H_i in (12) we substitute H , as given by equation (10).

4. Physical conditions of the radiation of meteors. — Several of the statements made in this section are based on unpublished results of a general physical theory of meteors. The statements are partly based on estimates of the probable masses of meteors of different brightness and velocity, appearing at the end of this paper. The numerical estimates are supposed to give the order of magnitude, within a factor of 2, approximately.

In the meteor we may distinguish the following principal elements: the nucleus, the compressed air cap in front of the nucleus (when it exists), and the coma consisting of the products of vaporization of the nucleus, mixed with the intruding molecules of the air¹⁾. The coma, through the effect of retardation, extends backwards and at the same time grows wider with increasing distance from the nucleus.

In the introduction it was stated that the compressed air cap does not exist for ordinary meteors of small size. More

1) In the following we consider chiefly nitrogen. If atomic oxygen, according to Chapman, is the chief constituent, this would not make a great difference. However, a hydrogen atmosphere would lead to somewhat different conclusions.

precisely, we may say that according to Epstein's¹⁾ theory, the maximum air mass in the air cap is approximately equivalent to a layer of undisturbed air in the surrounding atmosphere of thickness $\frac{3}{2} R$, R being the effective radius of the nucleus. Also, from other considerations, the maximum air mass in the cap is attained when the radius has decreased (by vaporization) to about four sevenths of its original value. This maximum air mass is equal to

$$a_m = \frac{1,85 R_0^2 gr}{w^2 \text{ Sec } z \text{ cm}^2} \dots \dots \dots (15),$$

R_0 being the initial radius in cm; w , the velocity cm/sec; and z , the zenith angle of incidence.

With the free path defined as the path reducing the energy in the ratio 1:2, and computed from the theory given in Sections 1 and 2, we find limiting values of R_0 at which a_m is equal to the free path; these values are given in Table VII (free path λ_0 , refers to normal conditions N. T. P.).

TABLE VII

Limiting Radius R_0 , for the Formation of an Air Cap. $\text{Sec } z = 1.85$

| | | | | |
|--|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| w , km/sec | 14.8 | 29.6 | 59.2 | 118.4 |
| Free path, λ_0 , cm $\times 10^5$ | 8.4 | 11.7 | 14.1 | 21.0 |
| R_0 , cm | 4.9 | 11.6 | 25.6 | 63 |
| Apparent magnitude (140 km distance) | -6.5 | -11 | -16 | -20 |
| Density of atmosphere at point of disappearance, $\frac{gr}{\text{cm}^3}$ | 1.1×10^{-6} | 0.66×10^{-6} | 0.35×10^{-6} | 0.22×10^{-6} |

For other initial data, R_0 is to be changed in the ratio $w \sqrt{\lambda_0 \text{ Sec } z}$. The density of air in the end point is given by

$$\delta_e = 4.34 \times 10^6 \cdot \frac{R_0}{w^2 \text{ Sec } z} \dots \dots \dots (16).$$

From the table we infer that the formation of air caps is limited to fireballs of quite unusual brightness. Thus in meteors appearing in our regular observations no air cap can be formed.

The density of vapors in the coma near the nucleus is very much greater than the density of surrounding air; even in the

1) Proc. Nat. Acad., 17, 532, 1931.

case of ordinary meteors the coma may be impenetrable for air molecules, and still more so for the molecules of the coma itself, because of the initially low temperature and corresponding small free path of the molecules of the coma¹). At greater distances from the nucleus the penetrability of the coma increases; at first it holds together as a compact expanding cloud, but later the coma is dissolved into a cluster of single atoms, shooting more or less in different directions through the atmosphere in which they are so diluted that they have little chance of meeting one another.

The radiation of the meteor consists of the radiation from the nucleus, and from the coma. The radiation from the nucleus consists again of two parts: a) Regular temperature radiation, the temperature being limited by the temperature of vaporization. With the most generous estimates, visible radiation from this source cannot attain on the average as much as 1 per cent of the radiation of the coma for the slowest meteors, and thus may be neglected. b) Impact radiation, from the points of impact of the air molecules on the nucleus. This kind of radiation, probably partly continuous, partly linear emission, can by no means be treated as black body radiation, and the application of any kind of "effective temperature" in this case has no meaning. It may be treated in the same way as impact radiation from the coma; the visible impact radiation may be several times greater than the regular temperature radiation of the nucleus, but it must be small compared with the radiation of the coma — not more than ten per cent for slow meteors, and much less for fast ones.

The chief source of radiation is the coma. It may be shown that the conception of temperature cannot be applied to the coma without reservation: in the case of small meteors the change in energy content goes on faster than the equipartition of energy, so that the mixture is not in thermodynamic equilibrium. With respect to the molecules originating from the nucleus (of small initial kinetic energy relative to the coma), mutual equipartition of energy practically takes place in the denser portions of the coma; but the fast air molecules shooting through the coma, and some of the molecules of the coma which have

1) Free path increases with temperature; compare end of Section 2; also Kinetic Theory of Gases.

acquired greater velocities after being hit by the air molecules, have too great a free path and too few collisions during the life time of the coma. The conditions are especially unfavorable for electrons to acquire velocities corresponding to the law of equipartition. Because of the large velocity of equipartition, an electron originally at rest must undergo about one thousand encounters with atoms to reach the average required velocity; before this can happen, the coma will be dispersed into the atmosphere. A rough calculation indicates that for meteors fainter than magnitude -2 to -5 , equipartition of energy with respect to electrons does not take place even in the densest portion of the coma.

If however we use the term temperature for the coma, it will be in the sense of mean energy content, without regard to the law of distribution of velocities.

The radiation of the coma consists again of two principal parts: impact radiation, and temperature radiation. Impact radiation is produced by collisions of high relative velocity, between air molecules and molecules of the meteor, and is calculated according to the rules given in Sections 1, 2, and 3.

The temperature radiation is produced by the compact cloud of the coma. For the reason already given, electronic collisions cannot play an important part in producing radiation, because there is not time enough for their velocities to reach the necessary size; also, the number of free electrons will be smaller than the number expected from equilibrium considerations, because the efficiency of atomic collisions in producing ionization is small, and the approach toward an equilibrium state proceeds very slowly. The coma is in a state of "underexcitation", especially during its first phase of existence until the maximum temperature is reached; this phase is at the same time the chief source of radiation. Radiation itself cannot play any part in determining the state of ionization of the coma, because if some atom is ionized by radiation of the coma, the radiation must have originated at the expense of a recombination in another part of the coma; in this process only a decrease, never an increase of the energy stored in the form of excitation and ionization can take place. Matter and radiation are so diluted in the coma that even in a direction forming an angle of only 8° with the direction of motion of the meteor the absorption by the coma of its own radiation does not attain even

a few hundredths of a magnitude¹⁾; this takes place in spite of the circumstance that the coma must be very strongly elongated in the direction of motion. On account of this circumstance, also, radiation cannot contribute sensibly to the state of excitation of the coma.

The amount of temperature radiation increases with the duration of the coma, which on the other hand depends upon the dimensions of the meteor; for meteors fainter than about first magnitude, the visible temperature radiation is insignificant compared with the impact radiation. For bright fireballs, the total amount of temperature radiation may be equal, or even greater than the impact radiation. Quantitative data will be given later.

The effective degree of excitation in the coma changes in the same way as the importance of temperature radiation; the smaller the meteors and consequently the shorter the life time of the coma, the remoter will be the conditions from the equilibrium state of excitation. Also, the efficiency of inelastic collisions, according to equation (12), increases with decreasing energy of excitation. Therefore ultimate lines, corresponding to the lowest state, are expected to be especially prominent. For larger meteors, the probability of the appearance of excited lines increases. But even in the case of fireballs, the ultimate lines must be unusually strong, compared with the penultimate²⁾ and other excited lines, on account of the "underexcitation" mentioned above. At the same time, owing to the great energy of collisions, the impact radiation may produce lines belonging to high degrees of ionization; thus, a meteor spectrum may show strong "superexcitation" as regards the degree of ionization, and "underexcitation" with respect to the relative probability of energy levels of the neutral state.

Exchange of charge in mutual collisions of the molecules in a coma tends to reduce the number of ions of high potential or of multiple charge, substituting for them easily ionized singly charged atoms; thus, temperature radiation is likely to represent lines of the neutral state, and of the first ionized state, with preference for the first ionized states of the easily ionized elements.

5. Dissipation of energy and impact radiation in a typical case. — For the order of magnitude,

1) E. Öpik, Tartu Public., 25.1, p. 28, 1922.

2) For terminology, cf. H. N. Russell, *Astroph. Journ.*, 61, 3, 1925.

the following simplifying assumptions may suffice: a) Ionization potentials and the law of atomic interaction as for nitrogen and iron, Table I, d; these data are more or less typical. b) Excitation, or radiation potentials evenly distributed within the given interval of ionization energy, and radiation of the type of ultimate lines¹⁾. c) The short life time of an excited state, as compared with the time between two collisions.

Assumption b) needs some explanation. The chemical composition of meteors is not so very diversified: on the average about 91 per cent of the stony meteorites is made of only four elements — oxygen, magnesium, silicon, and iron²⁾, and in iron meteorites 90 per cent is iron alone. Thus, probably only these four elements, together with the constituents of the air, determine all the radiative properties of the meteors. But the different ionized states of one and the same element make the composition, from the standpoint of radiative properties, equivalent to a mixture of a much greater number of elements. Assumption b) means that, in a collision producing an atom of the n^{th} degree of ionization, the probability of a radiation potential to be produced between ϵ_n and $\epsilon_n + \Delta\epsilon_n$ is equal to

$$p_\epsilon = \frac{\Delta \epsilon_n}{I_n} \dots \dots \dots (17),$$

in the notations of equation (10).

An idea of what may be found in an arbitrary mixture of different types of atoms may be derived from Table VIII.

TABLE VIII

Distribution of Excitation Potentials in H. N. Russell's List of Ultimate and Penultimate Lines³⁾

$\epsilon_n : I_n$, or ratio of excitation to ionization potential

| | 0-0.1 | 0.1-0.2 | 0.2-0.3 | 0.3-0.4 | 0.4-0.5 | 0.5-0.6 | 0.6-0.7 | 0.7-0.8 | 0.8-0.9 | 0.9-1.0 | Sum |
|------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----|
| Number | 16 | 29 | 22 | 28 | 19 | 20 | 10 | 7 | 7 | 2 | 160 |
| Percentage | 10.0 | 18.1 | 13.8 | 17.5 | 11.9 | 12.5 | 6.3 | 4.4 | 4.4 | 1.2 | 100 |

The distribution is not uniform, partly due to atomic, partly perhaps to observational selection; high excitation poten-

1) By neglecting lines of higher levels, we obtain a minimum estimate.

2) Cf. T. and W. Noddack, *Naturwissenschaften*, **18**, 757, 1930.

3) *Astroph. Journ.*, **61**, 223, 1925. In constructing the table, some recent data for the ionization potentials were used.

As to assumption c), it is probably not always fulfilled. For naked eye meteors the effective time between two molecular collisions which may influence the electronic states, or the state of ionization, is of the order of 10^{-6} sec., thus long compared with the life time of most excited states; but in the densest portion of the coma just adhering to the nucleus, for meteors of about the first magnitude, the time between two collisions may attain 10^{-9} sec. and less, and the assumption is no more valid in this case. However, the failure of this assumption, having some bearing on the appearance of the emission spectrum, does not influence greatly the order of magnitude of the calculated amount of radiation.

Table IX contains theoretical data relating to collisions of nitrogen and iron, on which further calculations were based. The target area in cm^2 is equal to $\pi \xi^2$; Z is the fraction of total energy dissipated within given limits of $V(x_0)$, the relative energy of the collision.

A comparison with Table IV suggests that collisions $N:Fe$ at meteoric velocities resemble much more closely the dissipation of energy by rigid spheres, than the dissipation of energy of alpha-particles. Nevertheless, the same kind of deviation from rigid spheres is found: a certain excess of transfer of energy by small amounts.

Table X contains data relating to the dissipation of energy by a Fe atom moving in a nitrogen medium. The data are calculated according to formula (9), with $f(\mu) = \frac{4\mu}{1+\mu} = 3.2$ corresponding to elastic collisions, and $E_r = \frac{E_2}{1+\mu} = 1/5 E_2$ (notations of Sections 1 and 2).

TABLE X

Rate of Dissipation of Energy ($-\frac{\partial E_2}{\partial t}$) and Range (L) for an Iron Atom moving in Nitrogen (N_2) at 760 mm and 0°C (the range L is the length of path until the velocity decreases to 3.7 km/sec.)

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|
| $W_2 \frac{\text{km}}{\text{sec}}$ | 3.70 | 5.22 | 7.40 | 10.44 | 14.8 | 20.9 | 29.6 | 41.8 | 59.2 | 83.6 | 118.4 | 167.2 | 236.8 |
| $E_r = \frac{1}{5} E_2$, volt | 0.8 | 1.6 | 3.2 | 6.4 | 12.8 | 25.6 | 51.2 | 102.5 | 205 | 410 | 820 | 1640 | 3280 |
| $-\frac{\partial E_2}{\partial t} \times 10^{-5}$ volt cm | 1.44 | 2.24 | 3.51 | 5.72 | 9.40 | 16.3 | 29.2 | 53.6 | 93.0 | 150 | 234 | 323 | 415 |
| $L \times 10^5$ cm | 0.0 | 2.4 | 5.3 | 8.8 | 12.4 | 18.0 | 23.9 | 30.2 | 37.3 | 45.8 | 56.3 | 70.9 | 93.0 |

For a nitrogen atom moving in an iron medium of the same number of atoms, or of density about four times the density of atmospheric air, the range is the same, and the rate of dissipation of energy four times smaller than the corresponding values of Table X; this may sound somewhat paradoxical, but it follows from the law of elastic collisions. A certain constant number of collisions is required to reduce the velocity in a given ratio; the number of collisions is the same, whether m_2 moves in a medium of m_1 , or m_1 — in a medium of m_2 . Of course, the heavy *Fe* atom will be less deflected than the light *N* atom, and although their true trajectories will be of equal length, the length measured along a straight line joining the terminal points will be shorter for the *N* atom moving in a *Fe* medium.

The average amount of inelastic energy per collision is the same, whether *N* moves in *Fe* or vice versa (for a given velocity); the numbers of collisions being also equal, the total amount of inelastic energy will be the same, if secondary collisions¹⁾ are not taken into account; the total amount of kinetic energy dissipated per atom is, however, equal to the initial kinetic energy and therefore is proportional to the atomic weight, and for *Fe* four times greater than for *N*; thus, with a constant amount of inelastic energy generated per atom, a single *Fe* atom moving in a nitrogen atmosphere may be expected to generate four times less inelastic energy in proportion to its kinetic energy than a nitrogen atom in a cloud of iron vapors.

The density of air along the visible path of a meteor may be estimated between 10^{-7} to $10^{-9} \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$, or 10^{-4} to 10^{-6} of atmospheric air. For $W_2 = 59$ km/sec this gives a range of the *Fe* atom from 3.7 to 370 cm. Evidently, direct penetration of atmospheric air by ionized or ionizing atoms from the meteor is quite inadequate to explain the appearance of meteor trains, which may extend to a distance as great as 1 km from the original track. For the explanation of trains, we have to assume either short wave radiation capable of producing ionization of atmospheric molecules, which, in recombining, emit visible radiation²⁾,

1) Those produced by atoms of the medium primarily hit by the moving atom.

2) cf. C. C. Trowbridge, *Astroph. Journ.*, **26**, 95, 1907.

or a general outward motion of the surrounding atmosphere produced by the expansion of the meteor vapors. By estimating the velocity of expansion of the trains, calculations indicate that notwithstanding the great volume of air set in motion, the energy necessary to produce it is of the same order of magnitude as the radiated energy; thus, the explanation may be plausible; in the latter case we should expect also metallic radiation from the train.

To estimate the order of magnitude of visible impact radiation, we shall consider at first only two of the simplest cases — that of a nitrogen atom moving in a *Fe* cloud, and of a *Fe* atom in a nitrogen (monatomic) atmosphere. The real case is of a more complicated mixture; by weighting the two extreme cases in a certain proportion, we may obtain an approximation of the real case.

On the basis of the theory and data presented above, notably with the aid of formulae (12) and (17), the amount of visible impact radiation for the typical case was calculated. Table XI contains the result. The visible radiation is here defined as the energy between 4500 and 5700 Ångströms, or ϵ_n between 2.17 and 2.75 volts; thus in (17) we put $\Delta \epsilon_n = 0.58$ volts. For the sun, the fraction of spectral energy comprised within these limits is 0.20. Denoting by β the fraction of the kinetic energy of the meteor converted into visible radiation, we have for the heat factor of the meteor the expression

$$h = \frac{0.20}{\beta} \dots \dots \dots (18).$$

By this factor the minimum mass of the meteor must be multiplied, computed on the assumption that all the kinetic energy of the meteor is converted into radiation of the same spectral energy distribution as the sun's distribution.

The spectral energy distribution of impact radiation¹⁾ may also be calculated; the result depends, of course, partly upon our assumption as to the uniform distribution of excitation levels, but it chiefly follows from the intrinsic nature of the inelastic collisions. The distribution proves to be much more widespread than black body radiation.

1) Although an emission spectrum of linear character, we may estimate the general energy distribution by averaging the energy over certain not too narrow limits of wave lengths.

TABLE XI

Inelastic Energy and Impact Radiation. Typical Case of N in
 Fe , $\mu = 0.25$

| Velocity W_2 , km/sec | | | 7.40 | 10.44 | 14.8 | 20.9 | 29.6 | 41.8 | 59.2 | 83.6 |
|--|---|---|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| E_2 , volts ¹⁾ | | | 4 | 8 | 16 | 32 | 64 | 128 | 256 | 512 |
| Primary collisions only ²⁾ | $\left\{ \begin{array}{l} \text{Total in-elastic energy, } s \\ \text{Total visible} \end{array} \right\}$ | 10 ⁻³ units of the dissipated energy | 45.0 | 45.0 | 45.3 | 55.9 | 50.7 | 51.2 | 53.8 | 57.3 |
| | | | 7.2 | 4.5 | 3.3 | 2.85 | 2.25 | 2.08 | 1.94 | 1.90 |
| Total amount of visible energy in 10 ⁻³ units of initial kinetic energy (velocity decreasing from initial value W_2 to 0) | $\left\{ \begin{array}{l} \text{Primary collisions } \beta_1 \\ \text{Secondary collisions } \beta_2 \\ \text{Total } \beta \end{array} \right\}$ | Primary collisions β_1 | 1.4 | 3.6 | 3.8 | 3.4 | 3.0 | 2.6 | 2.5 | 2.2 |
| | | Secondary collisions β_2 | 0 | 0.05 | 1.1 | 3.1 | 5.5 | 8.1 | 10.3 | 12.3 |
| | | Total β | 1.4 | 3.6 | 4.9 | 6.5 | 8.5 | 10.7 | 12.8 | 14.5 |

As to the color of meteors, even disregarding the actual irregularity in the distribution of emission lines, the above mentioned peculiarity in the general distribution of energy will make the definition of color strongly dependent upon the spectral regions used for that purpose. Defining the color-temperature as the black body temperature yielding the given value of the spectrophotometric gradient, $\frac{\partial \log E \lambda}{\partial \lambda}$, the color temperature of impact radiation is represented, within the range of visible, photographic and near ultra-violet spectrum, approximately by

$$T_c = \frac{4400^{\circ}}{\lambda} \dots \dots \dots (19),$$

λ being given in microns; the expression is valid for practically all the range of meteor velocities.

For the visual region, $\lambda = 0.55$, we have $T_c = 8000^{\circ}$, which may be compared with 7000° as estimated from observations of Perseids³⁾. For the photographic region, $T_c = 10000-11000^{\circ}$; for the ultra-violet, $15000-20000^{\circ}$.

1) For $E_2 = 2.0$ volts, the visible impact radiation $\beta = 0$.

2) $W_2 = \text{const.}$

3) Tartu Observatory Publications, 25., p. 32, 1922.

The expected richness in short wave radiation, which seems to be confirmed by existing meteor spectra, favors meteor photography. The observed strong coloration of some meteors cannot, of course, be explained by the general distribution of energy, and must be due to the strength of certain individual emission lines.

6. Impact radiation from a meteor. — Table XI gives the radiation generated by a single atom of initial velocity W_2 , decelerated by a certain medium such as the meteor coma; the coma itself, however, undergoes deceleration as the result of capture of atmospheric molecules; thus the initial velocity of the atoms relative to the coma changes, and we have to average the data of Table XI over the whole range of the velocity decreasing from the initial velocity of the meteor to zero. We may try to have a better approximation than Table XI, by taking into account the prominent role of atmospheric nitrogen¹⁾ in meteor radiation. Nitrogen, on account of its high excitation potentials, is not very likely to be a source of visible radiation. Neglecting altogether radiation from nitrogen in the following discussion, we obtain a minimum estimate of the impact radiation.

We disregard also the diatomic character of the air molecules; although it seems that dissociation at impact necessarily takes place, the energy involved in dissociation amounts only to fourteen per cent for $W_2 = 20.9$ km/sec and about two per cent for $W_2 = 59$ km/sec; these quantities, although not negligible, will not influence the order of magnitude.

It is still possible that some of the observed "continuous" background in meteor spectra is due to bands produced by the recombination of air molecules.

Let us consider a detached cloud of vaporized meteoric material; it is gradually slowed down by the addition of air molecules supposed to be nitrogen. Denoting atoms of the cloud by the symbol *Met.*, we have the following possible combinations of collisions:

- a) Primary Collisions of Atmospheric Nitrogen
 - 1) with *Met.*; radiation according to Table XI;
 - 2) with admixed *N*; visible radiation zero.

1) Or perhaps oxygen.

b) Secondary Collisions

1) of *Met.* with *Met.*; assumed double amount of visible radiation of Table XI;

2) of *Met.* with *N*; radiation as in Table XI;

3) *N* with *N*; no visible radiation.

Denoting the proportion in mass of admixed *N* to *Met.* by u , which corresponds to a ratio $4u$ of the numbers of atoms, we find approximately that the visible radiation of Table XI must be multiplied:

for primary collisions, by $q_1 = \frac{1}{1+4u}$ (20),

and for secondary collisions, by $q_2 = \frac{2+4u}{1+4u+16u^2}$. . . (21).

The relative velocity is $W_2 = \frac{W_0}{1+u}$ (22),

the energy of the *N* atoms relative to the coma is

$$E_2 = \frac{E_0}{(1+u)^2} \quad \dots \quad (23),$$

and the amount of kinetic energy liberated per unit mass of the cloud is

$$Qu = \frac{W_0^2}{2} \cdot \frac{u}{(1+u)} \quad \dots \quad (24),$$

$$\text{or } d(Qu) = \frac{W_0^2}{2} \cdot d\left(\frac{u}{1+u}\right) \quad \dots \quad (24'),$$

where W_0 is the initial velocity of the meteor, and E_0 , the kinetic energy of the impinging atom (*N*) corresponding to W_0 . The probable fraction, $\bar{\beta}$, of visible radiation generated by the decelerated cloud of meteoric vapors may be computed from

$$\bar{\beta} = \int_{u=0}^{u=\infty} (\beta_1 q_1 + \beta_2 q_2) d\left(\frac{u}{1+u}\right) \quad \dots \quad (25),$$

in notations of Table XI and those of the preceding formulae. The results of the computation are given in Table XII.

TABLE XII

Ratio ($\bar{\beta}$) of Visible Impact Radiation (4500 to 5700 Å) to Kinetic Energy of a Meteor (W_0 is the initial velocity, km/sec)

| | | | | | | | | | |
|-------------------------------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|
| W_0 | 5.22 | 7.40 | 10.44 | 14.8 | 20.9 | 29.6 | 41.8 | 59.2 | 83.6 |
| $\bar{\beta} \times 10^3$ | 0 | 0.08 | 0.53 | 1.14 | 1.90 | 2.90 | 4.10 | 5.30 | 6.42 |
| Heat factor, h (∞) | 2500 | 380 | 175 | 105 | 69 | 49 | 38 | 31 | |

The heat factor, computed according to (18), refers to impact radiation only, and thus applies to small meteors. For large meteors the heat factor will be smaller, on account of temperature radiation.

From the table we infer that the heat factor decreases, or $\bar{\beta}$ increases with velocity; high velocities are more efficient in producing visible radiation, than low velocities. Thus, the total amount of visible light generated by a meteor of a given mass is expected to increase faster than with the square of the velocity, about as $w_0^{\frac{5}{2}}$ for the range of meteoric velocities.

For meteors of very small size, when the size of the coma is smaller than the free path of its own molecules, the coma cannot be regarded as a compact cloud; the secondary collisions will take place with air molecules of the practically undisturbed atmosphere. The case will correspond evidently to the reverse of Table XI — to a single *Fe* atom moving in a nitrogen atmosphere. In agreement with what was said on p. 30, and because secondary collisions are inefficient, $\bar{\beta}$ may be estimated equal to $\frac{\beta_1}{4}$ of Table XI. Table XIII contains these values.

TABLE XIII

Ratio of Visible Impact Radiation to Kinetic Energy for Very Small Meteors

| | | | | | | | | | |
|-------------------------------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|
| W_0 | 5.22 | 7.40 | 10.44 | 14.8 | 20.9 | 29.6 | 41.8 | 59.2 | 83.6 |
| $\bar{\beta} \times 10^3$ | 0. | 0.35 | 0.90 | 0.95 | 0.85 | 0.75 | 0.65 | 0.62 | 0.55 |
| Heat factor, h (∞) | 570 | 220 | 210 | 235 | 270 | 310 | 320 | 360 | |

For the range of meteoric velocities, $\bar{\beta}$ is smaller in Table XIII than in Table XII, and decreases with velocity; thus, small masses are probably less efficient in producing visible radiation than larger masses, the ratio of efficiencies amounting to almost

10:1, or from two to three magnitudes¹). Hence generally, we may expect that for constant velocity the visible efficiency increases with increasing mass, or that the total amount of visible radiation changes faster than simply with the mass. For meteors of high luminosity, this phenomenon is strengthened by the increasing amount of temperature radiation with increasing mass.

The transition from Table XII to Table XIII may begin at the fainter visual meteors and may be completed for telescopic meteors of a certain magnitude m ; over the interval of transition, the increment of meteor numbers with magnitude may be expected to weaken, with a more or less sudden increase at and below m — facts that seem to be supported by preliminary observational evidence²).

7. Temperature radiation from atomic collisions. — The word temperature is to be used here in a restricted sense, as explained in Section 4; it represents the average translational energy of the molecules, V , and we shall measure it in volts per molecule. The absolute temperature, T , is related to V as follows:

$$T = 7740^{\circ} V \quad (26).$$

The following calculations are of practical importance for a gas of feeble ionization, where electronic collisions play a subordinate role in producing radiation; the meteor coma presents doubtlessly such a case.

It is possible here to give the line of argumentation only in general outlines. The properties of molecular collisions were assumed identical with those calculated for $N:Fe$, and the molecular weight was put equal to 56, corresponding to a pure iron atmosphere. The average relative energy of two molecules of a random distribution of directions is $E_r = \frac{2V}{1+\mu} = V$ when $\mu = 1$, that is, when equal molecules are considered. According to the data of Table X, the rate of dissipation of energy by

1) This conclusion depends altogether on the neglect of visible radiation from atmospheric molecules. If some radiation of this kind is present, the ratio will be smaller. Qualitatively, however, the phenomenon will be the same.

2) E. Öpik, Tartu Publications, 27.2, p. 5, Table II, 1930; also, according to S. L. Boothroyd, from unpublished telescopic observations at the Arizona Meteor Expedition.

one molecule is very closely represented by $\frac{\partial E}{\partial t} \sim -E^{\frac{3}{4}}$; the rate of dissipation of energy by a single molecule per second is proportional to the velocity, $E^{\frac{1}{2}}$, thus $\frac{\partial E}{\partial t} \sim -E^{\frac{5}{4}}$. The fraction of the energy, dissipated by elastic collisions, remains in the gas, and thus does not lower the temperature; the inelastic fraction, s , is the only one that comes into consideration. This fraction is ultimately radiated; thus, for the decrement of temperature we have $\frac{\partial V}{\partial t} \sim -sV^{\frac{5}{4}}$, because $V \sim E$.

From Table XI we find that s slightly changes with E , thus with V , about $s \sim V^{0.05}$. Taking into account that the rate of dissipation, depending upon the number of collisions, is proportional to the density ρ of the gas, we have

$$\frac{\partial V}{\partial t} = -\rho V^{1.3} \times \text{const.}$$

The constant includes a factor $\frac{N}{2}$, where N is the number of molecules per unit volume of standard density; one half of it is to be taken because otherwise each collision would have been counted twice. Another factor, $k = 1.07$, is included to allow for the fact that the average value of $V^{1.3}$ is slightly greater than $(\bar{V})^{1.3}$, in the case of a spread in the velocities (which was assumed Maxwellian for this particular calculation of k).

With the numerical constants, the formula for the loss of translational energy through inelastic atomic collisions is:

$$\frac{\partial V}{\partial t} = -1.16 \times 10^8 \left(\frac{\rho}{\rho_0} \right) V^{1.3} \dots \dots \dots (27),$$

where ρ is the density, and ρ_0 the normal density at 273° K and 760 mm pressure. We remind the reader that the formula is based on the empirical law expressed by equation (12), and is supposed to be valid for a feebly ionized gas. When the temperature is so high that the equilibrium state requires a high degree of ionization, the formula applies only to the transition phase from an aggregate of neutral atoms toward the equilibrium state; as the degree of ionization increases, the coefficient of (27) decreases and must reach zero for complete ionization.

From this standpoint formula (27) may be regarded as representing radiation produced by atomic collisions, in volt-elec-

trons per molecule. Writing the radiation formula in the form

$$Q = \kappa \sigma T^4,$$

where σ is Stefan's constant, and κ is the mass-coefficient of absorption, we find that formula (27) is equivalent to the following expression for the "atomic" mass-coefficient of absorption:

$$\kappa_a = 0.85 \times 10^{14} \cdot P T^{-3.7} \dots \dots \dots (28),$$

where P is the pressure in dynes/cm², T the temperature. Milne¹⁾ suggests for the effective mass-coefficient of absorption of stellar atmospheres a value which, expressed in the same units, is

$$\kappa_e = 0.85 \times 10^{18} \cdot P T^{-4.5} \dots \dots \dots (29)$$

It is interesting to note that the order of magnitude of both expressions is rather close, for temperatures of the order of those found in stellar atmospheres:

| | | | | | | | |
|----------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| T | 2500 ^o | 5000 ^o | 10000 ^o | 20000 ^o | 40000 ^o | 80000 ^o | 160000 ^o |
| V | 0.32 | 0.65 | 1.29 | 2.59 | 5.18 | 10.3 | 20.7 |
| κ_a / P | 23 | 1.75 | 0.13 | 0.010 | $8.0 \cdot 10^{-4}$ | $6.2 \cdot 10^{-5}$ | $4.7 \cdot 10^{-6}$ |
| κ_e / P | 430. | 19. | 0.85 | 0.038 | $17 \cdot 10^{-4}$ | $7.4 \cdot 10^{-5}$ | $3.3 \cdot 10^{-6}$ |

There seems to be no doubt that in the outer layers of a star where the degree of ionization is not too high, atomic collisions may play a not insignificant role in producing radiation.

Applying the theory described above to the meteor coma, it is found that the greater the meteor, the more important temperature radiation becomes compared with impact radiation. The results are as follows:

| W_0 , km/sec | 14.8 | 41.8 | 83.6 |
|--|---|-------|-------|
| Ratio of temperature radiation to impact radiation | Average apparent magnitude of meteor at 100 km distance | | |
| 0.5 | + 1.0 | — 3.0 | — 6.3 |
| 1.0 | — 0.3 | — 4.3 | — 7.6 |
| 2.0 | — 2.5 | — 6.5 | — 9.6 |

These data were derived by considering the time of expansion of the coma in connection with the general theory of meteor phenomena (unpublished). The general order of magnitude of the results is such that we are led to the conclusion: in most of the meteors visible to the naked eye, temperature

1) Trans Roy. Soc., 228, 441, 1929.

radiation is insignificant compared with impact radiation. It is interesting to note that with Milne's expression for the mass-coefficient of absorption (from 29), the result is substantially the same.

9. Masses of meteors. — There may be set two rough limits for the mass of a meteor: a minimum mass, calculated on the assumption that all the kinetic energy of the meteor is converted into radiation of the same heat index as the heat index of the sun; and a maximum mass, computed on the assumption that all the radiation is a black body radiation from the nucleus, at the relatively low temperature of its vaporization. These limits may differ very much, in the ratio of 20000:1 or so, the ratio depending much upon velocity. The present theory of meteor radiation gives another estimate of the meteor mass, by assuming that only impact radiation is responsible for the visible light of the meteor. This assumption would seem to give a maximum estimate of the mass, because other sources of radiation are neglected; however, the neglect of these other sources is probably of minor importance compared with the uncertain or accidental character of the data on which the estimate is based. We cannot tell yet on what side of the true value our estimate lies. Thus, by multiplying the minimum mass by the heat factors as given in Tables XII and XIII, we obtain a value for the probable mass of the meteor. Taking into account temperature radiation and other circumstances, we may say that generally the probable masses of meteors are from 20 to 400 times their minimum masses, the factor depending upon size, velocity, and chemical composition. As an example, we may state that for a Perseid of second zenithal magnitude, the minimum mass is 0.3 mgr¹⁾; the heat factor according to Table XII, $W_0 = 56$ km/sec, is 40; the probable mass thus is 12 milligram.

I wish to express my thanks to Dr. Harlow Shapley, director of Harvard College Observatory, for making possible the present research; and to professors H. H. Plaskett, H. N. Russell and J. C. Slater for helpful discussion and comments.

Harvard College Observatory, Cambridge, Mass.

April 24, 1932.

1) Tartu Publ., 25, p. 33, 1922.

AUS DEM HISTO- UND EMBRYOLOGISCHEN INSTITUT DER VETERINÄR-
MEDIZINISCHEN FAKULTÄT DER UNIVERSITÄT TARTU (DORPAT)
VORSTAND: DOZENT DR. *J. TEHVER*

ZUR HISTOLOGIE DES HARNLEITERS DER HAUSSÄUGETIERE

VON

J. TEHVER UND **A. KRIISA**

MIT 1 TAFEL UND 2 ABBILDUNGEN IM TEXT

TARTU 1933

Eine der wenigen Strukturen des Tierkörpers, über welche in den veterinär-anatomischen und histologischen Lehr- und Handbüchern sehr mangelhafte Angaben zu finden sind, ist der Harnleiter der Haussäugetiere. Die Eigentümlichkeiten im Bau des Harnleiters der einzelnen Tierarten finden in den Büchern überhaupt keine Berücksichtigung, wenn man von den Bemerkungen über die Drüsen und das Oberflächenepithel des Harnleiters beim Pferde absieht. Auch in Disselhorst's Arbeit (1894), die den Bau des Harnleiters bei den Wirbeltieren vergleichend behandelt, finden sich über die einzelnen Haussäugetiere nur flüchtige Bemerkungen.

Vorliegende Arbeit hat es sich zur Aufgabe gemacht die mangelhaften Angaben, wenn auch nur teilweise, zu vervollständigen, indem sie die Struktur des Harnleiters der Haussäugetiere auf Grund von Quer- und Längsschnitten des Organs, welche in den meisten Fällen nach van Gieson oder Kull-Calleja (Kupferkarmin-Pikroindigokarmin) gefärbt worden sind, beschreibt. Die nähere zytologische Struktur, sowie der Aufbau und die Anordnung der Nerven-elemente und der Blutgefäße sind hier nicht näher untersucht worden. Das zur Untersuchung verwandte Material (von 3 Pferden, 4 Rindern, 10 Schweinen, 4 Schafen, 6 Hunden und 6 Katzen) stammt bei den grösseren Tieren aus dem Schlachthause, bei Hund und Katze aber wurde es den zum Chloroformieren gebrachten Tieren entnommen. Die Fixation ist ausnahmslos in 10% Formalinlösung erfolgt und das Material in Paraffin gebettet. Die Schnitte sind 6—8 μ dick. Jedem zu untersuchenden Harnleiter wurden 3 Stücke entnommen, das erste an der Stelle des Nierenausschnittes, das zweite aus der Mitte des Ureters und das dritte an der Blase.

Die Katze.

Unter den Haustieren hat die Katze den dünnsten Harnleiter; dieser misst beim ausgewachsenen Tier im mikroskopischen Präparat 500—750 μ . Gewöhnlich verändert seine Dicke sich ein wenig in den einzelnen Fragmenten, wobei er in den meisten Fällen die grösste Dicke in dem unteren Abschnitt aufweist. Die Schleimhautfalten, die entweder aus der Propria und dem Epithel oder aus letzterem allein gebildet sind, kommen gewöhnlich nicht mit den jenseitigen zusammen, weshalb es beim Harnleiter der Katze auch im fixierten Präparat möglich ist den zentralen Teil des Lumens und seine Verzweigungen zu unterscheiden. Die im Querschnitt erscheinenden Verzweigungen sind gewöhnlich stumpf und stehen in weitläufigem Zusammenhang mit dem zentralen Teil. Der Diameter des Lumens verhält sich zu demjenigen des Harnleiters wie 1:2.

Das Epithel. Die Dicke des Epithels ist sehr ungleichmässig. In der Regel ist es auf den Falten beträchtlich dicker als zwischen ihnen. Häufig sehen wir durch den Unterschied in der Dicke des Epithels bedingte, stumpfe Falten ohne bindegewebige Grundlage ins Lumen hineinragen. Die Dicke des Epithels schwankt zwischen 10 und 60 μ , am häufigsten misst es 20—30 μ . Nach dem Lumen hin ist das Epithel durch eine Schicht stark abgeplatteter Zellen begrenzt. Eine solche kutikulaähnliche Bedeckung ist besonders deutlich auf den Falten entwickelt. Gegen die Propria hin wird das Epithel ebenfalls scharf abgegrenzt, obzwar eine zwischen beiden bemerkbare Basalmembran fehlt. Auf den Falten hingegen scheint das Epithel mit der Propria zu verschmelzen. Das gleiche Verhalten finden wir auch bei den anderen Tieren. Der Dicke des Epithels entsprechend ist auch seine Schichtung verschieden. Auf den Falten findet man bis 6 Zellen übereinander. An den dünneren Stellen des Epithels sind die Zellen grösser, runder, heller gefärbt und deutlicher umgrenzt als auf den Falten. Dieselbe Verschiedenheit finden wir auch bei den Kernen, welche in den Faltenältern mehr oder weniger rund sind, auf den Falten dagegen oval und dunkler gefärbt erscheinen (Abb. 1, Tafel). Karyokinetiche Figuren sieht man im Epithel nicht. Desgleichen fehlen daselbst Wanderzellen.

Propria. Die Dicke der zwischen den Falten gelegenen Propria ist ungefähr der Dicke des Epithels (20—60 μ) gleich. Im Falle einer exzentrischen Lage des Lumens (gewöhnlich im renalen Abschnitt) ist auf der dickeren Seite der Wand auch die Propria dicker. Die von der Propria gebildeten Längsfalten sind gewöhnlich in allen Teilen des Harnleiters ganz niedrig. Häufig ist die Höhe der Falten geringer als die Dicke der Propria. Die am häufigsten vorkommende Faltenzahl ist 3—5. Die Propria hat überall eine gleichmässige Struktur und verbindet sich mit der Muskelhaut ohne dazwischenliegende Submukosa. Der Verlauf der Bindegewebsbündel ist unter dem Epithel ein zirkulärer. Die kleinen längsverlaufenden Blutgefässe, denen eine wahrnehmbare Wandung abgesehen von den Endothelzellen fehlt, befinden sich in der mittleren Schicht der Propria. Die Kapillaren finden sich direkt unter dem Epithel am zahlreichsten. Muskelfasern fehlen in der Propria, und ebenso durch gewöhnliches Färben sichtbare werdende Nervenfasern. Lymphozytenansammlungen waren hier wie auch bei den anderen Tieren im gesunden Harnleiter nicht zu finden.

Die Muskelhaut des Harnleiters besteht bei der Katze aus der inneren zirkulären und der äusseren longitudinalen Schicht. Eine innere longitudinale Schicht fehlt. Die Zirkulärschicht ist in allen Abschnitten vorhanden. Im oberen und mittleren Abschnitt misst sie ungefähr 40—60 μ ; nahe der Blase wird sie etwas dünner. In Schnitten, wo die äussere longitudinale Schicht die zirkuläre Lage umgibt, ist diese rundherum von gleichmässiger Dicke, hingegen an der Stelle, wo die äussere longitudinale Schicht die innere nur teilweise oder nur von einer Seite deckt, ist die zirkuläre Schicht dünner als an der gegenüberliegenden Seite. Im Querschnitt des Organs liegen die Muskelfasern der Zirkulärschicht einander meist parallel, seltener haben sie eine gekreuzte Anordnung. In der Zirkulärschicht treten so wenig Bindegewebsfasern auf, dass sie nach van Gieson's Färbung gleichmässig gelb erscheint.

Die äussere longitudinale Schicht ist in den einzelnen Abschnitten von verschiedener Dicke. Am stärksten entwickelt ist sie im vesikalen Abschnitt. Am Anfang fehlt sie entweder völlig, oder sie tritt in Form einiger Fasern auf, die aber keinen geschlossenen Ring bilden, sondern nur an einer Seite der Wand haften. Ihrem begrenzten Standort entsprechend, bedingt ihre

Kontraktion eine Verdickung der an der gleichen Stelle befindlichen zirkulären Muskelhaut sowohl als eine solche der Propria. Im mittleren Fragment, dessen Dicke in einzelnen Fällen derjenigen der inneren zirkulären Schicht gleichkommt, tritt die longitudinale Schicht ringförmig auf. Gleichermassen tritt sie (im Gegensatz zu der Behauptung Disselhorst's, 1894) ständig im vesikalischen Fragment auf, wo sie sogar stärker ist als die innere Muskelhaut (Tafel, Abb. 1). Die longitudinale Schicht enthält im Gegensatz zur zirkulären Muskelhaut in reichem Masse fibrilläres Bindegewebe, welches sie im Querschnitt des Organs in einzelne Felder von verschiedener Grösse teilt. In der äusseren Muskelschicht fehlen Muskelfasern von zirkulärer oder radiärer Richtung. Die Grenze zwischen den beiden Muskelschichten tritt im Querschnitt sehr deutlich hervor. Eine Anhäufung von Bindegewebe fehlt zwischen beiden Schichten. Die kleinen Blutgefässe haben in der Muskelhaut einen radiären Verlauf. Grosse Muskelzellen, deren Vorkommen bei der Katze und dem Schafe Disselhorst behauptet, haben wir in unseren Präparaten nicht gesehen.

In nächster Nachbarschaft der Muskelhaut nimmt die Adventitia eine der Propria gleiche Struktur an, indem sie hier hauptsächlich aus in die Länge verlaufenden Bindegewebsbündeln zusammengesetzt ist. Die grösseren Blutgefässe und Nerven befinden sich in dem ausserhalb ihrer gelegenen Gewebe. Auch Nervenganglien sind hier zu finden, namentlich in der Nahe der Harnblase.

Der Hund.

Der Harnleiter eines Hundes von mittlerer Grösse hat in allen Abschnitten einen gleichmässigen Diameter von ca 1,5 mm. In der Grösse gleicht er dem Ureter des Schafes. Das Charakteristische am Hundeureter ist das im Querschnitt sichtbare vierverzweigte Lumen. Die Verzweigungen ihrerseits sind am Ende entweder einfach erweitert oder bilden noch 2—3 kleinere Ausbuchtungen. Letztere entstehen gewöhnlich aus entsprechenden Verdickungen des Epithels. Ebenso charakteristisch ist die Grenzlinie des Epithels zum Lumen hin, die, im Gegensatz zu den anderen Tieren, kantig, aber nicht abgerundet ist.

Den Verzweigungen des Lumens entsprechend beträgt auch die gewöhnliche Zahl der Falten 4. Die Höhe der Falten ist in den meisten Fällen gleich der Breite ihrer Basis.

Das Epithel. Die Dicke des Epithels ist ungleichmässig, insofern als dasselbe gewöhnlich auf den Falten dicker ist (30—60 μ , am häufigsten ca 40 μ) als an einzelnen Stellen zwischen den Falten (15—20 μ). Die oberste Epithelschicht, besonders auf den Falten, wird von stark abgeplatteten kutikulaähnlichen Zellen gebildet. Abgesehen vom Fehlen der Basalmembran ist die Grenze des Epithels zur Propria hin ebenfalls deutlich, besonders zwischen den Falten. Dagegen drängt sich die Propria manchmal auf dem Faltenkamm in Form von kleinen Spitzchen in das Epithel. Diese Spitzchen messen in der Länge bis 20 μ und werden durch ihre rote Färbung bei van Gieson's Methode sichtbar. Die Schichtung der Zellen auf den Falten ist eine 4—6 fache, zwischen den Falten geringer. Das auf den Falten liegende Epithel ist infolge der dichteren Ansammlung der Zellen dunkler gefärbt als in den Faltenältern, wo die Zellen grösser und ihre Umgrenzung deutlicher ist. Hier wie dort sind die auf dem basalen Teil liegenden Zellen kleiner und ihre Kerne sind dunkler gefärbt als diejenigen des Epithels der höheren Teile. Zwischen den gewöhnlichen Epithelzellen liegen vereinzelt oder in kleinen Gruppen quer zum Epithel gelagerte lange und dünne Zellen mit gleichgestaltetem Kern. Mitose-Figuren fehlen, desgleichen Wanderzellen, abgesehen von pathologisch veränderten Organen.

Die Dicke der Propria ist um das Lumen herum mehr oder weniger gleichmässig; zwischen den Falten misst die Propria ca 80 μ und ist also etwas dicker als das Epithel. Die Höhe der Proprialten erreicht 300 μ . Die die Propria bildenden starken kollagenen Bindegewebsfasern messen bis 4 μ . Unter dem Epithel haben die Fasern eine mehr konzentrische, tiefer dagegen eine longitudinale oder radiäre Verlaufsrichtung. Bei den in die Muskelhaut dringenden Fasern scheint die radiäre Richtung vorzuherrschen. Die Propria ist mit der Muskelhaut durch viele in den inneren Teil der Muskularis eindringende Bündel fest verbunden. Die enge Verbundenheit an dieser Stelle geht unter anderem daraus hervor, dass hier die Propria niemals eingerissen ist. Risse der Propria erscheinen häufig bei in Paraffin gebetteten Schnitten zwischen den zirkulär und longitudinal gerichtete-

ten Bindegewebsfasern nahe dem Epithel (Tafel, Abb. 2). Diese Risse reichen nicht in die Falten hinein; auch beim erweiterten Organ bleiben beim Platzen der Propria die bewussten Stellen unberührt, was annehmen lässt, dass die Schleimhautfalten vorgebildet sind. Die Muskelfasern, ebenso wie die bei gewöhnlichem Färben sichtbar werdenden Nervenfasern, fehlen in der Propria. Die Blutgefäße nehmen in den Faltenälern einen dem Organ parallelen Verlauf, auf den Falten aber werden sie häufig bei Querschnitten (des Organs) längs getroffen. In der Propria sieht man nur kleine Blutgefäße, an deren Wänden man selten ausser den Endothelzellen einige wenige Muskelfasern finden kann. Direkt unter dem Epithel findet man reichliche Kapillaren. Lymphozytenansammlungen fehlen.

Die Muskelhaut bietet recht verschiedene Bilder. Die Muskelbündel sind hier meist derartig geflechtartig miteinander verbunden, dass man von einzelnen Schichten kaum reden kann. Nach dem Faserverlauf ist es jedoch möglich den mittleren Teil mit vorherrschend zirkulär gerichteten Fasern von den inneren und äusseren Teilen der Muskularis zu unterscheiden, weil die letztgenannten aus vorherrschend longitudinalen Fasern bestehen. Die Muskelfasern des mittleren Teiles sind sowohl untereinander als auch mit dem inneren und äusseren Teil dicht verbunden. Bindegewebsfasern findet man hier nur in geringer Menge. Die äusseren longitudinalen Fasern treten nur an einer Seite der Wand auf oder fehlen vollständig. Innere longitudinale Fasern findet man wohl immer, aber in verschiedener Menge, häufig auch nur an einer Seite des Organs. Gewöhnlich sind sie durch reichliches Bindegewebe in Bündel geteilt. Die einzelnen Abschnitte des Harnleiters zeigen keine augenfälligen Unterschiede im Bereich der Muskelhaut.

Das Schwein.

Der Harnleiter des Schweines steht seinem Diameter nach zwischen dem des Schafes und dem des Rindes. Bei ca einjährigen Schlachtieren beträgt er 3—4 mm. Im mittleren, manchmal auch im unteren Abschnitt ist der Durchmesser kleiner als im Anfangsteile. Im kontrahierten Zustand hat das Lumen des Organs eine reich verzweigte Form, und ihm fehlt in der Regel eine freie zentrale Partie. Die Zahl der Schleimhaut-

falten ist beim Schwein grösser als bei allen anderen Haussäugetieren. In den 11 Harnleitern von 10 Tieren betrug die Faltenzahl nie unter 7 (vgl. die Abb. 288 im Lehrbuch von Trautmann und Fiebiger, wo wir im Harnleiter des Schweines nur 6 Falten finden). Die grösste Zahl der Falten im genannten Material betrug 19. Die durchschnittliche Zahl kann mit 10 angegeben werden. Gewöhnlich ist die Faltenzahl im Anfangsabschnitt ein wenig grösser. Die Form der Falten ist im allgemeinen verschieden. Im Querschnitt erscheinen sie als dünne, lange Zotten. Im Gegensatz zu den mittleren und unteren Abschnitten ist die Querschnittform des Anfangsteiles des Ureters in der Regel oval.

Das Epithel hat eine variierende Dicke; am häufigsten misst es 40—60 μ . Die lumenseitige Fläche wird von einer Reihe abgeplatteter Zellen gebildet. Gegen die Propria ist das Epithel ebenfalls scharf abgesetzt, besonders an den Seitenteilen der Falten. Die Schichtung der Epithelzellen beträgt je nach der Dicke des Epithels 3—8. An den dünneren Stellen des Epithels, sowie nahe der Propria ist die Lagerung der Epithelzellen eine viel dichtere und die Färbung eine stärkere. Die Zellgrenzen sind in den frisch fixierten Präparaten undeutlich. In vielen Präparaten war das Verhalten des Epithels insofern abweichend, als die Zellen wie bläschenartige helle Vakuolen erschienen, mit sehr auffallenden Zellgrenzen und mit geschrumpftem, plattem Kern in der Mitte. Wahrscheinlich ist dieses Bild, besonders die starke Schrumpfung der Kerne, als postmortale Veränderung aufzufassen (Schlachthofmaterial!).

Die Propria besteht aus sehr zarten Bindegewebsbündeln, deren Richtung, ähnlich der der anderen Tiere, unter dem Epithel eine zirkulare und tiefer eine recht verschiedene ist. Zwischen den Falten ist die Dicke der Propriaschicht sehr gering, manchmal der des Epithels gleich. Der Übergang in die Muskelschicht geschieht allmählich. Eine gut markierte Grenze zwischen den beiden Schichten fehlt. Zahlreiche kleine längsverlaufende Blutgefässe sind in der Nähe der Muskularis gelagert. Die grosse Zahl der Schleimhautfalten ist offenbar durch die zarte Struktur der Propria bedingt.

Mehr als bei den übrigen Haustieren finden wir die Muskelschicht des Schweineharnleiters von Bindegewebe durchgesetzt. Häufig findet man beide in gleicher Menge vorhanden.

Die einzelnen Schichten lassen sich in der Muskularis nicht auseinanderhalten, nichtdestoweniger kann man in den beiden ersten

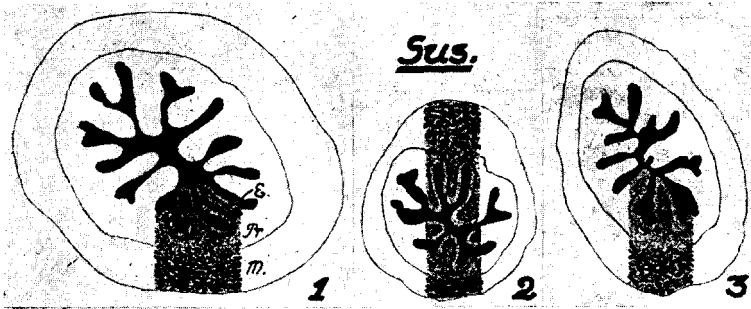


Abb. 1. Querschnitte vom Harnleiter des Schweines. Halbschematische Zeichnung. Vergr. $\times 12,5$. 1. renaler, 2. mittlerer, 3. vesikaler Abschnitt. E Epithel, Pr Propria, M Muskularis. Die Muskelfaserbündel sind schwarz gezeichnet. Im mittleren Abschnitt sieht man das Bild der Muskularis mit dem Kontraktionszustand der Wand sich verändern. Beachtenswert ist die grosse Zahl der Schleimhautfalten.



Abb. 2. Tangentialschnitt vom Harnleiter des Schweines. Mittlerer Abschnitt. Halbschematische Zeichnung der Muskelhaut. Der Verlauf und die Form der Muskelfaserbündel sind äusserst unregelmässig. Die schwarze Linie zeigt die Längsachse des Organs an.

Abschnitten eine innere und eine äussere Zone unterscheiden. Die letztere ist stärker und wird von mehr oder weniger zirkular verlaufenden Bündeln gebildet. Der Form nach sind die Bündel sehr unregelmässig, was besonders beim kontrahierten Organ

zu bemerken ist. Mittels vieler Verzweigungen verbinden sie sich in jeder Richtung mit anderen Bündeln. Manchmal besteht die Muskelhaut aus solchen trabekelartigen Bündeln allein, aber häufiger wird sie durch die innen liegenden longitudinal verlaufenden Bündel verstärkt. Die inneren Längsbündel sind viel kleiner als die äusseren und verlieren sich allmählich gegen die Propria. Im oberen und mittleren Abschnitt fehlen die äusseren Längsbündel fast vollständig (Textabb. 1). Im vesikalen Abschnitt ist der Verlauf der Muskelbündel noch unregelmässiger, eine Schichtung mit bestimmter Faserrichtung lässt sich da kaum unterscheiden.

Den unregelmässigen Verlauf der Muskelbündel sehen wir am besten in den Längsschnitten, besonders an den tangierten Stellen. Hier können wir in ein und demselben Schnitt sowohl zirkulär und longitudinal wie auch schräg gelagerte Fasern finden (Textabb. 2).

Das Schaf.

Die Zahl der Schleimhautfalten im kontrahierten Harnleiter des Schafes schwankt zwischen 5 und 7. Die Grenzlinie der Falten zum Lumen hin ist im Gegensatz zu derjenigen des Hundes abgerundet. Die Falten nehmen ganz in der Nähe der Muskelhaut ihren Anfang und erreichen eine Höhe von bis 500 μ . Die aus dem Mittelteil des Lumens ausgehenden Zweige spreizen sich häufig an der Peripherie und verbreitern sich kolbenartig.

Die Dicke des Epithels variiert zwischen 40 und 60 μ . Es ist häufig zwischen den Falten dicker als auf den Kämmen. Die oberste Schicht des Epithels wird von platten Epithelzellen gebildet. Die Zahl der Zellschichten hängt von der Dicke des Epithels ab; am häufigsten tritt eine 5fache Schichtung auf. Die Zellgrenzen sind deutlich. Die Grösse der Zellen, ihre abgerundet-polygonale Form sowie ihre Färbung ist überall gleich. Der vom hellen Protoplasma umgebene Kern liegt in der Mitte der Zelle und hat eine runde oder ovale Form. Karyokinese fehlt, ebenso die Wanderzellen.

Die Dicke der Propria kommt zwischen den Falten ungefähr der Dicke des Epithels gleich. Dem Bau nach zerfällt sie nicht in einzelne Schichten. Die Bindegewebsfasern, deren Durchschnittsmass ca 4 μ beträgt, sind in den Falten meist

längs getroffen (Querschnitt des Organs), in den tieferen Teilen der Propria quer oder tangential. Die Vereinigung mit der Muskelhaut hängt von der Richtung der Muskelfasern ab. In dem Falle, wo zirkuläre Muskelfasern die Propria umgrenzen, haben die beiden eine scharfe Grenze, aber beim Vorhandensein von longitudinalen Fasern an derselben Stelle ist der Übergang ein allmählicher. In der Propria, besonders in ihrer tieferen Schicht, treten reichliche längsverlaufende Blutgefässe auf (Tafel, Abb. 3). Ihre Wand besteht im Gegensatz zu der entsprechenden des Hundes ausser der Endothelschicht auch aus der Media. Muskel- und Nervenzellen fehlen; desgleichen fehlen hier die Lymphozytenansammlungen.

Die Muskelhaut ist einschichtig, mit sehr unregelmässigem Verlauf der Fasern. Im Querschnitt sehen wir den grössten Teil der Muskelhaut von zirkulären Fasern gebildet, doch treten zwischen diesen (aber mehr noch auf der inneren und äusseren Seite dieser Schicht) in kleinen Bündeln auch quer getroffene Muskelfasern auf (Tafel, Abb. 3). Durch die Lupe betrachtet sieht man im Querschnitt die Muskelschicht nur aus zirkulären Fasern bestehen. Die mittlere Dicke der Muskelhaut beträgt 250 μ . Weil arm an Bindegewebe, erscheint sie in den nach van Gieson oder mit Karmin-Pikroindigokarmin gefärbten Präparaten bei schwacher Vergrösserung gleichmässig gelb. Grössere Blutgefässe fehlen in der Muskelhaut.

Die Adventitia hat mit der Propria gleiche Struktur. Die meisten Bindegewebsbündel haben einen longitudinalen Verlauf.

Das Rind.

Der Harnleiter des Rindes ist ein starkwandiges Rohr, das deshalb im Querschnitt immer rund erscheint. Sein Diameter beträgt bis 5 mm. Das Lumen ist relativ kleiner als beim Schwein und auch beim Pferde. Die Zahl der Schleimhautfalten schwankt um 6 herum. Die im Querschnitt unregelmässig erscheinenden Schleimhautfalten sind meistens stumpf, d. h. ihre Basis ist breiter als ihre Höhe.

Die Dicke des Epithels variiert; am häufigsten beträgt sie 30—40 μ . Die lumenseitige Grenze des Epithels wird von sehr platten Zellen gebildet. Die Schichtung der Zellen ist 3—5fach. Die meisten Zellen haben eine rundliche Form mit gut erkennbaren Grenzlinien. Der vom hellen Protoplasma umgebene

runde oder ovale Kern liegt in der Mitte der Zelle. Zwischen den gewöhnlichen Epithelzellen finden sich oft dunkler gefärbte feine zusammengepresste Zellen, mit in der gleichen Richtung langgezogenen Kernen, die von der Basis des Epithels bis an das Lumen reichen. Im allgemeinen ist das zwischen den Falten liegende Epithel heller gefärbt, als das auf den Falten befindliche. Zellteilungen findet man nicht; ebenso fehlen die Wanderzellen.

Die Propria hat eine gleichmässige Dicke um das Lumen herum und misst zwischen den Falten ca 200 μ . Die starke Propria, die manchmal in der Dicke der Muskelhaut gleicht, dient als hauptsächliches Unterscheidungsmerkmal des Rinderharnleiters von dem des Schweins. Einzelne Schichten lassen sich hier nicht unterscheiden. Reichliche Blutgefässe befinden sich im mittleren und tieferen Teile der Propria.

Die Muskelhaut misst in der Dicke 300—400 μ . Nach dem Verlauf der Muskelfasern zerfällt sie in eine innere longitudinale und eine äussere zirkuläre Schicht. Die äussere Schicht übertrifft den inneren Teil in der Dicke. Eine äussere longitudinale Schicht fehlt, oder sie erscheint nur in Form von wenigen verstreuten Bündeln. Die stärksten und im Querschnitt rund aussehenden Bündel findet man in der inneren Muskelschicht. Das Auftreten von starken und runden Muskelbündeln an der Innenseite der Muskularis ermöglicht eine scharfe Unterscheidung der Propria von der Muskelhaut schon mit Hilfe der Lupe. Beim Schwein ist das nicht der Fall. Wie beim Schwein und beim Pferde, so ist auch hier die Muskelhaut reich an Bindegewebe.

Das Pferd.

Das Epithel im Pferdeharnleiter ist dicker als bei irgendeinem anderen Haustiere. Seine Dicke beträgt 100—150 μ und es besteht aus 5—10 Zellschichten. Die Aussenfläche des Epithels ist von einer strukturlosen Kutikula bedeckt, welche letztere von den lumenseitigen verdickten Wänden der obersten Zellen gebildet wird. Das Epithel besteht nur aus einer Zellart. Die von Petersen (1905) beschriebenen Becherzellen haben wir nicht gesehen. Die unterste Lage des Epithels besteht aus dicht gelagerten und dunkler gefärbten kleinen Zellen (bis 10 μ). In den höheren Schichten werden

die Zellen allmählich grösser und heller; ihr Durchmesser beträgt hier bis 30 μ . Die äusserste Lage besteht wiederum aus kleineren Zellen, welche häufig eine Backsteinform aufweisen. Die Zellen haben eine abgerundete Form und sehr starke Wände. Der runde, in den grösseren Zellen relativ klein erscheinende Kern liegt in der Mitte der Zelle.

Die Propria. Die gleich unter dem Epithel gelagerten Bindegewebsbündel haben hier, wie auch bei anderen Tieren, einen zirkulären Verlauf, welcher in den Falten in einen radiären umgewandelt wird. In den tieferen Propriaschichten findet man hauptsächlich längsgerichtete Fasern. In den Querschnitten sieht man die Propriafalten mit kleinen spitzen Nebenfalten versehen, welche in das Epithel eindringen und von letzterem ausgeglättet werden, so dass die vom Epithel bedeckten Schleimhautfalten abgerundet erscheinen. Die längsverlaufenden Blutgefässe liegen in der tieferen Schicht der Propria, und geben in der Querrichtung präkapillare Gefässe ab. Schleimdrüsen findet man nur im ersten Abschnitt.

Das Bild der Muskularis des Pferdeharnleiters ist in den Schnittpräparaten sehr verschieden. In allen Teilen des Ureters findet man stets nur die Zirkulärschicht. Im oberen und mittleren, seltener im unteren Abschnitt findet man ausserdem eine verschieden stark entwickelte Längsfaserlage. Eine äussere Längsschicht konnten wir nur in einem Fall (oberer Abschnitt) konstatieren, sonst fehlte sie als ein geschlossener Ring stets, und an ihrer Stelle fanden sich nur wenige verstreute Längsbündel. Das verschiedene Verhalten der äusseren Längslage hat wahrscheinlich zu den abweichenden Behauptungen von Tereg (1911) und Schmaltz (1928) Anlass gegeben. Nach Tereg weist die Muskelhaut des Pferdeureters drei Schichten auf: eine innere und eine äussere Längsschicht und eine mittlere Zirkulärschicht. Schmaltz sagt dagegen: „die Muskelhaut hat eine innere Längsschicht (die als muscularis mucosa aufgefasst wird) und eine stärkere Ringschicht“.

Die Muskelhaut, besonders ihre Längslage, ist reich an Bindegewebe. Die längsgerichteten Muskelbündel dringen, allmählich kleiner werdend, tief in die Propria hinein. Nach aussen steht dieselbe Muskelschicht in inniger Verbindung mit den zirkulären Muskelbündeln, weshalb es nicht berechtigt erscheint die innere Längsschicht als Muscularis mucosa aufzu-

fassen. Am stärksten ist die Längslage im oberen Abschnitt entwickelt. Die stärksten Muskelbündel finden sich in der Zirkulärschicht. In Querschnitten des Organs sind sie längs getroffen und einander ziemlich parallel gelagert. Die Verbindung miteinander geschieht unter einem spitzen Winkel, wodurch die Bündel ein viel regelmässigeres Aussehen haben als beim Schwein. Der Übergang in die Propria und Adventitia ist ein allmählicher. In der äusseren Schicht der Muskularis findet man manchmal grössere Blutgefässe und Nervenstämme, die ihre gewöhnliche Lage in der Adventitia haben.

Die Unterscheidungsmerkmale des Harnleiters bei einzelnen Haussäugetieren.

Aus den vorliegenden Beschreibungen ersieht man, dass der Harnleiter aller Haussäuger im Aufbau viel Gemeinsames hat. Bei allen Tieren ist er von einem Übergangsepithel bedeckt; die drüsenfreie Propria (ausgenommen beim Pferd) verbindet sich mit der Muskularis ohne Submukosa; in der Muskelschicht finden wir bei allen Tieren neben anderen Schichten eine wohlentwickelte Zirkulärschicht usw.

Jedoch ausser den gemeinsamen Merkmalen besitzt der Harnleiter jedes Haustieres sowohl dimensionale als auch strukturelle Eigentümlichkeiten, von denen manche soweit charakteristisch zu sein scheinen, dass mit ihrer Hilfe die Differenzierung der einzelnen Tiergattungen im mikroskopischen Schnitt wohl möglich sein dürfte.

Für eine solche Differenzierung scheint auf Grund vorliegenden Materials ausser den Dimensionen des Harnleiters vor allem die Struktur der Muskelhaut, die Zahl und das Aussehen der Falten, die Dicke der Propria, die Grösse und das Bild des Lumens, der Aufbau des Epithels etc. brauchbar zu sein.

Die dimensional Unterschiede im Diameter der Organe erlauben es die Katze von allen übrigen Haustieren zu trennen. Auf derselben Grundlage ist es möglich, auch den Hund und das Schaf vom Rinde sowie vom Pferde (auch vom älteren Schwein) zu unterscheiden. Ausserdem haben die Harnleiter der Katze, des Hundes und des Schafes im Gegensatz zu den anderen Tieren (Schwein, Rind, Pferd) eine kompakte Muskelhaut

mit wenig Bindegewebe. Mit den beiden angeführten Merkmalen (Durchmesser des Organs und Struktur der Muskelhaut) rechnend, dürfte es leicht sein, die Zugehörigkeit des Ureters zu einer der erwähnten Gruppen zu bestimmen. Zur weiteren Unterscheidung der einzelnen Tierarten dürften folgende Merkmale dienen:

Die Katze: (1) Der Diameter des Harnleiters ist kleiner als bei irgendeinem anderen Haustier (erreicht nur 1 mm). (2) Die Muskelhaut hat im Gegensatz zu allen anderen Haustieren keine inneren longitudinalen Faserbündel. (3) Die Schleimhautfalten sind niedrig, häufig nur aus dem Epithel gebildet.

Der Hund unterscheidet sich von der Katze durch das Fehlen der oben aufgezählten Merkmale. Mit dem Harnleiter des Schafes hat derjenige des Hundes viel Ähnlichkeit, weshalb man ihre Unterscheidung manchmal schwer finden kann. So ist der Diameter hier mehr oder weniger der gleiche, desgleichen zum Teil auch die Struktur der Muskelhaut. Die sichersten Unterscheidungsmerkmale scheinen hier zu sein: (1) Die Zahl und das Bild der Falten. Die typische Zahl der Schleimhautfalten beim Hunde ist 4; dem entspricht auch das vierverzweigte Lumen zusammen mit den kolbenartigen Erweiterungen an seinem Ende. Die lumenseitige Grenzlinie der Falten ist eckig, seltener abgerundet, wie die dem Schaf eigene. (2) Die Dicke des Epithels zwischen den Falten ist sehr variabel. Vom Schwein unterscheidet sich der Hund durch die geringe Zahl der Falten sowie durch den kompakten Bau der Muskelhaut.

Das Schaf: Die Unterscheidungsmerkmale des Harnleiters von demjenigen des Hundes sind im vorhergehenden aufgezählt. Auch vom Schwein unterscheiden das Schaf dieselben Merkmale wie vom Hunde. Zur Unterscheidung vom Rinde reichen schon die Dimensionen aus.

Die Unterscheidung des Harnleiters der anderen Gruppe von Haussäugetern, des Schweines, Rindes und Pferdes, scheint in derselben Art möglich zu sein.

Das Pferd unterscheidet sich von allen anderen Haustieren durch ein äusserst dickes Epithel (100—150 μ). Zweitens sieht man im kontrahierten Organ die Propriafalten mit spitzen, ins Epithel reichenden Zacken versehen. Im oberen Abschnitt des Harnleiters findet man in der Propria Schleimdrüsen.

Das Rind unterscheidet sich vom Pferde durch das Feh-

len der vorher erwähnten Merkmale. In bezug auf das Schwein ist seine Unterscheidung möglich (1) durch die geringere Zahl der Falten, (2) durch das kleinere Lumen (der Durchmesser ist beim Rinde gewöhnlich halb so gross wie der Durchmesser des Harnleiters), (3) durch die starke Propriaschicht zwischen den Falten: häufig gleicht sie hinsichtlich ihrer Dicke der Muskularis. (4) Die Grenze zwischen der Propria und der Muskularis ist beim Rinde schon mit der Lupe deutlich erkennbar, weil an der Innenseite der Muskularis sich dicke, im Querschnitt runde Muskelbündel befinden.

Das Schwein: Im Gegensatz zum Rinde ist beim Schwein (1) das Lumen des Harnleiters breit (mehr als die Hälfte des Durchmessers des Harnleiters), (2) die Verzweigungen des Lumens reichen ganz in die Nähe der Muskelhaut, weshalb die zwischen ihnen befindliche Propria dünn ist; (3) die Grenze zwischen der Propria und der Muskelhaut ist undeutlich. Die angeführten Unterscheidungsmerkmale zwischen dem Harnleiter des Schweines und dem des Rindes sind am leichtesten mit der Lupe an den nach van Gieson oder mit Karmin-Pikroindigokarmin gefärbten Präparaten zu verfolgen.

Wenn man die grosse Variationsmöglichkeit in der Struktur des Harnleiters bei allen Tieren in Betracht zieht, so wäre zur Sicherstellung der aufgezählten Unterscheidungsmerkmale und zur Kontrolle ihrer Tauglichkeit ein umfangreicheres Material nötig.

Erklärung der Tafel.

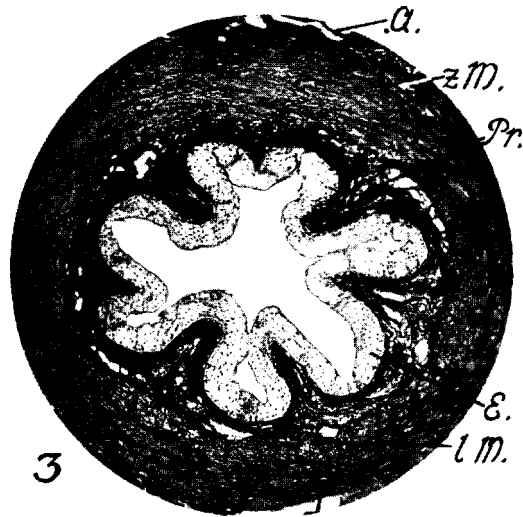
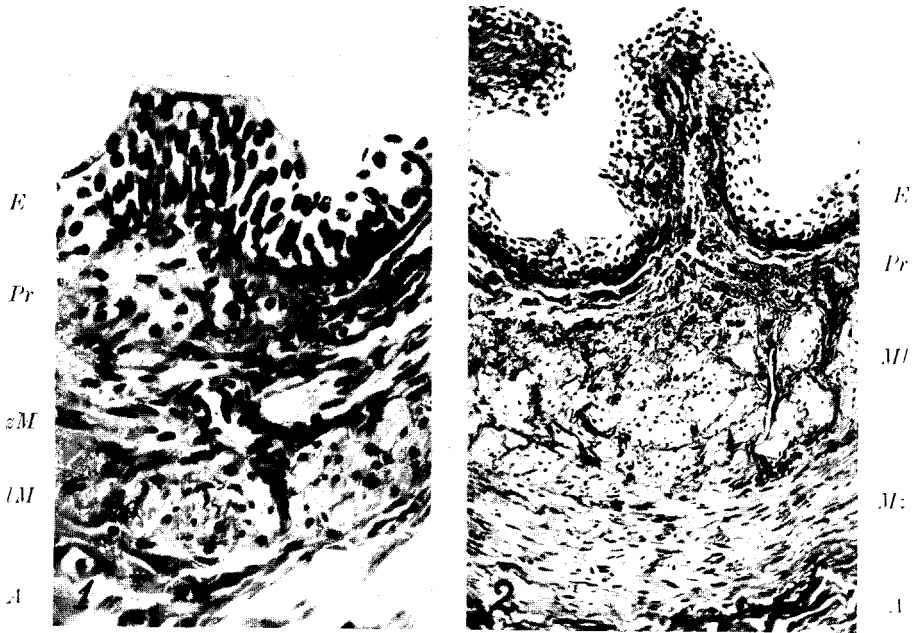
1. Katze (F. 6). Ureter sin. Vesik. Abschnitt. Fixation in 10% Formalin; Färbung mit Eisenhämatoxylin nach Weigert und mit Pikrofuchsin. Mikrophoto. Vergr. \times 385.

E Epithel, *Pr* Propria, *zM* zirkuläre Muskelschicht, *lM* longitudinale Muskelschicht, *A* Adventitia.

2. Hund (C. 6). Ureter dext. Vesik. Abschnitt. Fixation und Färbung wie bei F. 6. Mikrophoto. Vergr. \times 130. Bezeichnungen wie in 1.

Beachte die eckige Form der Falte, die Figur der Lumenverzweigung, den kompakten Aufbau der Muskularis und die Risse in der Propria.

3. Harnleiter des Schafes, mittlerer Abschnitt. Fixation, Färbung und Bezeichnungen wie in 1. Mikrophoto. Vergr. \times 48.



Erwähnte Literatur.

- (1) Disselhorst, R. Der Harnleiter der Wirbeltiere. Anat. Hefte, Bd. 4. 1894.
- (2) Petersen, V. C. E. Über sekretorische Änderungen im Epithel der ableitenden Harnwege bei einigen Säugetieren. Anat. Anz., Bd. 27. 1905.
- (3) Schmaltz, R. Anatomie des Pferdes. 2. Aufl., 1928. Verl. v. R. Schoetz.
- (4) Tereg, J. Der uropoetische Apparat. Ellenbergers Handbuch der vergleichenden mikroskopischen Anatomie der Haustiere, Bd. 2. Berlin 1911.
- (5) Trautmann, A. und Fiebiger, J. Lehrbuch der Histologie und vergleichenden mikroskopischen Anatomie der Haussäugetiere. 6. Aufl. Berlin 1931.

LEELISSOOLADE TOIMEST TAIMERAKU DEPLASMOLÜÜSILE

HUGO KAHO

MIT EINEM REFERAT:

ÜBER DEN EINFLUSS VON ALKALISALZEN AUF
DIE DEPLASMOLYSE DER PFLANZENZELLEN

TARTU 1934

Sissejuhatavad märkused.

Taimefüsioloogias on plasmolüüsiga ja deplasmolüüsiga ühenduses olevad nähtused sageli uurimisaineks olnud ja nende abil protoplasma kolloidstruktuuri ning füsioloogilisi funktsioone selgitatud. Eriti viimasel ajal on plasmolüüsi uurimine hoogu võtnud Höfler'i, Weber'i, Küster'i j. t. tööde mõjustusel.

Juba Pfeffer ja de Vries saavutasid plasmolüüsiga tagajärjerikkaid tulemusi osmoosinähtuste uurimisel. De Vries (1885) töötas välja plasmolüütilise meetodi elektrolüütide lahuste ionisatsiooni määramiseks ning tal võimaldus selle meetodiga kindlaks teha mõningate ühendite molekulaarkaal. Edasi leidis ta, et *Spirogyra*, sibula j. t. rakkude kaua-aegsel plasmolüüsil soolade lahustes väline plasmamass ära sureb, kuna sisemine kiht, vakuolinahk („tonoplast“) lahuste mõjul paksenedes terveks jääb. Tonoplasti üldplasma massist eraldades võimaldus ta omadusi uurida. Uuemal ajal Küster (1909, 1910), uurides sibula soomuse epidermise piklikkude rakkude plasmolüüsi kaltsiumisoolade lahustes, leidis, et juhul, kui protoplast moodustas kaks plasmakera, need deplasmolüüsil vees paisudes ja raku täites, enam täiesti kokku ei sulanud. Plasma oli autori arvamist mööda plasmolüütikumi toimel muutunud, tihenened ja ta pinnale kile tekkinud („haptogeenkile“), mis kokkusulamist (fusiooni) takistas. Mõnel juhul, kui pindkihid kokku sulasidki, takistasid tonoplastid täielist plasmafusiooni.

Eelmainitu näitab meile, et plasma ei suhtu plasmolüüseerivatesse lahustesse ükskõikselt. Viimaste toime plasmasse on kahesugune; ta koosneb 1. nende osmootsest toimest ja 2. toimest plasmasse kui biokolloidisse. Esimesest oleneb plasmolüüsi suurus ja talle on mööduandev plasmolüütikumi molekulaarne kontsentratsioon, teisest oleneb sageli plasmolüüsi kuju ja peaosa etendab siin plasmolüütikumi kolloidaktiivsus.

Plasmolüüsist.

Pilt, mis meile harilikult plasmolüüsil esineb, pole teatavasti plasmolüüsi vältel püsiv, vaid muutub. On võimalik eraldada peamiselt kaks astet, nn. „nõgus plasmolüüs“ (konkaav-pl.) ja „kumer plasmolüüs“ (konveks-pl.). Esimene esineb plasmolüüsi alul, osalt ka pärastpoole. Ta iseloomustub nõgusate protoplasti piirjoontega, mis moodustuvad selle tõttu, et plasma veel täiesti pole rakuseinast lahti tulnud. Seinast eemaldudes omandab protoplast aegamööda kumera välimuse ja läheb ovaalseks resp. kerajaks. Varsti selle järele saabub nn. plasmolüütiline tasakaal, mille vältel jääb protoplasti kuju teatavaks ajaks muutumatuks. Selle aja kestus oleb plasmolüüseriva lahuse iseloomust, osalt ka ta kontsentratsioonist.

On leitud teisi, tüüpilisest erinevaid plasmolüüsvorme. Nende esinemist võib seletada kahe asjaoluga: ülalmainitud plasmolüüseriva lahuse toimega plasma kolloididesse ja teiseks erinevate taimede plasma individuaalsusega.

Harilikult tarvitatakse plasmolüütikumidena salpeetrit, keedu-soola, suhkrut ja glütseriini, ja enamik kirjeldatud plasmolüüsvorme on saavutatud nende ainetega. Peab tähendama, et need ühendid annavad kaunis sarnase plasmolüüsi, välja arvatud suhkur, mille lahuses saabub plasmolüütiline tasakaal aeglasemalt ja selle tõttu mõned üleminekuastmed selgemini esile tulevad. Kui võtta aga mõni negatiivsete hüdrogeelide suhtes aktiivsem ühend, näiteks sidrunihapu naatrium, liitiumsulfaat või muu, siis läheb plasmolüüsi saabumine aeglasemaks, plasma ei tule nii kergesti rakuseintest lahti ja jääb paljudesse kohtadesse veel kinni. Nimetatud soolad suurendavad plasma viskoossust, teevad ta pindkihid sitkemaks ja see asjaolu mõjustab plasmolüüsi kuju. Rida tõsiasi räägib selle kasuks, et plasma on rakuseinaga intiimselt ühendatud. Tselluloos-seina tuleb kujutella käsнатаolise moodustisena, mille õõned ja käigud on täidetud plasma pindkihi puhetiste ja juhtmetega. Harilikkude plasmolüütiliste vahendite toime, mis normaalset viskoossust reeglipäraselt alandavad, plasmal n.-ü. vedelamaks teevad, vabanevad plasma osad seinast võrd-

lemisi kergesti, kuna viskoossust suurendavate ühendite toimel vabanemine alul nii kergesti ei lähe ja selle tagajärjel muutub plasmolüüsikuju mitmesuguselt. Et erisuguste taimede plasma viskoossus normaalselt tublisti võib erineda, siis esineb sageli ka samas plasmolüütikumis mitmesugustel taimedel erisugune plasmolüüsi kuju.

Juba ammugi on mitmed uurijad tähele pannud, et plasmolüüsil protoplast rakuseinast lihtsalt ei eemaldu, vaid tema küljest nagu lahti käristatakse. Pringsheim (1854) kirjeldab esimesena seda kui kleepuva aine lahtitulemist naha küljest, millele ta liitus, niidikesi moodustades. Gardiner (1884) plasmolüüsides rakke keedusoolaga leidis, et plasmaniidikesed ja -juhtmed, millega ta plasmolüüsi alul seinaga ühendusesse jääb, soola kontsentratsiooni suurenedes tugevamaks lähevad, kuna nõrgemates lahustes moodustuvad peenemad niidid.

Chodat ja Boubier (1898) täiendavad eelmisi vaatlusi tähelepanekuga, et plasmolüütikumi kontsentratsiooni tõustes niitide hulk plasmolüüsil hästi suureneb.

Strasburger (1901) leidis, et 7%-ses kaaliumsalpeetri lahuses on *Mnium*'il plasmolüüsunud protoplasti piirjooned tasased ja selle kontsentratsiooni puhul niite veel ei moodustu. Viimased esinevad aga rikkalikult 12%-ses lahuses. Teistel taimedel (*Pteris*, *Viscum*) esineb niitide moodustumine alles 20%-ses lahuses, — asjaolu, millest võime neil taimil järeldada erisugust plasmaviskoossust.

Iseäranis mitmekülgselt uuris Hecht (1912) plasma rebemist rakuseinast plasmolüüsil. Ta kirjeldab plasmaniitide ja juhtmete moodustumist üksikasjaliselt; kontraheeruv protoplast käristab nad katki, kuna rakuseina külge jääb võrk katkirebitud niitidest. Hecht tegi vaatlusi kaalisalpeetriga ja glükoosiga plasmolüüsitud rakkudel, ta ei käsitle kahjuks olenevust plasmolüütikumist, vaid üldistab andmeid iga plasmolüüsi suhtes. Käsitelles asjaolu põhjust, mispärast protoplasma rakuseina küljes kinni on, tuleb ta otsusele, et see oleneb nähtavasti plasma ühtekasvamisest seinaga ühelt poolt ja plasma konsistentsist teiselt poolt. Mõõduandvana paistab tal siiski olevat kõrge viskoossus plasma pindkihtidel, mis seinale surutult ta külge liituvad.

Hansteen-Cranner (1919, 1922) käsitleb plasmolüüsi probleemi soolade toime seisukohalt plasmasse. Ultramikroskoopilise pildistamise abil näitab ta, et kaaliumkloriidiga plas-

moliüsitud rakkudel arvurikkad peenikesed viskoossed, ultramikroskoobis helenduvad niidid igal pool kontraheeruvat plasmakeha seinaga seovad, kuna protoplasti väliskontuurid on ebaselged. Seevastu kaltsiumkloriidiga plasmoliüsitud rakkudel on plasmakeha pind tasane ja piirjooned teravalt piiratud. Tema arvamise järgi vähendavad K-ioonid plasmapiinna viskoossust, kuna Ca-ioonid seda suurendavad ja pinda tihendavad. Üldse leiab ta, et uuritud metallioonid pindkihi disperssust rea $K < Mg < Ca$ järgi muudavad. Selle reaktsiooni pöördumus väheneb ülal ettetoodud rea järgi.

Weis (1925) laiendas Hansteen-Cranner'i uurimusi, võttes vaatlemisele suurema hulga soolade ja teiste ühendite toime plasmoliüsil esinevaise plasmajuhtmeisse. Ta püüab lahendada küsimust, kas plasma pindkihid on teisiti ehitatud kui siseosad. Jaataval korral peaksid plasmajuhtmed pinnaaineid suuremal hulgal sisaldama, ning see selguks teatava määrani nende suhtumisest kemikaalidesse. Ta leidis, et mainitud juhtmeil suureneb kolloidide koagulatsioon: $NH_4 < K < glükoos < Mg < Ca$. Kui oletada, et plasma viskoossus glükoosiga plasmoliüsitud rakkudel on normaalne, siis on ta ammooniumi-, kaaliumi- ja naatriumisoolade lahustel normaalsest vähem, magneesiumi-, strotsiumi- ja kaltsiumisoolade lahustes normaalsest hoopis suurem. Soolade happe seisukohalt suurendavad viskoossust sulfaadid rohkem kui kloriidid ja nitraadid. Kui plasmoliüsil glükoosile sublimaati, uraniil- või seatina-atsetaati juurde lisati, siis olid plasmaniidid resistentsemad kui protoplast. Autor järelgab sellest pindkihtidel teissugust keemilist koosseisu kui siseplasmal. Katsed saponiinilahustega rääkisid pindkihi lipoidse iseloomu poolt.

Kaho (1921, a, b, 1932, 1926, d, e, 1933) elektrolüütide toimet taimerakule uurides leidis, et nad plasmaga kokku puutudes igal juhul plasma pinnakolloidide konsistentsi muudavad, neid tihendades või vedelamaks muutes, kusjuures elektrolüüdi toimele on mõõduandev ta kolloidaktiivsus. Leelis- ja leelismullasoolade puhul on muutused plasmal algastmeil pöörduvad, esimeste toimel kergemini kui viimaste puhul. Raskemetallsoolade ja hapete toimel tekib plasmale pöördumatu kile. Elektrolüütide toimest plasmasse võib järelgada, et ta pindkihtides on rikkalikult lipoidseid aineid. Viimastel on ainevahetusel suur tähtsus.

On tähelepanndav, et ka loomaplasma suhtumine elektrolüütidesse on analoogne taimeplasma omaga.

Heilbrunn (1930, a, b) meresiili plasma kolloidkeemilisi muutumisi uurides leidis, et ta munarakkude vigastusel plasma rakust välja tulles eritab pinnale kile. Viimane tekib vaid kaltsiumi sisaldavais lahuseis ning plasmakolloidide sadestuse tagajärjel (surface precipitation reaction). Kui kaltsiumi sisaldavale veele juurde lisada leelissoola-lahuseid, siis takistavad viimased kile tekkimist — $\text{NH}_4 > \text{Na} > \text{K} > \text{Li}$. Autori arvamisel moodustavad kile peamiselt lipoidsed ained (vrd. ka Spek, 1921).

Plasmolüüsi kohta esitatud andmete täienduseks toome veel mõningad vaatlused plasmolüüsi erivormide üle.

Choldny (1924) kirjeldab oma vaatlusi plasmolüüsi kuju üle maa- ja veetaimedel. Plasmolüüseerivaiks aineiks tarvitab ta elektrolüütidest: kaalium-, naatrium-, ammonium- ja kaltsiumkloriide, -nitraate, -fosfaate ning -sulfaate; anelektrolüütidest: sahharoosi, glütseriini, manniiti ja uriinainet; lahuste kontsentratsioon oli 1 mol., plasmale mürgistele sooladele, nagu kaaliumisoolad j. t., lisati alati kaltsiumkloriidi juurde. Suurema-arvuliste vaatluste najal leidis ta, et ei ole nimetamisvääri list vahet elektrolüütide ja anelektrolüütide toimel plasmolüüsisse¹⁾. Küll aga on maa- ja veetaimede plasmolüüsipilt erisugune. Maataimede lehe-epidermise ja varre rakkudel jääb plasmolüüsil plasma kohati kaua rakuseinte külge reegli päraselt kinni või eemaldudes seinast on viimasega plasmaniitidega ühenduses. Selle tagajärjel oli plasmolüüsitud protoplastil kuju ebareegli pärane, sopiliste äärtega ja nõgusate piirjoontega (konkaav-pl.). Veetaimil oli plasmakuju plasmolüüsil üldiselt ümmargune (konveks-pl.), lähematel rakkudel puudusid plasmaniidid sootuks, pikematel olid mõned vähesed protoplasti ümmaratel otstel.

Konveks-plasmolüüsi esinemine veetaimil tuletab meelde vees hoitud maataimede preparaate. Fitting (1915) leidis, et *Rhoeo* lehelõikudel saabub plasmolüütiline tasakaal lühema aja vältel, kui preparaadid enne mõni aeg (kuni 24 t.) vees on olnud. Samuti leidis ka Höfler (1918), et lõikudel, mis enne plasmolüüsi

¹⁾ See teiste uurijate vaatlustele vasturääkiv leidus on arvatavasti seletatav asjaoluga, et Choldny üksikute sooladega ei katsetanud, vaid tarvitab neid alati segudes CaCl_2 -ga.

lüüsi vees olnud, plasma seinast kergemini vabaneb ja lõppstaadium (konveks-pl.) varemini esile tuleb. Nähtavasti vähendab vesi plasma viskoossust nii vee- kui maataimil, kui viimaste rakud teatav aeg on veega kontaktis olnud.

Mitmesuguseid uurimusi plasmolüüsi üle leidub Weber'i (1924, a, b; 1925, a, b) töödes. Muuseas kirjeldab ta üht plasmolüüsi kuju, mis harvemini esineb ja mille ta esmakordselt *Spirogyra*'l leidis ning „krampplasmolüüsiks“ nimetas. Teatavatel juhtudel eemaldub sellel taimel plasmolüüsi puhul protoplast rakuseintest kohati sel viisil, et seinale kinnijäänud plasmaosad lahtiläänud osadega kaunis reeglipäraselt vahelduvad; protoplasti välised piirjooned tuletavad meelde saehambaid. Pärast leidis ta krampplasmolüüsi *Vicia Faba* õhulõhede sulgrakkudel, kui õhulõhe oli avatud. Sulgunud olekus oli plasmolüüs harilik. Weber järeldas sellest, et avatud õhulõhe sulgrakkudel on plasmaviskoossus suurem kui suletul.

Höfler (1928) *Allium Cepa* soomuse epidermisrakke leelissooladega plasmolüüsides leidis, et tugevamais lahuseis ovaalsete protoplastide ümmarad otsad intensiivselt paisuvad ja läbi-paistvaks lähevad, nii et plasmakiht otstel on ligi 10 korda paksem kui külgedel („Kappenplasmolyse“). Leelismullasoolade lahustes jäi paisumine ära.

Terve rea plasmolüüsi erivorme leidis veel Küster (1928) *Allium Cepa*'l; olgu siin ta teosele osutatud.

Kokku võttes esitatud andmeid plasmolüüsi üle näeme, et 1. kõik plasmolüüsivad lahused, eriti elektrolüüdid, nii või teisiti toimivad plasmasse, ta viskoossust teisendavad ja ta kolloidide dispersiooniastet pöörduvalt muudavad. Muutused algavad esmajoonselt plasma pindkihtides, mis nähtavasti kergemini reageerivad kui siseosad. 2. Mainitud muutused olenevad peamiselt plasmolüütikumi keemilisest iseloomust, kusjuures teatavat osa etendab ka kontsentratsioon. 3. Pindkihi kolloidide kolloidoleku muutumine on mõõduandev protoplasma läbilaskmisvõimele (permeaablusele). Nende teeside järeldusena tekkis autoril järgmine küsimus: kuidas muutub plasmolüüsile järgnev deplasmolüüs, kui plasmolüüs on tehtud erinevate elektrolüütidega? Et deplasmolüüsil on tegemist vee filtrimisega läbi plasma, siis peaksid mitmesugused keemilised ained sellesse toimima, ühed plasma läbi-

laskvust veele suurendama, teised vähendama. Selle tagajärjeks oleks, et deplasmolüüs ühel juhul kiiremini soorduks kui teisel. Käesolevat küsimust on sellest seisukohast siinamaani vähe puudutatud.

Sel alal on ilmunud Höfler'i (1930), Höfler ja Huber'i (1930) ning de Haan'i (1933) uurimused. Höfler uuris leselehel (*Majanthemum bifolium*) veefiltratsiooni läbi varrerakude plasma, plasmolüüsi ja deplasmolüüsi abil. Ta leidis, et plasma vee liikumisele suurt takistust omab ja veehulgad, mis teatavas ajaühikus läbi plasma lähevad, on üllatavalt väikesed. Uuringul tarvitatud plasmolüütikumide suhtes ütleb ta järgmist: „Kokku võttes võib öelda, et plasmolüüs *Majanthemum*'il mitmesuguseis aineis, leelissoolades ja roosuhkrus, väikeste ning suurte molekulitega, kergesti ja raskemini diffundeeruvates plasmolüütikumides soordub kaunis samase tempoga“... ja edasi: „kõikide katsete tulemuseks on, et deplasmolüüs võrreldes sama kontsentratsiooni vahega (Gefälle) kiiremini toimub, kui eelkäiv plasmolüüs“. Nagu sellest tsitaadist näha, on autor vähe tähelepanu osutanud üksikute soolade toimele, sest et ta uurimine oli teisale suunatud.

Huber ja Höfler'i (1930) uurimus on eelmise järg, laiendatud mitmesugustele taimedele. Autorid mõõdavad aeg-ajalt vakuooli pikkust plasmolüüsil ja arvutavad sellest nn. plasmolüüsiastme. Paigutades koordinaatidele — vertikaalteljele plasmolüüsiastme suurused ja horisontaalteljele plasmolüüsiaja minutites, saavad nad plasmolüüsikäigu kõvera; samuti saadakse ka deplasmolüüsikäigu kõver. Nende abil arvutavad nad plasmolüüsile resp. deplasmolüüsile jäädava „K“. Näit. $K = 0,2$ tähendab, et protoplast 1 minuti vältel, kontsentratsiooni vahe juures 1 mol, 0,2 oma mahust muudab. Autorid määravad ära K-suurused mitmesuguseil kõrgemal, alamal, vee- ning maataimedel.

De Haan¹⁾ (1933) analüüsib oma teoses (diss.) deplasmolüüsikäiku kinematograafi abil, käsitleb mõningate soolade toimet deplasmolüüsisse, uurib temperatuuri mõju sellele ning vaatleb plasmolüüsi ja deplasmolüüsi kahjulikku mõju plasmale. Sooladele on väiksem osa tööst pühendatud. Ta võtab vaatlemi-

¹⁾ De Haan'i töö ilmus peale seda, kui käesoleva uurimuse katseline osa oli juba lõpetatud.

sele koos nitraati, ühe sulfaadi ja ühe rodaniidi. Ta töö tulemusi käsitleme allpool.

Et selles teoses peamiselt nitraadid uurimisele on võetud ja suuremat hulka neutraalsoole pole uuritud, siis pole sooladega saadud andmed kaugeltki küllaldased selleks, et täielikumat ülevaadet saada nende toimest.

Käesolevas töös on katsetatud järgmiste sooladega: RbNO_3 , Rb_2SO_4 , CsBr , CsCl , Cs_2SO_4 , NH_4CNS , äädikhape NH_4 , NH_4Cl , hapu sidrunihapu NH_4 (dicitr.), $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, KCNS , KBr , KNO_3 , äädikhape K , KCl , viinahapu K , sidrunihapu K , K_2SO_4 , NaCNS , NaBr , NaNO_3 , äädikhape Na , NaCl , viinahapu Na , sidrunihapu Na , Na_2SO_4 , LiBr , LiNO_3 , äädikhape Li , LiCl , sidrunihapu Li , Li_2SO_4 , roosuhkur (K a h l b a u m'i preparaadid).

Enne kui katsete kirjeldusele asuda, tuleb veel puudutada üht tähtsat küsimust. Nimelt kas plasmolüüsitud rakkudega saadud tulemused on mõõduandvad terveile (intaktsetele) rakkudele ja kudedele? Muutub ju plasmolüüsil rakuplasma väliskiht vigastatuks, kui mitte sootuks ärarebituks. Kas ei muutu selle tagajärjel plasma? See küsimus on igapidi õigustatud ja sageli ka mitmelt poolt tõusetatud.

Esimesena vastas sellele küsimusele ühe lihtsa katsega N ä g e l i. Ta leidis, et kui *Hydrocharis*'e juurekarvake kateklaasi all värvilahuses katki pigistada, nii et plasma tilkadena rakukestast värvilahusesse pääseb, siis on igal tilgal täpsalt terve plasma osmootsed omadused, värv ei tungi tilkadesse samuti kui tervesse protoplasti. Arvatavasti eritavad plasmatilgad, tekki-des adsorptsiooni tõttu pinnale, pindkihi aineid (vrd. W a l t e r 1921), mis plasmale nn. selektiivsed omadused annavad.

Uuemal ajal on korjunud rida mõjuvaid tõendusid sellele, et plasmolüüsi abil leitud seadusepärased on mõõduandvad tervele rakkudele. Nimelt on kõik plasmolüütilisel teel saadud andmed tõendatud ka teiste uurimismeetoditega, keemilise analüüsi, elektrijuhtivuse, koepinevuse muutumise meetoditega j. t.; põhimõttelisi erinevusi pole selle juures leitud. Viimasel ajal on veel huvitavaid katseid tehtud paljaste protoplastidega. On võimaldunud teataval viisil vabastada protoplasti kestast (H u b e r ja H ö f l e r, l. c.) ja katseid korraldada. Sääraste katsete tulemused ei erine milleski normaalsete rakkudega saadud andmeist. On leitud veel kõrgemal taimil kestata protoplaste. Viimased

esinevad K ü s t e r'i (1928) järgi mahlakates viljades. Vilja valmimisel lahustub osal rakkudel ühes keskkihiga ka rakukest, nii et viljalihas esinevad paljad protoplastid. Eriti soodsad nende saamiseks on mõningate *Solanaceae* viljad, nagu *Solanum nigrum*, *S. villosum*, *S. miniatum*, *Atropa belladonna* j. t. Katsed nendega on näidanud, et osmootsed ja teised füsioloogilised omadused ei ole erinevad harilikkuude rakkude omadest.

Kokku võttes peab tähendama, et plasmolüüsil ei muuda protoplasti lahtitulemine rakukestast ta füsioloogilisi omadusi kvalitatiivselt ja et plasmolüütilist meetodit võib nende omaduste uurimiseks täie õigusega rakendada.

Katsed.

Katsed tehti *Allium Cepa* epidermiserakkudega. Sibula soomuste seesmine marrasknahk (mofoloogiliselt pealne) on neil alloleva koega kaunis nõrgasti kinni ja tuleb kergesti suurte tükidena nähtavasti vigastamatult lahti. See asjaolu võimaldas ühelt soomuselt mitukümme preparaati katseiks saada.

Jõuks, mis deplasmolüüsil vee liikuma paneb, on vakuooliainete osmootne väärtus; ta on plasmolüütilise tasakaalu saabudes isotoonne plasmolüütikumile. Sellest järgneb kaks asjaolu, mida käesolevas uurimuses on silmas peetud: 1. plasmolüüsiks võeti isotoonsed lahused ja 2. deplasmolüüsi alati plasmolüütilise tasakaalu saabumisel.

Plasmolüüsivate ühendite soodsamat kontsentratsiooni uurides selgus, et leelissooladel andsid kõige ülevaatlikumad tulemused need lahused, mille isotoonsus võrdus 0,4 mol KNO_3 -ga. Kõik katsetel tarvitatud lahused on selle isotoonsusega. Kõrgemates kontsentratsioonides venib plasmolüüsi aeg veidi pikaks ja ühes sellega liiga tugeva lahuse toime plasmale kahjulikuks. Nõrgemate kontsentratsioonide puhul tasanduvad plasmolüütikumide toimete vahed, deplasmolüüs läheb ebahütlasemaks ja on märksa raskem täpsalt määrata keskmist deplasmolüüsi aega; katseviiga osutub selle tagajärjel suuremaks. Autori endised kogemused on näidanud, et seadusepärased tulevad soolade toimel selgemini nähtavale, kui plasmolüütikumide kontsentratsioonid ei ole liiga madalad; sellepärast on ka käesoleval juhul võetud nad sellistena, kus tuleb esile keskmine plasmolüüs ning millised vigastamatud

rakud suurema kahjuta välja kannatavad. Lähtudes nende katsete tulemustest on pärast juba kerge nõrgemate lahuste toimet uurida.

On olemas terve rida vaatlusi selle üle, et kiiresti toimuv ja eriti järgnev deplasmolüüs võib plasmale kahjulik olla (Küster (1929), Brenner (1920), Weis (1925), Karzel (1926) Albach (1930)). Kahjulikuks teguriks on nähtavasti liiga suur kontsentratsioonide vahe plasmolüüsi ja deplasmolüüsi alul. Kõrge plasmolüütikumi kontsentratsiooni tugeva osmootse jõu tõttu rebitakse plasma plasmolüüsi alul rakukestast järsku lahti, seejuures võib plasma vigastusi saada, mis ta ära surmavad, eriti kui plasmakiht on õhuke. Deplasmolüüsi alul on kontsentratsioonide vahe veelgi suurem. Vakuooli tungiv tugev veevool venitab plasmakoti liiga järsku laiali, kusjuures elastsusepiir võib kergesti ületuda ja plasmas praod tekkida. On küllalt ühest väikesest praokesest, et plasmata surmata. Madala kontsentratsiooni puhul algab plasmolüüs aeglaselt ja sellepärast on nõrga plasmolüüsi toime hoopis vähem kahjulik, olenemata plasmolüüseriva lahuse spetsiaalsest toimest.

Et eriti deplasmolüüsi kahjulik mõju on plasmolüüsi omast suurem, seda näeme järgmisest. Kui rakumahla osmootne väärtus on o ja plasmolüütikumil p , siis on plasmolüüsi alul $p - o = n$, kus $n < p$ ja n osmootne väärtus määrab ära plasmolüüsi suuruse. Plasmolüütilise tasakaalu korral on rakumahla osmootne väärtus $o = p$; deplasmolüüsi alul destilleeritud vees $n = p$ ja sellega on osmootse väärtuse vahe palju suurem kui plasmolüüsil. Võtame näite. Lehe-epidermise rakkude mahla osmootne väärtus KNO_3 moolides on taimedel: *Plantago media* 0,48, *Bellis perennis* 0,42, *Fagopyrum esculentum* 0,25, *Helodea canadensis* (leherakud) 0,25, *Alisma Plantago* 0,40 — neist keskmine 0,39 mol $\text{KNO}_3 = 15,95$ atmosfääri. Plasmolüüsil 0,6 mol KNO_3 lahuses, mille osmootne väärtus on 24,5 atm., võrdub alul osmootsete väärtuste vahe 24,5 atm. — 15,95 atm. = 8,55 atm.; deplasmolüüsi alul dest. vees on plasmolüüsitud protoplasti osm. väärtus 15,95 atm. ja kontsentratsioonide vahe 15,95 atm. — 0 atm. = 15,95 atm. Sellest näitest näeme, et osmootne jõud, mis plasmolüüsi alates vee liikuma paneb, on üle 8 atm., deplasmolüüsil aga ligi 16 atm., s. o. poole suurem. Sellega on minu arvates seletatav asjaolu, mis pärast deplasmolüüsi on sageli kahjulikum plasmolüüsi.

Leidub rakke, mis tugeva plamolüüsi korduvalt nähtava vigastuseta välja kannatavad. Näitena võiks tuua *Tradescantia virginica* tolmukaniitide karvakeste rakke. Arvatavasti on siin resistentsus tingitud paksust plasmakihist, mis esineb karvakeste keskosa ja otsarakkudel, mis on resistentsemad õhema plasmakorruga basaalrakkudest. Selle väite kasuks räägib Albach'i (l. c.) avastatud asjaolu, et *Rhoeo* lehtedel kannatavad noored rakud plasmolüüsi toimet palju vähem kui vanemad. Teatavasti on noortes rakkudes plasmakiht hoopis paksem kui vanades. Igaltahes on plasma resistentsuse olenevus ta kihi paksusest rakkudes omaette probleem, mida siamaani veel pole puudutatud.

Selle töö eelkatsed on näidanud, et väiksemad rakud üldiselt osutusid resistentsemaks katsetingimustele. Sibula välissoomuste rakud on suuremad ja nad omavad isotoonsetes lahustes veidi suuremat plasmolüüsi, rakumahla vähema osmootse väärtuse tõttu. Need rakud vigastuvad kergemini ja sellepärast eelistati katseteks preparaate sibula keskmistelt soomustelt. Viimaste rakud on väiksemad, annavad ühtlasema plasmolüüsi ja ei vigastu nii kergesti.

Arvesse võttes eespoolkäsiteldud plasmolüüsi kahjulikku toimet, sooritati kõik plasmolüüsi ja deplasmolüüsi katsed astmeliselt. Preparaadid pandi alul üheks minutiks lahustesse, mille osmootne väärtus oli isotoonne $0,2 \text{ mol KNO}_3$, ja peale selle viidi nad üle lõppkontsentratsiooniga lahustesse. Et soolade spetsiaalne toime kahjulikuks ei osutuks, võeti üldine plasmolüüsi aeg võimalikult lühike, nimeit 5—10 min., arvestades soola iseloomu; näit. rodaniididel — 5 min., kloriididel j. t. — 8 min., sulfaatidel 10 min. Analoogselt plasmolüüsile toimetati ka deplasmolüüsil: preparaadid pandi minutiks (juhul, kui deplasmolüüs soordus kiiresti — pooleks min.) samasesse nõrgemasse lahusesse kui plasmolüüsil ja peale selle harilikku (veevärgi) vette. Destill. vesi on palju kahjulikum harilikust veest ka sel korral, kui destillatsioon korduvalt ette võetakse, kas plaatinaahutajaga või klaasist klaasi (K e m m e r 1928, B ä r l u n d 1929, A l b a c h 1930). Arvatavasti teeb dest. vee kahjulikuks liiga tugev plasmapaisumine, mis harilikus vees kaltsiumi j. t. soolade mõjul ära jääb. Sellest küljest läheneb harilik vesi nn. tasakaalustatud lahustele.

Deplasmolüüsi vaadeldi preparaatides valitud kohtades, kus ühesuurused rakud esinesid ja deplasmolüüs toimus enam-vähem

ühtlaselt. Keskmisest tüüpilisest deplasmolüüsikäigust erinevaid kõrvalekaldumisi, mida võisid põhjustada osaline vigastus preparaadi valmistamisel j. t., ei arvestatud. Vaatlemine toimus ultramikroskoopiliselt; see andis märksa rohkem soodustusi tähelepanekuteks käesoleval objektil. Deplasmolüüsi saabumisel tähendati üles stopp-uuriga kaks deplasmolüüsiaega: 1. kui enamik rakke oli deplasmolüüsunud ja 2. kui kõikidel oli deplasmolüüs lõppenud. Deplasmolüüsikäiku kui säärast ei analüüsitud, sest see esineb üksikasjaliselt Höfler'i (1930) ja Huber ja Höfler'i (1930) töodes.

Üldine deplasmolüüsi pilt oli kõigil katseil enam-vähem samane. Plasmolüüsitud rakkude üleviimisel deplasmolüütikumi muutus õõnes resp. krampplasmolüüs varsti kumeraks, protoplast omandas ovaalse või keraja kuju ja paisus mahult. Et veenduda selles, kas deplasmolüüsitud rakud on veel elus, tehti kiiresti 0,5 mol CaCl_2 -ga teiskordne plasmolüüs, millel vaadeldi vaid algust.

A. Kloriidid.

Plasmolüüsikuju kõikides kloriidides harilik, nõgus. Plasmolüüsiaeg — 8 min.

Tseesiumkloriid.

Deplasmolüüsiaeg.

| Katse | Nr. | I. | II. | K. |
|--------|--------|----------------|----------------|----------------|
| | 1 | 4 min. 20 sek. | 4 min. 42 sek. | 4 min. 31 sek. |
| | 2 | 5 „ 00 „ | 5 „ 20 „ | 5 „ 10 „ |
| | 3 | 3 „ 57 „ | 4 „ 21 „ | 4 „ 9 „ |
| | 4 | 6 „ 37 „ | 6 „ 49 „ | 6 „ 43 „ |
| | 5 | 5 „ 00 „ | 5 „ 10 „ | 5 „ 5 „ |
| | 6 | 4 „ 45 „ | 4 „ 59 „ | 4 „ 52 „ |
| Keskm. | 4 min. | 57 sek. | 5 min. 13 sek. | 5 min. 5 sek. |

Kaaliumkloriid.

Deplasmolüüsi aeg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|----------------|----------------|----------------|
| 7 | 5 min. 24 sek. | 5 min. 40 sek. | 5 min. 32 sek. |
| 8 | 4 „ 40 „ | 4 „ 50 „ | 4 „ 45 „ |
| 9 | 6 „ 30 „ | 6 „ 42 „ | 6 „ 36 „ |
| 10 | 5 „ 40 „ | 5 „ 46 „ | 5 „ 43 „ |
| 11 | 7 „ 00 „ | 7 „ 00 „ | 7 „ 00 „ |
| 12 | 6 „ 31 „ | 6 „ 45 „ | 6 „ 38 „ |
| Keskm. | 4 min. 57 sek. | 6 min. 7 sek. | 6 min. 2 sek. |

Ammooniumkloriid.

Deplasmolüüsi aeg.

| Nr. | I. | | II. | | K. | |
|--------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|
| 13 | 6 min. | 15 sek. | 6 min. | 21 sek. | 6 min. | 18 sek. |
| 14 | 7 " | 25 " | 7 " | 39 " | 7 " | 32 " |
| 15 | 5 " | 42 " | 5 " | 52 " | 5 " | 47 " |
| 16 | 7 " | 20 " | 7 " | 26 " | 7 " | 23 " |
| 17 | 6 " | 15 " | 6 " | 23 " | 6 " | 19 " |
| 18 | 6 " | 40 " | 7 " | 20 " | 7 " | 00 " |
| Keskm. | 6 min. | 36 sek. | 6 min. | 50 sek. | 6 min. | 43 sek. |

Naatriumkloriid.

Deplasmolüüsiaeg.

| Nr. | I. | | II. | | K. | |
|--------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|
| 19 | 7 min. | 00 sek. | 7 min. | 18 sek. | 7 min. | 9 sek. |
| 20 | 5 " | 29 " | 5 " | 35 " | 5 " | 32 " |
| 21 | 7 " | 45 " | 7 " | 45 " | 7 " | 45 " |
| 22 | 8 " | 25 " | 8 " | 33 " | 8 " | 29 " |
| 23 | 6 " | 30 " | 6 " | 30 " | 6 " | 30 " |
| 24 | 7 " | 50 " | 8 " | 10 " | 8 " | 00 " |
| Keskm. | 7 min. | 10 sek. | 7 min. | 18 sek. | 7 min. | 14 sek. |

Litiiumkloriid.

Deplasmolüüsiaeg.

| Nr. | I. | | II. | | K. | |
|--------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|
| 25 | 6 min. | 40 sek. | 6 min. | 58 sek. | 6 min. | 49 sek. |
| 26 | 6 " | 20 " | 6 " | 30 " | 6 " | 25 " |
| 27 | 7 " | 23 " | 7 " | 41 " | 7 " | 32 " |
| 28 | 8 " | 33 " | 8 " | 53 " | 8 " | 43 " |
| 29 | 8 " | 51 " | 8 " | 63 " | 8 " | 57 " |
| 30 | 6 " | 1 " | 6 " | 7 " | 6 " | 4 " |
| Keskm. | 7 min. | 18 sek. | 7 min. | 32 sek. | 7 min. | 25 sek. |

Eelmiste katsete põhjal on kloriidide keskmised deplasmolüüsiajad minutites järgmised:

| | | | | |
|----------------|----------------|--------------------|-----------------|-----------------|
| CsCl | KCl | NH ⁺ Cl | NaCl | LiCl |
| 5 ⁵ | 6 ² | 6 ⁴³ | 7 ¹⁴ | 7 ²⁵ |

Neist näeme, et CsCl kloriididest deplasmolüüsi kõige rohkem kiirendab ja LiCl võrdlemisi kõige vähem. Deplasmolüüsi olenevust katioonidest teisendub üldse võrdlemisi vähe. Kindlamad toimevahed on Li ja Cs ning Li ja K vahel; Na ja Li vahe püsib katsevea piirides, ka on Cs ja K vahe väike.

Üldse võiks uuritud katioone liigitada kahte rühma, kus

ühes on Cs ja K, teises Na ja Li. Vahepealne NH_4 võib liituda mõnel juhul ka emmale-kummale rühmale ja ta kohta ei või kindlaks pidada.

Plasmolüüsi ja deplasmolüüsi käik on uuritud kloriididel üldiselt samane. Nimetamisväärilisi lahkuminekuid polnud märgata.

B. Sulfaadid.

Plasmolüüsikuju ebaühtlane: nõgus, kohati krampplasmolüüs. Plasmolüüsiaeg — 10 min.

Liitiumsulfaat.

Deplasmolüüsiaeg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 31 | 12 min. 13 sek. | 12 min. 51 sek. | 12 min. 32 sek. |
| 32 | 11 „ 34 „ | 11 „ 56 „ | 11 „ 45 „ |
| 33 | 13 „ 00 „ | 13 „ 28 „ | 13 „ 14 „ |
| 34 | 12 „ 37 „ | 12 „ 55 „ | 12 „ 46 „ |
| 35 | 12 „ 12 „ | 12 „ 30 „ | 12 „ 21 „ |
| 36 | 12 „ 30 „ | 13 „ 22 „ | 12 „ 56 „ |
| Keskm. | 12 min. 21 sek. | 12 min. 50 sek. | 12 min. 35 sek. |

Rubiidiiumsulfaat.

Deplasmolüüsiaeg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|----------------|----------------|----------------|
| 37 | 7 min. 11 sek. | 7 min. 41 sek. | 7 min. 26 sek. |
| 38 | 8 „ 28 „ | 8 „ 42 „ | 8 „ 35 „ |
| 39 | 8 „ 40 „ | 9 „ 6 „ | 8 „ 53 „ |
| 40 | 7 „ 27 „ | 7 „ 55 „ | 7 „ 41 „ |
| 41 | 7 „ 10 „ | 7 „ 40 „ | 7 „ 25 „ |
| 42 | 9 „ 28 „ | 9 „ 56 „ | 9 „ 42 „ |
| Keskm. | 8 min. 4 sek. | 8 min. 30 sek. | 8 min. 17 sek. |

Naatriumsulfaat.

Deplasmolüüsiaeg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 43 | 10 min. 14 sek. | 11 min. 00 sek. | 10 min. 37 sek. |
| 44 | 9 „ 11 „ | 9 „ 57 „ | 9 „ 31 „ |
| 45 | 11 „ 0 „ | 11 „ 32 „ | 11 „ 16 „ |
| 46 | 10 „ 22 „ | 11 „ 10 „ | 10 „ 46 „ |
| 47 | 9 „ 19 „ | 10 „ 25 „ | 9 „ 52 „ |
| 48 | 10 „ 30 „ | 10 „ 58 „ | 10 „ 44 „ |
| Keskm. | 10 min. 6 sek. | 10 min. 50 sek. | 10 min. 28 sek. |

A m m o o n i u m s u l f a a t.

Deplasmolüüsiaeg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|----------------|----------------|----------------|
| 49 | 6 min. 24 sek. | 7 min. 20 sek. | 6 min. 52 sek. |
| 50 | 7 " 3 " | 7 " 45 " | 7 " 24 " |
| 51 | 5 " 0 " | 5 " 30 " | 5 " 15 " |
| 52 | 7 " 4 " | 7 " 32 " | 7 " 18 " |
| 53 | 6 " 7 " | 6 " 39 " | 6 " 23 " |
| 54 | 6 " 35 " | 7 " 15 " | 6 " 57 " |
| Keskm. | 6 min. 22 sek. | 7 min. 1 sek. | 6 min. 41 sek. |

K a a l i u m s u l f a a t.

Deplasmolüüsiaeg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 55 | 10 min. 12 sek. | 10 min. 40 sek. | 10 min. 26 sek. |
| 56 | 10 " 25 " | 10 " 55 " | 10 " 40 " |
| 57 | 9 " 15 " | 9 " 31 " | 9 " 23 " |
| 58 | 10 " 10 " | 10 " 22 " | 10 " 16 " |
| 59 | 9 " 16 " | 9 " 30 " | 9 " 23 " |
| 60 | 9 " 0 " | 9 " 24 " | 9 " 12 " |
| Keskm. | 9 min. 43 sek. | 10 min. 4 sek. | 9 min. 53 sek. |

T s e e s i u m s u l f a a t.

Deplasmolüüsiaeg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|----------------|----------------|----------------|
| 61 | 8 min. 30 sek. | 9 min. 2 sek. | 8 min. 46 sek. |
| 62 | 7 " 24 " | 7 " 40 " | 7 " 32 " |
| 63 | 9 " 42 " | 9 " 58 " | 9 " 50 " |
| 64 | 9 " 36 " | 9 " 0 " | 8 " 48 " |
| 65 | 8 " 1 " | 8 " 13 " | 8 " 7 " |
| 66 | 7 " 19 " | 7 " 27 " | 7 " 43 " |
| Keskm. | 8 min. 25 sek. | 8 min. 33 sek. | 8 min. 28 sek. |

Sulfaatide toimetel soordub deplasmolüüsi kiirus minutites järgmiselt:

| $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ | Rb_2SO_4 | Cs_2SO_4 | K_2SO_4 | Na_2SO_4 | Li_2SO_4 |
|------------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 645 | 817 | 826 | 953 | 1028 | 1235 |

Eeltoodud andmed võime liigitada nelja rühma. Esimesse kuulub $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, mille toimetel teostub deplasmolüüs kahtlemata kõige kiiremini, teise — Rb_2SO_4 ja Cs_2SO_4 . Nende toimevahe käesolevates katsetingimustes on liiga väike, et sellele suuremat rõhku panna, ja nähtavasti mõjuvad nad katsetatud kontsentratsioonis kaunis ühesuguselt. Kolmandasse rühma kuuluvad K_2SO_4 ja Na_2SO_4 . Võrreldult eelmise rühmaga pidurdavad nad veidi

deplasmolüüsi, ka nende toimevahe püsib katsevea piirides. Neljandasse võime eraldada Li_2SO_4 , mille lahuses toimub sulfaatidest deplasmolüüs kõige aeglasemalt. Plasmolüüs soordus sulfaatides üldiselt aeglasemalt, mille tõttu ka keskmiseks plasmolüüsi ajaks tuli 10 min. võtta. Plasmolüüsipilt pole igal pool samane. Nõgusa plasmolüüsi kõrval esineb sageli siin ja seal ka krampplasmolüüs ja on näha, et plasma rakuseinast nii kergesti ei eraldu. Osmootsele jõule töötab vastu plasma tugevam adhesioon kestale, mis on nähtavasti ta suurema viskoossuse tagajärg sulfaatide lahuses.

C. Nitraadid.

Plasmolüüsikuju kõikides nitraatides — nõgus. Plasmolüüsi aeg — 8 min.

Rubiidiumnitraat.

Deplasmolüüsi aeg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|----------------|----------------|----------------|
| 67 | 4 min. 57 sek. | 5 min. 7 sek. | 5 min. 2 sek. |
| 68 | 4 „ 24 „ | 4 „ 32 „ | 4 „ 28 „ |
| 69 | 5 „ 12 „ | 5 „ 20 „ | 5 „ 16 „ |
| 70 | 4 „ 1 „ | 4 „ 11 „ | 4 „ 6 „ |
| 71 | 6 „ 37 „ | 6 „ 45 „ | 6 „ 41 „ |
| 72 | 6 „ 2 „ | 6 „ 12 „ | 6 „ 7 „ |
| Keskm. | 5 min. 12 sek. | 5 min. 21 sek. | 5 min. 17 sek. |

Kaaliumnitraat.

Deplasmolüüsi aeg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|---------------|----------------|----------------|
| 73 | 7 min. 3 sek. | 7 min. 9 sek. | 7 min. 6 sek. |
| 74 | 5 „ 10 „ | 5 „ 16 „ | 5 „ 13 „ |
| 75 | 5 „ 15 „ | 5 „ 23 „ | 5 „ 19 „ |
| 76 | 8 „ 21 „ | 8 „ 35 „ | 8 „ 28 „ |
| 77 | 6 „ 0 „ | 6 „ 6 „ | 6 „ 3 „ |
| 78 | 5 „ 2 „ | 5 „ 10 „ | 5 „ 6 „ |
| Keskm. | 6 min. 8 sek. | 6 min. 16 sek. | 6 min. 12 sek. |

Naatriumnitraat.

Deplasmolüüsi aeg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|----------------|----------------|----------------|
| 79 | 6 min. 24 sek. | 6 min. 40 sek. | 6 min. 32 sek. |
| 80 | 7 „ 23 „ | 6 „ 55 „ | 7 „ 39 „ |
| 81 | 7 „ 41 „ | 7 „ 57 „ | 7 „ 49 „ |
| 82 | 5 „ 15 „ | 5 „ 15 „ | 5 „ 15 „ |
| 83 | 5 „ 55 „ | 6 „ 9 „ | 6 „ 2 „ |
| 84 | 5 „ 0 „ | 5 „ 16 „ | 5 „ 8 „ |
| Keskm. | 6 min. 16 sek. | 6 min. 32 sek. | 6 min. 24 sek. |

Liitiumnitraat.

Deplasmolüüsiaeg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|----------------|----------------|----------------|
| 85 | 8 min. 20 sek. | 8 min. 26 sek. | 8 min. 23 sek. |
| 86 | 6 " 14 " | 6 " 20 " | 6 " 17 " |
| 87 | 7 " 27 " | 7 " 37 " | 7 " 32 " |
| 88 | 5 " 35 " | 5 " 51 " | 5 " 43 " |
| 89 | 7 " 51 " | 8 " 17 " | 8 " 4 " |
| 90 | 6 " 45 " | 6 " 59 " | 6 " 52 " |
| Keskm. | 7 min. 2 sek. | 7 min. 15 sek. | 7 min. 9 sek. |

Uuritud nitraatide toime deplasmolüüsisse kujuneb järgmiselt (minutites):

| RNO_3 | KNO_3 | $NaNO_3$ | $LiNO_3$ |
|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| 5 ¹⁷ | 6 ¹² | 6 ²⁴ | 7 ⁹ |

Sellest kokkuvõttest näeme, et deplasmolüüsi kõige enam kiirendab $RbNO_3$. Veidi aeglasemalt toimub ta KNO_3 ja $NaNO_3$ lahustes, milliste toime on kaunis ühesugune ja ei osuta suurt vahet. Veidi pikemaks venib ta $LiNO_3$ toimel, mis nitraatidest kõige enam pidurdab deplasmolüüsi.

D. Bromiidid.

Plasmolüüsikuju — harilik, nõgus. Plasmolüüsiaeg — 8 min.

Kaaliumbromiid.

Deplasmolüüsiaeg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|----------------|----------------|----------------|
| 91 | 5 min. 14 sek. | 5 min. 20 sek. | 5 min. 17 sek. |
| 92 | 6 " 0 " | 6 " 0 " | 6 " 0 " |
| 93 | 6 " 15 " | 6 " 31 " | 6 " 23 " |
| 94 | 3 " 43 " | 3 " 49 " | 3 " 46 " |
| 95 | 5 " 20 " | 5 " 32 " | 5 " 26 " |
| 96 | 4 " 16 " | 4 " 40 " | 4 " 28 " |
| Keskm. | 5 min. 8 sek. | 5 min. 18 sek. | 5 min. 13 sek. |

Tseesiumbromiid.

Deplasmolüüsiaeg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|----------------|----------------|----------------|
| 97 | 4 min. 20 sek. | 4 min. 40 sek. | 4 min. 30 sek. |
| 98 | 3 " 12 " | 3 " 12 " | 3 " 12 " |
| 99 | 5 " 36 " | 6 " 0 " | 5 " 48 " |
| 100 | 4 " 20 " | 4 " 32 " | 4 " 26 " |
| 101 | 3 " 30 " | 3 " 30 " | 3 " 30 " |
| 102 | 5 " 3 " | 5 " 15 " | 5 " 9 " |
| Keskm. | 4 min. 20 sek. | 4 min. 31 sek. | 4 min. 26 sek. |

Naatriumbromiid.

Deplasmolüüsiaeg

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|----------------|----------------|----------------|
| 103 | 5 min. 25 sek. | 5 min. 35 sek. | 5 min. 30 sek. |
| 104 | 5 „ 16 „ | 5 „ 20 „ | 5 „ 18 „ |
| 105 | 7 „ 23 „ | 7 „ 41 „ | 7 „ 32 „ |
| 106 | 6 „ 22 „ | 6 „ 50 „ | 6 „ 36 „ |
| 107 | 7 „ 11 „ | 7 „ 57 „ | 7 „ 34 „ |
| 108 | 5 „ 53 „ | 6 „ 11 „ | 6 „ 2 „ |
| Keskm. | 6 min. 15 sek. | 6 min. 36 sek. | 6 min. 25 sek. |

Liitiumbromiid.

Deplasmolüüsiaeg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|----------------|----------------|----------------|
| 109 | 6 min. 2 sek. | 6 min. 30 sek. | 6 min. 16 sek. |
| 110 | 8 „ 10 „ | 8 „ 38 „ | 8 „ 24 „ |
| 111 | 6 „ 40 „ | 6 „ 50 „ | 6 „ 45 „ |
| 112 | 7 „ 51 „ | 8 „ 15 „ | 8 „ 3 „ |
| 113 | 7 „ 0 „ | 7 „ 14 „ | 7 „ 7 „ |
| 114 | 6 „ 12 „ | 6 „ 48 „ | 6 „ 30 „ |
| Keskm. | 6 min. 59 sek. | 7 min. 22 sek. | 7 min. 10 sek. |

Ülalesitatud andmete põhjal on bromiidide toime deplasmolüüsisse järgmine (andmed minutites):

| CsBr | KBr | NaBr | LiBr |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 4 ²⁶ | 5 ¹³ | 6 ²⁵ | 7 ¹⁰ |

Bromiidid seisavad oma toime poolest väga lähedal nitraatidele. Nende toimevahed ei ole suured ja sellepärast ei saa reas kõrvalseisvate soolade mõjude vahest kindlalt rääkida. Kui võtame aga reas üksteisest kaugemal seisvad soolad, nagu CsBr ja NaBr, CsBr ja LiBr, või KBr ja LiBr, siis on nende toimevahed kaunis selged ja erinevad. Üldiselt kuuluvad bromiidid soolade hulka, mis deplasmolüüsi võrdlemisi hästi kiirendavad.

Atsetaadid.

Plasmolüüsikuju harilik, nõgus. Plasmolüüsiaeg — 8 min.

A m m o o n i u m a t s e t a a t.

Deplasmolüüsiaeg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|----------------|----------------|----------------|
| 115 | 3 min. 38 sek. | 3 min. 50 sek. | 3 min. 44 sek. |
| 116 | 4 „ 2 „ | 4 „ 14 „ | 4 „ 8 „ |
| 117 | 4 „ 0 „ | 4 „ 10 „ | 4 „ 5 „ |
| 118 | 3 „ 20 „ | 3 „ 44 „ | 3 „ 32 „ |
| 119 | 3 „ 27 „ | 3 „ 41 „ | 3 „ 34 „ |
| 120 | 3 „ 22 „ | 4 „ 0 „ | 3 „ 41 „ |
| Keskm. | 3 min. 38 sek. | 3 min. 56 sek. | 3 min. 47 sek. |

Liitiumatsetaat.

Deplasmolüüsiaeg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|----------------|----------------|----------------|
| 121 | 3 min. 34 sek. | 3 min. 50 sek. | 3 min. 42 sek. |
| 122 | 4 „ 0 „ | 4 „ 6 „ | 4 „ 3 „ |
| 123 | 4 „ 18 „ | 4 „ 36 „ | 4 „ 27 „ |
| 124 | 3 „ 48 „ | 4 „ 0 „ | 3 „ 54 „ |
| 125 | 3 „ 38 „ | 3 „ 54 „ | 3 „ 46 „ |
| 126 | 4 „ 2 „ | 4 „ 14 „ | 4 „ 8 „ |
| Keskm. | 3 min. 53 sek. | 4 min. 7 sek. | 4 min. 0 sek. |

Kaaliumatsetaat.

Deplasmolüüsiaeg.

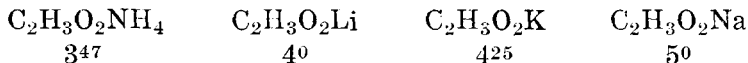
| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|----------------|----------------|----------------|
| 127 | 4 min. 40 sek. | 5 min. 8 sek. | 4 min. 54 sek. |
| 128 | 4 „ 34 „ | 4 „ 50 „ | 4 „ 42 „ |
| 129 | 4 „ 2 „ | 4 „ 10 „ | 4 „ 6 „ |
| 130 | 4 „ 24 „ | 4 „ 42 „ | 4 „ 33 „ |
| 131 | 4 „ 0 „ | 4 „ 8 „ | 4 „ 4 „ |
| 132 | 4 „ 8 „ | 4 „ 20 „ | 4 „ 14 „ |
| Keskm. | 4 min. 18 sek. | 4 min. 33 sek. | 4 min. 25 sek. |

Naatriumatsetaat.

Deplasmolüüsiaeg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|----------------|----------------|----------------|
| 133 | 4 min 28 sek. | 4 min. 42 sek. | 4 min. 35 sek. |
| 134 | 5 „ 2 „ | 5 „ 20 „ | 5 „ 11 „ |
| 135 | 4 „ 35 „ | 4 „ 53 „ | 4 „ 44 „ |
| 136 | 5 „ 5 „ | 5 „ 19 „ | 5 „ 12 „ |
| 137 | 5 „ 20 „ | 5 „ 40 „ | 5 „ 30 „ |
| 138 | 4 „ 36 „ | 5 „ 0 „ | 4 „ 48 „ |
| Keskm. | 4 min. 51 sek. | 5 min. 9 sek. | 5 min. 0 sek. |

Kokku võttes andmeid äädikhappe-soolade toime üle näeme, et nad deplasmolüüsi järgmiselt mõjustavad (aeg minutites):



Äädikhappe-sooladel on tugev toime deplasmolüüsisse, ta toimub nende lahustes väga kiiresti. Eriti kiirendavad neist deplasmolüüsi äädikhapu ammoonium, liitium ja kaalium, kuna naatriumi toime on pisut vähem. Huvitav on tähendada, et liitium ühenduses teiste hapetega kiirendab deplasmolüüsi võrdlemisi märksa vähem ja seisab igal pool viimasel kohal. Ka plas-

molüüsi saabumisel on atsetaadid erikohal. Neis soolades, mille lahustes toimub deplasmolüüs kiiremini, saabub reeglipäraselt ka plasmolüüs varemini. Olgu siin ette tähendatud, et näit. rodaniidide lahustes soordub deplasmolüüs umbes 3—4 minutiga ja plasmolüüsi tasakaal saabub umbes 4—5 min. vältel. Atsetaatidel on plasmolüüs võrdlemisi aeglasem kui deplasmolüüs. Selle nähtuse arvatavatatest põhjustest lähemalt allpool.

Tsitraadid.

Plasmolüüsikuju ebahütlane, kohati nõgus, sageli ka krampplasmolüüs. Plasmolüüsiaeg — 10 min.

Kaaliumtsitraat.

Deplasmolüüsiaeg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|----------------|----------------|----------------|
| 139 | 7 min. 50 sek. | 7 min. 54 sek. | 7 min. 52 sek. |
| 140 | 8 „ 10 „ | 8 „ 32 „ | 8 „ 21 „ |
| 141 | 8 „ 50 „ | 9 „ 18 „ | 9 „ 4 „ |
| 142 | 7 „ 22 „ | 7 „ 50 „ | 7 „ 36 „ |
| 143 | 8 „ 10 „ | 9 „ 14 „ | 8 „ 42 „ |
| 144 | 8 „ 41 „ | 10 „ 55 „ | 9 „ 48 „ |
| Keskm. | 8 min. 10 sek. | 8 min. 57 sek. | 8 min. 33 sek. |

Natriumtsitraat.

Deplasmolüüsiaeg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|----------------|----------------|----------------|
| 145 | 7 min. 26 sek. | 8 min. 10 sek. | 7 min. 48 sek. |
| 146 | 8 „ 30 „ | 9 „ 58 „ | 9 „ 14 „ |
| 147 | 10 „ 15 „ | 10 „ 57 „ | 10 „ 36 „ |
| 148 | 8 „ 40 „ | 9 „ 26 „ | 9 „ 8 „ |
| 149 | 8 „ 35 „ | 9 „ 15 „ | 8 „ 50 „ |
| 150 | 9 „ 4 „ | 9 „ 44 „ | 9 „ 24 „ |
| Keskm. | 8 min. 45 sek. | 9 min. 35 sek. | 9 min. 10 sek. |

Ammooniumditsitraat.

Deplasmolüüsiaeg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|----------------|-----------------|-----------------|
| 151 | 10 min. 0 sek. | 10 min. 40 sek. | 10 min. 20 sek. |
| 152 | 8 „ 10 „ | 9 „ 14 „ | 8 „ 42 „ |
| 153 | 9 „ 30 „ | 10 „ 20 „ | 9 „ 55 „ |
| 154 | 7 „ 6 „ | 8 „ 30 „ | 7 „ 48 „ |
| 155 | 10 „ 14 „ | 10 „ 58 „ | 10 „ 36 „ |
| 156 | 9 „ 25 „ | 10 „ 21 „ | 9 „ 53 „ |
| Keskm. | 9 min. 4 sek. | 10 min. 0 sek. | 9 min. 32 sek. |

Liitiumtsitraat.

Deplasmolüüsiaeg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 157 | 11 min. 0 sek. | 12 min. 0 sek. | 11 min. 30 sek. |
| 158 | 12 „ 12 „ | 13 „ 20 „ | 12 „ 46 „ |
| 159 | 12 „ 5 „ | 12 „ 45 „ | 12 „ 25 „ |
| 160 | 11 „ 20 „ | 12 „ 0 „ | 11 „ 40 „ |
| 161 | 13 „ 0 „ | 13 „ 31 „ | 13 „ 15 „ |
| 162 | 11 „ 52 „ | 12 „ 32 „ | 12 „ 12 „ |
| Keskm. | 11 min. 55 sek. | 12 min. 41 sek. | 12 min. 18 sek. |

Sidrunihappe-soolad mõjustavad eespoolesitatud andmeil deplasmolüüsi järgmiselt (aeg minutites):

| K-tsitraat | Na-tsitraat | NH ₄ -ditsitraat | Li-tsitraat |
|------------|-------------|-----------------------------|-------------|
| 833 | 910 | 932 | 1218 |

Oma toimelt seisavad tsitraadid sulfaatidele väga lähedal ja kuuluvad soolade hulka, mille lahustes deplasmolüüs kõige aeglasemalt soordub. Sidrunihapu kaaliumi ja naatriumi toimevahe pole nii suur, et nende erinevusest rääkida, kuna liitium jääb viimasele kohale, vee tulemist raku kõige enam pidurdades. Ta sarnaneb selle poolest täitsa oma väävelhappu soolaga ja teistes katsetingimustes võiks ta isegi veefiltratsiooni viimasega võrreldes pisut enam takistada, kuna kaalium ja naatrium üldiselt vee tulemist raku veidi enam soodustavad kui vastavad sulfaadid. Ammooniumiditsitraati ei saa teiste sidrunihappe-sooladega otsest võrrelda ta keemilise erinevuse tõttu, ehk ta oma toimelt küll teiste tsittraatidega sammu peab. Oma käigult ja kujult sarnaneb plasmolüüs tsittraatides sulfaatide omaga.

Rodaniidid.

Plasmolüüsikuju nõgus. Plasmolüüsiaeg — 5 min.

Kaaliumrodaniidid.

Deplasmolüüsiaeg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|----------------|----------------|----------------|
| 163 | 2 min. 36 sek. | 2 min. 56 sek. | 2 min. 46 sek. |
| 164 | 2 „ 9 „ | 2 „ 15 „ | 2 „ 12 „ |
| 165 | 3 „ 8 „ | 3 „ 20 „ | 3 „ 14 „ |
| 166 | 3 „ 21 „ | 3 „ 45 „ | 3 „ 33 „ |
| 167 | 1 „ 50 „ | 2 „ 16 „ | 2 „ 3 „ |
| 168 | 2 „ 55 „ | 3 „ 9 „ | 3 „ 2 „ |
| Keskm. | 2 min. 40 sek. | 2 min. 57 sek. | 2 min. 48 sek. |

Ammooniumrodaniid.

Deplasmolüüsiaeg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|----------------|----------------|----------------|
| 169 | 3 min. 10 sek. | 3 min. 18 sek. | 3 min. 14 sek. |
| 170 | 2 „ 0 „ | 2 „ 8 „ | 2 „ 4 „ |
| 171 | 3 „ 1 „ | 3 „ 9 „ | 3 „ 4 „ |
| 172 | 2 „ 40 „ | 3 „ 0 „ | 2 „ 50 „ |
| 173 | 3 „ 12 „ | 3 „ 20 „ | 3 „ 16 „ |
| 174 | 2 „ 7 „ | 2 „ 13 „ | 2 „ 10 „ |
| Keskm. | 2 min. 42 sek. | 2 min. 51 sek. | 2 min. 47 sek. |

Naatriumrodaniid.

Deplasmolüüsiaeg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|----------------|----------------|----------------|
| 175 | 3 min. 15 sek. | 3 min. 29 sek. | 3 min. 22 sek. |
| 176 | 4 „ 0 „ | 4 „ 4 „ | 4 „ 2 „ |
| 177 | 2 „ 28 „ | 2 „ 40 „ | 2 „ 34 „ |
| 178 | 3 „ 20 „ | 3 „ 36 „ | 3 „ 28 „ |
| 170 | 3 „ 34 „ | 4 „ 0 „ | 3 „ 47 „ |
| 180 | 3 „ 30 „ | 3 „ 40 „ | 3 „ 35 „ |
| Keskm. | 3 min. 21 sek. | 3 min. 35 sek. | 3 min. 28 sek. |

Rodaniidide lahustes toimub deplasmolüüs järgmiselt (aeg minutites):

| KCNS | NH ₄ CNS | NaCNS |
|------|---------------------|-------|
| 248 | 247 | 328 |

Rodaniidid soodustavad uuritud sooladest deplasmolüüsi kõige enam. Kaaliumi ja ammooniumi toime on väga ühesugune, naatriumi toimel läheb veefiltratsioon veidi aeglasemalt, kuid võrdlemisi siiski väga kiirelt. Plasmolüüsi tasakaal saabub rodaniidide lahustes võrdlemisi lühikese aja jooksul. Plasma vabaneb rakukestast kergesti, plasmolüüsikuju on alguses nõgus, kuid muutub varsti kohati kumeraks, — nähtus, mis esineb vaid rodaniidide lahustes.

Tartraadid.

Plasmolüüsikuju ebaühtlane, enamalt jaolt nõgus, kohati kramp-plasmolüüs. Plasmolüüsiaeg — 10 min.

Naatriumtartraat.

Deplasmolüüsiaeg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|----------------|----------------|----------------|
| 181 | 6 min. 41 sek. | 6 min. 55 sek. | 6 min. 48 sek. |
| 182 | 5 „ 46 „ | 5 „ 48 „ | 5 „ 47 „ |
| 183 | 7 „ 4 „ | 7 „ 10 „ | 7 „ 7 „ |
| 184 | 6 „ 25 „ | 6 „ 45 „ | 6 „ 35 „ |
| 185 | 5 „ 42 „ | 6 „ 14 „ | 5 „ 58 „ |
| 186 | 6 „ 35 „ | 6 „ 51 „ | 6 „ 43 „ |
| Keskm. | 6 min. 22 sek. | 6 min. 37 sek. | 6 min. 30 sek. |

K a a l i u m t a r t r a a t .

Deplasmolüüsiaeg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|----------------|----------------|----------------|
| 187 | 7 min. 5 sek. | 7 min. 19 sek. | 7 min. 12 sek. |
| 188 | 7 „ 29 „ | 7 „ 39 „ | 7 „ 34 „ |
| 189 | 7 „ 36 „ | 7 „ 56 „ | 7 „ 46 „ |
| 190 | 7 „ 27 „ | 5 „ 55 „ | 5 „ 41 „ |
| 191 | 8 „ 24 „ | 8 „ 40 „ | 8 „ 32 „ |
| 192 | 7 „ 37 „ | 8 „ 17 „ | 7 „ 57 „ |
| Keskm. | 7 min. 16 sek. | 7 min. 38 sek. | 7 min. 27 sek. |

Viinahappe-soolade toime deplasmolüüsile on kokkuvõttes järgmine (aeg minutites):

Na-tartraat
630

K-tartraat
727

Esitatud tartraadid seisavad oma toimelt deplasmolüüsile kaunis lähedal kloriidide omale, kuid on väga võimalik, et nad teistes kontsentratsioonides siiski deplasmolüüsi pisut rohkem takistavad kui kloriidid. Seda näitab vahetevahel krampplasmolüüsi esinemine, mida kloriididele harvemini, sulfaatidel ja tsitraatidel sagedamini ette tuleb. Naatrium kiirendab veefiltratsiooni rohkem kui kaalium, — asjaolu, mis teiste naatriumisooladega võrreldes siin esmakordselt esineb, kuna kaalium oma toimelt harilikult naatriumi ees seisab. Väga võimalik, et seda põhjustab hüdrolüüs, mis suuremal määral esineb orgaaniliste anioonidega sooladel.

S a h h a r o o s .

Plasmolüüsikuju — konkaav-kramp. Plasmolüüsiaeg — 20 min.

Deplasmolüüsiaeg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|----------------|----------------|----------------|
| 193 | 7 min. 18 sek. | 8 min. 25 sek. | 7 min. 40 sek. |
| 184 | 6 „ 25 „ | 7 „ 11 „ | 6 „ 48 „ |
| 195 | 7 „ 30 „ | 8 „ 34 „ | 8 „ 2 „ |
| 196 | 7 „ 0 „ | 7 „ 32 „ | 7 „ 16 „ |
| 197 | 8 „ 5 „ | 8 „ 43 „ | 8 „ 24 „ |
| 198 | 8 „ 21 „ | 8 „ 41 „ | 8 „ 31 „ |
| Keskm. | 7 min. 26 sek. | 8 min. 7 sek. | 7 min. 47 sek. |

Roosuhkur ajaga 747 seisab ühelt poolt tartraatide (630—727) ja teiselt poolt tsitraatide (838—1218) vahel.

Katsete tulemustest.

Deplasmolüüsi sõltumine katioonidest.

Analüüsides leelissoolade toimet katioonide toime seisukohast näeme, et erinevused deplasmolüüsikiirusel pole kuigi suured. Sellest küljest esineb analoogia permeaablusega sooladele ja rea teiste füsioloogiliste resp. kolloidkeemiliste protsessidega, kus katiooni toime väljendub vähem selgesti (K a h o 1921 j. t., S p e k 1921, H ö b e r 1926). Uuritud sooladest leiame valdaval enamusel rea: Rb, Cs, K, Na, Li, mille järgi veefiltratsioonikiirus alaneb. Rubiidiumi- ja tseesiumisooladega katsetati vähem, kuid neist ja teistest autoril olevaist andmeist selgub, et Rb ja Cs koht leeliskatioonide esirinnas on täiesti õigustatud; kummagi toimevahe on väike. Atsetaatidel ja tartraatidel on mõne katiooni suhteline aktiivsus veidi erinev; mainitud soolad on enam-vähem hüdrolüüsitud ja sellega on erinevus nähtavasti põhjustatud. Sama asjaolu on mõõduandev ka NH_4 -iooni suhtes; teatava reservatsiooniga võiks teda K ja Na vahele paigutada. Mis puutub ülesseatud katioonidereasse, siis tuleb arvestada asjaolu, et nende toimevahed on võrdlemisi väikesed ja enamalt jaolt katsevea piirides. Võiks reeglina võtta asjaolu, et sooladel, mille lahustes toimub deplasmolüüs aeglasemalt, väljenduvad ka katioonide toimevahed selgemini, näit. tsitraatidel ja sulfaatidel paremini kui kloriididel ja nitraatidel. Edasi on tõenäoline, et kui katsetingimusi muuta (nõrgemas kontsentratsioonis j. t.), siis võivad mõned teisendumised eespool ülesseatud tüüpilises katioonidereas esineda. D e H a a n (l. c.) leidis nitraatide toimele järjekorra, mis on täpsalt vastupidine meie omale. Deplasmolüüs toimub ta katsetes (aeg minutites):

Li:Na:K

91 96 928

Erinevus on seletatav erilise katsetetoodikaga. Ta plasmolüüsis rakke soola ja roosuhkru segus: sooladest valmistati lahused, isotoonsed 0,2 mol suhkrulahusele (= umbes 1,2 mol KNO_3); neile lisati suhkrut niipalju juurde, et segud said isotoonseiks 0,646 mol sahharoosi lahusele. Katioonide toimevahed on siin samuti katsevea piirides; katsevega võiks olla 1 minuti ümber. Võib arvata, et soolakontsentratsiooni vähenedes eriti katioonide toime piiritlemine selle meetodiga raskemaks läheb. Seepärast püüti käesolevas töös kõrgemaid kontsentratsioone uurida; selle

tõttu väljendub seadusepärasmus selgemini. Huvitava tulemusena tuleks ära märkida asjaolu, et iga leelissool katiooni toime seisukohast mõjustab vee liikumist vastavalt sellele, kuidas ta ise plasmasse tungib, kiiresti permeerivad soolad kiirendavad ka vee filtratsioonil rakku, aeglaselt tungivad — takistavad resp. kiirendavad vähem vee liikumist. Nii tungivad kloriidid isomolekulaarsetest lahustest *Lupinus luteus*'e juurerakkudesse esimesel vaatlusetunnil proportsionaalselt arvudele ¹⁾ (K a h o 1921, 1923):

$$K : Na : Li = 82 : 51 : 36.$$

Käesolevates katsetes filtreerub sama hulk vett läbi plasma kiirusega ¹⁾:

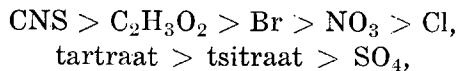
$$K : Na : Li = 112 : 107 : 90.$$

Kõrvutiseadmine näitab kahtlemata parallelismi soolade permeatsiooni ja toime vahel vee liikumisele. S. C. B r o o k s (1932) leidis hiljuti, et soolad korjuvad merevetika *Valonia macrophysa* rakku ühe päeva jooksul vastavalt arvudele: RbCl : KCl : NaCl = = 120 : 20 : 1. Veefiltratsioonikatsetel viibisid rakud vaid mõned minutid lahustes ja sellepärast ei saa mainitud soolad nii suurt mõju avaldada. M i c h a e l i s'e (1925) järgi on leeliskatioonide diffusioonikiirus läbi kolloodiumikile: Cs > K > Na > Li; see on täielikus kooskõlas meie poolt saadud andmetega vee filtratsioonil.

Kokku võttes esitatud andmeid näeme olevat küllaldaselt tõestatud väite, et leeliskatioonid mõjustavad vee liikumist oma plasmasse tungimiskiiruse kohaselt; nende toimerida Rb, Cs > K > Na > Li esineb ühtlasi ka permeatsioonireana.

D e p l a s m o l ü ü s i s õ l t u m i n e a n i o o n i d e s t.

Vee liikumist deplasmolüüsil mõjustavad leelissooladel anioonid hoopis rohkem kui katioonid. Deplasmolüüsile on mõõduandev anioonide rida:



kus deplasmolüüsi kiirus langeb pikkamisi rodaniididelt sulfaatidele. See rida on identne samade soolade permeatsiooni reale (K a h o, l. c.):

CNS > Br > NO₃ > Cl > tartraat > SO₄, tsitraat
ja näitab katioonide korral käsitletud analoogiat soolade tungi-

¹⁾ Esitatud arvud näitavad vaid soolade permeatsiooni resp. veefiltratsioonikiiruste vahekordi mõlemal protsessil eraldi ja nad pole võrreldavad.

miskiiruse ja vee liikumise mõjustamise vahel. Soolade permeatsioonikiiruste vahekorda sõltumuses anioonitoimest selgitavad arvud (K a h o, l. c.):

Na-soolade permeatsiooni suhtelised kiirused ühe tunni jooksul.

| Br | NO ₃ | Cl | tartraat | SO ₄ |
|----|-----------------|----|----------|-----------------|
| 59 | 35 | 26 | 16 | 11 |

Kaaliumisoolade toimel on veefiltreerimiskiirus proportsionaalne arvudele (vt. märkus lk. 27):

| Br | NO ₃ | Cl | tartraat | SO ₄ |
|----|-----------------|----|----------|-----------------|
| 49 | 44 | 44 | 36 | 26 |

D e H a a n (l. c.) leidis sahharoosi ja kaaliumisoolade segudes järgmise deplasmolüüsikiiruse (aeg minutites):

| CNS | NO ₃ | SO ₄ |
|-----|-----------------|-----------------|
| 624 | 928 | 106 |

Käesoleva töö katsetingimustes on deplasmolüüsiajad järgmised:

| | CNS | C ₂ H ₃ O ₂ | Br | NO ₃ | Cl | tartr. | tsitr. | So ₄ |
|-----|-----------------|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| Na: | 3 ²⁸ | 5 ⁹ | 6 ²⁵ | 6 ²⁴ | 7 ¹⁴ | 6 ³⁰ | 9 ¹⁰ | 10 ²⁵ |
| K: | 2 ⁴⁸ | 4 ²⁵ | 5 ¹³ | 6 ¹² | 6 ² | 7 ²⁷ | 8 ³³ | 9 ⁵³ |

Need andmed kooskõlastuvad D e H a a n'i omadega võrdlemisi hästi; võiks vaid tähendada, et tal on nitraadi ja sulfaadi toimevahe katsevea piirides ja suurema hulga soolade korral tuleb lüotroopne sõltuvus ebaselgemalt esile. Nähtavasti takistab liiga suur sahharoosi hulk lahustes selle seadusepärasuse avaldumist. D e H a a n ei tee oma katseist järeldusi soolade permeatsiooni ja veefiltratsiooni mõjustamise analoogia kohta, kationide vastupidise toime tõttu (vrd. lk. 26).

Kokku võttes leelissoolade toimet deplasmolüüsile, peab ütleva, et soolad vee liikumist läbi plasma mõjustavad vastavalt permeaablusele. Kiire permeatsiooniga soolad kiirendavad, aeglaselt plasmasse tungivad — peatavad seda. See vastavus peegeldus soolade toimes nii anioonide kui kationide seisukohalt. Esitatud reegel on maksev leelis- ja leelismullasoolade suhtes eraldi ja selle põhjal pole võimalik võrrelda mõlema rühma soolade toimet teineteisega. Et kiiresti permeerivad soolad teiste soolade tungimist soodustavad, seda näitavad ka meie varemalt tehtud uurimused (K a h o 1923). Kui näit. kaaliumkloriidile $\frac{1}{10}$ osa kiiremini tungivat KBr juurde lisada, siis võib KCl permeatsioonikiirus teatavates katsetingimustes kuni 50% võrra suurened. Edasi

leidis meie laboratooriumis P o r t (1925), et H-ioonide tungimist edendavad kergesti permeerivad ammooniumi- j. t. soolad. B u t-ke v i t s c h (1929) näitas, et ühtede ionide diffusioonikiirus läbi kolloodiumikilede ka teiste ionide liikumisele mõju avaldab. Mida liikumisvõimelisem on katioon, seda kiiremini diffundeerib ka anioon ja ümberpöördukt. H-ioonide kontsentratsiooni tõusmine lahuses edendab anioonide diffusiooni.

Kui võrrelda deplasmolüüsi isotoonsetes saharoosilahustes, siis selgub, et suurem hulk uuritud elektrolüüte kiirendab deplasmolüüsi, nii keskmiselt võttes —

| | | | |
|------------|---------------------------|------|-------|
| rodaniidid | kiirendavad deplasmolüüsi | 158% | võrra |
| atsetaadid | „ „ | 73% | „ |
| bromiidid | „ „ | 35% | „ |
| nitraadid | „ „ | 25% | „ |
| kloriidid | „ „ | 20% | „ |
| tartraadid | „ „ | 11% | „ |
| tsitraadid | peatavad | 27% | „ |
| sulfaadid | „ „ | 21% | „ |

Madalamates kontsentratsioonides muutuvad esitatud vahekorrad nähtavasti anioonide toimevahede tasandumise suunas ja eriti väheneb tsitraatide ja sulfaatide peatav toime deplasmolüüsisse. D e H a a n (l. c.) leidis, et kõik tema poolt uuritud soolad kiirendavad deplasmolüüsi, võrreldes suhkruga. Nagu eespool mainitud, on ta katsetes nitraadi ja sulfaadi toimevahe väga väike, millest võib järeldada, et nõrgemates lahustes eriti lüotroop-rea viimaste liikmete toime kiiremalt väheneb kui esimestel. Edasi on põhjust arvata, et toimevahed sooladel sõltuvad plasmakihi paksusest. Meie katsed ¹⁾ *Tradescantia virginica* tolmukaniitide karvakestega näitavad, et kõik neutraalsoolad kiirendavad deplasmolüüsi, võrreldes saharoosiga. Mainitud objektil on plasmakiht võrdlemisi paks ja lühiaegseis katseis nähtavasti ei tule küllaldaselt maksvusele nende soolade toime, mis aeglaselt plasmasse diffundeerivad (tartraadid, tsitraadid ja sulfaadid).

Soolade toime põhjustest.

Rööbiti seades soolade toimet deplasmolüüsile nende permeatsioonivõimega, oleks loomulik otsida selle toime põhjusi kolloid-

¹⁾ Praegu veel avaldamata.

keemilisis plasmamuutuis, mis tingivad erinevat permeaablust sooladele.

Aastat kaksteistkümmend tagasi seati üles permeaabluse-teooria (K a h o, 1921, 1923), mille järgi neutraalsoolade tungimine plasmasse on tingitud nende kolloidaktiivsusest, võimest lüotroopselt muuta plasmakolloidide hüdratsiooniastet, millest sõltub soolade permeatsioonikiirus, nimelt hüdratsiooni tõustes suureneb rööbiti ka nende diffusioonikiirus. Soolade toime on aditiivse iseloomuga ja resulteerub ta ionide vastupidiseist toimest. Katioonid toimivad plasmakolloididesse dehüdratiseerivalt resp. koaguleerivalt ja vähendavad permeaablust vastavalt reale: $Ca > Ba > Mg > Li > Na > K$; anioonid toimivad hüdratiseerivalt resp. peptiseerivalt ja suurendavad läbilaskvust: $CNS > Br > NO_3 > Cl > tartraat > SO_4$. Tegelik soolaeffekt on summa, mille liidetavatena esinevad anioonid positiivse ja katioonid negatiivse märgiga.

Seda puht füüsiko-keemilise iseloomuga teooriat¹⁾ on siiani võetud tööhüpoteesina, ja niikaua kui kolloidide hüdratsiooni protsessid ja soolade lüotroopne toime pole lõplikult ära seletatud füüsiko-keemilisest seisukohast, ei saa otsustada, missuguses suunas teda tuleks täiendada. Ta seati üles katsete alusel, mis sooritati hüpertooniliste lahustega. Viimased ei esine kunagi looduslikes tingimuis, kuid teevad tulemused hoopis lihtsamaks ja ülevaatlikumaks. Edasi olid katsed lühiaegsed, et vältida komplikatsioone, mille esinemine oleks võimalik pikema katseaja puhul. Sel viisil saadud tulemused olid lähtekohaks pärastisele süvenemisele sellesse väga keerulisse probleemi, ja peab ütleva, et nad on teatava määrani seda ülesannet ka täitnud (vrld. Hansteen-Cranner (1922), Lepeschkin (1924), Ruhland ja Hoffmann (1925), Gurewitsch (1929), Wieringa (1930), Brauner (1932), Lundegårdh (1932)).

Kauaaegseis katseis füsioloogilisel normaalseis kontsentratsioonidega on tingimused niivõrt keerulised, et vaatamata arvurikastele juba ammu tehtud katsetele, kas kultuuride näol või teisiti, pole osutunud võimalikuks leida füüsiko-keemilisi seadusepärastisi soolade toimes plasmasse ega avastada lähtekohti, mis oleksid võinud olla kindlamaks aluseks igakülgele uurimisele. Andmed, mis säärastel juhtudel esinevad, kujunevad väga kirjuks pildiks, nad on ettenägemata tegurite mõjul sageli üksteisele vasturääkivad ja teevad õige tee leidmise sellest labürindist hoopis raskeks.

Järgmine samm probleemisse süvenemisel oleks küsimuste lahendamine: 1) kuidas muutub soolade permeatsioon kontsentratsiooni langedes füsioloogilisele niveole; 2) kas jäävad erisuguste

¹⁾ Tol ajal, kui ta üles seati, domineeris vaade, et plasmal on n. n. selektiivne võime, s. t. ta võib aktiivselt valida põhjalahustest soolaid, mis füsioloogilisel vajalikuks osutuvad.

soolade permeatsioonisuhted samaseks või muutuvad; viimasel juhul — missuguses suunas; 3) permeaabluse selgitamine ultrafiltri-teooria seisukohast, mille raamidesse soolade permeatsioon ei näi mahtuvat.

Mõningaid vaatlusi esimese punkti suhtes leiame Ruhland ja Hoffmann'i (l. c.) uurimuisis. Autorid leidsid, et *Beggiatoa mirabilis* rakkudesse diffundeerub nõrgemaist lahuseist suhteliselt rohkem soola kui tugevamaist. Nii 0,5 mol $MgCl_2$ -lahusest diffundeerub 18³⁰ min. jooksul rakku keskmiselt minutis — 0,027 moli soola; 0,09 mol lahusest 2⁴⁰ min. jooksul keskm. minutis — 0,0342 moli; 0,06 mol lahusest 1¹⁰ min. jooksul ühes minutis — 0,0533 moli. Sellest järeldavad autorid, et soolalahuse difusioon läbi plasma ei vasta Fick'i seadusele. Tuleb siin nentida, et Fitting (1915) ja Tröndle (1918) leidsid seda teistel asjaoludel. Plasmolüütilis katseis, eriti pikema aja vältel, jääb soola tulemine rakku järk-järgult aeglasemaks, nii et järgnevais ajaühikuis diffundeeruv soolahulk pikkamööda väheneb. Fitting'i katseis *Rhoeo* rakkudega diffundeerus rakku esimese tunni jooksul kuni 0,01 mol soola. Järgnevatel tundidel vähenes soolahulk ja langes 12—20 tunni järel nullini. Permeaabluse lange mine läheb seda kiiremini, mida suurem oli ta soolale alguses. Fitting kindlat seisukohta selle nähtuse suhtes ei võta. Ta avaldab ühes mõningate teiste võimalikkude põhjustega ka arvamist, et see võiks sõltuda soola toimest plasmasse.

Tröndle (l. c.) oma eksperimentides *Lupinus albus*'ega leidis, et ta juurerakkudesse tungib 5 min. jooksul 0,101 moli KCl, 15 min. jooksul — 0,073 moli ja 30 min. vältel — 0,034 moli minutis. Selle nähtuse põhjust arvab ta nägevat plasma ärritatuses. Sool ärritab alguses plasmataugevasti, kuid varsti saabub teatav väsimus, mis mõjub soolatranspordile selle vähenemise mõttes. See väsimus kasvab Weber'i seaduse järgi. Nagu näha, on Tröndle seletus puhtfüsioloogilist laadi.

Esitatud andmed ei luba teha kindlaimaid järeldusi taimesse vastuvõetud soolade hulga sõltuvuse üle kontsentratsioonist. Nad näitavad kauema viibimise kahjulikkust plasmale kõrge koondusega lahuses; plasma kolloidne struktuur muutub nähtavasti tihedamaks, — asjaolu, mis kooskõlastub kogemustega kolloidsete kilede permeaabluse uurimisel. Seepärast on arusaadav, et soola tungimine ei või kauavältavais katseis alistuda Fick'i seadusele. Võib arvata Ruhland'i katsete põhjal, et nõrgematest lahustest

algul suhteliselt suurem hulk soola rakku tuleb, arvesse võttes aga erisuguseid vaatluseaegu katsetel, näit. 0,5 moli puhul umbes 18 min., 0,09 moli juures 2⁴⁰ min., pole võimalik ühe minuti keskmistest otseselt sellist järeldust teha. Madalamais koondusis võib analoogselt kõrgemaile diffusioonikiirus katse vältides langeda.

Käsitluses oleva küsimusega on teatava määrani seoses G u r e w i t s c h'i (l. c.) ja B r a u n e r'i (l. c.) vaatlused elektro-lüütide diffusiooni üle eluta taimekestade läbi (nisutera ja Aesculus'e seemnekest). Mainitud uurijate vaatluste järgi näitab diffusioon ka siin kõrvalekaldumisi F i c k'i seadusest. Kõrgemais koondusis saabus „küllastuskünnis“ (Sättigungsstrom), mille ületamise järel lahuse koonduse suurenemine diffusioonikiirusele enam ei mõjunud. G u r e w i t s c h'i arvamise järgi saabub kitsa-poorsetel kiledel kontsentratsiooni tõustes olukord, kus vabade pooride valendus täitub diffundeeruva aine jaokestega ja selle tagajärjel järgnevais ajaühikuis diffusioonivoolu suurus konstantseks jääb ka suurema kontsentratsiooni puhul. Oletades elektro-lüütide lüotroopset mõju membraani pundumisele, tuleb G. järgi arvestada ka pooride permeaablust, nende valenduse suuruse muutumise mõttes diffundeeruva aine mõjustusel. Taimerakule G. ja B. tulemusi üksikasjus üle viia pole võimalik, kuid teatavates punktides on analoogia vastuvaidlemata olemas.

Vaatame edasi, kuidas muutuvad kvantitatiivselt soolade permeaabluse vahekorrad nõrgemates kontsentratsioonides. Et see küsimus on seoses eelmisega, siis esineb korduvalt võimalus esimesele tagasi tulla. Võtame esialgseks orienteerumiseks agaar-hüdrokeeli ja vaatleme ta pundumist mitmesuguseis soolakoondusis. S a m e c'i järgi on looduslik agaar geloosiväävelhappe naatriumi ja kaltsiumi sool, mis reageerib veidi alkaalselt. Ta sisaldab mainitud soole adsorptiivselt ka kauemini leotatult¹⁾ ja on selle tagajärjel vähe tundlik nõrgemate soolade lahustele, ka on ta hüdratatsioonivõime väga väike. Sellele vaatamata tuleb agaari eelistada želatiinile, plasmale samasuguse, negatiivse laengu tõttu, ehk küll analoogia viimasega on kaunis kauge. Želatiin on positiivne kolloid ja vahekorrad sooladega osutuvad keerulisemaks. Vastandina želatiinile mõjustavad soolad analoogse meetoodikaga

¹⁾ Allesitatud D o k a n'i (l. c.) katsetes oli agaari tuhasisaldus 1,39%.

agaari pundumist peatavalt. Kui võtta pundumist kui niisugust, siis on ta ümmargustes arvudes D o k a n'i (1924) järgi:

Kloriidid.

Agaari pundumise % (H₂O = 100).

| | Li | Na | K | Ca | Ba | Mg |
|---------|----|----|----|----|----|----|
| 1 n. | 47 | 38 | 29 | 44 | 37 | 44 |
| 0,1 „ | 60 | 56 | 49 | 52 | 48 | 50 |
| 0,01 „ | 80 | 77 | 79 | 66 | 61 | 64 |
| 0,001 „ | 95 | 92 | 92 | 84 | 83 | 84 |

Need andmed näitavad, et soolakontsentratsiooni vähenedes pundumine tõuseb. Katioonid annavad kaunis kirju pildi, nende suhteline aktiivsus muutub kontsentratsiooniga, ja pole võimalik üles seada leelis- ja leelismulla-soolade ühist kindlat toimerida. Arvestades pundumist 0,01 n — 0,0001 n piirides näeme, et valentsusereegel tuleb nähtavale: kaheväärised katioonid peatavad pundumist tugevamini ühevääristest¹⁾ Ba > Mg > Ca ja K > Na > Li. Leeliskationide aktiivsus on agaari suhtes erinev, võrreldes valkudega. Negatiivse (ioniseeritud) valgu koagulatsioon väheneb rea järgi: Li > Na > K (P a u l i ja H a n d o w s k y 1910).

Kontsentritud lahustes (4 n) pöördub agaaril leeliskationide rida: Li > Na > K (D o k a n 1925); pöördumine toimub samuti $1/10$ — $1/40$ n HCl juurdelisamisel.

Anioonide toime seisukohast mõjustasid kaaliumisoolad agaari pundumist järgmiselt:

| | % | | | | | |
|---------|-----|-----------------|----|----|---------------------|-----------------|
| | CNS | NO ₃ | Br | Cl | CH ₃ COO | SO ₄ |
| 1 n. | 65 | 52 | 40 | 33 | 25 | 23 |
| 0,1 „ | 58 | 57 | 54 | 50 | 53 | 50 |
| 0,01 „ | 68 | 66 | 64 | 63 | 65 | 62 |
| 0,001 „ | 81 | 83 | 80 | 82 | 83 | 85 |

Kui äädikhapu kaaliumi vahelduvat kohta mitte arvestada (hüdrolüüs?), on 1 n — 0,01 n piires pundumisele mõõduandev lütroop-rida CNS — > SO₄. Nõrgemais lahuseis on read vähem reeglipärased, mis oleneb agaari vähesest tundlikkusest; igatahes pole siin tegemist ümberlaadimis-tendentsiga. D o k a n'il (1925) ei läinud korda, analoogselt kationidega, kontsentritud lahustes või HCl juurdelisamisega aniooniderea pöördumist esile kutsuda.

Ridade pöördumist kationidel seletab ta adsorptsiooniga ja dehüdratatsiooniga. Adsorbeeruvad vastupidiselt laetud ionid ja kannavad kolloididele üle oma hüdratatsioonitendentsid. Lahusesse jäänud ionid mõjuvad dehüdratiseerivalt. Nõrgemais lahuseis on ülekaalus adsorptsioon ja kationide toimerida on ühtlasi ka nende adsorptsioonirida. Tugevamates kontsentratsioonides

¹⁾ Üksikute kationide toimevahed kummaski rühmas pole kuigi suured ja püsivad arvatavasti katsevea piirides.

on ülekaalul vabade ionide dehüdratatsioonitoime, millest osa võtavad mõlemadioonid, sõltumata kolloidi laengust, ja rida pöördub selle tagajärjel. Edasi etendab osa veel kolloidilaengu mõjustamine vabadeltioonidelt.

Kokkuvõetult oleneb kolloidoleku muutumine agaaril Doka n'i järgi: 1. laengu mõjustamisest; 2. hüdratatsioonist adsorbeeritud ionide mõjul; 3. dehüdratatsioonist vabade ionide toimel („Fernwirkung“).

Käsitleme nüüd taimedel mõningaid erisuguste soolade transpordi kohta käivaid andmeid nõrkadest lahustest.

Niklewski, Kraus ja Lemańczyk (1928) määrasid kvantitatiivselt kaaliumisoolade korjumist odra juurerakkudesse. Selleks kasvatati taimed umbes ühe kuu jooksul Pfeffer'i toitlahuses ja viidi üle 18 tunniks üksikute soolade lahustesse (0,025 n). Kõigis lahuseis esines permeaabluse olenevus anioonist. Nad soodustasid soola korjumist lütroop-rea järgi: $\text{NO}_3 > \text{Cl} > \text{SO}_4 > \text{H}_2\text{PO}_4$. Edasi on mainitud autorite andmeist näha, et K tuleb palju suuremal hulgal juurerakkudesse kui Ca. Lundegårdh (1932) leidis väga laiaulatuseliste katsete põhjal, et nisutaimed üksikute K-soolade lahuseist (0,01 n — 0,005 n) 6 päeva jooksul absorbeerisid järgmised kaaliumihulgad:

| | | | |
|---------------------------------|---------|-------|-----|
| KNO ₃ | lahuses | 2,120 | mg. |
| KCl | „ | 1,691 | „ |
| KH ₂ PO ₄ | „ | 1,612 | „ |
| K ₂ SO ₄ | „ | 1,268 | „ |

Neis andmeis väljendub selgesti lütroopne sõltuvus anioonist: $\text{NO}_3 > \text{Cl} > \text{H}_2\text{PO}_4 > \text{SO}_4$, millele L. ka osutab.

Katioonide korjumise kiirust selgitavad alljärgnevad Lundegårdh'i arvud (keskmised 10-st kultuurist mgr-des).

| | KCl | MgCl ₂ | NaCl | CaCl ₂ |
|---------|------|-------------------|-------|-------------------|
| 0,01 n | 9,92 | — | 1,622 | 1,828 |
| 0,002 „ | 9,16 | 6,22 | 3,652 | — |

K > Mg > Ca
Na

Kooskõlas ülal-ettetooduga leidsid Pirschle ja Mengdehl (1931) hernekultuurides kaaliumil kiirema permeatsiooni nitraadist kui sulfaadist ja monofosfaadist; permeatsiooni soodustamise mõttes oli NO_3 toime üldiselt tugevam Cl-st.

Wieringa (1930) määras kvantitatiivselt soolade vastuvõttu pärmirakkudesse nõrkadest lahustest 48 t. jooksul. Katioonide vastuvõtu seisukohast tungisid uuritavad soolad pärmirakku:

$\text{NH}_4 > \text{K} > \text{Na} > \text{Mg}, \text{Ca};$

anioonide toime kohaselt: $\text{NO}_3 > \text{Cl} > \text{SO}_4$ ja formiaat $>$ atsetaat $>$ tsitraat $>$ tartraat; W. leiab soolade liütroopse toime selgelt väljendatud olevat.

Tsung-Lê Loo (1931) uuris neutraalsoolade toimet NH_4NO_3 permeatsioonile maisi, nisu ja herne veekultuurides. Selleks lisas ta 0,005 moli NH_4NO_3 lahusele juurde leelis- ja leelismullasoolale (harilikult 0,01 ja 0,001 mol), nii et vaatlusel oli alati kahe soola vastastikune toime. Ära määrati vaid permeeriv NH_4NO_3 hulk. Katioonid peatavad NH_4NO_3 mõlema iooni vastuvõttu taimedesse rea järgi: $\text{K}, \text{Na}, \text{Li} < \text{Mg} < \text{Ca}, \text{Sr} < \text{Ba}$. Anioonid takistavad NH_4 tungimist:

$\text{Cl} < \text{Br} < \text{SO}_4 < \text{CNS} < \text{J}$, ja NO_3 korjumist:

$\text{SO}_4 < \text{Cl} < \text{Br} < \text{CNS} < \text{J}$.

Edasi korraldati kultuurid järgmises toitlahuses: $\text{MgSO}_4 + \text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{CaCl}_2 + \text{NH}_4\text{NO}_3$. Sellele lahusele füsioloogilises koonduses lisati juurde ühte sooladest: NaCNS , NaCl , Na_2SO_4 (0,01 n ja 0,001 n) ja määrati ära NH_4NO_3 hulgad taimis 12—120 tunni pärast. Need katsed näitasid, et lühiaegsetes kultuurides (24 t.) soodustas rodaniid NH_4 neelumist rohkem kui kloriid ja sulfaat ($\text{CNS} > \text{Cl}, \text{SO}_4$). Pikema aja jooksul tuleb rodaniidi kahjulik toime juurerakkudesse nähtavale. Viimased ei neela enam tarvilisel määral vett ja taimedel hakkavad lehed närtsima. Kolmepäevastes kultuurides soodustas NH_4 absorptsiooni $\text{NaCl} > \text{Na}_2\text{SO}_4$.

Nende andmetega piirdun ning tähendan, et viimasel ajal on rida töid ilmunud, mille tulemused üldjoonis kooskõlastuvad eelmistega, niipalju kui nad puudutavad permeaabsuseprobleemi (vrd. Schmalfluss 1932, Hoagland 1923, Reed ja Haas 1923, Rippeel 1926, Lundgårdh ja Moravek 1924 j. t.).

Kokku võttes kõiki soolade permeatsiooni kohta käivaid andmeid füsioloogilistes koondustes näeme, et nad kaunis heas kooskõlas on sellistega, mis on saavutatud lühiaegseis katseis hüpertoniliste lahustega.

Kultuurides pikema aja vältel, kus soolad esinevad taimile toitesooladena, ei saa iga kord arvestada ühendeid, mida taim otseselt ei vaja. Sellest seisukohast ei ole katsed õigesti korraldatud, kui toitesooladele lisaks pannakse leelissoolade rodaniide, bromiide, jodiide, samuti ka mõningaid teisi, looduslikes tingimustes haruldasemalt esinevaid ühendeid. Kõik mainitud soolad sobivad lühiaegseiks laboratooriumikatseiks mõne tunni vältel ja nende abil on tähtsad kolloidkeemilised vahekorrad avastatud. Neil sooladel

pole toiteväärtust, nad toimivad vaid plasmasse kui kolloidisse, korjudes peamiselt rakkudesse, mis on nendega vahenditult kontaktis ja ei levi taimes analoogselt toitesooladele. Kultuurilahustes pole kõne all olevad soolad toitesooladega võrdsetes tingimustes. Toitesooladel on taime suhtes kaks ülesannet: 1. anda tarvilist materjali rakkude ja kudede ehituseks; 2. luua oma toimega plasmasse kui kolloidisse ainevahetuseks soodsaid tingimusi. Lühiaegseis katseis ei tule esimene ülesanne arvesse, uuritakse vaid teise põhi-jooni, ja sellest seisukohast on kõik soolad võrdse tähtsusega. On arusaadav, kui rodaniidid, jodiidid ja bromiidid, mis juba lühikese aja vältel tugevasti edendavad hüdrogeelide hüdratatsiooni, pikema aja jooksul kultuurides vaid kahjulikult toimivad, plasmakolloididel n. ü. ülehüdratatsiooni esile kutsudes, mille tagajärjel plasma varsti desorganiseerub. Alguses, kui soolade kolloidkeemilisest toimest plasmasse igasugune ülevaade puudus (Fitting 1915, Tröndle 1918 ei püüagi sellist põhjendada) ja üles kerkis küsimus, kas on soolade toimes elusplasmasse mõnesugust analoogiat eluta kolloididega, oli õigustatud asjaolu, et võeti plasmad kui lihtsat hüdrogeeli ja mõjustati ühenditega, mis omavad viimaste suhtes suurimat efekti. Ka käesolevais katseis, soolade toime uurimisel deplasmolüüsisse ning eo ipso vee filtratsioonisse, on see asjakohane, sest küsimus on veel hoopis vähe selgitatud. Võib küll öelda, et ilma lühiaegsete katseteta hüpertoonilistes lahustes, kus selgesti avanesid puht füüsiko-keemilised seaduspärasused, poleks need vahekorrad toitlahustes nii arusaadavad olnud kui praegu, esiteks sellepärast, et ei teatud, kust neid otsida, ja teiseks, et nad osutuvad seal hoopis keerulisemaks.

Toitsooladest võtab taim normaalseis tingimuis, nagu viimasel ajal mitmelt poolt on näidatud, ka aliumi ja magneesiumi tugevamini kui kaltsiumi — $K > Mg > Ca$, ning anioone: $NO_3 > Cl > H_2PO_4 > SO_4$, — asjaolu, mis väga hästi kooskõlas seisab lühiaegsete laboratooriumikatsetega. Eriti viimast on täpsate ja väga laiaulatuseliste katsetega põhjendanud Lundegårdh (1932). Oma raamatus, kus väga täielikult on kokku võetud kõik, mis sel alal saavutatud, ütleb ta (lk. 118): „kui me eesolevaid katseid (ta oma kultuurkatseted; H. K.) ... ja selliseid 2—3 tunni vältusega vaatleme, siis on üllatav, et nad nii paljudes suhteis kooskõlastuvad. Permeaablusekatsetel, sageli kontsentreeritumate lahustega, tulid esiplaanile ionide „kolloidaktiivsed“ toimed ja ionide vastuvõtu kiirus, samutigi nende vastastikune toime sellesse näitab tähelepanuväärivat kooskõla kolloidkeemiast tuntud sadestamis- ning paisumisriidadega... Ka normaalsel ionide vastuvõtul nõrkadest lahustest valitsevad üldiselt samad seaduspärasused, mis vägagi kunstlikel plasmolüüsi tingimuis peamiselt kvalitatiivselt kindlaks tehti... Sellepärast on õigustatud järel-

dus, et loomulik soolade vastuvõtt kaugeleulatuvalt reguleeritakse protoplasma kolloidoleku kaudu...“

Kui silmas pidada soolade kvantitatiivset vastuvõttu toitlahustest, siis ei leia me seal ka väga nõrgas koonduses ioonide-ridade pöördumist, mis lubaks oletada plasma ümberlaadimist. Väikesed muudatused ridades võib katsevea arvele panna. Tuleks nentida, et ka D o k a n'il (l. c.) agaarikatsetes korda ei läinud anioonide rea pöördumist saavutada. Nähtavasti on ümberlaadimine seotud nii suurte struktuurimuudatustega, et ta pole mõeldav elusplasma.

Mõningate analoogiate juures soolade toimel eluta hüdrogeelidesse ja plasmasse tuleb osutada ühele erinevusele soolade vastuvõtul, nimelt, et nad läbi plasma rakuvakuoli lähevad. Plasma etendab siin nagu filtri osa sooladele. Viimasel ajal on R u h l a n d ja ta kaastöölised püüdnud põhjendada ultrafiltri-teooriat. Juba T r a u b e (1867), eksperimentides n. n. sadekiledega, avaldas arvamise, et plasma suhtub ühenditesse „molekulisöelana“, läbi lastes vaid teatava suurusega osakesi. Viimasel ajal on eriti C o l l a n d e r (1924 j. t.) ja rida teisi (M i c h a e l i s 1925, A n s e l m i n o 1928, B e c h h o l d 1929) uurinud mitmesuguste ühendite filtratsiooni läbi kolloidkilede. Nende uurimustest võib järeldada, et permeatsioon sõltub peamiselt molekuli suurusest: väiksema mahuga molekulid permeerivad kiiremini kui suuremaga. Teatud suuruse puhul näit. piimahappe molekuli suurusele vastavad osakesed enam läbi kolloodiumikile ei pääse. Umbes sama asjaolu leidsid R u h l a n d ja H o f f m a n n (1925), S c h ö n f e l d e r (1930) *Beggiatoa mirabilis*'el elektrolüütide suhtes. Üldjoontes oli umbes kahekümne uuritud ühendi permeatsioonil nende molekulimahu ja plasma läbitungivuse kiiruse vahel kaunis selge sõltuvus. Eriti hästi väljendus see n. n. indiffe- rentsetel anelektrolüütidel, kuna pindaktiivsed või eetris lahustu- vad ühendid võrreldes esimestega suuremat permeatsioonikiirust omasid. Aga ka neil tuli sõltuvus molekulimahust homoloogsetes ridades esile¹⁾. Soolade suhtes asusid nimetatud uurijad käesoleva kirjutise autori seisukohale (K a h o 1921, 1924).

¹⁾ *Beggiatoa mir.*, millega R u h l a n d ja ta õpilased katsetasid, omab plasma pinnal kaks kilet (arvatavasti pektiinaineist), mis plasmaga on tugevasti ühendatud ja ei eraldu hüpertoonsetes lahustes. Võib arvata, et mainitud kiled ultrafiltri osa etendavad. Seda tõestab asjaolu, et lahuste

Soolade molekulid on elektriliselt neutraalsed, vähe hüdratiseeritud, omavad võrdlemisi väikest mahtu ja peaksid kaunis kiiresti läbi plasma tungima. See asjaolu on põhjust andnud oletusele, et ioonid üldse läbi plasma ei lähe, vaid peamiselt molekulid (vrd. kokkuvõtte Kostyschew 1931). Teiselt poolt väidab rida autoreid ühes molekulidega ka ionide permeatsiooni. Kahtlemata räägib palju selle poolt, et soolade molekulid, kui nad lahuses leiduvad, võrdlemisi kergesti raku vastu võetakse, samuti kui väikese molekuliga anelektrolüüdid. Soolad pole pindaktiivsed ega oma lipoidlahustuvust ja seepärast pole põhjust, et nende permeatsioon erineks n. n. indifferentsete anelektrolüütide omast, kui võtta neid vaid molekulidena; neid saavad ioonid looksida oma toimega plasmale vastavad eeldused permeatsioonile. On mõningaid uurimusi, mis näitavad permeeruva soolahulga suurenemist dissotsiatsiooni tagasi minnes (Wieringa 1930, Bouillenne 1930 j. t.). Oma tähelepanekuist võin osutada äädikhappe sooladele, mis on teistest leelissooladest vähem dissotsieeritud, kuid kiiremini raku tungivad, kui see järgneks nende lüotroopsest toimest.

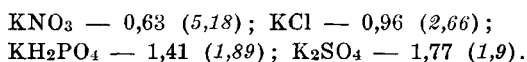
Uuemate uurimuste põhjal näib olevat tõsiasjaks saanud väide, et tugevatel elektrolüütidel (tugevad happed ja leelised, suurem hulk neutraalsole) ka kontsentreeritud lahustes molekulid puuduvad ja dissotsiatsioon täielikult aset võtab (Hückel 1924, Bjerrum 1926, Auerbach 1922, Nernst 1926). Elektri juhtivuse, keemilise aktiivsuse j. t. vähenemist kontsentratsiooni tõusmisega ei seletata dissotsiatsiooni vähenemisega, s. t. molekulide arvu suurenemisega lahuses, vaid ionide vastastikuste elektrostaatiliste tungidega, mille mõjul ionide vaba liikumine väheneb; kõrgemas koonduses kasvab anioonide ja katioonide

diffusioon surmatud *Beggiatoa* plasmasse umbes sama seadusepärasuse järgi aset võtab kui elusa *B.* plasmasse. (Vrd. Ruhlmann 1925.) Seepärast tuleb mainitud katseobjektile kui erandile vaadata. Harilikku elutegevate rakkude plasma, peale tselluloosse kesta, mis ainevahetust ei reguleeri, ei oma kilesid. Elutegev plasma on vedelas olekus ja see teeb ultrafiltri-teooria rakendamisele raskust. Võiks ainult juttu olla plasma pindkihtide suuremast viskoossusest, ta mitsellide lähemale koondumise tõttu. Sel puhul väheneksid ka intermitsellaar-ruumid. Ultrafiltri-teooria eeldab tiheda konsistentsiga, püsivat kilet (umbes nagu n. n. sadekiled), milline elutegev plasmas puudub.

elektrolüütiline hõõrumine ja ionide ümber oleva elektrivälja muutumisega kasvavad nende veekatted.

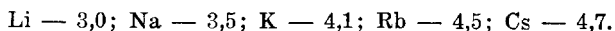
Mis puutub ionide tungimisse rakku, siis tõendab seda asjaolu, et soolade vastupidiselt laetud ioone leitakse rakus mittevõrdsel hulgal (Meurer 1909, Nathanson 1907, Pantanelli 1915, Redfern 1922, Stiles 1924, Niklewski j. t. l. c.). Ühel juhul on rohkem katioone, teisel — anioone; nende hulgaline vahekord varieerub tugevasti, olenedes taimest, toitlahuste koosseisust j. t. tingimustest. Näib tõenäoline olevat, et katioon: anioon liiga tugev ja ebareeglipärane teisendumine tuleb teatava määranil panna ka katsevea arvele analüüsil, eriti kui katsetatakse tundmata koosseisuga keskuses kasvanud taimedega, mille ionide hulka on võimata kontrollida enne katseid. Seepärast näitavad mainitud vahekorda paremini need andmed, mis on saadud seemneist kindla koosseisuga lahustes kasvatatud taimist.

Niklewski, Kraus ja Lemańczyk (l. c.) leidsid eespoolkirjeldatud katsetes odrajuurtes (kultuurilahus 0,025 n) ebavõrdselt absorbeerunud ioone vastavalt ekvivalentsuhetele katioon: anioon (arvud sulgudes — mg/ekvivalent):



Need arvud näitavad kaaliumnitraadil umbes $1\frac{1}{2}$ korda suuremat vastuvõttu anioonil kui katioonil; kloriidil on mõlemate ionide hulgad ligikaudselt võrdsed; fosfaadil ja sulfaadil absorbeeritakse anioone märksa vähem kui katioone. Üldine neelatud soolahulk väheneb $\text{NO}_3 \rightarrow \text{SO}_4$, s. o. lüotroop-rea järgi. Ettetoodud arvud osutavad kahtlemata seadusepärasusele ionide permeatsioonil. Ka Pantanelli (l. c.) andmeist on näha sulfaatidel suuremat vastuvõttu katioonil kui anioonil; nitraatidel väljendub vastupidine vahekord.

Ioonid on mahult molekulidest märksa väiksemad, kuid pääsevad oma laengu ja hüdratatsiooni tõttu raskemini läbi plasma. Katioonide mahu suurus tõuseb rea järgi: $\text{Li} < \text{Na} < \text{K} < \text{Rb} < \text{Cs}$, nende läbimõõt 10^{-7} mm-tes on Bragg'i¹⁾ järgi:



Hüdratatsiooni arvud näitavad väiksematel ionidel märksa

¹⁾ Lundegårdhi järgi ümmargustes arvudes.

tugevamat hüdratatsiooni kui suurematel (H_2O molide hulk 1 molioonile):

Li — 120; Na — 66; K — 17; Rb — 14; Cs — 13.

Hüdratatsiooni tagajärjel omavad ruumalalt väiksemad ioonid ühes veekihiga palju suuremat mahtu, — asjaolu, mis tunduvalt takistab nende liikumist plasma läbi. Leelismulla katioonide hüdratatsioon on nende kahekordse laengu tõttu veelgi suurem kui alkalikatsioonidel ja väheneb rea järgi: $Mg > Ca$, $Sr > Ba$; vahed ei ole siin nähtavasti suured. Anioonide hüdratatsioon arvatakse üldiselt väiksem olevat kui katioonidel ja neil pole, mis puutub ühevääristesse ioonidesse, kuigi suured vahed, peale sulfaat-iooni, mille kahekordne laeng põhjustab suurema veekihi. Nende hüdratatsioon tõuseb: $Br < I < Cl < NO_3 < SO_4$. Ioonide hüdratatsiooni ja ta suurust järeldatakse mitmest füüsiko-keemilisest nähtusest, nii mahukoondumisest elektrolüütide lahustusel vees, liikumiskiirusest elektriväljal j. t. Eriti kataforeetiline liikumiskiirus annab kujutluse ioonide hüdratatsioonist. Sellekohased arvud näitavad meile järgmist (C o l l a n d e r 1924):

| K | Na | Li | Ba | Ca | Sr | Mg |
|------|------|------|------|------|------|------|
| 64,7 | 43,6 | 33,4 | 27,8 | 25,9 | 25,8 | 23,0 |

Nagu arvud näitavad, on Li alkalikatsioonest elektriväljal umbes poole vähem liikumiskiirus kui K, vaatamata sellele, et ta on mahult vähim ioon. Sellest järeldatakse, et Li tugevamini hüdratiseeritud, paks veekatte teeb ta üldise mahu neist kõige suuremaks ja takistab liikumist. Anioonide liikumiskiirust näitavad meile alljärgnevad arvud:

| Br | I | Cl | NO_3 | SO_4 |
|------|------|------|--------|--------|
| 67,6 | 66,4 | 65,4 | 61,8 | 34,2 |

Neist võib järeldada, et anioonidel $Br \rightarrow NO_3$ on hüdratatsioon üldiselt väike ja ei erine, nende veekihid vastavad umbes kaaliumiooni omadele; vähima kiirusega SO_4 -ioon peaks omama tublisti paksema veekatte. Ioonide veekihid paksenevad kontsentratsiooni tõusmisega. Hüdratatsiooni mõju avaldub selgesti ka diffusioonikiirusele vee sees. Kui K-iooni diffusioonikiirus võtta võrdseks ühega, siis on see teistel katioonidel K o h l r a u s c h'i järgi:

| Li | Na | K | Rb |
|------|------|---|------|
| 0,52 | 0,65 | 1 | 1,04 |

Permeatsioonil läbi kolloodiumikile (M i c h a e l i s l. c.) lähivad nende ionide läbitungimise kiirusevahed suurema takistuse tõttu arusaadavalt suuremaks:

| Li | Na | K | Rb |
|-------|------|---|-----|
| 0,048 | 0,14 | 1 | 2,8 |

Et diffusioonil K on Li umbes poole kiirem, näeme kile läbistamisel vahekorda muutuvat umbes 1:20.

Vee liitumisele hüdratatsioonil tuleb vaadata kui adsorptsioonitaolisele protsessile, mis otseselt ei alistu stöhhiomeetrilistele seadustele. Teatavad asjaolud lubavad oletada vees molekulide komplekside olemasolu; need tekivad sel viisil, et mitmed dipoolid üksteisele reastuvad. Blüh' (1923), Ebert'i (1926) j. t. järgi on molekulide kompleksidel amfoteerne iseloom, neil dissotsieerub ühes otsas positiivne vesinik-ioon, teises — negatiivne hüdroksüül-ioon. Sel teel moodustunud aggregaat on dipool tugeva elektrilise momendiga. Ioonide laeng tekitab teatavasti sümmeetrilise keraja elektrivälja; veemolekulid liituvad ionidele, orienteerudes vastavalt oma dipoolstruktuurile.

Oma laengu tõttu ei saa ionid üksikult läbi plasma permeeruda, vaid see peab toimuma paariviisi. Näit. diffusioonil, kui anioon liigub kationist kiiremini, või ümberpöörduvalt, siis jäävad nad ikkagi teatud kaugusesse, kusjuures potentsiaalide vahe esile tuleb. Üksikute ionide tungimine plasmasse on võimalik vaid ionide vahetuse teel. Anioonide vahetust permeatsioonil on punastel vereliblel eriti mitmekülgset uuritud. Hamburger (1894), Koeppe (1897), Doisy ja Eaton (1921), Mukai (1921) j. t. leidsid, et CO₂ verrelaskmisel tõuseb libledes kloorisisaldus, kuna seerumis suureneb alkalihulk. Koeppe püstitas hüpoteesi, mille järgi süsihappe reageerub libledes alkalivalkudega ja vabanenud süsihappe anioonid väljuvad seerumisse; nende asemele permeerub libledes ekvivalentne hulk kloor-ioone. Böner'i (1907), Rohonyi (1916) j. t. järgi tungib NaBr-lahuses verelibledesse Br-ioone ja eksosmeerub ekvivalentne hulk kloori; Ca(NO₃)₂-lahuses permeerub NO₃-ioon libledes nii suure hulga, et viimaseist kloor-ioonid sootuks väljuvad. Wichmann'i (1921), Iversen'i (1921) j. t. järgi on anioonide permeatsioonile verelibledesse mõõduandev rida: Br, Cl > NO₃ > HPO₄ > SO₄. Kokku võttes peab ütlema, et anioonide tungimisel verelibledesse ionide vahetus esivalentsetes hulkades aset leiab.

Ei ole põhjust oletada, et taimerakus see teisiti toimuks. Niklewski j. t. (l. c.) katsetes võtavad odrajuured soolade-

ioone vahetuse teel: Ca- ja vähemal määral Mg-ioonid eksosmeeruvad ekvivalentsetes hulkades teiste katioonide (näit. K-i) sissetungimisel. Lundegårdh (l. c.) avaldab kahtlust, ja meie arvates täie õigusega, kas taimele väärtuslikud Ca-ioonid, mille hulk on tavaliselt piiratud, võiks olla katioonidele peamiseks vahetusvahendiks. Rakus on alati olemas rida teisi katioone, näit. Na-, ning eriti suure hulganä H-ioone, mis vahetusel võiksid arvesse tulla. Mainitud autori katseis jäi seisma Ca- ja osalt Mg-ioonide vastuvõtt rakku, niipea kui lahuse pH-kontsentratsioon kaldus leelisele poolele. Anioonide vahetuseks on taimelt rikkalikult HCO_3 -ioone, mis tekivad hingamisel ja teistel protsessidel; samuti võivad ka OH-ioonid tähtsust omada.

Ioonide permeatsioon paarikaupa (anioon + katioon) on enesest mõistetav. Takistuseks sellele on sageli katiooni ja aniooni ebahütlane liikumiskiirus. Näit. K_2SO_4 puhul pidurdab SO_4 suurema hüdratatsiooni tõttu kaaliumi-ioonide liikumist ja osa viimaseid tungib rakku nähtavasti vahetuse teel; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ suhtes on asi vastupidine; KCl puhul on mõlemate ionide liikumiskiirus ligikaudselt sama ja katselised andmed tõendavad ka nende võrdset vastuvõttu. Peab veel juurde lisama, et kiiresti liikuv katioon võib aeglaselt liikuva aniooni permeatsioonikiirust suurendada ja ümberpöörduvalt, piltlikult öeldes: üksioon võib teist kiiremini edasi vedada. Et aeglaselt permeeriva soola vastuvõttu rakku võivad teised kiirema difusiooniga soolad edendada, on ammugi juba katseliselt avastatud (Kaho 1923). Butkewitsch (1929), uurides elektrolüütide difusiooni kolloidkilede läbi, leidis järgmise seadusepärasuse: mida kiiremini liigub katioon, seda kergemini diffundeerub ka anioon ja ümberpöörduvalt. Ioonide väärise suurenemine mõjub takistavalt nende permeatsioonile.

Vesiniku-ioonide kontsentratsiooni teisendumine võib soodustada aniooni või katiooni vastuvõttu. On leitud, et mõnel juhul nõrk-leelisesest keskkonnast katioonid ja happelisest — anioonid kergemini rakku tungivad. Ka Butkewitsch'i (l. c.) katseis soodustasid H-ioonid anioonide ja OH-ioonid katioonide difusiooni läbi membraani.

Leelise reaktsiooni puhul on väliskeskkonnas OH-ioonide ülekaal, võrreldes rakumahlaga, kus domineerivad H-ioonid; viimased võivad vahetuda sissetungivate katioonidega. Kui välislahuses on H-ioonidel suurem ülekaal kui rakus, siis on samal põhi-

mõttel soodustatud anioonide vastuvõtt. Lundgårdh'i (l. c.) järgi pole see n. n. Robbins'i efekt kõrgematel taimedel alati kooskõlas katseliste andmetega; tal olla maksvus hallituste suhtes. Enese kogemuste põhjal formuleerib ta vesinik-ioonide toimet järgmiselt: on välislahuses H-ioonide kontsentratsioon madalam (pH kõrgem) kui rakus, siis soodustab see füüsiko-keemilisel põhjusil kationide vastuvõttu; kui H-ioonid on välislahuses tihedamini koondunud (pH madalam) kui rakus, siis soodustub anioonide vastuvõtt.

Mitme soola segus on ionide permeatsioon soodsam selles mõttes, et neil esineb valikuvõimalus ja ühtlasema kiirusega resp. hüdratatsiooniga ionid võivad paariviisi kiiremini rakku tungida. Lähtudes eeldusest, et toitlahustes puuduvad molekulid või nende hulk on minimaalne ja soolad on peaaegu täielikult dissotsieeritud, tuleb arvestada ionide spetsiifilist permeatsioonikiirust, kusjuures nende vastuvõtt rakku on võimalik vaid paariviisi või vahetuse teel. See asjaolu raskendab nende difusiooni plasma läbi, ja sellest seisukohast on arusaadav, mispärast üksiksoolalahuses alkalisulfaatide ja leelismullasoolade transport eksperimentis väga aeglaseks osutub. Kui oletada vastuvõttu peamiselt molekulidena ja vaid vähemal määral ionidena, nagu seda väidab rida uurijaid, siis ei võiks permeatsiooni vahe ülalnimetatud soolade ja näit. alkalinitraatide vahel nii suur olla, kui seda katse näitab, sest nad on endise vaate järgi umbes samal määral dissotsieeritud ja molekulid mahult võrdlemisi väikesed. Kuid see väide ei lahenda veel küsimust, kas soolad molekulidena või ionidena rakku pääsevad. Igatahes seal, kus molekulid lahuses leiduvad, peaks nende tungimine läbi plasma üldiselt kergem olema kui ionidel (näit. atsetaatidel).

Soolade ionide hüdratatsioonil on veel teine tähtsus, mis arvatavasti on peamiselt mõõduandev nende permeaablusele. Kui ma üles seadsin põhimõtte, et soolade vastuvõtul toimuvad raku kationid dehüdratiseerivalt plasmakolloididesse ja tihendades plasmat vähendavad permeaablust: $Ca > Mg > Na > K$, siis ei puudutatud küsimust, kas soolad ionide või molekulide näol rakku tulevad; mõeldav oli, et nad sel ja teisel kujul vastu võetakse. Praegu räägivad andmed rohkem vastuvõtu kasuks ionide näol.

Ioonid, mis rakku ümbritsevad, mõjustavad ühel või teisel viisil plasmakolloide. Kas võime käesoleval momendil rääkida plasma tihendamisest või hõrendamisest? On korjunud mõjuvaid

andmeid vaate kasuks, et ainetevahetusel mõjustavad permeaablust plasma lipoidsed komponendid ja ilma nende kaasabitada on raske permeaabluse nähtusi seletada. Viimasel ajal on peale Hansteen-Cranner'i teedrajava uurimuse plasma fosfaatide üle rida teisi autoreid: Lepeschkin (1926), Grafe (1927), Collander (1924, 1927 j. t.), Poijärvi (1928), Kaho (1921, 1923), Bärlund (1929), Gurewitsch (1929) j. t. oma töödes lipoidide tähtsust ainetevahetusel toonitanud. Mitmesuguseid ühendeid želatiini j. t. kilede läbi filtreerides tuli Collander otsusele, et pole võimalik taimeraku permeaablust ära seletada ilma lipoidideta. Lepeschkin seletab selektiivset permeaablust plasma valkude ja lipoidide ühendusega ja toob sellele järgmised tõendused: plasma sureb ära temperatuuris (50° — 60°), mis veel ei toimi lipoididesse, ja see tõestab plasmas valkude olemasolu; teiselt poolt diffundeerivad suhkrud ja soolad hea lahustuvuse tõttu väga kiiresti valkudes, plasma valkained ei saaks nende transporti sel määral reguleerida, nagu see tavaliselt toimub; selle järgi peaks selektiivne permeaablus sõltuma lipoididest. Viimaseid tõestab ka lipoidides hästi lahustavate narkootiliste ainete kiire difusioon läbi plasma. Mõlemate ühendusele osutab asjaolu, et valkainete nõrk keemiline muutumine juba hävitab lipoidide reguleeriva toime, ja edasi, et narkootiliste ühendite kontsentratsioonid, mis esile kutsuvad plasma valkude koagulatsiooni, hoopis erinevad sellistest eluta valkude suhtes: mida suurem narkootikumi lipoidlahustuvus, seda madalam on ta künnisväärtus plasma proteiinide kalgestusel, võrreldes albumiinilahustega in vitro.

Elusplasma ei värvu pea kunagi (erandina väga nõrgalt), surnud plasma värvub intensiivselt. On teada, et proteiinid ja proteiidid värvaineid enestesse hästi võtavad (Loewe 1922). Et plasma põhimass vitaalvärvimisel värvituks jääb, siis tõendab see, et ta valkained vabad ei ole; surma puhul laguneb nende ühendus lipoididega.

Hansteen-Cranner'i järgi annavad maataimed kergesti vees lahustuvaid ja lahustumata lipoide fosfatiidide näol, ja see osutab nende rohkusele plasma pindkihtides.

Kõrvale jättes Hansteen-Cranner'i tähtsat avastust, näitab juba keemiline analüüs läbi plasma tulevate ühendite mõnesugust sõltumist plasma fosforisisaldavaist aineist: tärklis ja tei-

sed ainevahetuseproduktid sisaldavad alati veidi fosforit, ka soodustavad fosforiühendid hingamist ja käärimist (vrd. Grafe, l. c.).

Lepeschkin'i hüpotees vajab meie arvates täiendamist selles suhtes, et lipiidid (fosfatiidid) peale komplekside valk + lipiid võivad ainevahetusel ka iseseisvalt tähtsat osa etendada. Nad võivad kergesti isomeriseeruda, on tugevasti pindaktiivsed, adsorbeeruvad hästi ning korjuvad pinnale. Grafe (l. c.), kes oma kaastöolistega pikema aja jooksul jätkas Hansteen-Cranner'i uurimusi, leidis, et peale mainitud omaduste annavad fosfatiidid kergesti adsorptsioon-ühendeid elektrolüütidega kui ka anelektrolüütidega ja on spetsiifilised eriliikidele, arvata-vasti ka sama taime eriorganitele. Fosfatiidid on väga tundlikud menetlusele reaktiividega. Orgaanilistes solventides killustub rida lahustumatuid rühmi ja jääb järele resistentsem letsitiintuum. Külgrühmade äralangemine letsitiintuumast muudab oluliselt lahustuvust ja teisi füüsiko-keemilisi omadusi. Grafe järgi moodustavad vees lahustumatud fosfatiidid plasma pindkile, mis oleks tugevasti hüdrofiilse iseloomuga ja laseks läbi peale lipiidlahustuvate ühendite vett ja vees lahustuvaid fosfatiide. Viimased sooritavad suhkru- ja soolade j. t. transporti. Grafe näitas katseliselt, et plasma pindkihtides leiduvad fosfatiidid on väga tundlikud, nii välistingimustele kui ka keemilistele ainetele: CO₂ j. t. gaaside korjumine, temperatuuri muutumine jne. võivad mõjustada nende lahustuvust ja ühes sellega ka permeaablust. Juba Hansteen-Cranner leidis, et 0,5 mol glükoosilahus sadestab vees lahustuvaid fosfatiide, millest võib järeldada, et taimes kõige harilikumad ja kolloidide suhtes inaktiivsed ained plasma kolloididel pöörduvaid muutusi võivad põhjustada. Grafe järgi kutsuvad soolad fosfatiididel esile, sõltudes koondusest ja soola iseloomust, sadestust või lahustust, mis omakorda vastavalt mõjustab permeaablust.

Kokku võttes võib tähendada, et uurimused plasma fosfatiidide alal meile küllaldase aluse annavad oletada plasma kolloidide tihenumist ja hõrendumist elektrolüütide toimel normaalsel ainevahetusel, kusjuures tuleb arvestada fosfatiidide suurt tundlikkust ja domineerivat tähtsust permeaablusel.

Kõrvale jättes plasma kolloidjaokeste kahekordse elektrilise kihi, võtame siin vaid tõsiasjana, et ta mitsellid (kolloidjaokesed) omavad negatiivset laengut ja on analoogselt hüdrofiilsetele kolloididele hüdratiseeritud, kusjuures liitunud veemolekulide ahelad orienteeruvad vastavalt dipoolstruktuurile. Nõrkades lahustes kannavad katioonid, liitudes plasmamitsellidele, neile oma hüdratatsioonitendentsid üle. Seejuures võib katiooni ja mitselli ühine hüdratatsioon võrreldes endisega tõusta, kuid väheneb mitselli endine hüdratatsioonaste, sest et katioon vastavalt oma hüdratatsioonivõimele kolloidjaokestelt hüdratatsioonivett ära võtab resp. elektrilaengut neutraliseerib. Selle tagajärjel nihkuvad osaliselt dehüdratiseerunud mitsellid ühes katioonidega koomale, suurema katioonide koonduse korral võivad nad täiesti dehüdratiseeruda ja kokku liituda, — toimuks koagulatsioon. Viimane oleks äärmine juhus, mis normaalselt ei esine, vaid on mõeldav katsetes. Mitsellide koomale nihkudes väheneb arusaadavalt plasma läbilaskmis-võime. Teine äärmine juhus esineks meil, kui madalais katioonide kontsentratsioones mitsellid oma suhtelise seisuga võrreldes endisega säilitaksid ja lähemale ei koonduks. Ka sel puhul oleks permeaablus katioonide toimel vähendatud. Mitsellidele liitunud katioonid vähendavad suurte veekihtide tõttu intermitsellaar-ruume, neid nagu teatava määrani ummistades. *Anselmino* (1928) näitas, et želatiinikiledel on suurem hulk vett pundumisel H-ioonide toimel (HCl — pH 3,2—9,5) selliselt seotud, et ta ei ole vaba glükoosi diffusioonile. *Michaelis* (l. c.) seletab aeglast katioonide diffusiooni läbi kolloodiumikilede sellega, et tugevasti hüdratiseeritud katioonid (Li) ei saa vabalt liikuda läbi kilepooride, vaidiooni veekiht puutub kokku pooriümbrisevate kolloidjaokeste veekihiga, s. t. nad satuvad teineteise mõjude piirkonda.

Analoogselt takistavad ka plasmamitsellidele liitunud katioonid oma veekihtidega teiste ionide liikumist läbi plasma, sest üheiooni hüdratatsiooni veekiht pole nähtavasti kuigi soodus teiseiooni diffusiooniks; erisuguste hüdratatsioonitendentside tõttu tekkinud tungid raskendavad läbi plasma pääsemist.

Eeltoodud kaks äärmist juhtu oleksid teataval viisil raamiks, milles soorduks katioonide toime. Tuleb veel tähendada, et plasmakolloididesse ei toimi mitte ainult liitunud, vaid ka vabad katioonid, mis satuvad mitsell + katiooni mõju piirkonda. Vabade katioonide hulk on adsorbeerunuist hoopis suurem, nad ujutavad

üle plasma kolloidjaokesed, nende laengut kompenseerides ja neid dehüdratiseerides (vrd. D o k a n „Fernwirkung“ lk. 34).

Katioonide liitumine plasmale toimub teatavasti adsorptsiooni teel. Permeaablust käsitlevas kirjanduses antakse tavaliselt elektrolüütide adsorptsioonile liiga suurt tähtsust. Sageli oletatakse soolade läbitungimist vaid adsorptsiooni teel. Peab tähendama, et adsorptsioon ei või otseselt soodustada soolade permeatsiooni läbi plasma, sest mida tugevamini sool resp. katioon adsorbeerus plasmale, seda vähem võib ta plasmakilest läbi tungida (vrd. Lepeschkin 1924). Adsorptsioonireeglite järgi adsorbeeruvad vastupidiselt laetud ioonid, s. t. plasmale — katioonid ja kaheväärised tugevamini kui üheväärised. Kahjuks puuduvad otsesed uurimused leelis- ja leelismullasoolade suhtelise adsorptsioonivõime üle plasmale. Katioonide adsorptsioonivõime mulla kolloididele väheneb K e l l e y ja B r o w n'i (1925), M a t s o n'i (1931) järgi vastavalt reale: $Ca > Mg > K > Na$. M u k e r j e e (1921) leidis negatiivsetele kolloididele rea: $Ca > Mg > K > Na$. Nende andmete põhjal adsorbeeruvad katioonid eluta negatiivsetele kolloididele: $Ca > Mg > K > Na$.

Kui seda rida võrrelda katioonide permeaabluse reaga, siis ei leia me mingisugust kooskõla. Leeliskatioonidest võetakse rakku kõige enam kaaliumi ja kõige vähem liitiumi, K adsorbeerub aga suhteliselt tugevamini ja Li — nõrgemini. Leelismulla katioonidele on mõõduandev vastupidine olukord: kaltsium adsorbeeritakse tugevamini kui magneesium, kuid tungib aeglasmalt rakku, võrreldes magneesiumiga. Sellest kõrvutiseadmisest näeme, et adsorptsioon ei ole otseselt mõõduandev katioonide permeaablusele. Kui aga vaadelda permeaablust katioonide hüdratatsiooni seisukohalt, siis on kooskõla hoopis parem: hüdratatsioon — $Mg > Ca > Li > Na > K > Rb > Cs$, permeatsioon — $Ca > Mg > Li > Na > K > Cs, Rb$. Leeliskatioonidel on ühtelangemine kaunis täielik, Rb ja Cs hüdratatsiooni vahe on väike (vrd. lk. 40), nende läbitungimis-kiiruste vahe püsib tavaliselt katsevea piirides, Li, Na ja K suhtes on kooskõla täielik ja neil on ka hüdratatsiooni veehulgad hoopis erinevad; Ca ja Mg hüdratatsioon on kaunis ühesugune, vahe pole kuigi suur. Esitatud kooskõla näitab, et permeaablusele on esijoones mõõduandvad katioonide hüdratatsioonitendentsid ja mitte adsorptsioon. Viimasel võib olla tähtsus kahevalentsete katioonide

nide suhtes ja eriti soolade segudes, kuna üheväärise adsorptsioon on hoopis väikese tähtsusega. Tugeva hüdratatsioonitungi tõttu toimivad Ca ja Mg dehüdratiseerivalt plasmakolloididesse, milline veelgi suureneb Ca-ioonil domineeriva adsorptsiooni tagajärjel. Teatavasti tõrjuvad tugevamini adsorbeeruvad ioonid nõrgemini adsorbeerituid ja sellega on osaliselt seletatav Ca antagonistlik toime: Ca juurdelisamisel kiiresti permeeruvale soolale, mille ioonid plasmata mõjustavad suurema läbilaskvuse suunas, tõrjub ta nad kolloidjaokestelt ära ja liitudes mitsellidele dehüdratiseerib neid teatava määraneni resp. vähendab elektrilaengut, või ummistab intermitsellaar-ruume oma veekihtidega. Nii või teisiti väheneb selle tagajärjel läbilaskmis-võime sooladele.

Katioonide dehüdratatsioonivõimet plasmakolloidide suhtes me ei tunne, sest puuduvad otsesed uurimused sel alal. On võimalik mõningaid järeldusi teha vaid analoogia põhjal eluta kolloididega. Pauli ja Handowsky (1910) leidsid katioonidele madalais kontsentratsioones (0,01—0,05 n) alkalimunavalgele (negatiivne valk) järgmise dehüdratatsiooniaktiivsuse: $K < Na < Li < Mg < Ca$. Need andmed näitavad kaunis täielikku kooskõla katioonide vastuvõtukiirusega, iseäranis katsetes lühema aja jooksul, nimelt, permeatsioon on vastupidine sellele reale. Pikaajalistes katsetes kultuurilahustega jääb naatriumil suhteline vastuvõetud hulk kaaliumist ja magneesiumist maha sel põhjusel, et taim naatriumi otseselt ei vaja ja see ta korjumist takistab.

Kokku võttes kõike ülaltoodud katioonide toime üle soolade vastuvõtul rakkudele, võib tulla otsusele, et nende tegevus on suunatud nii või teisiti plasma läbilaskvuse vähendamisele; lihtne reegel: katioonid „tihendavad“ plasmata — on õigustatud ka uueimate uurimuste seisukohast. Tuleb veel alla kriipsutada seda, et katioonide suhetes plasmaga on mõõduandvad kolm asjaolu. Esiteks on neil erisuguse hüdratatsiooni tagajärjel mahud (ioon + + veekiht) väga ebavõrdsed ja see põhjustab nende liikumiskiiruse ebahühtlust plasma läbi selles mõttes, et suurema üldise mahuga ioonid aeglasemalt diffundeeruvad; teiseks omavad suurema üldise mahuga katioonid suuremat dehüdratatsioonivõimet plasmakolloidide suhtes ja osaline veekaotus viimastel viib intermitsellaar-ruumide vähemale läbilaskvusele, dehüdra-

tatsioon tõuseb ühes ionide kontsentratsiooniga ja oleneb nii adsorbeerunud kui vabast ionidest¹⁾); kolmandaks teevad katioonide liitudes mitsellidele suuremate veekihtidega ionid mitsellide vaheruumid väiksemaks, sest ionide difusioon hüdratatsioonivees on raskendatud, kui ta seal üldse on võimalik. Kõik kolm tegurit mõjustavad permeaablust samas suunas, s. o. ta vähenemise mõttes. Võib tekkida küsimus: missugune neist omab suurimat tähtsust? Otsustada seda ühe või teise kasuks on raske. On tegemist kõige kolme koosmänguga, ja oledes soola kontsentratsioonist, lüotroopsest toimest (mis arvatavasti on ühenduses ionide hüdratatsiooniga), osalt ka adsorptsioonist, võib olukorral see või teine tegur domineerida; pole veel küllaldaselt andmeid, et ühte neist teisele alaliselt eelistada. Nõrkades lahustes on tavaliselt soolade dehüdratatsioonivõime lüofiilsete kolloidide suhtes väike, kuid ka siin on suur vahe nende toimel elektriliselt nõrgalt laetud (natiivne valk) ja ioniseeritud valgul. Viimase koagulatsioon esineb juba võrdlemisi madalais kontsentratsioones (vrd. P a u l i ja H a n d o w s k y). Kahtlemata puudutab soolade toime esijoonel plasmalipoide — fosfaatiide, mille tundlikkus on hoopis suurem kui valkudel ja sellepärast ka dehüdratatsioon füsioloogiliselt normaalseis elektrolütide koondusis võimalik.

Kultuuride andmed näitavad meile, et Mg suhteliselt kiiremini raku vastu võetakse kui Ca. Mg on veidi enam hüdratiseeritud kui Ca, viimasel on aga pisut suurem dehüdratatsiooniaktiivsus; Mg leiab uue plasma ehitusel suhteliselt rohkem tarvitamist võrreldes Ca-ga, viimane on ka rakuseinale adsorbeerunud.

Vaatleme edasi anioonide toimet soolade tungimisel raku. Ülesseatud lause kohaselt hüdratiseerivad anioonid plasmakolloidide ja suurendavad läbilaskvust rea järgi: $CNS > Br > NO_3 > Cl > SO_4$. Anioonid omavad plasma kolloididega samasugust laengut ja sellepärast ei saa oletada nende adsorptsiooni mitsellidele. Tugevad elektrostaatiliselt tungid, mis anioonide ja katioonide vahel aset võtavad, ei luba aniooni katioonist

¹⁾ D o k a n (l. c.) oletab, et agaarile adsorbeerunud katioonid ta hüdratatsiooni suurendavad. Võib arvata, et süsteemil kolloidjaoke + katioon üldine seotud veehulk suureneb, kuid on tõenäoline, et katioonid selles süsteemis kolloidjaokestelt vett ära võtavad, sest agaari pundumine on soolade lahustes väiksem kui destill. vees.

kaugele eemalduda, välja arvatud juhud, kui potentsiaalide vahe teiste ionide poolt või muul viisil tasandatakse. Seepärast jäävad anioonid plasma liitunud katioonide ja mitsellide mõjupiirkonda. Ühesuguse laengu tõttu mitsellidega mõjustavad nad viimaseid nende laengu suurenemise mõttes ja töötavad katioonidele vastu. Anioonide toimel suureneks mitsellide hüdratatsioon; tegelikult vastab ta katioonide ja anioonide mõju differentstile.

Analoogiliselt vabadele katioonidele avaldavad oma mõju ka vabad anioonid, mis on nendega enam-vähem seoses¹⁾. Anioonide hüdratiseerimisaktiivsuse mõõduks plasmakolloidide suhtes on nende eneste hüdratatsiooni suurus, kusjuures vähemate veekihtidega anioonidel on suurem hüdratatsioonitoime; viimane väheneb lüotroop-rea järgi $CNS > \rightarrow SO_4$. Mitsellide hüdratatsioon viib plasma permeaabluse suurenemisele.

Anioonide toime soolade tungimisel raku on üldiselt suurem katioonide omast. Seda tõestab kiirem vee filtratsioon läbi plasma soolade mõjustusel kui suhkru toimel; edasi on anioonide toimevahed katioonide omadest märksa suuremad. Veefiltratsioonikatsed leelismullasooladega (*Tradescantia virginica*) on näidanud, et kaheväärised katioonid (0,3 mol) ei erine oma toime poolest ühevääristest, kuna anioonidel on hoopis suurem toime. Ka agaari pundumisele ei avalda kaheväärised neutraalsoolade katioonid keskmistes koondustes suuremat mõju kui üheväärised (Dokan). Eriti suur hüdratatsiooniaktiivsus plasma suhtes on lüotroop-rea esimestel liikmetel — rodaniididel ja jodiididel. Nagu juba eespool tähendatud, on neil ionidel ainult kolloidkeemiline toime ja pole toiteväärtust; neid ei transporteerita edasi kudedesse, vaid nad korjuvad nendega kontaktis olevatesse rakkudesse. On arusaadav, et aja vältel desorganiseerib liiga suur hüdratatsiooniaktiivsus normaalse plasma struktuuri.

Tsung-Lê Loo katsetes (lk. 35) soodustab rodaniid esimese 24 t. jooksul NH_4 -vastuvõttu enam kui kloriid ja sulfaat. Järgnevatel päevadel osutub rodaniidi korjumine juurerakkudesse kahjulikuks: need ei absorbeeri enam tarvilisel määral vett ja

¹⁾ Dokan (l. c.) oletab, et kõik vabad ionid, s. t. nii anioonid kui katioonid mõjustavad agaari dehüdratiseerivalt. On arusaamata, mispärast nii vastupidise kui sama laenguga ionidel negatiivse kolloidi suhtes, milline on agaar, on ühesugune toime. See väide on vastuolus Hardy koagulatsioonireeglga.

taimed hakkavad närtsima; soodsaks osutuvad nüüd kloriidid ja sulfaadid. Rodaniidi „mürgisus“ ei ole spetsiifiline, ta ei reageeri mõnesuguse plasmakomponendiga, ta toime on põhimõtteliselt teiste neutraalsoolade sarnane. Tsung-Lê Loo katsed seletavad ära asjaolu, mispärast mitmepäevastes katsetes keskmiste koondustega (0,1—0,01 n), rodaniidide ja teiste lüotroopreas lähedal seisvate anioonide toimel taimeorganites üldine veesisaldus võib vähem olla kui lüotroop-rea teise poole anioonide toimel. Oleks täiesti ekslik sellest järeldada, et rodaniidid j. t. plasma hüdratatsiooni vähendavad ja sulfaadid näit. suurendavad. Üldine veehulk taimeorganites näitab vaid vee filtreerumist läbi plasma, mitte kunagi aga ta kolloidide pundumist. Plasma elutegevusele on soodus kindlates piirides kõikuv hüdratatsiooni-potentsiaal; nende piiride ületamine üles- või allapoole võib võrd-selt kahjulikuks saada.

Anioonidest on taime arenemisele kõige soodsam NO_3 -ioon; et ta hüdratatsiooniaktiivsus on võrdlemisi suur, siis mõjub ta alati permeaablust suurendavalt; teiselt poolt on ta laialt tarvitusel plasma ehitusematerjalina ning jaotub ühetasaselt taimes. Viimane asjaolu takistab korjumist absorbeerivaisse rakkudesse ja ühekülgsest kolloidkeemilist toimet. Rodaniidil ja jodiidil on kultuurides lühiaegne soodus mõju, viimase kõverjoon tõuseb kiiresti kõrgele ja hakkab varsti langema, kuna ta nitraadil aeglase-malt tõuseb ja madalamale püsima jääb. Läbilõiked neist kõve-raist erisuguseil ajavahemikel näitavad väga mitmesugust suhte-list aktiivsust: kord näeme, et rodaniid soodustab permeaablust enam kui nitraat, kord aga vastupidiselt.

Anioonide toimet käsitletes rääkisime nende hüdratatsioonivõimest plasmajaokeste suhtes. Me ei saa otseselt pundumisest (Quellung) rääkida, sest viimase all mõistetakse tavaliselt hüdratatsiooni kõrgemat astet, kus vee sidumist võib näidata kaaluga. Samuti ei saa elutegeva plasma puhul juttu olla sadestamisest (koagulatsioon) kationide toimel, sest koagulatsi-oon on dehüdratatsiooni lõppstaadium. Mõlemad, pundumine ja sadesta-mine, hävitavad plasma kolloidstruktuuri ja surmavad ta. Me võime perme-aabluse käsitlusel neist protsessidest kõige kitsamais piirides rääkida ja kui sel alal ilmunud töodes sageli juttu tehakse pundumisest ja sadesta-misest, siis tuleb selle all mõista plasma hüdratatsiooni ja dehüdratatsiooni ta elutegevuse raamides. Nende mõistete tarvitamisel on kirjanduses aru-saamatusi tekkinud.

Lundegårdh (l. c.) näit. ütleb, et plasmapundumine ei või permeaablusele mõõduandev olla, sest Dokan'i ja Brau-

ner'i katsete järgi tuleb ta esile vaid soolade kõrgemais kontsentratsioones. D o k a n (1924) eksperimenteeris agaariga, mis on vähe tundlik soolade toimele. Võib julgesti oletada, et plasmakolloidid resp. fosfatiidid on sajad korrad tundlikumad keemilisile aineile ja kolloidoleku muutumised, mis esinevad agaaril vaid kõrgemais kontsentratsioones, võivad mõõduandvad olla plasmale füsioloogiliselt normaalseis tingimuses. Sedasama võib öelda B r a u n e r'i katsete kohta seemnekestadega; viimased on veelgi vähem tundlikud. Et punduminegi väga nõrgas elektrolüüdilahuses võib aset võtta, seda näitas C h i a r i (1911). Ta võrdles puhastatud glutiini (želatiini) pundumist juhtivusevees ja harilikult destill. vees ning leidis, et viimases on pundumine märksa suurem. Selle põhjuseks on destill. vees olev CO_2 (destill. vee pH on 6 ümber), mis juhtivusevee valmistamisel kõrvaldatakse. Kahjuks pole C h i a r i katsed küllaldast tähelepanu leidnud permeaabluseküsimumuste käsitlusel.

Kokku võttes anioonide toimet soolade tungimisel raku võime öelda, et nende suhtes varemalt ülesseatud lause peab ka praegu paika: anioonid mõjustavad plasma mitselle hüdratiseerivalt, nende laengut suurendades, resp. töötavad kationide dehüdratatsioonile vastu, kusjuures on tähtsus nii anioonidel, mis adsorbeerunud katioone saadavad, kui ka vabalt lahuses olevatel anioonidel. Selle tagajärjel suurendavad nad permeaablust lüotrooprea $\text{CNS} > \rightarrow \text{SO}_4$ järgi. Seda väidet tõestab palju suurem toimevahe anioonidel võrreldes kationidega ja asjaolu, et soolad vee filtratsiooni läbi plasma üldiselt rohkem soodustavad kui suhkur. D e H a a n (l. c.) leidis sibularakkudel keskmise plasmolüüsi tagasimineku aja vees 20 min. ümber; kui osa suhkrut asendati umbes 0,1 mol $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ -ga, soordus deplasmolüüs 11 min. pärast, s. o. umbes poole kiiremini kui suhkrulahuses. Teiste soolade puhul oli vahe veelgi suurem. Mainitud autori ja meie omad katsed lubavad oletada, et 0,1—0,4 mol lahustes anioonide toime ületab kationide oma ja anioonid mõjustavad plasmat permeaabluse suurenemise mõttes.

Me peatusime pikemalt soolade permeatsiooni juures. See küsimus on orgaaniliselt seotud kõne all olevate katsetega ja lähtekohad mõlema lahenduseks on ühised. Vesi tungib läbi plasma molekulidena, ta jaokesed on võrdlemisi väikesed, ja võiks arvata, et neutraalsoolad ei toimi suuresti nende diffusioonile. Nagu katsetest näha, põhjustavad mitmesugused soolad, sama

osmootse jõu mõjul, erisuguse veeliikumiskiiruse; see oleneb kahtlemata soolade hüdratatsioonitoimest resuldeeruvast plasmaviskoossuse muutumisest. Asjaolu, et leelissoolad vee filtratsiooni mõjustavad vastavalt permeatsioonikiirusele, lubaks järeldada, et ka soolad peamiselt molekulidena rakku tungivad. Leelismullasoolade ja soolasegude toime vee filtratsioonile, millest teisel kohal sõna võtame, ei tõesta seda järeldust. Leelismullasooladel tuleb anioonide mõju umbes samuti esiplaanile kui leelisühenditel, kationide toime ei erine aga alkalikationide omast. See asjaolu räägib väite poolt, et soolad vaid ionidena rakku vastu võetakse, kooskõlas Lundegårdh'i arvamisega, vastandina levinumale vaatele, mille järgi soolad peamiselt molekulidena rakku tulevad. Seepärast on analoogia soolade permeatsioonil ja vee liikumise mõjustamisel vaid osaline, puudutades seda osa, milles käsitlesime soolade toimet plasmale kui kolloidile. Tungides läbi plasma ionidena, on viimastel mõõduandvad veel nende spetsiaalsed omadused, mis veemolekulidel puuduvad.

Käesolevate katsete põhjal tuleme otsusele, et ka füsioloogiliselt normaalsetes koondustes toitesoolad veeabsorptsiooni võivad mõjustada vee kiirema läbikäigu mõttes. Loomulikes tingimuis on tegemist ionide kombinatsioonidega ja neis domineerivad ionid, nagu nitraadid ja kloriidid, mis vee neelamist eriti soodustavad ja vähem soodsate (sulfaadid) toimet tasakaalustavad. Toitesooladel on taime suhtes, peale toitmise, veel teine, mitte vähem tähtis ülesanne, millele siiani veel pole osutatud: luua oma toimega eeldusi kiiremale vee läbikäigule taimes.

REFERAT.

Über den Einfluss von Alkalisalzen auf die Deplasmolyse der Pflanzenzellen.

In der Arbeit werden zunächst die in der Literatur beschriebenen Plasmolyseformen bzw. die Fadenbildung bei der Plasmolyse besprochen. Der Verfasser kommt zu dem Schluss, dass alle Plasmolytika, insbesondere Elektrolyte, kolloidchemische Zustandsänderungen in den Pflanzenzellen hervorrufen, und zwar beeinflussen sie in reversibler Weise die Viskosität (vgl. hierzu Weber 1921) und den Dispersitätsgrad bzw. die Fällungen der Plasmakolloide. Diese Änderungen beginnen in erster Linie in den oberflächlichen Schichten des Plasmas, die aller Wahrscheinlichkeit nach leichter reagieren als die inneren Plasmateile. Die kolloidchemischen Zustandsänderungen hängen von der chemischen Natur des Plasmolytikums, sowie von der Konzentration und der individuellen Beschaffenheit der verschiedenen Plasmen ab, und es verändert sich dabei die Permeabilität in reversibler Weise. Auch durch Zucker, wie diesbezügliche Erfahrungen mit Glykose zeigen (und vermutlich auch bei Saccharose u. a.), können die Oberflächenkolloide (Phosphatide) gefällt bzw. dehydratisiert (Hansteen-Cranner, Weis, Grafe) und die Permeabilität beeinflusst werden. Entsprechende Versuche wurden mit jungen Zwiebelepidermiszellen (*Allium Cepa*) ausgeführt. Da den Erfahrungen des Autors nach die kolloidchemischen Gesetzmässigkeiten bei höheren Konzentrationen deutlicher hervortreten, wurden die Salzlösungen als Plasmolytika isotonisch (0,4 Mol KNO_3) benutzt. Verfasser meint, dass die auf diese Weise gewonnenen Ergebnisse als Ausgangspunkt für Untersuchungen mit physiologisch-normalen Konzentrationen dienen könnten, bei welchen die Verhältnisse häufig verwickelter sind, und dass die nach dieser Methode vorgenommenen Salzpermeabilitätsuntersuchun-

Die Alkalisalze beeinflussen die Wasserfiltration durch das Plasma entsprechend ihrer Eindringungsfähigkeit: je schneller ein Salz in das Plasma eindringt, desto schneller geht die in seiner Lösung ausgeführte Plasmolyse zurück. Die schnell das Plasma durchdringenden Alkalisalze fördern die Wasserfiltration ebenso, wie sie die Aufnahme anderer, langsam eindringender Salze fördern¹⁾. Aus den Versuchen wird der Schluss gezogen, dass die Neutralsalze bzw. Nährsalze vorwiegend in Ionenform aufgenommen werden, im Gegensatz zu der verbreiteten Meinung, als geschähe deren Aufnahme in Molekelform (vgl. Kostyschew 1931).

Durch die verschiedene Hydratationsaktivität der Salze wird die Durchlässigkeit des Plasmas alteriert, was in der grösseren oder kleineren Geschwindigkeit, mit der das Wasser durch das Plasma filtrierte wird, zum Ausdruck kommt. Auch haben die Versuche zu der Annahme geführt, dass Lipoide (Phosphatide im Sinne Hansteen-Cranner's und Graf's) bei den Permeabilitätsvorgängen eine hervorragende Rolle spielen.

Tartu, Estland.

Pflanzenphysiologisches Laboratorium des
Botan. Instituts der Universität.
November 1933.

¹⁾ Die letztere Tatsache ist schon früher vom Verfasser und von anderen experimentell bewiesen worden (vgl. Kaho 1923, Lundegårdh und Morávek 1924).

Literatur.

- Albach, W., 1930, Über die schädigende Wirkung der Plasmolyse und Deplasmolyse. *Protoplasma*, 12.
- Anselmino, K. J., Untersuchungen über die Durchlässigkeit künstlicher kolloidaler Membranen. *Biochem. Zeitschr.*, 192.
- Auerbach, F., 1922, Die neuen Wandlungen der Theorie der elektrolytischen Dissoziation. *Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften*, 1.
- Bärlund, H., 1929, Permeabilitätsstudien an Epidermiszellen von *Rhoeo discolor*. *Acta Botanica Fennica*, 5.
- Bechhold, H., 1929, *Die Kolloide in Biologie und Medizin*. Dresden.
- Bjerrum, N., 1926, Die elektrischen Kräfte zwischen den Ionen und ihre Wirkungen. *Ergebnisse der exakt. Naturwiss.*, 5.
- Blinks, L. R., 1930, The variation of electrical resistance with applied potential. *Journ. of Gen. Physiol.*, 13.
- Blüh, O., 1923, Zur Frage der Existenz des Zwitterions. *Zeitschr. für physik. Chemie*, 106.
- Born, M., 1920, Über die Beweglichkeit der elektrolytischen Ionen. *Zeitschr. für Physik*, 1; *Zeitschr. für Elektrochemie*, 26; tsiteerit. Blüh järgi.
- Bouillenne, R., 1930, *Compt. Rend.*, 103. Paris.
- Brauner, L., 1930, Untersuchungen über die Elektrolyt-Permeabilität und Quellung einer leblosen natürlichen Membran. *Jahrb. für wiss. Bot.* 73.
- Brenner, W., 1920, *Berichte der Deutschen Botan. Ges.*, 38.
- Brooks, M. M., 1923, Studies on the permeability of living and dead cells. *Public Health Reports*, No 845.
- Brooks, S. C., 1932, The rate of penetration of rubidium into living cells of *Valonia*. *Journ. of Cellular and Comparative Physiol.*, 2.
- Butkewitsch, W. W., 1929, Zur Frage über den Mechanismus der Nährsalzaufnahme durch die Pflanze. *Journ. landwirtsch. Wissensch. Moskau*, 6.
- Chiari, R., 1911, Die Glutinquellung etc. *Biochem. Zeitschr.*, 33.
- Cholodny, N., 1924, Über Protoplasmaänderungen bei Plasmolyse. *Biochem. Zeitschr.*, 147.
- Collander, R., a) 1924, Über die Durchlässigkeit der Kupferferrocyanidniederschlagsmembran für Nichtelektrolyte. *Kolloidchem. Beih.*, 19.
- b) 1925, Über die Durchlässigkeit der Kupferferrocyanidmembran für Säuren nebst Bemerkungen zur Ultrafilterfunktion des Protoplasmas. *Kolloidchem. Beih.*, 20.

- c) 1926, Über die Permeabilität von Kollodiummembran. Soc. Sci. Fennica, Comm. Biol., II 6.
- d) Einige Permeabilitätsversuche mit Gelatinemembranen. Protoplasma, 3.
- Dokan, Sh., a) 1924, Die Wirkung der Elektrolyte auf die Quellung des Agar. Kolloid-Zeitschr., 34.
- b) 1925, Der Einfluss der Elektrolyte auf das Glykenogel und die Entstehung und die Umkehrung der Hofmeister'schen Ionenreihen. Kolloid-Zeitschr., 37.
- Ebert, L., 1926, Über die Deutung der dielektrischen Polarisierung wässriger Lösungen. Zeitschr. für physik. Chemie, 122.
- Fitting, H., 1915, Untersuchungen über die Aufnahme von Salzen etc. Jahrb. für wiss. Bot., 56.
- Gardiner, W., 1884, On the continuity of the protoplasm etc. Arb. Bot. Inst. Würzburg, 3.
- Grafe, V., 1927, Das Lipoidproblem. Die Naturwissenschaften, 15.
- Gurewitsch, A., 1929, Untersuchungen über die Permeabilität der Hülle des Weizenkorns. Jahrb. für wiss. Bot., 70.
- Haan, de, Iz., 1933, Protoplasmaquellung und Wasserpermeabilität. Rec. des Travaux Botaniques Néerlandais, 30.
- Hansteen-Cranner, B., a) 1919, Beiträge zur Physiologie der Zellwand etc. Ber. der Deutsch. Bot. Ges., 30.
- b) 1922, Zur Biochemie und Physiologie der Grenzschichten lebender Pflanzenzellen. Meldninger fra Norges Landbrukshøiskole, 2.
- Hecht, K., 1912, Studien über den Vorgang der Plasmolyse. Beiträge zur Biologie der Pflanzen, 11.
- Heilbrunn, L. V., a) 1930, The surface precipitation reaction of living cells. Proc. of the American Philosoph. Soc., 59.
- b) 1930, The action of various salts on the first stage of the surface precipitation reaction in *Arbacia* egg protoplasm. Protoplasma, 11.
- Hoagland, D. R., 1923, The absorption of ions by plants. Soil Science, 16; peale selle veel H. tööd ühes Davis'ega.
- Höber, R., 1926, Physikalische Chemie der Zelle und der Gewebe. Leipzig.
- Höfler, K., a) 1918, Eine plasmolytisch-volumetrische Methode. Denkschr. Akad. Wien, 95.
- b) 1928, Über die Kappenplasmolyse. Ber. der Deutsch. Bot. Ges., 46.
- c) 1930, Über Eintritts- und Rückgangsgeschwindigkeit der Plasmolyse. Jahrb. für wiss. Bot., 73.
- Hofmeister, Fr., 1887, Zur Lehre von der Wirkung der Salze. Arch. für exp. Pathol. und Pharm., 24.
- Huber, B. ja Höfler, K., 1930, Die Wasserpermeabilität des Protoplasmas. Jahrb. für wiss. Bot., 73.
- Hückel, E., 1924, Zur Theorie der Elektrolyte. Ergebnisse der exakten Naturwiss., 3.
- Kaho, H., a) 1921, Zur Kenntnis der Neutralsalzwirkungen auf das Pflanzenplasma. Biochem. Zeitschr., 120.

- b) 1921, Ein Beitrag zur Permeabilität des Pflanzenplasmas für die Neutralsalze. *Biochem. Zeitschr.*, 123.
 - c) 1923, Über die physiologische Wirkung der Neutralsalze auf das Pflanzenplasma. *Acta et Comm. Universitatis Tartuensis*, A V. 4.
 - d) 1926, Das Verhalten der Pflanzenzelle gegen Salze. *Ergebnisse der Biologie*, 1.
 - e) 1926, Ein Beitrag zur Theorie der antagonistischen Ionenwirkungen der Erdalkalien auf das Pflanzenplasma. *Biochem. Zeitschr.*, 167.
 - g) 1933, Das Verhalten der Pflanzenzelle gegen Schwermetallsalze. *Planta*, 18.
- Karzel, R., 1926, Über die Nachwirkungen der Plasmolyse. *Protoplasma*, 12.
- Kelley, W. P. ja Brown, S. M., 1931, *Soil Science*, 21; tsit. *Lundegårdhi järgi*.
- Kemmer, E., 1928, Beobachtungen über die Lebensdauer isolierter Epidermen. *Arch. für experiment. Zellforschung*, 7.
- Kostyschew ja Went, 1931, *Pflanzenphysiologie II*. Berlin.
- Küster, E., a) 1910, Über Veränderungen der Plasmaoberfläche bei Plasmolyse. *Zeitschr. für Bot.*, 2.
- b) 1928, Über Gewinnung nackter Protoplasten. *Protoplasma*, 3.
 - c) 1929, *Pathologie der Pflanzenzelle*. Berlin.
 - d) 1909, Über die Verschmelzung nackter Protoplasten. *Ber. der Deutsch. Bot. Ges.*, 27.
- Lepeschkin, W. W., a) 1924, *Kolloidchemie des Protoplasmas*. Berlin.
- b) 1926, Über die chemische Zusammensetzung der lebenden Materie. *Biochem. Zeitschr.*, 171.
- Loewe, S., 1922, *Zur physikalischen Chemie der Lipoide*. *Biochem. Zeitschr.*
- Lundegårdh, H., 1932, *Die Nährstoffaufnahme der Pflanze*. Jena.
- Lundegårdh ja Morávek, 1924, Untersuchungen über die Nährstoffaufnahme der Pflanzen. *Biochem. Zeitschr.*, 151.
- Matson, S., 1925, *Laws of soil colloid behavior*. *Soil Science*, 37.
- Meurer, R., 1909, *Jahrb. für wiss. Bot.*, 46.
- Michaelis, L., 1925, Contributions to the theory of permeability of membranes for electrolytes. *Journ. Gen. Physiol.*, 7.
- Mukerjee, J. N., 1920—21, *Trans. Faraday Society*, 16; tsiteerit. *Lundegårdhi järgi*.
- Nathansohn, A., 1907, *Jahrb. für wiss. Bot.*, 39.
- Nernst, W., 1926, *Theoretische Chemie*. Berlin.
- Niklewski, B., Krause, A., Lemańczyk, K., 1928, Zur Kenntnis der Aufnahmemechanik der Mineralbestandteile durch die Wurzeln der Pflanze. *Jahrb. für wiss. Bot.*, 69.
- Pantanelli, E., 1915, *Jahrb. für wiss. Bot.*, 56; *Protoplasma*, 7.
- Pauli, W. o., 1902, Verhalten der Eiweisskörper gegen Elektrolyte. *Beitr. zur chem. Physiol. und Pathol.*, 3.
- Pauli, W. o. ja Handowsky, H., 1910, Untersuchungen über physikalische Zustandsänderungen der Kolloide. *Biochem. Zeitschr.*, 24.

- Pirschle, K. ja Mengdehl, H., 1931, Ionenaufnahme aus Salzlösungen durch höhere Pflanzen. *Jahrb. für wiss. Bot.*, 74.
- Poiijärvi, L. A., 1928, Über die Basenpermeabilität pflanzlicher Zellen. *Acta Bot. Fennica*, 4.
- Port, J., 1925, Über die Wirkung der Neutralsalze auf das Durchdringen der H- und OH-Ionen durch das Protoplasma I. *Biochem. Zeitschr.*, 166.
- Pringsheim, E. G., 1924, Über Plasmolyse durch Schwermetallsalze. *Beih. z. Bot. Zentralblatt*, 47.
- Pringsheim, N., 1854, *Bau und Bildung der Pflanzenzelle*. Berlin.
- Redfern, G., 1922, *Annals of Botany*, 36.
- Reed, H. S. ja Haas, A. R. C., 1923, Pseudo-antagonism of sodium and calcium. *Journ. Agr. Res.*, 24; tsit. Tsung-Lê Loo järgi.
- Reinhardt, 1899, *Plasmolytische Studien zur Kenntnis der Zellmembran*. Schwendener-Festschr.
- Rippel, A., 1926, *Quantitative Untersuchungen über Kationenaustausch in der Pflanze*. *Jahrb. für wiss. Bot.*, 65.
- Сабинин, Д. А., 1925, О корневой системе, как осмотическом аппарате. *Изв. Биол. Инст. при Пермском ун-ве*, III, 4.
- Schmalzfuss, K., 1932, *Untersuchungen über den Eiweissstoffwechsel von Kalimangelpflanzen*. *Phytopathol. Zeitschr.*, 5.
- Spek, J., 1921, Der Einfluss der Salze auf die Plasmakolloide von *Actinosphaerium Eichhorni*. *Acta Zoologica*.
- Stiles, W., a) 1924, *Permeability*. *New Phytologist*, 13.
— b) 1924, *Annals of Botany*, 38.
- Strasburger, E., 1901, *Über Plasmaverbindungen pflanzlicher Zellen*. *Jahrb. für wiss. Bot.*, 30.
- Traube, M., 1867, *Arch. für Anat. und Physiol.*
- Tröndle, A., 1918, *Sur la perméabilité du protoplasme vivant pour quelques sels*. *Arch. des sciences phys. et nat.*, 45.
- Tsung-Lê Loo, 1931, Further studies on the absorption of ammonia and nitrate by the root system of the higher plants. *Bull. Dep. Biol. Coll. of Sc. Sun Yatsen Univ.*, 10.
- Vries, de, H., a) 1884, *Eine Methode zur Analyse der Turgorkraft*. *Jahrb. für wiss. Bot.*, 14.
— b) 1887, *Untersuchungen über die mechanischen Ursachen der Zellstreckung*. *Habilitationsschrift*.
— c) 1885, *Plasmolytische Studien über die Wand und Vakuolen*. *Jahrb. für wiss. Bot.*, 16.
- Walter, H., 1921, *Biochem. Zeitschr.*, 122.
- Weber, F., a) 1921, *Das Fadenziehen und die Viskosität des Protoplasmas*. *Österr. Botan. Zeitschrift*, Nr. 6—8.
— b) 1924, *Krampfplasmolyse bei Spirogyra*. *Pflügers Arch.*, 206.
— c) 1924, *Plasmolyseform und Protoplasmaviskosität*. *Österr. Botan. Zeitschr.*, 73.

- d) 1925, Plasmolyseform und Kernform funktionierender Schliesszellen. Jahrb. für wiss. Bot., 64.
 - e) 1925, Plasmolyseform und Ätherwirkung. Ber. der Deutsch. Bot. Ges., 43.
- Weis, A., 1925, Beiträge zur Kenntnis der Plasmahaut. Planta, 1.
- Wieringa, K. T., 1930, Quantitative Permeabilitätsbestimmungen. Protoplasma, 8.

ÜBER KLITAMBONITEN

VON

A. ÖPIK

MIT 48 TAFELN UND 55 ABBILDUNGEN IM TEXT

TARTU 1934

Inhaltsverzeichnis.

| | Seite |
|---|-------|
| Inhaltsverzeichnis | III |
| Verzeichnis der Abbildungen im Text | V |
| Schrifttum | VII |
| Einleitung | 1 |
| 1. Teil. Stratigraphie, Morphologie und Phylogenie der Clitambonacea | 3 |
| I. Stratigraphische Verbreitung der Clitamboniten in Estland | 4 |
| II. Die Gestalt (Habitus) der Clitambonacea | 6 |
| III. Die Struktur der Schalensubstanz | 9 |
| IV. Die Area (Interarea) | 11 |
| V. Das Pedikelforamen | 13 |
| VI. Der dorsale Anker | 14 |
| VII. Der ventrale Schlossrand | 18 |
| VIII. Die dorsalen Insertionen der Schliessmuskeln | 18 |
| IX. Das Spondylium (resp. die ventralen Insertionen der Schliess- und Öffnermuskeln und des Pedikels) | 21 |
| X. Die Schwelle | 32 |
| XI. Die Skulptur der Schale | 34 |
| XII. Das Gefässnetz | 35 |
| XIII. Merkmale primitiver und fortgeschrittener viszeraler Gefässnetze der Brachiopoden | 45 |
| XIV. Das Gefässnetz der Clitambonacea | 47 |
| XV. Das Gefässnetz der Orthacea mit dem der Clitambonacea verglichen | 54 |
| XVI. Beziehungen der Clitambonacea zu <i>Finkelnburgia</i> und zu den Syntrophiaacea | 63 |
| XVII. Die Abstammung der Clitambonacea und ihre Stellung unter den Protremata | 67 |
| XVIII. Phylogenie der Clitambonacea | 72 |
| 2. Teil. Beschreibung der Familien, Gattungen und Arten der Clitambonacea | 74 |
| Superfam. Clitambonacea Schuchert | 74 |
| Gen. <i>Clitambonites</i> Pander | 79 |
| Gen. <i>Iru</i> n. gen. | 89 |
| Gen. <i>Hemipronites</i> Pander | 91 |
| Gen. <i>Ladogiella</i> n. gen. | 93 |
| Gen. <i>Vellamo</i> Öpik | 98 |

| | |
|--|-----|
| Gen. <i>Clinambon</i> Schuchert & Cooper | 117 |
| Gen. <i>Ilmarinia</i> n. gen. | 125 |
| Gen. <i>Apomatella</i> Schuchert & Cooper | 128 |
| Fam. Estlandiidae nov. | 129 |
| Subfam. Gonambonitinae Schuchert & Cooper | 129 |
| Gen. <i>Gonambonites</i> Pander | 129 |
| Subfam. Estlandiinae nov. | 132 |
| Gen. <i>Estlandia</i> | 132 |
| Gen. <i>Progonambonites</i> n. gen. | 138 |
| Gen. <i>Rauna</i> Öpik | 142 |
| Gen. <i>Antigonambonites</i> | 147 |
| Fam. Kullervoidae nov. | 162 |
| Subfam. Kullervoinae nov. | 162 |
| Gen. <i>Kullervo</i> Öpik | 162 |
| Clitambonacea incertae familiae | 174 |
| Gen. <i>Lacunarites</i> n. gen. | 175 |
| Anhang. Über die Hesperorthinae und <i>Dolerorthis</i> | 177 |
| <i>Barbarorthis foraminifera</i> n. gen., n. sp. | 183 |
| Gen. <i>Boreadorthis</i> n. gen. | 184 |
| Fam. Dolerorthidae nov. | 190 |
| Subfam. Dolerorthinae nov. | 190 |
| Tafeln | 191 |

Verzeichnis der Abbildungen im Text.

| | Seite |
|--|-------|
| 1. Aufbau und Morphogenese des Spondylium simplex von <i>Clitambonites adscendens</i> | 22 |
| 2. Apikaler Schnitt durch <i>Vellamo magna</i> | 23 |
| 3. Schemata zum Spondylium triplex der Estlandiidae | 25 |
| 4. Querschnitt durch das Spondylium von <i>Progonambonites inflexus</i> | 26 |
| 5. Schema des Innenbaues der Ventralschale von <i>Kullervo complectens</i> | 28 |
| 6. Schwellentypen der Clitambonacea | 33 |
| 7. Verschiedene Formen von Gefäßabdrücken, in schematischen Querschnitten | 36 |
| 8. Schema des Gefäßnetzes eines Klitamboniten (<i>Clitambonites schmidti epigonus</i>) | 39 |
| 9. Schematisches Blockdiagramm von <i>Antigonambonites aequistriatus</i> | 43 |
| 10. Dorsales Netz der Mantelgefäße von <i>Clinambon anomalus</i> | 48 |
| 11. Dorsales Gefäßnetz von <i>Ilmarinia dimorpha</i> | 48 |
| 12. Dorsales Netz der Mantelgefäße von <i>Ladogiella imbricata</i> | 49 |
| 13. Ventrals Gefäßnetz der <i>Ladogiella imbricata</i> | 50 |
| 14. Ventrals und dorsales Gefäßnetz der <i>Estlandia marginata</i> | 52 |
| 15. Ventrals Gefäßnetz von <i>Billingsella lindströmi</i> | 54 |
| 16. Dorsales Gefäßnetz von <i>Orthis calligramma</i> | 55 |
| 17. Ventrals Mantelgefäße von <i>Dolerorthis osiliensis</i> | 56 |
| 18. Dorsals Mantelgefäße von <i>Dolerorthis osiliensis</i> | 56 |
| 19. Dorsales Gefäßnetz von <i>Cyrtonotella kukersiana</i> | 59 |
| 20. Das ventrals Gefäßnetz von <i>Orthis (Cyrtonotella) kukersiana</i> | 60 |
| 21. Ventrals Gefäßnetz von <i>Dinorthis</i> | 62 |
| 22. <i>Mimella melonica</i> , ventrals Gefäßnetz | 62 |
| 23. Innenbau der dorsals Schale von <i>Finkelnburgia</i> | 64 |
| 24. Steinkerne von <i>Syntrophina campbelli</i> | 66 |
| 25. Das Innere einer Brachialschale der Grundform des <i>Clitambonites squamatus</i> | 82 |
| 26. Seitenprofile verschiedener Klitambonitiden | 84 |
| 27. Aussenseite einer Brachialschale von <i>Iru concava</i> | 90 |
| 28. Profile von <i>Hemipronites</i> und <i>Ladogiella</i> | 93 |
| 29. <i>Vellamo verneuili</i> | 101 |
| 30. Längsprofile von verschiedenen <i>Vellamo</i> -Formen | 102 |
| 31. <i>Vellamo ambisulcata</i> | 112 |
| 32. Schemata zu <i>Clinambon</i> | 123 |
| 33. <i>Clitambonites schmidti</i> , eine neanische Pedikelschale | 129 |
| 34. Längsprofile verschiedener Estlandiidae | 131 |

| | | |
|-----|--|-----|
| 35. | <i>Rauna strophomnoides</i> | 147 |
| 36. | <i>Antigonambonites anna</i> | 159 |
| 37. | <i>Kullervo panderi</i> | 165 |
| 38. | Eine fragmentäre Brachialschale von <i>Kullervo panderi</i> | 166 |
| 39. | Schemata zu <i>Kullervo</i> | 169 |
| 40. | <i>Kullervo lacunata</i> , Aussenskulptur | 170 |
| 41. | <i>Kullervo lacunata</i> | 171 |
| 42. | Seitenprofile von Hesperorthinen | 177 |
| 43. | <i>Boreadorthis crassa</i> | 185 |
| 44. | Innenfläche einer Dorsalschale von <i>Orthis inostrancefi</i> | 186 |
| 45. | <i>Boreadorthis crassa</i> | 187 |
| 46. | <i>Boreadorthis crassa</i> und <i>B. recula aequivalvata</i> | 188 |
| 47. | <i>Boreadorthis recula</i> | 189 |
| 48. | Schema zum Anker von <i>Estlandia marginata</i> | 213 |
| 49. | Schema zur Brachialschale von <i>Progonambonites estonus</i> | 215 |
| 50. | Schema zur Pedikelschale von <i>Rauna venusta</i> | 216 |
| 51. | Schema zur Pedikelschale von <i>Antigonambonites planus</i> | 222 |
| 52. | Schema zur Brachialschale von <i>Kullervo panderi</i> | 226 |
| 53. | Schema zum Spondylium von <i>Kullervo aluverensis</i> | 229 |
| 54. | Schema zum ventralen Gefässnetz von <i>Cyrtonotella kukersiana</i> | 236 |
| 55. | Schema zur Brachialschale von <i>Cyrtonotella kukersiana</i> | 239 |

Phylogenetische Tabellen.

| | | |
|------|---|-----|
| I. | Phylogenie der Clitambonoidea und der älteren Protremata | 70 |
| II. | Phylogenie der Clitambonitidae | 71 |
| III. | Phylogenie der ostbaltischen Estlandiidae und Kuller- voidae | 73 |
| IV. | Stammbaum der Orthacea | 181 |

Schrifttum.

- (1). A. Öpik „Brachiopoda Protremata der estländischen ordovizischen Kukruse-Stufe“, Publ. of the Geol. Institution of the University of Tartu, No. 20 und Acta et Comm. Universitatis Tartuensis (Dorpatensis) A XVII. 1. 1930.
- (2). Ch. Schuchert and G. A. Cooper „Brachiopod Genera of the Suborders Orthoidea and Pentameroidea“, Memoirs of the Peabody Museum of Natural History, vol. IV, part 1. New Haven, Conn. 1932.
- (3). Carpenter „On the Intimate Structure of the Shells of the Brachiopoda“ in „British Fossil Brachiopoda“, vol. I, by Th. Davidson. London 1854.
- (4). R. Kozłowski „Les brachiopodes gothlandiens de la Podolie Polonaise“, Palaeontologia Polonica, t. I. Warszawa 1929.
- (5). A. Öpik „Über Plectamboniten“, Publ. of the Geological Institution of the University of Tartu, No. 31 und Acta et Comm. Universitatis Tartuensis (Dorpatensis) A XXIV. 7. 1933.
- (6). Ch. Walcott „Cambrian Brachiopoda“, U. S. Geological Survey, Monographs, vol. 51. 1912.
- (7). A. Öpik „Über einige Dalmanellacea aus Estland“, Publ. of the Geological Institution of the University of Tartu, No. 32 und Acta et Comm. Universitatis Tartuensis (Dorpatensis) A XXV. 1. 1933.
- (8). A. Öpik „Über die Plectellinen“, Publ. of the Geological Institution of the University of Tartu, No. 28 und Acta et Commentationes Universitatis Tartuensis (Dorpatensis) A XXIII. 3. 1932.
- (9). A. von der Pahlen „Monographie der baltisch-silurischen Arten der Brachiopodengattung *Orthisina*“, Mém. de l'Acad. de St.-Pét. 1877.
- (10). R. Kozłowski „Sur certains orthidés ordoviciens des environs de St.-Petersbourg“, Bibliotheca Univ. Liberae Polonicae, Warszawa 1927.
- (11). Hall and Clarke „An Introduction to the Study of the Genera of Paleozoic Brachiopoda“. Albany, N. Y., 1892.
- (12). A. Mickwitz „Über die Brachiopodengattung *Obolus Eichwaldi*“, Mém. de l'Acad. de St.-Pét. 1898.
- (13). G. A. Cooper „The Brachiopod Genus *Pionodema* and its Homeomorphs“, Journal of Paleontology, vol. 4, No. 4. 1930.
- (14). Ch. Schuchert and Clara M. Levene „Brachiopoda“ in Fossilium Catalogus, pars 42. Berlin 1929.
- (15). Schuchert and Cooper „Synopsis of the Brachiopod Genera etc.“, American Journal of Science, vol. 22. 1931.
- (16). Ch. Schuchert „Brachiopoda“ in K. v. Zittel „Text-Book of Paleontology“, edited by Ch. R. Eastman. London 1913.

- (17). N. H. Winchell and Ch. Schuchert „The Lower Silurian Brachiopoda of Minnesota“, The Geology of Minnesota. Minneapolis 1895.
- (18). L. v. Buch „Über *Delthyris* oder *Spürter* und *Orthis*“. Berlin 1836.
- (19). R. J. Murchison, E. de Verneuil et A. de Keyserling „Géologie de la Russie d'Europe et des montagnes de l'Oural“, vol. II, Paléontologie. Londres-Paris 1845.
- (20). A. d'Orbigny „Considérations zoologiques et géologiques sur les Brachiopodes“, Comptes-Rendus hebdomadaires des séances de l'Acad. des Sciences 25. pp. 193—195, 266—269. Paris 1847.
- (21). A. von der Pahlen „Monographie der baltisch-silurischen Arten der Brachiopodengattung *Orthisina*“, Mém. de l'Acad. de St.-Pét. 1877. Dasselbe siehe (9).
- (22). Ch. H. Pander „Beiträge zur Geognosie des Russischen Reiches“. St. Petersburg 1830.
- (23). E. Eichwald „Über das silurische Schichtensystem in Estland“. St. Petersburg 1840.
- (24). A. Öpik „Beiträge zur Kenntnis der Kukruse-(C₂-C₃)-Stufe in Eesti IV“, Publ. of the Geological Institution of the University of Tartu und Acta et Commentationes Universitatis Tartuensis (Dorpatensis) A XIX. 2. 1930.
- (25). E. Eichwald „Die Urwelt Russlands“. St. Petersburg 1840—1848.
- (26). R. S. Bassler „The early Paleozoic *Bryozoa* of the Baltic Provinces“, U. S. National Museum Bulletin, No. 77. Washington 1911.
- (27). W. H. Twenhofel „Geology of Anticosti Island“, Canada Geological Survey Memoir, No. 154. Ottawa 1927.
- (28). E. F. von Schlotheim „Nachträge zur Petrefactenkunde“. Gotha 1822.
- (29). Th. Davidson „British Fossil Brachiopoda“, part IV, London 1858; part VII, 1871.
- (30). S. Kutorga „Über das silurische und devonische Schichtensystem von Gatschina“, Verhandl. der Kais.-Russ. Mineral. Gesellschaft zu St. Petersburg 1846.
- (31). E. Eichwald „*Lethaea Rossica*“, vol. I. Stuttgart 1855—1860.
- (32). A. Lessnikow „Paläontologische Charakteristik des Untersilurs zwischen den Stationen Swanka und Nasja etc.“, Bull. du Comité Geol. 42, No. 5—9. Leningrad 1924.
- (33). C. Gagel „Die Brachiopoden der cambrischen und silurischen Geschiebe etc.“, Beiträge zur Naturkunde Proussens, Königsberg 1890.
- (34). C. Wiman „Über die Fauna des westbaltischen *Leptaenakalkes*“, Arkiv för Zoologi, B. 3, No. 24. Stockholm 1907.
- (35). F. R. C. Reed „The Ordovician and Silurian Brachiopoda of the Girvan District“, Transactions of the Royal Society of Edinburgh, vol. 51, part IV, No. 26. 1917.
- (36). F. Roemer „Die fossile Fauna der silurischen Diluvialgeschiebe von Sadewitz bei Öls“. Breslau 1861.
- (37). Fr. Schmidt „Untersuchungen über die silurische Formation von Estland etc.“, Archiv für Naturkunde, Dorpat 1858.
- (38). W. C. Brögger „Die silurischen Etagen 2 und 3 im Kristianiagebiete“. Kristiania 1882.

Einleitung.

Einen wesentlichen Bestandteil der ordovizischen Fauna bilden die Klitamboniten nur im Ostbaltikum, und hier sind sie nicht nur durch viele Arten und Gattungen, sondern auch durch zahlreiche Individuen vertreten. Man kennt sie auch aus Nordamerika, Skandinavien, Schottland, Ostgrönland und Asien (Junnan und Schan), dort aber sind überall die Klitamboniten selten und nur durch wenige Formen vertreten. Daher wurde diese, für die Stammesgeschichte der Protremata so interessante, Gruppe wenig beachtet. Pander beschrieb zahlreiche ostbaltische Arten, aber nur in ganz allgemeiner Form. Murchison, Verneuil und Keyserling haben den Innenbau schon mehr berücksichtigt. Die erste Monographie dieser Brachiopoden wurde von Pahlen geliefert, diese behandelte aber ebenfalls mehr die taxonomische als die paläozoologische Seite.

Die vorliegende Schrift wurde gleichzeitig mit dem Werk über „Brachiopoda Protremata der Kukruse-Stufe“ [A. Ö. (1)] vorbereitet, wobei schon in der letztgenannten Abhandlung mehrere Arten und die Gattung *Vellamo* angeführt wurden. Inzwischen ist die grosszügige Monographie von Schuchert & Cooper erschienen, in welcher die Klitamboniten als Orthoidea behandelt werden. In dieser an anregenden Gedanken so reichen Schrift werden die amerikanischen Formen besonders genau beschrieben, während die europäischen mehr in Hinsicht ihrer orthoiden Merkmale behandelt werden.

Es war nun unsere Aufgabe, nicht nur die neuen oder wenig bekannten Formen zu beschreiben, sondern auch das schon vorhandene Material in phylogenetischer und paläozoologischer Hinsicht auszuwerten. Besonders eingehend wurde das Gefässnetz der Klitamboniten behandelt und bei der Lösung taxonomischer und phylogenetischer Probleme ausgenutzt. Die Mantelgefässe haben ja die zu untersuchende fossile Brachiopodenschale erzeugt, es sind also alle wesentlichen und unwesentlichen Merkmale der letzteren in erster Linie durch die Konfiguration und Bauart dieser Gefässe bestimmt worden. Es sind aber nur Spuren, Wülste und Abdrücke der Gefässe auf der Innen-

fläche der Schale, und zwar mehr oder weniger unvollkommen, erhalten, so dass hier eine unvermeidliche Fehlerquelle vorliegt. Aus diesem Grunde kann das Gefässnetz im allgemeinen nicht zur Unterscheidung von Arten dienen, ist aber bei höheren taxonomischen Einheiten von besonders hohem Wert.

Neben dem Gefässnetz der Klitamboniten wird hier auch das der Orthacea kurz behandelt, um ein tieferes Eindringen in das Problem der Verwandtschaft dieser beiden Gruppen zu ermöglichen. Damit ist hier die Aufgabe gegeben, auch die anderen Gruppen der Protremata, die Dalmanellacea, Strophomenacea und die Plectamboniten von diesem Standpunkt aus zu behandeln, und es wurde schon einmal früher hervorgehoben [A. Ö. (5)], dass die Untersuchung der Gefässabdrücke der gesamten Brachiopoden überhaupt von grösster morphogenetischer und phylogenetischer Wichtigkeit ist.

Das Problem der Klitamboniten ist aber mit der vorliegenden Schrift noch durchaus nicht restlos gelöst. Es sind hier Formen incertae familiae vorhanden, es sind hier ferner noch die Beziehungen zu den Syntrophiacea zu klären (Struktur der Schale), dunkel ist noch die Entstehung des Spondyliums usw.

Der grösste Teil des hier untersuchten Brachiopodenmaterials wurde im Laufe mehrerer Jahre vom Verfasser gesammelt. Ausserdem standen ihm zur Verfügung ältere Sammlungen des Geologischen Museums der Universität Tartu und der Naturforscher-Gesellschaft. Dank der Freundlichkeit der Herren H. v. Winkler und P. Thomson war dem Verf. auch eine im Museum von Tallinn aufbewahrte Sammlung aus Russland stammender Klitamboniten zugänglich. Die Direktion des Reichsmuseums in Stockholm war so freundlich Vergleichsmaterial zu *Kullervo complectens* zu übersenden, und Herr Per Thorslund (Upsala) übernahm die Revision des Holotypus dieser Art (vgl. Textabb. 5). Einige gute Exemplare lieferten auch die Herren Mag. K. Orviku und W. Paul (Tartu), und den Typus der *Rauna strophomenoides* stellte Herr Dr. W. Quenstedt (Berlin) dem Verfasser zur Verfügung. Es mögen alle hiermit meinen innigsten Dank für ihre Hilfe und ihr Entgegenkommen empfangen.

I. Teil.

Stratigraphie, Morphologie und Phylogenie der Clitambonacea.

I. Stratigraphische Verbreitung der Klitamboniten in Estland.

In den folgenden stratigraphischen Tabellen A und B sind alle gegenwärtig bekannten Daten über die vertikale Verbreitung der Klitamboniten zusammengefasst worden. Es ergibt sich, dass die Klitamboniten ausgesprochen ordovizische Fossilien sind. Dabei sind sie gute Leitfossilien, besonders solche Arten, welche häufig auftreten und allgemein verbreitet sind. Solche Arten sind in der Tabelle fett gedruckt worden. Grössere Zeitabschnitte werden durch Gattungen gut charakterisiert, was schon aus dem Vergleich der Tabellen A und B untereinander hervorgeht. Die wichtigste Wendezeit stellt die Stufe B_{III} dar, wo die Hauptmasse der „Gonamboniten“ (*Pro-*, *Antigonambonites*, *Rauna*) verschwindet, um in C₁ das Feld vor *Clitambonites* und *Vellamo* zu räumen.

Die artenreichste Gattung ist *Vellamo*, und ihr gehört auch die grösste Zeitspanne, ja sie reicht sogar ins Llandovery hinein.

Mehrere Arten der Klitamboniten kommen wie in Estland, so auch in Russland, im russischen Teil des baltisch-ladogischen Glintes vor. Allerdings sind in unserer Behandlung die russischen Formen z. T., der Dürftigkeit des vorhandenen Materials entsprechend, nur als Stichproben gestreift worden. Ausserdem sind viele aus Russland gekommene Exemplare entweder lose gefunden worden, oder sie stammen aus sehr alten Sammlungen, aus den Zeiten Pander's und Grewingk's, wo die einzelnen Zonen und Stufen nicht genau genug unterschieden wurden. Die Horizontierung solcher Arten ist daher nur annähernd möglich gewesen. Diese stratigraphisch unsicheren Arten sind in Kleindruck angeführt worden. Als eine Lücke erscheint in den

Stratigraphische Tabelle (B)

der Klitamboniten des *Megalaspis*- und des Vaginatenkalkes, die Genera *Antigonambonites*, *Rauna*, *Progonambonites*, *Apomatella*, *Pahlenella* und *Lacunarites* enthaltend.

| Stufen und Zonen Arten | B _I | B _{II} | | | B _{III} | | | |
|--|----------------|-----------------|---------|----------|------------------|---------|----------|-------|
| | β | α | β | γ | α | β | γ | |
| <i>Antigonambonites planus</i> (Pander) | + | + | + | + | + | | | Es, R |
| <i>Antigon. costatus</i> Ö. | | | | + | | | | Es, R |
| <i>Antigon. sulcatus</i> (Ö.) | | | + | + | | | | Es |
| <i>A. mäekülaensis</i> Ö. | | | + | + | | | | Es |
| <i>A. soror</i> Ö. | | | + | | | | | Es, R |
| <i>A. anna</i> Ö. | | | | + | + | | | Es, R |
| <i>A. aequistriatus</i> (Gagel) | | | | | + | + | + | Es, R |
| <i>Rauna janischewski</i> (Lessnikow) | | | + | + | | | | Es, R |
| <i>Rauna strophomenoides</i> Ö. | | | + | + | | | | ? |
| <i>R. wolchowiana</i> Ö. | | | + | + | | | | R |
| <i>R. venusta</i> Ö. | | | + | | | | | R |
| <i>Progonambonites inflexus</i> (Pander) | | | | | + | + | + | Es, R |
| <i>Progonambonites estonus</i> Ö. | | | | | | + | | Es |
| <i>Progon. catellatus</i> Ö. | | | | | | + | + | R |
| <i>P. voborthi</i> (Pahlen) | | | | | | + | | R |
| <i>Apomatella ingrica</i> (Pahlen) | | | + | + | | | | Es, R |
| <i>Pahlenella trigonula</i> (Eichw.) | | | | | | + | | R |
| <i>Lacunarites ilmatar</i> Ö. | | | | | | + | | Es |
| <i>Lacunarites arcuatus</i> (Eichw.) | | | | | | + | + | R |

Es bedeutet in den Tabellen: Es — Estland; R — Russland. B_I β ist die Zone mit *Megalaspides* und *Cyrtometopus primigenus*, (Mäeküla-Schichten); B_{II} ist Megalaspiskalk; B_{III} — Vaginatenkalk oder Kunda-Stufe. Die Zone B_{III} α (*expansus*) ist in Estland nicht vertreten. C₁ ist die Tallinna-Aseri Stufe, *Echinosphaerites*-Kalk, resp. oberer Asaphiden-Kalk, C₂-C₃ — die Kukruse-Stufe; D₁ — Jõhvi-, D₂ — Keila-, D₃ — Vasalemma- (mit der Oandofazies), E — Rakvere-, F₁ — Lyckholm-, resp. Saaremõisa- und F₂ — Porkuni-Stufe. Die letztere muss schon zum Llandovery gerechnet werden. Genaueres über die stratigraphischen Bezeichnungen siehe bei A. Öpik (1). In den Tabellen klein gedruckte Arten sind solche, wo das stratigraphische Niveau nicht sicher bekannt ist. Fett gedruckt sind häufige Leitformen.

Tabellen das Fehlen der *Ladogiella*-Arten; ihr Niveau ist annähernd bekannt, es ist dies der Vaginaten- und der untere Echinosphaeritenkalk. In Estland kommen sie sehr selten vor, wobei ihre Bestimmung der Art nach nicht gelingen will, da sie sich nicht gut genug auspräparieren lassen.

Die Bezeichnungsweise der Stufen und Zonen ist im wesentlichen dieselbe, wie sie schon früher [A. Öpik (1), S. 49 (Tabelle) und S. 237] verwendet worden ist. Als neu erscheint hier der Ausdruck „Oando-Schichten“. Es handelt sich hier um eine dem Hemikosmitenkalk von Vasalemma annähernd gleichzeitige Ablagerung, in welcher der kristallinische, grobe Krinoidenkalk durch dünnsschichtige blaugraue Tone und Mergel ersetzt wird. Diese Ablagerung wurde vom Verf. in verschiedenen Brunnen der Stadt Rakvere nachgewiesen. Der einzig bekannte natürliche Aufschluss befindet sich am Oando-Fluss. Die Fauna enthält zahlreiche typische Vertreter der Vasalemma-Stufe, aber keine Hemikosmiten. Daneben treten jedoch auch solche Formen wie *Rhynchotrema*, *Camerella*, welche hier früher unbekannt waren, und zahlreiche Ostrakoden auf. Eine nähere Beschreibung der Funde ist in Vorbereitung.

II. Die Gestalt (Habitus) der Clitambonacea.

Die Verschiedenheiten der Gestalt stellen uns eine Gruppe von Merkmalen zur Verfügung, welche zum Auseinanderhalten von Arten sehr geeignet sind, auch bei Gattungen gute Dienste leisten, bei höheren Einheiten aber nur mit Vorsicht und nebenbei verwendet werden können. Als Beispiel ziehen wir die *Kullervo lacunata* heran, welche wegen der Gestalt ihrer Ventralchale anfangs als eine echte *Vellamo* [bei A. Öpik (1)] galt. Die andere, *Kullervo panderi*, war dagegen nur durch flache Dorsalschalen vertreten, deren Innenbau eine neue Gonambonitengattung vermuten liess. Besseres, hier beschriebenes Material zeigte, dass hinter der klitambonitidenartigen, eine *Vellamo* vortäuschenden Gestalt tatsächlich ein neues Glied der Gonamboniten verborgen war.

Die Gestalt der Brachiopoden wird bestimmt durch ihren Bauplan, dessen Hauptelemente die Bilateralität und die Zweisechaligkeit sind. Bei den Clitambonacea kommen noch, wie bei den Orthoidea und Strophomenacea, als variable Komponente der Gestalt der breite Schlossrand und die Area hinzu. Verschiedene Gestalten ergeben sich dann aus den Wölbungsverhältnissen, der Stärke der Wölbung, der Grösse, Krümmung und Neigung der Area.

Beliebige Gestalten sind aber bei den Clitambonacea,

wie auch bei den anderen Brachiopoden, nicht denkbar. Die Gestalt musste die Gleichgewichtslage des Brachiopoden gegenüber der Aussenwelt ermöglichen und den Anforderungen an Form- und Materialfestigkeit entsprechen. Die Zahl der möglichen Lösungen dieser Aufgabe ist relativ klein, und man könnte hier eine gewisse Analogie mit der Phasenregel herausfinden. Der entscheidende Unterschied zwischen den Brachiopoden und einem gegebenen anorganischen, entsprechend komponentenreichen System wäre der, dass beim letzteren die Reihenfolge der Gleichgewichtspunkte, die Evolution, nur durch die physikalischen Parameter, bei den ersteren aber durch die physikalischen (ökologischen) Bedingungen und die innere, organische Variabilität bestimmt wird. Der Lauf der Erdgeschichte zeigt einen wiederkehrenden Rhythmus der anorganischen Umwelt des Lebens, welcher sich im unabhängigen Auftreten ähnlicher Gestalten und deren Wiederholung bei zeitlich und räumlich verschiedenen Lebewesen widerspiegelt. Die unumkehrbare Entwicklung des Lebens muss sich also dem begrenzten Rahmen der Umwelt anpassen, sorgt aber dafür, dass eine genaue Wiederholung dennoch niemals zustande kommen kann.

Unter den Klitambonitiden können drei Haupttypen im Habitus fixiert werden: der bikonvexe aequivalvate, der pyramidale und der strophomenoide. Bikonvex ist *Ladogiella*, wobei die Schalen gleichmässig und stark gewölbt erscheinen. Diese Formen sind linsenförmig bis fast kugelig, die Area ist dabei von bescheidener Grösse (Textab. 28) und das Tier benutzt beide Schalen als Wohnraum, eine Differenzierung in Deckel und Gehäuse findet nicht statt.

Bei der zweiten, pyramidalen Stufe ist die mit grosser Area versehene ventrale Schale als Gehäuse, als Behälter der Weichteile entwickelt und die flache dorsale Schale dient eigentlich nur als Deckel des Gehäuses. So ist es besonders bei *Vellamo* zu beobachten. Bei *Clitambonites adscendens*, *squamatus* und *Hemipronites famulus* ist eine Abweichung vom *Vellamo*-Typus in dem Sinne vorhanden, dass der dorsale Deckel eine mässige Wölbung aufweist. Einen speziellen Fall stellt *Ilmarinia dimorpha* dar, wo ein Sinus und eine starke dorsale Wölbung bei pyramidaler Pedikelschale vorliegen. *Apomatella ingraca*, *Clinambon*, *Clitambonites adscendens* und einige *Vellamo*-Arten bilden für sich eine besondere Untergruppe innerhalb der Pyramidenschalen, indem sie auch im Alter eine mehr

oder weniger vorwärts geneigte, prokline Area besitzen (Textabb. 26, 32; Taf. XXXIX, Fig. 2). Dieses prokline Stadium müssen eigentlich alle Klitambonitidenarten in der Jugend durchmachen. Die älteste unter diesen ist dabei *Apomatella*, weshalb sie auch an die Wurzel des Klitambonitidenstammes gestellt wird. Aber bei *Clinambon* und *Vellamo* (wo die Proklinität vorhanden) ist diese infantile Neigung der Area eigentlich als Altersinfantilismus des Stammes zu bezeichnen. Dies ist um so wahrscheinlicher, als *Clinambon* der *Apomatella* gegenüber einen sehr verwickelten Innenbau aufweist.

Allerdings musste der zentral gelegene Wirbel von *Clinambon* (Taf. XLI, Fig. 2) eine ganz stabile, tetrakorallenartige, mit dem dorsalen Deckel nach oben gerichtete Lage des Gehäuses auf dem Substrate ermöglichen. Auch unter den *Vellamo*-Arten gibt es solche, die eine *Streptelasma*, bis auf die feine Querrieffung, nachahmen [vgl. hierzu A. Öpik (1), S. 44].

Das strophomenoide Stadium der Klitambonitiden ist durch die *Iru concava* (Textabb. 26) vertreten. Hier funktioniert die Ventralschale als ein konkaver Deckel. Interessanterweise ist bei dieser Art die Pedikelarea proklin geneigt, was der Schale ebenfalls ein infantiles Gepräge aufdrückt.

Die Gestalten der Gonamboniten, der *Estlandiidae* und der *Kullervoidae*, sind nicht so mannigfaltig wie die der Klitambonitiden. Pyramidal, mit hoher Area und mit flacher dorsaler Deckelschale, also ganz *Vellamo*-artig ist die *Kullervo*. Die älteren „Gonambonitiden“ sind, wie z. B. *Rauna* und *Antigonambonites*, von strophomenoider Gestalt. Dabei ist die Pedikelschale zumeist nur etwas konkav. Bei den Antigonamboniten und *Estlandia marginata* hat die Pedikelschale eine geringe konvexe Wölbung, wobei die Bauchigkeit der dorsalen Schale im allgemeinen zunimmt. Bei der letzten *Estlandia* — bei der *pyron* — ist die dorsale Schale zum Gehäuse und die Pedikelschale zum relativ flachen Deckel geworden. Bei diesen Gonamboniten kommt die infantil prokline Ventralarea überhaupt nicht vor.

Beim *Lacunarites* (Textabb. 26) endlich ist die Brachialschale tief konkav, so dass die Gestalt hier als rafinesquinoid bezeichnet werden kann.

Falls man noch die bei *Vellamo* u. a. vorkommende Asymmetrie hinzuzieht, so ist damit der ganze Gestaltenkreis der *Clitambonacea* umschrieben.

Die Gestalt der *Clitambonacea* ist, wie wir es schon oben gesehen haben (procline Area in der Jugend), auch vom Alter abhängig, wobei mit dem Alter die Wölbung, die Neigung der Area und die Schalenlänge zunehmen. Dieses Verhalten haben wir schon früher [A. Öpik (1)] durch zahlreiche Beispiele klar gestellt. Um diese Frage nochmals zu illustrieren, werden diesmal bei *Clinambon anomalus* an einem Exemplar die Zuwachslamellen genauer analysiert (Textabb. 32 III).

III. Die Struktur der Schalensubstanz.

Bei den Klitambonitiden ist die Innenfläche der Schale glatt und erkennt man im Schliff keinerlei Poren oder Pseudoporen. Die Schalensubstanz ist also faserig, indem sie einen faserigen Bruch aufweist und im Querschnitt die Zuwachsschichten den Eindruck von echten Fasern hervorbringen können. Ausserdem bestehen diese Zuwachsschichten aus sehr feinen, senkrecht stehenden Kalkprismen. Die grössten Prismen hat *Ladogiella*.

Man kann bei den Klitamboniten zweierlei Lamellen unterscheiden. Erstens die primären Schalenlamellen, welche am Schalenrande beim Wachsen fortwährend abgelagert werden, wodurch der Schalenumfang sich vergrössert. Diese Lamellen liegen schuppenartig eine unter der anderen. Die Aussenfläche der zuletzt abgelagerten Lamelle bildet den Aussensaum der Schale mit dem randlichen Gefässnetz (Textabb. 9).

Zweitens die sekundäre Schalensubstanz [adventitious shell Schuchert & Cooper (2)], welche von der ganzen Mantelfläche aus abgesondert und über die primären Lamellen diskordant aufgelagert wird. Sie befördert nicht das Wachsen des Schalenumfangs, sondern nur dasjenige der Schalendicke. Die Anhäufung der sekundären Schalensubstanz ist eine Alterserscheinung: der Kalk, welcher früher am Schalenrande abgesetzt wurde, muss auch jetzt, wo die Weichteile nicht mehr weiterwachsen, irgendwie abgesetzt werden.

Die porenlose und pseudoporenlose Schalensubstanz kann als „glatt“ oder homogen bezeichnet werden. Eine ähnliche Struktur findet sich auch bei Orthacea, Pentameracea u. a.

Die Schalensubstanz der Estlandiidae und der Kullervoidae, resp. der „Gonamboniten“ ist heterogen. Die Muskelinsertionen und die Insertionen der Armspiralen sind glatt,

während die übrige Schalensubstanz strophomenoid pseudopunktiert erscheint. Die „Pseudopunctae“ oder Scheinpunkte werden durch Warzen mit hellem axialem Kern erzeugt. Diese Struktur ist von Carpenter (3) und Kozłowski (4) untersucht und beschrieben worden. Bei uns wird sie hier eingehend bei *Estlandia marginata* beschrieben [Taf. III, Fig. 5; Taf. II, Fig. 1a, 1b; Fig. 3; vgl. auch A. Öpik (5), Taf. IX, Fig. 3]. Da die Muskelinsertionen sich beim Wachsen der Schale verschieben, so werden die verlassenen, glatten Schalenteile z. T. durch die pseudopunktierte Substanz nachträglich überlagert. Dies ist besonders bei *Kullervo* (Textabb. 38) der Fall.

Die Warzen und Pseudoporen der Gonamboniten sind sehr fein und nicht bei jedem Exemplar genügend erhalten. Durch diagenetische Rekristallisation, wie bei den Gonamboniten des Megalaspiskalkes, können sie z. T. verwischt werden. Bei verkieselten Schalen gehen die Pseudoporen ganz verloren. Zum Studium der Schalenstruktur sind am besten geeignet solche Exemplare, welche allseitig im Kalk eingebettet sind. Exemplare aus kieseligem, schon etwas dolomitischem, oft auch mergeligem Kalk sind für solche Studien weniger brauchbar. Um bessere und sicherere Resultate zu erhalten, müssen immer mehrere Stücke verschliffen werden. Beim Prüfen auf Scheinporen ist ein negatives Ergebnis erst bei mehrfacher Wiederholung als gesichert zu betrachten. Aber in vielen Fällen können, wegen allgemeiner Rekristallisation, überhaupt keine Schlüsse über die Schalenstruktur gezogen werden. Als Beispiele derartig verwischter Schalenstruktur nennen wir die Brachiopoden aus den *Megalaspides*-Schichten (Zone mit *Cyrtometopus primigenus*, Mäeküla-Schichten, B₁β, 3) des Ostbaltikums; *Orusia lenticularis* in den Stinkkalk-Ellipsoiden des skandinavischen Kambriums; *Billingsella coloradoensis* von Grand Teton. In Fällen, wo die Faserung, resp. die Lamellierung der Schale im Schliff verschwommen erscheint, kann ein sicheres Urteil nicht mehr gefällt werden. Die „granular groundmass“ [Walcott (6), S. 298, 299] kambrischer Brachiopoden wird wohl ganz sekundärer, diagenetischer Natur sein. Ganz besonders sind in dieser Hinsicht die wertvollen Erfahrungen von Schuchert & Cooper (2), S. 41 zu berücksichtigen. Vgl. hierzu auch A. Öpik (7), S. 6.

Die heterogene pseudopunktierte Schalenstruktur (Scheinporenstruktur) ist allen Strophomeniden, Plektambonitiden, Pro-

duktiden u. a. eigen. Sie ist auch bei *Taffia planoconvexa* zu erwarten.

Der Schalenstruktur nach zerfallen die Clitambonacea also in zwei natürliche Gruppen — 1) in die Clitambonitidae mit glatter und 2) die Estlandiidae und Kullervoidae mit pseudopunktierter heterogener Schale („Gonamboniten“).

Bei den Clitambonacea sind in der Schalenstruktur auch einige Züge zu beobachten, welche als spezielle Strukturen bezeichnet werden können. So zeigt *Clinambon anomalus* im Querschnitt des vorderen Teiles des dorsalen Ankers (Taf. 1, Fig. 4) eine verworrene mediane Naht, welche auch durch den Schlossfortsatz hindurchgeht. Diese Naht besteht auch in der Mittellinie der *A*-Platte und des Chilidiums und ist auch bei allen Klitambonitiden mehr oder weniger deutlich zu unterscheiden. Auch bei Plektambonitiden und Sowerbyellen kann diese Struktur in günstig ausgefallenen Schliffen beobachtet werden. Da es bei den Protremata manchmal der Fall ist, dass das Chilidium als laterale Chilidialplatten entwickelt erscheint, dass die *A*-Platte in der Mittellinie gespalten ist (*Kullervo aluverensis*, Textabb. 39), da ferner auch bei anderen Brachiopoden zwei deltidiale Platten anstatt einer einheitlichen *A*-Platte vorkommen, — so muss hier, in dieser Naht, eine Ureigenschaft der Brachiopoden verborgen sein. Sie hängt wohl mit der allgemeinen Bilateralität der Brachiopoden zusammen und wird auf die eine oder andere Weise sporadisch innerhalb einzelner Gruppen hervorgebracht.

Zu diesen speziellen Strukturen kann man auch die Verknüpfung des pulvillus (Taf. I, Fig. 1), den Bau des ventralen Septums, welcher z. T. die Entwicklungsgeschichte des Spondyliums widerspiegelt, u. a. rechnen. Gleichfalls kann die Faltung der Lamellen an der Schwelle der *Estlandia* (Taf. II, Fig. 1 d) und anderer Gonamboniten als eine spezielle, durch den Verlauf der Mantelsinusse erzeugte Struktur bezeichnet werden.

IV. Die Area (Interarea).

Die ventrale Area, resp. Interarea ist die grössere, die dorsale die kleinere. Bei allen Clitambonacea sind diese Flächen stets stark ausgebildet, im Durchschnitt bedeutend stärker als bei den Orthoidea. Falls man die Clitambonacea als me-

gaareat bezeichnet, sind die Orthoidea mesoareate Brachiopoden. Nur einige unter den letzteren haben hohe Areas, wie *Hesperorthis*. Formen wie *Kullervo lacunata* verdienen sogar als hyperareat (Taf. XXXVI, Fig. 5 c) bezeichnet zu werden. Die Höhe und Grösse der Area ist aber nach Art und Alter im allgemeinen ziemlich schwankend. Die beiden Areas zusammen tragen den viereckigen, rhomboiden Ausschnitt, das „Dithyrium“, dessen ventraler Teil als Deltidium, der dorsale aber als Notothyrium bekannt ist. Bei den *Clitambonacea* sind diese Öffnungen gewöhnlich durch die *A*-Platte und das Chilidium verdeckt.

Die Areas sind immer mehr oder weniger grob horizontal gestreift; es ist dies die Zuwachsstreifung des Schlossrandes (Taf. VIII, Fig. 2; Taf. XV, Fig. 2 a; Taf. XXI, Fig. 1; Taf. XXXI, Fig. 3 c), welche auch den Deckplatten des Dithyriums eigen ist. Ausserdem verlaufen auf der dorsalen Area seitlich vom Chilidium die Positionsspuren der Zahngruben (Textabb. 10) und auf der ventralen Area — die aus dem Wirbel ausstrahlenden Spuren der Schlosszähne und der Schlossrandzähnchen (Taf. XXXI, Fig. 3 c), wo solche vorhanden. Bei allen *Clitambonacea* besteht noch eine zum Schlossrande senkrechte Streifung der Areas, doch nur bei *Clinambon* (Taf. XV, Fig. 2 a und Taf. XXXIX, Fig. 2) ist sie genügend grob und gut erhalten, um abgebildet zu werden. Es ist dies eine Art Streifung, welche auch ausserhalb der Protremata verbreitet ist und vielleicht als ein Homologon zu radialen Schalenskulptur gedeutet werden kann.

Da das Chilidium sich über den Schlossrand emporwölbt, so hat die *A*-Platte an ihrem oberen, dorsalwärts gerichteten Rande zum Einfassen des Chilidiums einen „chilidialen Ausschnitt“, „arcus chilidii“. Am stärksten ist dieser bei *Vellamophrygia* ausgebildet (Taf. XIII, Fig. 7). Wo die dorsale Schale unbekannt ist, kann nach dem arcus chilidii die Grösse und die Gestalt des Chilidiums geschätzt werden und umgekehrt.

Bei *Apomatella* fehlen die Deckplatten des Dithyriums fast ganz. Bei älteren Exemplaren sind hier nämlich am Rande der *A*-Öffnung ganz deutlich die deltidialen Platten vorhanden und treten anstatt des Chilidiums gewöhnlich ganz schwache chilidiale Platten auf.

V. Das Pedikelforamen.

Die Stielöffnung der *Clitambonacea* ist sehr mannigfaltig gestaltet. Als eine allgemeine Erscheinung ist dabei ihre später oder früher erscheinende Vernarbung anzusehen, welche nur bei wenigen Arten (bei einigen *Vellamo*- und *Kullervo*-Arten) nicht stattfindet.

Bei *Apomatella* und bei neanischen und vorneanischen *Clitambonacea* fehlt die Δ -Platte und folglich auch das Foramen ganz, indem das ganze Deltidium als solches funktioniert. Bei *Clitambonites* (Taf. VIII, Fig. 2), bei *Estlandia marginata* u. a. liegt das Foramen an der Spitze der Δ -Platte, ist nicht gross und vernarbt früh. Beim relativ grossen Foramen von *Clinambon* (Taf. XXXIX, Fig. 2) findet ebenfalls ein allmähliches Vernarben statt. Bei *Vellamo* ist das Foramen zu meist offen oder es vernarbt nur teilweise, nicht ganz. Sehr selten (*V. vernevili*), und dann nur im hohen Alter, ist das Foramen bei *Vellamo* ganz verstopft. Bei mehreren *Progonambonites*-Formen und bei *Estlandia pyron* sieht man anstatt des Foramens oder dessen Narbe einen fast ganz geschlossenen, sichelförmigen Spalt auftreten. Bei *Kullervo complectens* (Wiman) ist das Foramen zu einem besonderen Haftorgan entwickelt worden.

Es ist sehr möglich, dass, wo mit der Zeit das Foramen vernarbte, der Pedikel sich in ein Ligament umwandelte, welches einerseits am Substrat, anderseits aber an der Narbe des ehemaligen Foramens haftete. Dies war vielleicht der Fall bei *Clitambonites*, *Clinambon*, *Estlandia* u. a. Auch *Ladogiella* muss hier angeführt werden, da diese Gruppe, entgegen Schuchert & Cooper (2), S. 116, ein kleines, früh vernarbtes, fast ganz apikal gelegenes Foramen aufweist.

Sonderbarerweise zeigen die mit offenem Foramen versehenen *Vellamo*-Arten eine asymmetrische Schale und eine gedrehte Area, was eigentlich auf eine unmittelbare Befestigung der Schale an das Substrat hindeutet. Es ist sehr wahrscheinlich, dass hier der Pedikel sehr kurz war, wodurch die Schale nur in einer Lage festgehalten und so ein freies Schwanken verhindert wurde. Allerdings waren die *Vellamo*-Formen und die *Kullervo* viel starrer am Boden befestigt, als die stets symmetrischen *Clitambonites*, *Clinambon* u. a., deren vermutliches Pedikelligament eine grössere Nachgiebigkeit besitzen musste. Möglicherweise steckten manche *Vellamo*-Arten [vgl. A. Öpik (1), S. 44] mit dem

Wirbel der Pedikelschale im Sediment. Für *Estlandia pyron* [Öpik (1), S. 229] kann z. T. ein Anwachsen der Pedikelschale an das Substrat angenommen werden.

Bei *Antigonambonites planus* (Taf. XXXIV, Fig. 2 a, 2 b) ist das Foramen sehr klein, apikal und vernarbt in frühester Jugend. Dabei hat es sich zu einer Art Haftscheibe umgestaltet und zeigt, wo es besser erhalten ist, den Abdruck oder die Form des Gegenstandes, welcher als Substrat gedient hat.

Das Foramen der *Clitambonacea* ist entweder als eine Perforation des Pseudodeltidiums (*Clitambonites*, *Estlandia* u. a.) oder als der durch die \mathcal{A} -Platte nicht verdeckte apikale Teil der Deltidialöffnung zu deuten. Die Schale selbst ist niemals perforiert, wie es bei den *Strophomenacea* der Fall ist [vgl. hierzu das schöne Bild der *Leptaena emarginata* (Barrande) bei Kozłowski (4), S. 93]. Das Foramen der *Clitambonacea* entsteht dadurch, dass die wachsende \mathcal{A} -Platte sich um den bereits vorhandenen Pedikel schmiegen muss. Dies ist wohl am besten auf Taf. XXXIX, Fig. 2, am *Clinambon anomalus* zu sehen, wo anfangs ein *Apometella*-artiges, offenes Deltidium bestand, dem sich später die seitlichen deltidialen Platten anschlossen. Diese Deltidialplatten haben sich schliesslich, das Foramen abschliessend, zum Pseudodeltidium vereinigt. Dass es in der Tat so war, geht aus den Zuwachsstreifen der Area und des Pseudodeltidiums, oder besser der Deltidialplatten hervor, welche durch das Foramen abgeschnitten werden. Bei Formen wie *Kullervo aluverensis* (Textabb. 39), wo das Foramen schon in der Mitte der \mathcal{A} -Platte liegt, wurde von Anfang an ein ganzes Pseudodeltidium und nicht deltidiale Platten entwickelt (vgl. über die mediane Naht im Abschnitte über die Struktur der Schalen-substanz). Am längsten blieb das Deltidium ganz offen bei *Ilmarinia* (Taf. XIX, Fig. 1 d) und *Vellamo phrygia* (Taf. XIII, Fig. 7), wo die Deltidialplatten sich erst am Anfang des ephebi-schen Alters zusammengeschlossen haben.

VI. Der dorsale Anker (*Cardinalia* Schuchert & Cooper).

Taf. I, Fig. 4; III, Fig. 5; IV, Fig. 1; VI, Fig. 2—4; XI, Fig. 4; XII, Fig. 36; XIII, Fig. 1; XVI, Fig. 1, 2; XXII; XXV, Fig. 1; XXXI, Fig. 2; XXXV, Fig. 1; XXXVI, Fig. 1—3; XXXIX, Fig. 1; XLII—XLIII; Textabb. 48; 50; 52.

Der dorsale Anker der *Clitambonacea* besteht aus zwei Paar Öffnernarben, welche voneinander durch den Schlossfortsatz

und seine Nebenleisten getrennt werden; aus dem Chilidium, welches einerseits mit der Area, anderseits aber mit den Armträgern (Crura, Brachiophora bei Schuchert & Cooper) in Verbindung steht, und aus den Zahngruben mit den dorsalen Dentikeln (Sch. & C.). Unmittelbar vor dem Anker befindet sich der Hauptknoten der Gefässwülste (nodus principalis), von welchem nach hinten der Schlossfortsatz, nach vorne das Mittelseptum und nach den Seiten die z. T. die Crura umhüllenden Wülste der *vascula cruralia* ablaufen.

Der Anker von *Clitambonites* ist von uns schon einmal beschrieben worden [A. Öpik (8), S. 66, Taf. XI, Fig. 45]. Hier ist er Taf. XXXIX, Fig. 1 und Textabb. 25 nochmals wiedergegeben. Die Armträger sind klein, seitlich abgeplattet und die Insertion der Armspiralen besteht aus je einer feinen Rinne auf der oberen Kante der Platte (Taf. XXXIX, Fig. 1, rechts). Die Nebenzapfen des Schlossfortsatzes sind niedrig und laufen im Wirbel der Schale zusammen. Der Mittelzapfen trägt ein kleines Grübchen oder, was häufiger vorkommt, einen feinen Kiel, ganz wie es bei *Vellamo verneuili* Taf. XIII, Fig. 1 der Fall ist. Das Chilidium und der Schlossfortsatz sind gewöhnlich nicht miteinander verwachsen. Das Chilidium ist stark gebogen und bildet fast einen Halbkreis.

Der Anker von *Vellamo* gleicht in den Hauptzügen dem von *Clitambonites*, doch weist er einige, stets wiederkehrende Unterschiede auf. Erstens bildet das Chilidium von *Vellamo* einen flachen, breiten Bogen, resp. ein Kreissegment, und zweitens ist es oft mit dem Schlossfortsatz verwachsen. Relativ schmal, aber dennoch viel breiter und flacher gebogen als bei *Clitambonites* ist es bei *Vellamo pyramidalis*, Taf. XI, Fig. 4, 5. Ebenso haben wir Fig. 1 a, bei *Vellamo rara*, sogar ein vorne gestutztes Chilidium vor uns. Bei *Vellamo defecta* Taf. XII, Fig. 36 haben wir den seltenen Fall des Fehlens des Schlossfortsatzes abgebildet. Es ist dies ein Beleg dafür, dass der Schlossfortsatz nicht als Muskelträger, sondern als Septum funktionierte.

Ein breites, *Vellamo*-artiges Chilidium und einen ebensolchen Anker hat auch die *Ilmarinia* (Taf. XVIII, Fig. 2; Taf. XIX, Fig. 3—5).

Originelle Züge finden sich am Anker von *Iru concava*, Taf. IV, Fig. 1. Die Cruralplatten, resp. Armträger sind hier

keil- oder axtförmig und die äusseren Öffnernarben breiten sich weit über diese Platten aus.

Der Anker von *Clinambon* hat einen sehr hohen Schlossfortsatz (Taf. XVI, Fig. 1), dessen Anatomie Taf. I, Fig. 4 dargestellt ist (vgl. oben, unter Struktur der Schalensubstanz). Das kräftige, fast hypertrophierte Chilidium verdeckt hier fast ganz die Öffnernarben (Textabb. 10). In der Jugend sind auch die Seitenleisten des Schlossfortsatzes sichtbar (Taf. XVI, Fig. 2).

Etwas verwickeltere Züge sind dem Anker der *Ladogiella* eigen (Taf. XLII, Fig. 1, 2; Textabb. 12). Die Öffnerinsertionen erscheinen hier als schmale Furchen, welche zum Nabel hin konvergieren. Auch der Schlossfortsatz ist bei der *Ladogiella*, besonders bei alten Exemplaren, sehr dick. Das zwar grosse, aber offenbar sehr locker befestigte Chilidium fehlt bei isolierten Schalen immer. Die Armträger sind angeschwollen und umgeben auch seitlich die Zahngruben ganz. Es ist auch eine Art von Fulkrallplatten (Schuchert & Cooper) bei der *Ladogiella* vorhanden, wie sie bei *Finkelnburgia* und mehreren *Dalmanellacea* vorkommen. Die Seitenzapfen erscheinen, offenbar wegen der rinnenförmigen Gestalt der Öffnernarben, sporadisch und oft nur einseitig (Taf. XLII, Fig. 1) entwickelt. Die angeschwollenen, unterhöhlten Crura erinnern hier an die *Estlandia*, doch ist diese Erscheinung eigentlich mit der starken Wölbung der Dorsalschale in Zusammenhang zu bringen, welche eine exponierte Stellung der armtragenden Wülste erforderlich machte.

Den einfachsten, unvollständigen Anker finden wir bei *Apomatella ingraca* (Taf. III, Fig. 7). Anstatt des Chilidiums besteht hier, an den Rändern des Notothyriums, je eine niedrige chilidiale Platte, welche mit den *Clitambonites*-artigen, seitlich abgeplatteten Crura in Verbindung steht. Der Anker selbst ist sehr breit. Dieser *Apomatella*-Anker kann sehr leicht als Ausgangspunkt eines *Clitambonites*-, *Clinambon*- und *Vellamo*-Ankers angesehen werden.

Der „Gonamboniten“-Anker unterscheidet sich von dem der Klitambonitiden durch mehrere, stets wiederkehrende Züge. Er ist im Verhältnis zur Breite des Schlossrandes immer klein, das Chilidium ist dünn und zart, und es ist bei letzterem im Innern an jeder Seite je eine besondere Protuberanz vorhanden. Am besten kann der Anker bei *Estlandia marginata* studiert werden (Taf. III, Fig. 5; Taf. XXII; Textabb. 48). Die Öffnerinsertionen,

ein inneres und ein äusseres Paar, sind scharf und deutlich begrenzt, offenbar deutlicher als bei irgendeinem anderen paläozoischen Brachiopoden. Das äussere Paar trägt einige Längsstreifen und ist vom inneren Paare durch die Nebenzapfen, resp. Nebenleisten des Schlossfortsatzes getrennt. Diese sind in der Jugend (Taf. XXII, Fig. 1) schwach, werden mit dem Alter kräftiger. Gleichsinnig mit diesen Nebenleisten verlaufen auch die chilidialen Protuberanzen auf der Innenseite des Chilidiums. Bei alten Exemplaren vereinigen sie sich schliesslich mit den Nebenleisten des Ankers (Taf. XXII, Fig. 3), wodurch die äusseren Öffnernerben zu tiefen, abgesonderten Gruben ausgebildet werden. Die Insertionen der Armspiralen (Textabb. 48 und Taf. XXII, Fig. 1) sind rundlich, zeigen eine Positionsspur, entlang welcher die eigentliche Insertion sich nach vorne verschob, und die Armträger selbst sind allseitig durch die hier mächtigen Wülste der *vascula cruralia* umhüllt. Einen ganz gleichen Anker zeigen auch *Rauna* und *Antigonambonites planus* (Taf. XXXI, Fig. 2), wo ebenfalls eine Verschmelzung der chilidialen Protuberanzen mit den Nebenleisten des Ankers stattgefunden hat. Abweichende Züge vom Bautyp der *Estlandia* und des *Antigonambonites* finden wir beim Anker von *Progonambonites* (Taf. XXIV, Fig. 1, 2 und Textabb. 49). Hier ist das Notothyrium, demnach auch das Öffnernerbenfeld, sehr breit und die Crura laufen in der Mittellinie zusammen. Es ist dies eine Bauart des Ankers, welche auch bei *Deltatreta typica* [Schuchert & Cooper (2), Taf. VI, Fig. 30] vorhanden zu sein scheint. Das Chilidium bei *Progonambonites* ist gewöhnlich sehr locker befestigt und daher nur selten erhalten.

Der eigenartige *Kullervo*-Anker ist relativ breit, und in der Lage der Armträger gleicht er fast ganz dem des *Progonambonites* (Taf. XXXV, Fig. 1; Taf. XXXVI, Fig. 1 a, 3; Textabb. 49). Doch ist hier das Chilidium stets vorhanden, es ist mit dem Schlossfortsatz verwachsen und die Verwachsungsstelle zeigt äusserlich eine vertikale Furche, die „Strophomenidenfurche“. Die chilidialen Protuberanzen sind ganz wie bei *Estlandia* ausgeprägt. Die Nebenleisten des Ankers (Textabb. 41) sind hier aber mit dem Mittelzapfen des Schlossfortsatzes fast im Gleichgewicht, dem theoretischen Falle bei A. Öpik (8), S. 61, Fig. 6 I entsprechend.

VI. Der ventrale Schlossrand.

Der ventrale Schlossrand ist immer linear, der breiten Area entsprechend. In den meisten Fällen (alle Klitambonitiden, *Estlandia*, *Progonambonites* und *Kullervo*) trägt er an den Ecken des Deltidiums die üblichen, mehr oder weniger kräftigen Schlosszähne, welche hinten bei den Klitamboniten noch je eine mehr oder weniger deutliche, feine Furche zur Einfassung des dorsalen Dentikels (bei *Clitambonites squamatus devius*, Taf. XXXIX, Fig. 1 sichtbar) führen. Am kräftigsten sind die Schlosszähne bei *Estlandia* (Taf. XXI, Fig. 1 und 3) entwickelt. Bei *Antigonambonites planus* findet eine merkliche Reduktion der Schlosszähne statt (Taf. XXXI, Fig. 3 c). Der Zahn ist dünn und schwach, und es entwickelt sich dabei eine feinere Zähnelung, Krenelierung des Schlossrandes. Bei *Rauna* ist dieser Vorgang noch weiter gegangen, indem hier (Taf. XXVII, Fig. 1—3) von den Schlosszähnen nur noch rudimentäre Höckerchen übriggeblieben sind.

Bei allen Clitambonacea sitzt der ventrale Schlosszahn mit seiner bis zum Wirbel reichenden Wurzel in der Naht zwischen dem Spondylium, der Kante des Deltidiums und dem Pseudodeltidium und wird ganz von diesem umhüllt. Bei *Kullervo* dagegen (Taf. XXXV, Fig. 5) ist die Spur des Zahnes als ein scharfkantiger Wall zwischen dem Spondylium und dem Deltidialrande sichtbar.

VIII. Die dorsalen Insertionen der Schliessmuskeln.

Hinsichtlich der Gestalt der dorsalen Muskelnarben zerfallen die Clitambonacea in drei ganz scharf voneinander getrennte Gruppen.

Die erste Gruppe bilden die Clitambonitidae, bei welchen die zwei Narbenpaare mehr oder weniger zentral und dicht nebeneinander stehen, wobei ihre Umrisse abgerundet erscheinen. Sie werden in der sagittalen Richtung durch das mehr oder weniger starke Mittelseptum und in der Querrichtung durch die beiden Stränge der *vascula intermyaria* voneinander getrennt (Textabb. 8). Die Narben des vorderen Muskelnarbenpaares zeigen als Regel vorne je eine seitliche Einbuchtung (Taf. V, Fig. 1; Taf. VI, Fig. 2, 3; Taf. XIII, Fig. 5 c; Taf. XLII; Textabb. 8, 10, 11 und 12), welche bald schwächer, wie bei *Ilmarinia* (Textabb. 11), bald stärker, wie bei *Clinambon* (Text-

abb. 10) sein kann. Diese Einbuchtung ist durch die beiden intervaskularen Bänder bedingt, welche die Spuren der inneren *vascula myaria* von den äusseren *vascula myaria* trennen. Sowohl diese Gefässe (*vascula myaria*), als auch die entsprechenden Einbuchtungen der Narben haben eine grössere Verbreitung unter den Brachiopoden (*Protremata*). Ein musterhaftes Beispiel in dieser Hinsicht ausserhalb der Klitamboniten bietet *Productorthis* [Kozłowski (10)]. In seltenen Fällen, wie bei *Clitambonites schmidti*, Taf. VI, Fig. 3 und Textabb. 8, entspricht dieser Einbuchtung die durch die Insertion überdeckte Verlegungsspur des mittleren myaren Gefässwulstes. Wo diese Positionsspuren stark sind, kann eine Gliederung der Narben in mehr als vier Paar vorgetäuscht werden (*Ilmarinia sinuata*, Taf. XIX, Fig. 3). Der Vorderrand der Muskelnarben (Taf. XIII, Fig. 1 und 5c; XIV, Fig. 1, 5) zeigt bei *Vellamo* sehr starke, bei den anderen Klitambonitiden aber schwache, zugespitzte Längsstreifen oder Wülste. Es sind dies offenbar Gefässwülste der transmyaren Vaskularapophysen, welche unmittelbar von den Strängen der *vascula cruralia* und *vascula intermyaria* (vgl. Textabb. 8, 12 und 19) ausstrahlen. In seltenen Fällen, wie bei *Clitambonites schmidti*, Taf. V, Fig. 2 (Textabb. 8), bei *Vellamo*, Taf. XIII, Fig. 5c und *Ladogiella*, Taf. XLII zeigen die Narbenflächen eine zarte Netzzeichnung, welche durch feine, regellos verlaufende Wülste erzeugt wird. Diese rührt wohl ebenfalls von intermyaren Gefässkapillaren her und kann auch bei anderen *Protremata* ab und zu beobachtet werden.

Gemäss den verschiedenen Modifikationen der Gestalt der dorsalen Muskelnarben können innerhalb der Klitambonitidengruppe noch folgende Unterabteilungen unterschieden werden: 1) *Clitambonites*, *Ilmarinia* und *Ladogiella*, wo die vorderen Narben gross, die hinteren dagegen klein und fast verkümmert sind. Ähnliche Verhältnisse sind auch bei manchen *Orthacea* anzutreffen. Allerdings passt *Ilmarinia dimorpha* nicht ganz in diese Gruppe hinein, da sie zwar kleinere, aber wohlentwickelte hintere Narben (Taf. XVIII, Fig. 2) hat; 2) *Vellamo*-Abteilung, wo, in der Grösse der Narben mit *Clitambonites* verglichen, umgekehrte Verhältnisse auftreten. Hier (Taf. XIII, Fig. 1 u. a.) sind die hinteren Narben die grösseren und breiteren, die vorderen sind kleiner. Bei älteren *Vellamo*-Arten (*V. pyramidalis*, Taf. XI, Fig. 4, 5) finden wir jedoch Verhältnisse, die an *Clitambonites* erinnern, indem

die vorderen Narben noch etwas grösser als die hinteren erscheinen; 3) *Clinambon*, wo *Clitambonites*-artige Grössenverhältnisse herrschen, das ganze Narbenfeld aber mehr gerundet erscheint.

Die zweite Gruppe (hinsichtlich der dorsalen Muskelnarben) der *Clitambonacea* bilden die *Estlandiidae*. Die langen Achsen der mehr elliptischen Narben stehen hier schräg zur Mittellinie, die vorderen Narben sind immer im Verhältnis zu den hinteren ganz klein und das ganze Narbenfeld läuft gewöhnlich in mehr oder weniger deutliche, spitze intervaskuläre Leisten aus. Die Narben sind, den Wülsten der transmyaren Gefässe entsprechend, längsgestreift. Die eigenartigen Umrisse der Narben ergeben hier ein von denen der Klitambonitiden ganz verschiedenes Bild. Hinsichtlich der Gestalt der dorsalen Narben können unter den *Estlandiidae* zwei Unterabteilungen unterschieden werden. Erstens die Unterabteilung mit *Estlandia* und *Progonambonites* (Textabb. 14 und 49; Taf. XXI, Fig. 2; Taf. XXIII, Fig. 1 a; Taf. XXIV, Fig. 1), wo die Narben eckige Umrisse haben und etwas über den Schalenboden erhöhte Felder darstellen (letzteres besonders bei *Progonambonites* und *Estlandia pyron*). Die Längsstreifung ist hier bei *Estlandia aspera*, Taf. XXI, Fig. 2, sichtbar [vgl. auch A. Öpik (1), Taf. XIX, Fig. 235 und Schuchert & Cooper (2), Taf. VIII, Fig. 6]. Zweitens die Unterabteilung mit *Rauna* und *Antigonambonites*, wo die Muskelnarben abgerundete, elliptische Gestalt haben (Taf. XXV, Fig. 1 a und Textabb. 50; Taf. XXXI, Fig. 2) und als schwach umwallte Vertiefungen ausgebildet sind. Bei *Rauna* (Taf. XXV, Fig. 1 a) sind die Apophysen der transmyaren Gefässe besonders kräftig ausgebildet. Ähnlich gestaltete Muskelnarben finden sich bei *Finkelnburgia* (Textabb. 23), *Syntrophina* [Schuchert & Cooper (2), Taf. XV, Fig. 30, 31] und *Syntrophioides* (ibid. Taf. XV, Fig. 23). Dabei sind *Finkelnburgia* und *Syntrophina* mit ihren erhöhten Narbenfeldern Homologa der *Estlandia* und des *Progonambonites*, während *Syntrophioides* mehr vertiefte und daher der *Rauna* ähnliche Narben besitzt.

Ganz abweichend von den Klitambonitiden und *Estlandiidae* ist das dorsale Narbenfeld bei *Kullervo* ausgebildet, weshalb dies hier als eine dritte Gruppe betrachtet wird. Die dorsalen Schliessernarben stehen hier weit voneinander und vom Mittelseptum entfernt (Taf. XXXV, Fig. 1, 2, 7 a; Taf. XXXVI,

Fig. 1 a, 2 a, 3; Textabb. 38, 41 und 52). Die vorderen Narben sind rundlich und klein, die hinteren schmal und rinnenförmig und, was hier als eine besondere Eigenart zu bezeichnen ist, die Narben haben während des Wachsens der Schale vertiefte Positionsspuren auf deren Innenfläche hinterlassen (Textabb. 38 und 52). Unter den anderen Brachiopoden kann nur bei *Oligomys exporrecta* (Linnarsson) ein ähnliches, mit Positionsspuren verbundenes Narbenfeld vermutet werden [vgl. bei Ch. Walcott (6), Taf. LXXXVIII, Fig. 12, Dorsalschale der *Billingsella exporrecta*]. Möglicherweise sind die dorsalen Muskelnarben auch bei *Huenella texana* [Walcott (6), Taf. CIII, Fig. 2] von derselben Bauart.

Schliesslich sei noch darauf hingewiesen, dass die *Pahlenella trigonula* (Eichwald) [vgl. Pahlen (9), Taf. IV, Fig. 24 und Schuchert & Cooper (2), Taf. VII, Fig. 4] ein dorsales Narbenfeld besitzt („the disc is shield-shaped and produced anteriorly into a short process“; „in the dorsal valve, the development of an elevated adductor field is a convergence toward the type of structure seen in *Leptelloidea* Jones“), welches in keine der oben beschriebenen Gruppen hineinpasst. Somit bildet die *Pahlenella* eine besondere, die vierte, Anhangsgruppe bezüglich der Bauart der dorsalen Muskelnarben.

IX. Das Spondylium (resp. die Insertionen der Schliess- und Öffnermuskeln und des Pedikels).

Die geschichtliche Entwicklung des Begriffes „Spondylium“ ist trefflich von Schuchert & Cooper (2), S. 26—29 zusammengefasst worden. Die beiden Autoren geben auch eine Übersicht über die verschiedenen Typen des Spondyliums, und wir werden hier im allgemeinen der von ihnen vorgeschlagenen Terminologie folgen. Allerdings möchten wir den von Kozłowski (4) aufgestellten trefflichen Begriff des Spondylium discretum der Poramboniten aufrechterhalten, und es scheint auch kein Grund vorzuliegen, diese Bezeichnung durch das Wort „Spondyloid“ zu ersetzen.

Nach Kozłowski (4) und später nach Schuchert & Cooper (2) soll für die Klitambonitiden das Spondylium simplex, also ein ventraler, umbonaler Napf, welcher durch verwachsene Zahnstützen gebildet und durch das Mittelseptum gestützt wird,

charakteristisch sein. Dies stimmt für *Clitambonites adscendens*, für alle *Vellamo*-Arten, für *Clinambon* und für *Ilmarinia*. Abweichungen finden wir bei *Clitambonites squamatus* und *schmidti*, *Iru concava* und bei den *Estlandiidae* und *Kullervoidae* vor, welche letztere besonders stark von dem simplex-führenden Typus abweichen.

Das Spondylium simplex der Clitambonitidae wird hier Taf. I, Fig. 1, 3; Taf. III, Fig. 6; Taf. XIII, Fig. 5 a; Taf. XIV, Fig. 2, 7; Taf. XV, Fig. 1 c; Taf. XVI, Fig. 3, 4;

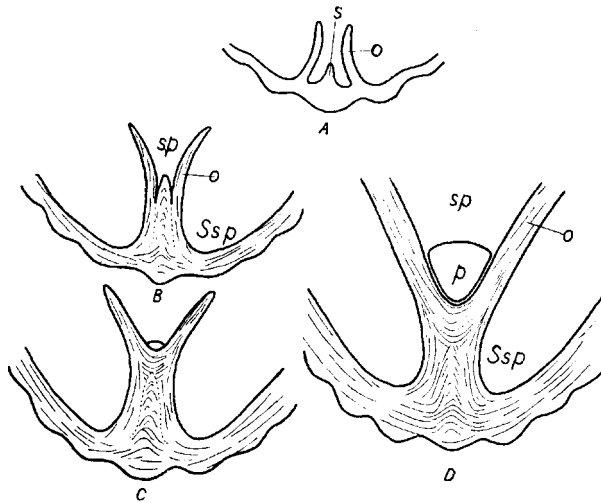


Abb. 1. Aufbau und vermutliche Morphogenese des Spondylium simplex von *Clitambonites adscendens*, stark vergrößert. A bis C sind auf Grund des Verlaufes der Zuwachslamellen des Schliffes Taf. I, Fig. 1 konstruiert und D ist nach diesem Schliffe selbst gezeichnet worden. A — entspricht dem jung-nepionischen Stadium, wo die Zahnstützen ein schmales Spondylium discretum bilden. B — stellt das erste neanische Stadium als Sp. simplex dar, wo das Mittelseptum überwachsen wird, der spondyliare Raum bereits ausgefüllt ist und die Zahnstützen mit dem Septum verschmolzen erscheinen. C — entspricht dem Beginn des ephibischen Alters, wo die Seitenplatten des Spondyliums sich über dem Septum durch Bildung durchlaufender Zuwachslamellen vereinigt haben. Der Pulvillus ist bereits angelegt worden. D — ist das Spondylium einer erwachsenen Schale mit kräftigem Pulvillus. Es bedeutet hier: Sp — das Spondylium, resp. die spondyliare Höhle; O — Zahnstütze und in späteren Stadien — Seitenplatte des Spondyliums; p — Pulvillus (offenbar eine Fortsetzung der A-Platte auf dem Boden des Spondyliums); s — Mittelseptum, das den Kern des eigentlichen Septums bildet, durch welches das ausgewachsene Spondylium gestützt wird; Ssp — der subspondyliare Raum (Höhle, resp. Kammer).

Taf. XVII, Fig. 1 a, 1 b, 1 c, 26; Taf. XVIII; Taf. XIX, Fig. 8 c und Textabb. 1 und 2 dargestellt.

Aus dem Dünnschliff Taf. I, Fig. 1 von *Clitambonites ascendens* (Pander) geht hervor, dass das Spondylium als solches in seiner ganzen Länge durch das Mittelseptum gestürzt wird.

Der Schliff ist nämlich parallel zur ventralen Area, durch Abschleifen dieser hergestellt worden. Er zeigt somit den primären, vorneanischen Teil der Schale aufgedeckt, wohin das Mittelseptum, aber noch nicht das eigentliche Spondylium gehört. Ein näheres Studium der Zuwachslamellen zeigte auch, dass dieses Septum kein einheitliches Gebilde ist, sondern dass es durch nachträgliches Überwachsen eines nepionischen, Spondylium discretum-artigen

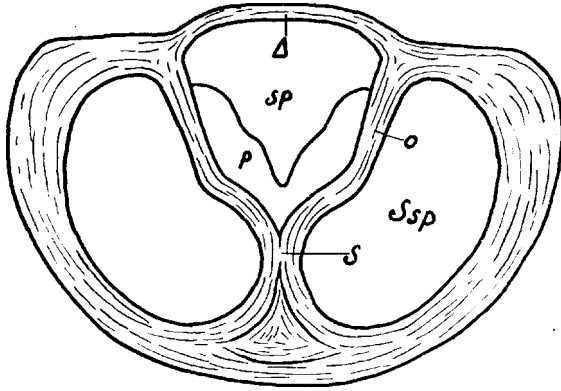


Abb. 2. Apikaler Schnitt durch *Vellamo magna* nov. aus dem Keila-Kalkstein (D_2) von Oando-Kalmu. Ca $\times 8$ der nat. Grösse. A — Pseudodeltidium; Sp — Spondylium, resp. die spondyliare Höhle; p — pulvillusartige Verdickung auf dem Boden des Spondyliums; O — Zahnstütze, resp. Seitenplatte des Spondyliums; S — Septum, welches durch das Zusammentreten der Zahnstützen gebildet worden ist.

Gebildes hervorgebracht ist (Textabb. 1). Nach der umbonalen Höhe des Mittelseptums von *Clitambonites ascendens* zu urteilen, müssten die nepionischen Individuen mit dem primären Spondylium discretum höchstens 1,5 mm gross gewesen sein.

Die vermutliche Ontogenie des Spondyliums von *Clitambonites ascendens* auf Grund des Verlaufes der Schalenlamellen ist in der Textabb. 1 zu restaurieren versucht worden. Es scheint, dass die Zahnstützen im nepionischen Alter nicht verwachsen, wohl aber einander näher waren. In den folgenden Stadien wird der Raum zwischen den Zahnstützen ausgefüllt und das primäre Septum durch die eigentlichen spondyliaren Lamellen eingehüllt. Als Endstadium entwickelt sich hier im tiefsten Teile des Spondyliums ein besonderer Körper (Textabb. 1 und Taf. I, Fig. 1),

welcher aus verknüllten Lamellen besteht und welchen wir als Pulvillus bezeichnen. Es ist dies eigentlich der in das Spondylium reichende, primäre Teil der \mathcal{A} -Platte. Der Pulvillus ist mit dem Spondylium nur ganz locker verbunden.

Wie gesagt, ist auch bei anderen Clitambonitiden das Spondylium auf einem präexistierenden Mittelseptum aufgebaut worden. Bei *Vellamo* (Textabb. 2) ist in manchen Fällen dieses Septum noch gut erkennbar und die Zahnstützen berühren einander erst über dem Septum. Bei *Clinambon* ist aber diese Struktur kaum zu entziffern, indem die Lamellen gewöhnlich stark verknüllt und in tieferen Schichten sehr fein sind. Bei anderen Exemplaren aber (Taf. XXXVIII, Fig. 4) kommt diese ursprüngliche Struktur dadurch zum Vorschein, dass die Schalen sich *Pentamerus*-artig spalten lassen, wobei die Spaltfläche genau durch das Septum hindurchläuft, um erst im Pseudodeltidium gestört zu werden.

Das Spondylium simplex tangens. Bei *Clitambonites schmidti* Taf. III, Fig. 1, in einem Schliff, welcher ebenfalls durch Abschleifen der Area hergestellt wurde, fehlt das subspondyliare Mittelseptum ganz. Entfernt man hier den kleinen pulvillus ebenfalls, dann entsteht das Bild eines echten Spondylium discretum, bei welchem die Zahnstützen überhaupt nicht mehr miteinander in Berührung kommen. Die jugendliche Pedikelschale derselben Art Textabb. 33 zeigt aber schon ein kurzes Mittelseptum, welches bei älteren Exemplaren ganz durch das Spondylium verdeckt und durch sekundäre Schalensubstanz eingehüllt wird (vergl. weiter unter *Clitambonites schmidti epigonus*). Ferner zeigt die Varietätenreihe des *Clitambonites schmidti* (vgl. die Beschreibung dieser Art) eine allmähliche Rückbildung des Mittelseptums, und es ist demnach anzunehmen, dass das Spondylium hier eigentlich kein typisches Spondylium discretum, sondern ein aus einem Sp. simplex durch Rückbildung des Mittelseptums hervorgegangenes sessiles Spondylium ist. Bei *Clitambonites schmidti* ist also das Spondylium in seinem hinteren Teil sekundär sessil geworden, es berührt unmittelbar den Boden der Schale und wir bezeichnen es deshalb als ein Spondylium simplex tangens. Ontogenetisch ist es ein Homologon des Sp. simplex von *Clit. ascendens* und *Vellamo*, morphologisch ist es eine Mischung desselben mit dem Sp. discretum. Ganz ähnliche Verhältnisse treffen wir bei *Clitambonites*

squamatus (Taf. I, Fig. 2 und Taf. XX, Fig. 2), wo aber der primäre Charakter des Spondylium simplex besser als bei *Clit. schmidti* erhalten bleibt. Dasselbe gilt auch bezüglich der *Ladogiella* (*Hemipronites auctorum*), wo Taf. III, Fig. 3 immerhin noch ein breites, plumpes, aber niedriges Mittelseptum angedeutet vorliegt. Diesen Charakter behält hier das Septum fast auf seiner ganzen Strecke, so dass das Spondylium von *Ladogiella* in seiner Mittellinie als ein sessiles Spondylium oder Spondylium tangens bezeichnet werden kann. Von ganz sessiler, resp. tangenter Lage ist das Spondylium bei der *Iru concava* (Taf. IV, Fig. 1). Frei vom Boden der Schale ist es hier eigentlich nur an seinem Vorderrande. Ein Mittel-

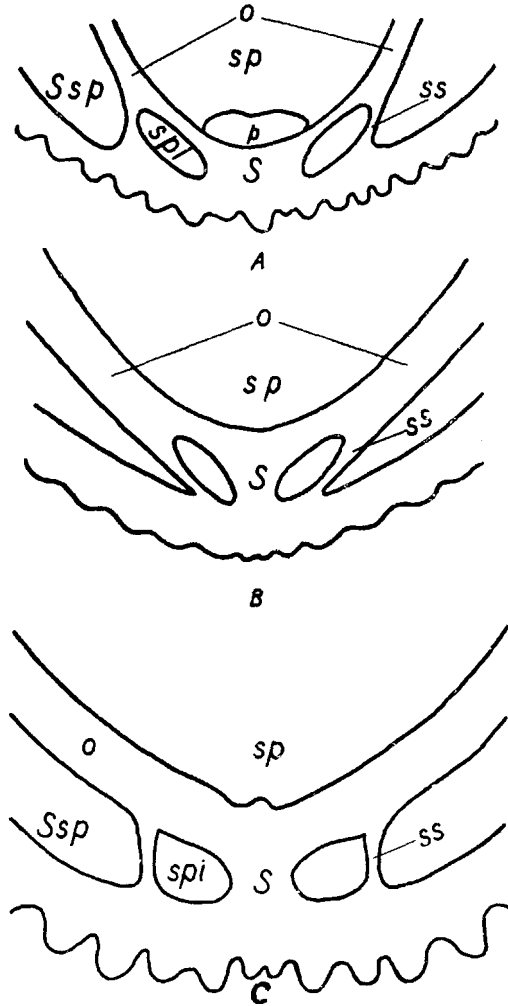


Abb. 3. Schemata zum Spondylium triplex der Estlandiidae. A — Schnitt durch den umbonalen Teil des Spondyliums von *Antigonambonites planus* (Pander), dem Dünnschliff Taf. III, Fig. 4 entsprechend. B und C sind Schliffe durch das Spondylium von *Estlandia marginata* (Pahlen). B ist ganz in der Nähe der Area, C aber etwas tiefer getroffen worden. Der Zusammenhang des *Antigonambonites* mit der *Estlandia* ist ausser Zweifel. O — Zahnstützen, resp. Seitenplatten des Spondyliums; Sp — die spondyliare Höhle; Ssp — äussere, Spi — innere subspondyliare Kammer; S — Mittelseptum; Ss — subspondyliare Nebensepten des Spondylium triplex; p — Pulvillus (nur bei *Antig. planus* vorhanden).

septum fehlt dabei praktisch ganz. Hier ist dieser Bau des Spondyliums durch die konkave Gestalt der Ventralschale bedingt, welche keine Möglichkeit für das Bestehen eines subspondyliaren Raumes hinterlassen konnte.

Das Spondylium triplex. Es ist dies ein ventraler, umbonaler Napf der *Estlandiidae*, welcher aus den zusammengewachsenen Zahnstützen besteht, von einem Mittel- und zwei Seitensepten gestützt wird

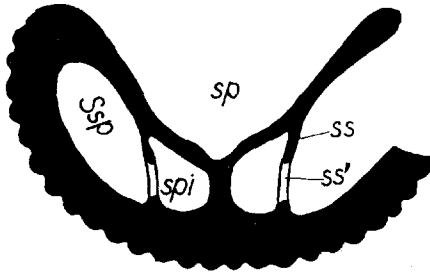


Abb. 4. Querschnitt durch das Spondylium von *Progonambonites inflexus* (Pander), nach Kozłowski (4), S. 123, aber geändert. Es sind hier die subspondyliaren Septen so ergänzt worden, wie sie in der mehr umbonalen Region entwickelt sind (hell). Schwarz ist der Schalentheil gezeichnet, wo die Seitenstützen infolge ihres Ausschnittes in je einen auf dem Schalenboden und einen auf der Unterseite des Spondyliums gelagerten Teil getrennt sind. Sp — die spondyliare Höhle; SS — die subspondyliaren Septen und ss' — deren ergänzter Teil; Ssp — äussere und Spi — innere subspondyliare Kammer.

und alle ventralen Muskelinsertionen enthält. Er unterscheidet sich also von dem Spondylium simplex der Klitambonitiden durch seine drei stützenden Septen, welche den subspondyliaren Raum in vier Kammern teilen.

Schuchert & Cooper (2) vermuten beim *Gonambonites planus* ein sessiles Spondylium oder sogar ein Pseudospondylium, welches von dem der *Estlandia* verschieden sein soll. Die Klärung des Problems gaben Anschliffe und Dünnschliffe, welche durch Abschleifen der Area hergestellt wurden

und daher den zuerst gebildeten Teil des Spondyliums blosslegten. Taf. III, Fig. 4 ist ein solcher Dünnschliff quer durch eine Schale des *Antigonambonites planus* gegeben. Das Mittelseptum ist relativ breit und niedrig und die Seitensepten berühren den Boden der Schale. Textabb. 3 sind ausser dem *planus* noch zwei Schliffe von *Estlandia marginata* wiedergegeben. Der Schliff von *planus* ist hier etwas weiter von der Area als der auf Taf. III, Fig. 4 verlegt worden und zeigt einen Pulvillus. Der erste Schliff der *marginata* dagegen (Textabb. 3) zeigt nicht nur Ähnlichkeit, sondern sogar vollkommene Identität mit dem Schliff des *planus* Taf. III, Fig. 4. Diese Identität des Spondy-

liumbaues im nepionischen Alter und in späteren Stadien ist nur bei einer engen Verwandtschaft beider Arten begreiflich.

Die Seitensepten des Spondylium triplex sind aber kürzer als das Mittelseptum. Oder, besser gesagt, sie haben stets einen Ausschnitt vorne, so dass Schriffe, welche durch den Rand des Spondyliums verlaufen, keine einheitlichen Seitensepten zeigen, sondern ein Septum auf dem Schalenboden und sein Gegenstück unter dem Spondylium. Zum Wirbel hin vereinigen sich diese beiden zu einer einheitlichen Platte. Eine Abbildung derartig gegliederter Seitensepten findet sich bei Kozłowski (4) und wir geben sie hier wieder (Textabb. 4), wobei der Zusammenhang der beiden Teile der subspodylaren Seitensepten noch besonders eingetragen wurde.

Das Spondylium triplex ist schon einmal früher beschrieben und abgebildet worden. Entsprechende Abbildungen sind bei A. Öpik (1), Taf. XIX, Fig. 230 und Taf. XX, Fig. 243 zu finden.

Bei *Estlandia* und *Progonambonites* ist das Spondylium hoch gestellt und berührt in keinem Punkt den Boden der Schale.

Bei *Antigonambonites* und *Rauna* dagegen, wo die ventrale Schale konkav, sehr flach und niedrig ist, musste der subspodylare Raum daher z. T. verschwinden und ist das Spondylium teilweise sessil, indem es auf einer mehr oder weniger grossen Fläche den Schalenboden berührt. Es ist aber immer möglich, im Schliff die zum Spondylium gehörigen Teile von denen des Schalenbodens zu unterscheiden, so dass hier kein Pseudospodylum vorliegt. Diese Abart bezeichnen wir als das sessile oder, besser, das tangente Spondylium triplex.

Die Morphogenese des Spondylium triplex kann nicht entziffert werden. Es ist möglich, dass seine Seitenstützen mit den Zahnstützen homolog sind, dass also der Boden des Spondyliums eine sekundäre Einrichtung ist.

Unter den anderen Brachiopoden treffen wir ein regelrechtes Spondylium triplex bei der *Syntrophina* (Textabb. 24) aus dem Oberkambrium und Canadian Amerikas. Bei *Deltatreta* [Schuchert & Cooper (2), Taf. VI, Fig. 15] vermuten wir ein sessiles, resp. tangentes Spondylium triplex. Für die *Finkelburgia* geben Schuchert & Cooper (2), Taf. XIII, Fig. 19 ein Pseudospodylum an, welches vorne einen freien Rand hat („free in front“) und äusserlich dem Spondylium von *Antigo-*

nambonites planus ähnlich zu sein scheint. Es müsste aber nachgeprüft werden, ob hier nicht ein *Sp. triplex* verhüllt ist. Voraussichtlich werden besser erhaltene Exemplare in der umbonalen Region die Seitenstützen des Spondylium triplex zeigen. Das vollkommenste Spondylium triplex finden wir aber bei der

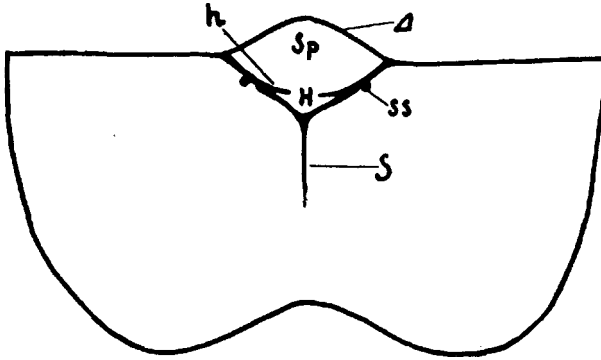


Abb. 5. Schema des Innenbaues der Ventralschale von *Kullervo complectens* (Wiman), das Spondylium hemisyringatum zeigend. Nach einer Skizze von Per Thorslund (Upsala). A — Pseudodeltidium; Sp — die spondyliare Höhle; H — Hemisyrinx; h — Hemisyrinxleiste im Inneren des Spondyliums; S — Mittelseptum; Ss — reduzierte, rudimentäre subpondyliare Septen des Spondylium triplex, aus welchem das *Sp. hemisyringatum* hervorgegangen ist. Stark vergrößert.

Polytoechia Hall & Clarke (11), S. 239, Textabb. 11, auf deren Verwandtschaft mit den „Gonamboniten“ wir schon früher einmal hinzuweisen Gelegenheit hatten [A. Öpik, (1)].

Spondylium hemisyringatum oder das kullervoide Spondylium mit der Hemisyrinx. Mor-

phologisch ist das Spondylium der *Kullervo* ein Spondylium simplex, indem es nur durch das Mittelseptum gestützt wird. Bei zwei *Kullervo*-Arten aber, bei der *Kullervo intacta* und der *K. complectens* (Wiman), Textabb. 5 sehen wir unter dem Spondylium auf jeder Seite je eine schwache Längsleiste, welche jedoch nicht mehr bis zum Schalenboden reicht. Diese Leisten können nur als Reste der verlorengegangenen, rückgebildeten Seitenstützen eines ehemaligen Spondylium triplex gedeutet werden. Dies steht auch im Einklang mit der *Estlandia*-artigen Schalenstruktur der *Kullervo*.

Es haben sich aber ausserdem bei der *Kullervo* im Spondylium zwei Längsleisten eingestellt (Taf. XXXV, Fig. 3, 5, 6; Taf. XXXVI, Fig. 4, 5 b; Taf. XXXVIII, Fig. 1 a, 1 b; Textabb. 5 und 53), welche beide zusammen mit dem von ihnen umschlossenen Boden des Spondyliums eine z. T. gedeckte Rinne, die Hemisy-

rinx bilden. Die Funktion dieser Hemisyrinx ist unklar. Vermutlich hängt sie mit der Insertion der Schliessmuskeln zusammen. Die Entstehung des Spondylium hemisyringatum kann bei der *Kullervo aluverensis*, Taf. XXXVIII, Fig. 1 a und 1 b und Textabb. 53 ermittelt werden.

Nach dem doppelten Mittelseptum der *K. aluverensis* zu schliessen, ist es durch Zusammentreten und Verwachsen der beiden Zahnstützen entstanden, wobei auch die Leisten der Hemisyrinx als Seitenauswüchse der Zahnstützen aufzufassen sind. Der eigentliche Boden des Spondyliums bildet eine in die Hemisyrinx sozusagen eingeschobene, pulvillusartige, ziemlich dicke Platte.

Das Spondylium ist eine häufige Erscheinung unter den Protremata. Es ist ein wesentliches Merkmal der Pentamerioidea und der Clitambonacea und erscheint auch einmal unter den bis jetzt als orthoid bezeichneten Brachiopoden (*Protorthis*). Es entsteht nun die Frage, ob das Spondylium der Protremata nur einmal erzeugt und dann den folgenden Formengruppen überliefert wurde, oder ob es bei verschiedenen Linien dieser Brachiopodenordnung unabhängig zustande kam. Dabei kommt nur ein solches freies oder sessiles Spondylium in Frage, welches aus den zusammengeschweissten Zahnstützen besteht. Es scheint nun, dass das Spondylium der Clitambonacea, der Clarkellidae und der Finkelnburgiidae, möglicherweise auch der Skendiidae ein ererbtes ist, dass es von einem einzigen Urahnen her stammt. Diese Frage wird noch in weiteren Abschnitten gestreift werden.

Bezüglich der spät-ordovizischen, silurischen und jungpaläozoischen spondyliumführenden Pentameracea ist es schwer, eine Ableitung von den kambrischen Syntrophiacea anzunehmen. Bei den Pentameracea sind nämlich die beiden Zahnstützen, durch deren Vereinigung das Spondylium erzeugt wird, nicht zusammengeschweisst, sondern sie werden durch eine besondere intraseptale Lamelle [Kozłowski (4), S. 125] voneinander scharf abgetrennt. Im Vergleich zu den übrigen Protremata, wo die Zahnstützen miteinander verschweisst erscheinen, befindet sich also das Spondylium duplex der Pentameracea auf einer primitiveren Entwicklungsstufe, welche ohne Schwierigkeiten auf ein Spondylium discretum, auf das auch Kozłowski (4) hinweist, zurückgeführt werden kann. Allerdings geht auch

das Spondylium der *Clitambonacea*, wie wir es oben (Textabb. 1) annehmen, aus einem Spondylium discretum [und nicht, wie Kozłowski (4) vermutet, aus einem Pseudospondylium] hervor. Es hat aber diesen ursprünglichen diskreten Charakter schon frühzeitig und gründlich verloren. Daher können auch die alten *Syntrophia* mit ihren verschweissten Zahnstützen nicht als Ahnen der bezüglich des Spondyliums primitiver gebauten, aber zeitlich späteren *Pentameracea* gelten.

Kozłowski (4) S. 126—127 und auch Schuchert & Cooper (2) S. 29 meinen, dass die Zahnplatten durch die vergrößerten Ovarien aneinandergedrängt worden sind, wodurch das Spondylium zustande gekommen sein soll. „Le développement des glandes génitales progressant toujours, l'accroissement des chambres latérales qui les logeaient se faisait par la poussée vers le haut de toute la chambre médiane où s'attachaient les muscles. De cette façon le spondylium s'élevait de plus en plus au-dessus du fond de la valve sur un sept uniformé par la soudure des plaques dentales“, schreibt R. Kozłowski (4) S. 127 in seiner vortrefflichen Analyse der Entstehung des Spondyliums. Wir möchten nur noch hinzufügen, dass ein unterhöhltes Spondylium in erster Linie bei brachyareaten Formen erscheint, wo der Schlossrand kurz und der Raum für die Ovarien daher besonders eng war. Nachdem durch die Bildung des Spondyliums Raum gewonnen worden war, konnte weitere Raumvergrößerung nur durch Verlängerung des Schlossrandes (makroareate Formen) und durch Zunahme der Wölbung (tumide Formen) erreicht werden.

Es stimmt dies auch bezüglich älterer *Pentameracea*, wie *Camerella* und *Pentamerus*, welche brachy- resp. mikroareat sind, während bei *Anastrophia* und *Stricklandia* eine Tendenz die Area (Schlosslinie) zu verlängern zum Vorschein kommt. Bei anderen *Pentameracea*, wie *Conchidium*, nimmt die Wölbung der Ventralschale zu.

Es sei hier noch bemerkt, dass im hohen Alter der subspondyliare Raum der *Clitambonacea* durch sekundäre Schalensubstanz ausgefüllt werden kann und dass das Spondylium dabei scheinbar sessil wird. Dies ist bei *Clitambonites squamatus*, *Vellamo vernevili* (Taf. XIV, Fig. 7 a, 7 b) und anderen der Fall. Es ist gleichbedeutend mit einer progressiven Verminderung des Schalenraumes und dementsprechend auch der

Weichteile des Tieres selbst. In erster Linie kann hier an eine Atrophierung der Ovarien (glandes génitales) gedacht werden.

Durch die progressive Vergrößerung der Ovarien können aber nicht alle mit dem Spondylium zusammenhängenden Erscheinungen erklärt werden. Bei den Orthiden (Taf. XLIV) bestehen sehr grosse, aus spezialisierten Mantelgefässen hervorgegangene Ovarien, von einer Verdrängung der Muskelnarben kann aber dabei keine Rede sein. Bei den Clitambonacea und Pentameracea dagegen fehlen echte Ovarialabdrücke ganz. Es ist auch fast ganz sicher, dass bei den Clitambonacea keine speziellen Ovarien bestanden, indem die Geschlechtsprodukte in den Mantelsinussen gebildet wurden. Besonders kommen in dieser Hinsicht (vgl. Textabb. 8 und 11) die s. z. s. „blinden“, nicht bis zum Schalenrande reichenden Verzweigungen der visceralen Gefässe in Betracht. Es kann ja angenommen werden, dass die eigentlichen Ovarien nicht mit der Schale in Berührung kamen und daher keine Spuren auf dieser hinterlassen konnten. Aber in diesem Falle konnten sie auch nicht unter dem Spondylium liegen, und ausserdem würde dieser Fall einen Widerspruch mit der Brachiopodennatur der Klitamboniten bedeuten. Bei allen Brachiopoden sind ja die Ovarien im Mantel als Mantelgefässe ausgebildet. Schliesslich ist auch kein anderer Raum für die Ovarien vorhanden. Von den vom Spondylium ausgehenden mächtigen Muskelsträngen war nur ein dorsalwärts gelegener, mit dem nodus principalis verbundener, relativ kleiner Raum freigelassen, wo in erster Linie das Zölom zu suchen ist. Es wird auch ferner in den Abschnitten über die Gefässe der Clitambonacea und Orthacea gezeigt werden, dass die Ovarien (wo solche vorhanden) aus den undifferenzierten Mantelgefässen hervorgegangen sind. Unter allen diesen Umständen kann die allerdings sehr logische und für die Pentameracea zutreffende Hypothese des Ovarialdruckes die Entstehung des Spondyliums der Clitambonacea nicht erklären. Es scheint uns vorläufig, dass durch das Spondylium eine Verkürzung und eine konstante Länge der Öffnermuskeln erreicht wurde, wobei infolge der mehr zur Schalenmitte verlegten Lage der spondyliaren Öffnerinsertionen dennoch ein weites Öffnen der Schale möglich war. Letzteres ist aber nur eine Erklärung der allerdings sehr zweckmässigen Funktion des Spondyliums, nicht jedoch seiner Entstehung. Ein vergleichendes Studium

aller Clitambonoidea, also der Clitambonacea, Syntrophiacea und Protorthacea, in dieser Hinsicht wird vielleicht Licht in das Problem bringen. Es ist ja gar nicht ausgeschlossen, dass das Spondylium der Ahnen ursprünglich eine andere Funktion zu erfüllen hatte, als bei den uns bekannten Nachkommen, also nicht analog mit dem Spondylium der Clitambonacea war. Vielleicht handelt es sich hier z. B. um eine ventrale Zöloinkapsel oder einen Behälter, aus welchem aber die Leibeshöhle durch die Muskelinsertionen später verdrängt und dorsalwärts verlegt wurde. In diesem Falle wäre die ebenfalls in der Ventralschale der Oboliden vorhandene herzförmige Grube [Mickwitz (12); "heart-shaped pit" bei Walcott], welche als Zöloinkabdruck gedeutet werden kann und von Muskelnarben begrenzt erscheint, ein anatomisches Homologon des Spondyliums. Die Clitambonacea können aber in keinem Fall von den Obolacea abgeleitet werden. Dieser Vergleich zeigt jedoch, dass die Lösung der Spondyliumfrage nicht mehr bei den Clitambonacea selbst, sondern bei den Ahnen der Protremata und z. T. sogar bei den Atremata zu suchen ist.

X. Die Schwelle.

Fast bei allen Clitambonacea und bei zahlreichen anderen Protremata verläuft den Schalenrand entlang innerlich eine, je nach dem Brachiopoden verschieden gestaltete Verdickung, welche wir hier als Schwelle (limen) bezeichnen. Es ist dies die Grenze des inneren, viszeralen Schalenraumes gegenüber dem zwischen der Schwelle und der Schalenrandlinie gelegenen Randsaum. Die Schwelle entlang und auf ihr findet gewöhnlich die Verzweigung der viszeralen Hauptgefäße in die randlichen Gefäßkanäle (randliches Netz, randliche Apophysen, Skulpturapophysen) statt. Die verschiedenen Schwellentypen sind in Querschnitten Textabb. 6 dargestellt.

Die Schwelle ist glatt, falls sie keine Gefäßkanäle oder Wülste trägt. Im entgegengesetzten Falle ist sie zerschnitten. Bildet die Schwelle eine gleichmässige Kurve, dann ist sie linear. Seltener erscheint sie gebuchtet (z. B. bei *Barbarorthis*, Taf. VIII, Fig. 3 oder Taf. IX, Fig. 4a). Oft ist die Schwelle verschwommen, undeutlich, und sie kann sich auch mit dem

Randsaum decken oder ganz fehlen. Einen seltenen Fall stellt die „Furchenschwelle“ einiger *Vellamo*-Arten dar. Die Schwelle der Clitambonacea ist offenbar als ein Homologon der Kniefalte oder des Diaphragmas, der Randsaum aber als das Gegenstück

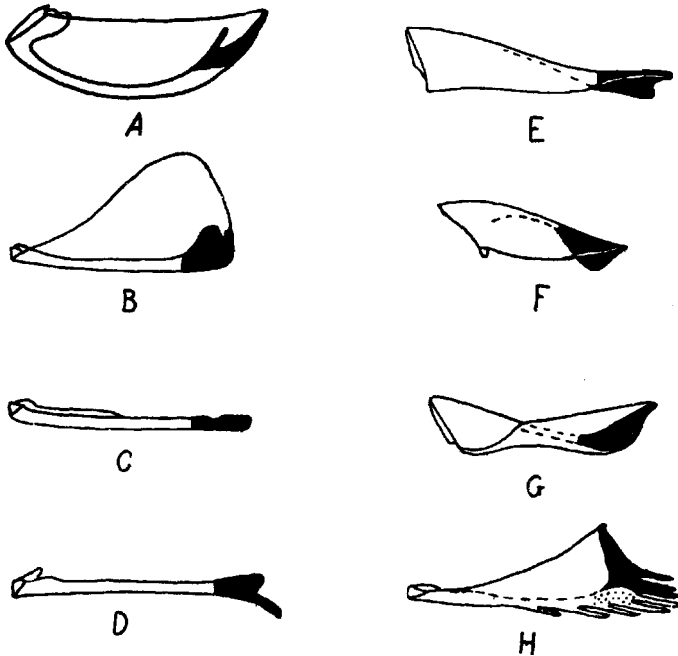


Abb. 6. Schwellentypen der Clitambonacea und z. T. der Protremata überhaupt. Alle in natürlicher Grösse. Die Schwelle und der Schalenrand sind schwarz gezeichnet. A. Diaphragmaschwelle der Dorsalschale von *Estlandia*; B. Wandschwelle in der Dorsalschale von *Ilmarinia sinuata*; C. „Schwellenfurche“ bei *Vellamo*; D. Stufenschwelle in der Dorsalschale von *Rafinesquina alternata*; E. Ventrale Stufenschwelle bei *Estlandia*; F. Schwelle von *Progonambonites*; G. Abgerundete Stufenschwelle in der Ventralchale von *Antigonambonites*; H. Kammschwelle der dorsalen Schale von *Clitambonites schmidtii*. Hier ist durch Punktierung die ursprüngliche, für diese Art charakteristische Wandschwelle angedeutet, welche erst bei gerontischen Schalen zur Kammschwelle ausgebildet wird.

der Schleppe der *Strophomenacea* anzusehen. Diese Homologie geht schon aus dem Vergleich von *Antigonambonites aequistriatus* Taf. XXIX mit *Strophomena (Actinomena) asmussi* Taf. XXX, Fig. 4 hervor.

XI. Die Skulptur der Schale.

Alle *Clitambonacea* haben eine gerippte Schalenoberfläche. Glattschalige *Clitambonacea* sind unbekannt. Im weiteren Verwandtschaftskreis der Klitamboniten treffen wir eine glatte Schale bei den *Syntrophiacea*, aber sie ist auch hier unbeständig, da bei den *Huenellidae* Längsrippen auftreten.

Die Längsskulptur entsteht durch die Verschiebung der randlichen Gefäße während des Wachsens. Einer jeden Rippe und einem jeden Zwischenraum zwischen den Rippen entspricht eine randliche Apophyse des viszeralen Gefässnetzes, und dementsprechend sind auch alle unsere Schemata des Gefässnetzes (Textabb. 8—22) mit bis zum Schalenrande reichenden Gefässen gezeichnet worden. Der Zusammenhang der randlichen Gefäße mit den radialen Rippen ist unmittelbar bei *Clitambonites schmidti epigonus* (Taf. V, Fig. 2; Taf. VI, Fig. 3; Taf. VII, Fig. 3), bei *Dolerorthis* (Taf. XLIV) und besonders schön bei *Cyrtotonella* (Taf. XLV, Fig. 2 und Taf. XLVII—XLVIII) zu beobachten. Eingehend sind diese Fragen schon früher [A. Öpik (5), S. 59] besprochen worden. Die Querskulptur ist als Erzeugnis des Mantelrandes anzusehen.

Obleich nun die Klitamboniten alle gerippt sind, kann man unter ihnen dennoch eine Reihe verschiedener Skulpturtypen unterscheiden, welche als Gattungsmerkmale verwendet werden können. Die Arten unterscheiden sich durch die verschiedene Grobheit der Rippen (besonders die *Vellamo*-Arten), es gibt aber auch solche, wo die Rippen von Art zu Art fast gleich dick bleiben.

Bei den *Clitambonitidae* sind die Rippen und deren Zwischenräume je nach der Gattung mehr oder weniger imbrikat*) (Taf. VIII, Fig. 1; Taf. XX, Fig. 1; Taf. XLIII, Fig. 1) und quergerieft. Die Querriefung kann in den Zwischenräumen fehlen. Bei *Vellamo* fehlt die Imbrikation ganz, und daher haben ihre Schalen ein *Orthis*-artiges Aussehen.

Bei *Estlandia* (Taf. XXI, Fig. 4) sind nur die Rippen imbrikat, wodurch eine kettenartige Skulptur entsteht. Die Zwischenräume sind quergerieft.

Bei *Progonambonites* treffen wir ausgeprägte Haupt- und zahlreiche Nebenrippen, und dies gilt auch für die *Finkelnburgia*.

*) Über die Entstehung der Imbrikation siehe Taf. VII, Fig. 1 und weiter unter *Clit. schmidti epigonus*.

Antigonambonites hat mehr oder weniger scharfkämmige Rippen, welche bei der Art *costatus* sich zu echten Falten ausgebildet haben.

Bei *Rauna* sind die Längsrippen sehr fein, je nach der Generation verschieden stark und werden von der groben, zickzackartig verlaufenden Querriefung z. T. überdeckt.

Bei *Kullervo* (Textabb. 37 und 40) ist die Querriefung grob. Im Mittelsektor der Schale sind die Längsrippen gut entwickelt, an den Flügeln aber sind sie schwach oder fehlen ganz, und es kommen dann die Querriefen zur Geltung.

XII. Das Gefässnetz (Vaskularsystem).

Geschichtliches. Gefässabdrücke auf der inneren Schalenfläche sind wie bei lebenden, so auch bei fossilen Brachiopoden immer bekannt gewesen und oft erwähnt worden. Aber obwohl man ihren hohen taxonomischen Wert vermutete*), hat man sie bis jetzt für systematische Zwecke allzuwenig verwendet. Bei Schuchert & Cooper (2) ist das Vaskularnetz der Clitambonacea nur gestreift worden, da bei den Orthacea vorwiegend die ventralen (Sch. & C., S. 32—33), bei den Dalmanellacea dagegen die dorsalen (S. 40) Gefässe einander gegenübergestellt werden. Bei A. Öpik (1) und besonders in (5), S. 59 („Über den Zusammenhang von Aussensculptur und Gefässkanälen bei Brachiopoden“) ist versucht worden auch eine Terminologie für die einzelnen Gefässe zu schaffen, und es wird dort ein ganz allgemeiner Vergleich verschiedener Brachiopodengruppen untereinander in betreff ihres Gefässnetzes vorgenommen.

Im folgenden soll nun das Gefässnetz der Clitambonacea genau beschrieben werden. Da gegenwärtig die Clitambonacea mit den Orthacea oft in Zusammenhang gebracht werden, wird zum Vergleich auch das Gefässnetz der letzteren kurz beschrieben und mit demjenigen der ersteren verglichen.

Die Ergebnisse der Untersuchung der Gefässe der Orthacea werden auch benutzt, um das von Schuchert & Cooper neu aufgestellte System und die Phylogenie dieser Oberfamilie nachzuprüfen, wobei, abgesehen von einigen Kleinigkeiten, die Auffassung der genannten Autoren als den Tatsachen entsprechend befunden wird.

*) Vgl. J. A. Thomson „Brachiopod Morphology and Genera“, S. 11 (New Zealand Board of Science and Art, Manual No. 7. Wellington 1927).

Erscheinungsformen der Gefäße im Inneren der Schale. Die Gefäße des Mantels der Brachiopoden hinterlassen auf der Innenfläche ihrer Schale entweder erhabene Wülste,

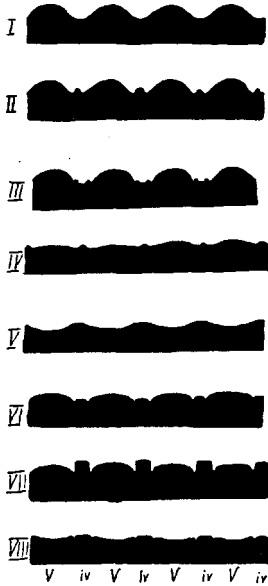


Abb. 7. Verschiedene Formen von Gefäßabdrücken, in schematischen Querschnitten. I. Einfache Wülste und Zwischenräume; II. Einfache Wülste mit intervaskularen Septen; III. Gefäßwülste mit Randleisten; IV. Flache Wülste mit intervaskularen Septen; V. Einfache Gefäßkanäle; VI. Gefäßwülste mit Randrinnen; VII. Tief gelegene Wülste mit Randrinnen und hohen intervaskularen Bändern; VIII. Flache Gefäßkanäle mit Randrinnen. Es bedeutet: V — Gefäßspuren; iv — intervaskularen Räume (Leisten, Rinnen, Bänder usw.).

oder vertiefte Kanäle, oder sie werden endlich durch intervaskuläre Septen und Bänder angedeutet. Die Gefäßabdrücke entstehen offenbar dadurch, dass die Menge des abgesonderten Kalkes bei den Gefäßen und auf der übrigen Fläche des Mantels verschieden ist. Wo die Mantelzellen über den Gefäßen besonders aktiv sind, entstehen erhabene Gefäßwülste (Taf. V, VI; Taf. XVIII, Fig. 1); falls die Gefäße dicht nebeneinander verlaufen und gerade die Mantelteile zwischen den Gefäßen viel Kalk absondern, entstehen intervaskuläre Septen (Taf. XVIII, Fig. 4; Taf. XLVI, Fig. 2). Auch kommt gar nicht selten eine Kombination vor von erhabenen Wülsten und dazwischen gelegenen feinen intervaskulären streifenartigen Septen (Taf. XXI, Fig. 1, 2; Taf. XVI, Fig. 1). Bei vielen Arten können die Gefäße entweder durch Wülste oder durch Septen vertreten sein, wie z. B. bei *Ilmarinia dimorpha*, Taf. XVIII. In dieser Hinsicht gibt es für die Clitambonacea überhaupt keine sichere Regel. Vielleicht ist nur *Estlandia pyron* (Eichw.) in dieser Hinsicht beständig, indem hier immer nur die intervaskulären Septen (Taf. XXIII, Fig. 1 b; Taf. XLVI, Fig. 2) die Lage der Gefäße angeben. Die Gefäße des Randsaumes (Taf. XXIV) sind stets als vertiefte Kanäle ausgebildet. Auch die viszeralen Gefäße hinterlassen in manchen Fällen vertiefte Kanäle (*Antigonambonites planus*, Taf. XXXI; Textabb. 51), aber gewöhnlich liegt auch hier eine Kombination mit intervaskulären Leisten vor. Es

ist schliesslich noch ein Fall möglich, welcher bei den *Clitambonacea* sehr selten, bei den *Orthacea* und anderen aber häufiger vorkommt. Es wird nämlich ein jedes Gefäss von einem seitlichen Rinnenpaar begleitet. Verschiedene Möglichkeiten in der Ausbildung der Gefässabdrücke sind Textabb. 7 schematisch dargestellt worden.

Die für eine Form (Art, Gattung, Familie) charakteristische Zahl und Konfiguration der Gefässe ist als völlig konstant anzusehen. Aber in der Ausbildungsart der einzelnen Teile bestehen auch innerhalb einer Art beträchtliche Schwankungen. Bald sind die einen, bald die anderen kräftiger, einige Gefässe sind oft gar nicht auf der Schalenfläche nachgebildet, während andere hypertrophiert erscheinen. Die Gefässe der linken Seite können stärker als die der rechten ausgebildet sein (Taf. XXI, Fig. 1) und umgekehrt, wobei immer eine gewisse Asymmetrie vorhanden ist. Solche individuelle Schwankungen erschweren die Entzifferung des Gefässnetzes, die eigentlich nur mit Hilfe mehrerer gut erhaltener Exemplare genau gelingen kann. Ausserdem kommt der Abdruck der Gefässe vorwiegend nur bei gerontischen Exemplaren zur Ausbildung, so dass die Hauptmasse der Brachiopodenschalen überhaupt nichts von Gefässabdrücken zeigt. Schliesslich gibt es auch solche Arten, wo überhaupt keine Gefässabdrücke nachzuweisen sind (*Pentameracea*). Die individuellen und Altersschwankungen in der Ausbildung des Gefässnetzes illustriert am besten *Clitambonites schmidti epigonus*, Taf. V und VI. Nach allem dem sind die Gefässabdrücke sehr geeignet zur Aufstellung und Nachprüfung von wissenschaftlichen Systemen, doch für die praktische Anwendung, für die schnelle Bestimmung von Arten und Gattungen u. s. w. kommen sie fast gar nicht in Frage. Aus diesen Gründen wurden die Gefässabdrücke bis jetzt im allgemeinen wenig berücksichtigt, aber mit der Zeit wird sich wohl in der Literatur ein genügendes Material ansammeln, welches das ganze System der Brachiopoden zu revidieren und vielleicht sogar neu aufzubauen ermöglichen wird.

In der folgenden Beschreibung des Gefässnetzes der *Clitambonacea* werden mehrere, z. T. neue Begriffe aufgestellt und erläutert. Dabei handelt es sich nicht um diese enge Gruppe allein. Es ist dies z. T. auch eine allgemeine Schilderung der Gefässe der Protremata überhaupt, da bei ihnen, ja bei allen

schlossführenden Brachiopoden, im Gefässnetz das viszerale und das randliche System, der Mittelsektor und die Flügel-sektoren, die Hauptknoten u. a. m. vorhanden sein werden.

Das Viszeralnetz ist hinten durch die Schlosslinie und die Schenkel des Dithyriums, vorne aber durch die Schwelle (= Kniekante, Schleppen- resp. Scheibenfalte) abgegrenzt. Die Gefässe, welche hier den Mantel durchziehen, transportieren Nährstoffe für die Muskeln, Arme (Arminsertionen), Ovarien und die Schale selbst. Sie leiten auch die Nährsäfte bis in das randliche Gefässnetz, welches ausserhalb der Schwelle liegt und den Mantelsaum oder den Randsaum der Schale bildet. Die Schwelle kann auch fehlen, ihre Lage ist aber immer durch die viszeralen Terminalknoten (nodi terminales) angegeben. Es sind dies Knoten, an welchen sich die Viszeralgefässe verzweigen, um das randliche Gefässnetz zu bilden.

Als typisches Beispiel für unsere weiteren Betrachtungen dient uns *Clitambonites schmidti epigonus* (Taf. V und VI), dessen Gefässe (resp. Gefässabdrücke) Textabb. 8 schematisch dargestellt sind. Es laufen hier in der dorsalen Schale alle Gefässabdrücke (beim *C. schmidti* sind es Wülste) an einer einzigen Stelle zusammen, die wir als *nodus principalis* bezeichnen. Es ist die Stelle, wo der Schlossfortsatz, die Crura und das Mittelseptum zu einem gemeinschaftlichen Wulst zusammentreten. Offenbar begann hier der aus der Leibeshöhle dorsalwärts austretende Sinus sich zu verzweigen. Vom *nodus principalis* nach links und nach rechts gehen die *vascula cruralia* ab, durch deren Wülste die Armträger z. T. eingehüllt werden. An den Armträgern musste wohl noch je ein neuer Sinus der *vascula cruralia* in die Arme selbst abgehen, welcher aber auf der Schale keine Spur hinterlassen konnte, da er mit dieser nicht in Berührung kam. Vom *nodus principalis* nach vorne ging der Hauptstrang des dorsalen Mantellappens ab (*Vas principale dorsale* resp. *Sinus principalis*), dessen Wulst das Mittelseptum darstellt. Hier haben wir zwei wichtige sekundäre Knoten vor uns: 1) den *nodus quadrivalis*, von welchem nach links und nach rechts die als *vascula intermyaria* zu bezeichnenden Gefässe (Gefässwülste) sich abzweigen, um die vorderen Schliessmuskelnarben zu umbiegen und nach vorne, zum Schalenrande (als *vasc. myaria exteriora*) zu verlaufen; 2) den *nodus septalis*, an welchem der Sinus

Abb. 8. Schema des Gefässnetzes eines Klitamboniten (*Clitambonites schmidti epigonus*, Taf. V und Taf. VI, Fig. 2, 3). Oben — die ventrale, unten — die dorsale Schale. Das Netz der Mantelgefäße der ventralen Schale ist nach Taf. V, Fig. 1 und das der Dorsalschale nach Taf. V, Fig. 2 und Taf. VI, Fig. 2 und 3 gezeichnet. Die Dorsalschale (unten) ist $\times 7$ und die ventrale ca $\times 4$ vergrößert. Es bedeutet 1) in der Ventralschale (oben): Δ — Pseudodeltidium; Sp — Spondylium; vd, vy und vm — die Spuren der viszeralen Mantelsinuse, und zwar: vd — vascula dentalia; vy — vascula myaria, resp. v. spondyliaria; vm — vascula media; vt — vascula terminalia: es sind dies die randlichen Gefässfurchen, deren Positionsstreifen als Radialsulptur der Aussenfläche erscheinen; 2) in der Dorsalschale (unten): ch — Chilidium; z — Zahngrube; c — Kruralplatte (Armträger); np — nodus principalis der dorsalen Mantelgefäße; n4 — nodus quadrivalis; ns — nodus septalis; vc — vascula cruralia; vy — vascula myaria, wobei mit I der äussere zirkummyare (v. myaria exteriora) und mit II der eigentliche myare (v. antemyaria) Zweig bezeichnet ist. Mit dem Pfeil ist der vom nodus quadrivalis (n4) ablaufende intermyare Zweig bezeichnet, dessen Fortsetzung die vascula myaria exteriora (vy I) bilden; vm und ve — vascula media, am nodus septalis (ns) entspringend: ve — v. media exteriora, vm — v. m. interiora; nt — nodi terminales, an denen die viszeralen Gefäße in das Randnetz (vt) übergehen. Die nodi terminales bezeichnen den Innenrand der Schwelle und den Aussenrand des viszeralen Raumes. Die Öffnernarben des Ankers sind vertikal liniert; die Schliessernarben sind von der Netzzeichnung der vascula transmyaria bedeckt.

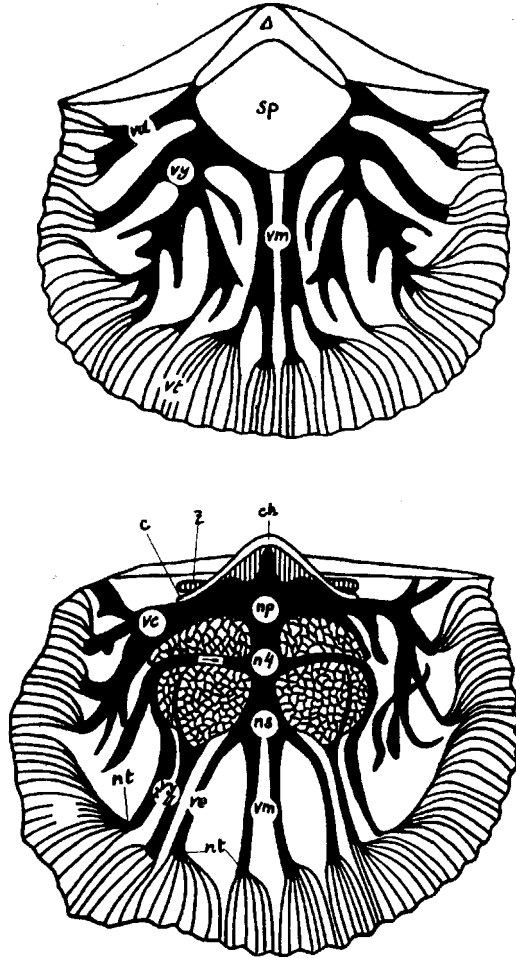


Abb. 8.

Abb. 8. Schema des Gefässnetzes eines Klitamboniten (*Clitambonites schmidti epigonus*, Taf. V und Taf. VI, Fig. 2, 3). Oben — die ventrale, unten — die dorsale Schale. Das Netz der Mantelgefäße der ventralen Schale ist nach Taf. V, Fig. 1 und das der Dorsalschale nach Taf. V, Fig. 2 und Taf. VI, Fig. 2 und 3 gezeichnet. Die Dorsalschale (unten) ist $\times 7$ und die ventrale ca $\times 4$ vergrößert. Es bedeutet 1) in der Ventralschale (oben): Δ — Pseudodeltidium; Sp — Spondylium; vd, vy und vm — die Spuren der viszeralen Mantelsinuse, und zwar: vd — vascula dentalia; vy — vascula myaria, resp. v. spondyliaria; vm — vascula media; vt — vascula terminalia: es sind dies die randlichen Gefässfurchen, deren Positionsstreifen als Radialsulptur der Aussenfläche erscheinen; 2) in der Dorsalschale (unten): ch — Chilidium; z — Zahngrube; c — Kruralplatte (Armträger); np — nodus principalis der dorsalen Mantelgefäße; n4 — nodus quadrivalis; ns — nodus septalis; vc — vascula cruralia; vy — vascula myaria, wobei mit I der äussere zirkummyare (v. myaria exteriora) und mit II der eigentliche myare (v. antemyaria) Zweig bezeichnet ist. Mit dem Pfeil ist der vom nodus quadrivalis (n4) ablaufende intermyare Zweig bezeichnet, dessen Fortsetzung die vascula myaria exteriora (vy I) bilden; vm und ve — vascula media, am nodus septalis (ns) entspringend: ve — v. media exteriora, vm — v. m. interiora; nt — nodi terminales, an denen die viszeralen Gefäße in das Randnetz (vt) übergehen. Die nodi terminales bezeichnen den Innenrand der Schwelle und den Aussenrand des viszeralen Raumes. Die Öffnernarben des Ankers sind vertikal liniert; die Schliessernarben sind von der Netzzeichnung der vascula transmyaria bedeckt.

principalis sich in die zwei Paare der *vascula media*, in ein inneres und ein äusseres Paar, spaltet.

Zwischen den von dem *nodus quadrivalis* ablaufenden intermyaren Gefässen (*vy I*) und den äusseren *vascula media* (*ve*) befindet sich noch je ein besonderer Wulst (*vy II*), dessen Knoten unbekannt ist. Es ist anzunehmen, dass dieses Gefässpaar (*vascula antemyaria*) ebenfalls am *nodus septalis* (*ns*) entspringt, obwohl er von sich je eine Apophyse nach hinten abgibt, welche die vorderen Narben durchquert und bis zu den *vascula intermyaria* reicht. Diese Apophyse kann aber auch nur als Positionsspur der *vy I* (*vascula myaria exteriora*) gedeutet werden, welche Gefässe sich beim Wachsen der Schale nach aussen und nach vorne verlegen. Diese beiden Paare von Strängen, die *v. circummyaria* und die *v. antemyaria*, werden zusammen als *v. myaria* bezeichnet.

Die Netzzeichnung der Muskelnarben (Textabb. 8) scheint von feinen Gefässen herzurühren. Wir bezeichnen diese als *transmyare Apophysen*. Die *transmyaren Apophysen* des hinteren dorsalen Narbenpaares entspringen an den *vascula cruralia*, die des vorderen aber an den *vascula intermyaria*. Bei *Clit. schmidti* sind diese Apophysen undeutlich, man kann sie aber bei *Vellamo* (Taf. XIII, Fig. 1) beobachten. Endlich müssen noch vom *nodus principalis* und von den *vascula cruralia* nach hinten, zu den Öffnernarben, zum Anker hin, Apophysen (*Ankerapophysen*) abgehen, von denen leider keine Abdrücke vorliegen. Gleiches gilt auch bezüglich des Schlossrandes.

Das *ventrale System* der *Viszeralgefässe* ist einfacher. Die Knoten liegen unter dem *Spondylium*. Am stärksten sind die Wülste der seitlichen *subspondyliaren* Knoten entwickelt, wie dies bei *Clinambon*, Taf. XVII, Fig. 1a und *Clitambonites squamatus*, Taf. XX, Fig. 2 zu sehen ist. Wir bezeichnen einen solchen Knoten als *nodus lateralis spondylii*. Von Hauptsträngen haben wir ferner in der *Ventralschale* (Textabb. 8) das Paar der *vascula media*, dann die am *nodus lateralis* entspringenden und an die Schlosszähne sich anschmiegenden und von da die Schlosslinie entlang zum Rande verlaufenden *vascula dentalia*. Zwischen den *vascula dentalia* und den *v. media* liegen dann die ebenfalls an den *nodi laterales* entspringenden *vascula myaria ventri*, oder, da hier ein *Spondylium* vorliegt, die *vascula spondyliaria*.

Wie in der ventralen, so auch in der dorsalen Schale reichen nicht alle Zweige des viszeralen Gefässnetzes bis zum Rande, wie es durch entsprechende Wülste Textabb. 8 dargestellt ist. Diese Äste hatten wohl die Aufgabe Nahrung für den Mantel und die Innenfläche der Schale zu besorgen. Da ferner bei den *Clitambonacea* keine eigentlichen Ovarialabdrücke nachzuweisen sind, haben diese Sinusäste wohl als Ovarien fungiert (vgl. auch den Abschnitt über das Spondylium).

Es werden von uns im folgenden die Ausdrücke Mittelsektor und Flügel, resp. Seitensektor oft gebraucht. Es gehört zum Mittelsektor die Schalenfläche, welche von den *vascula myaria* und *media* eingenommen wird. Die Flügel liegen dann zwischen dem Schlossrande und dem Mittelsektor. Der Unterschied zwischen diesen Sektoren kommt äusserlich bei *Kullervo* dadurch zum Vorschein, dass im Mittelsektor die Längsrippen, an den Flügeln aber die Querriefen stärker sind. In der dorsalen Schale werden die äusseren *vascula myaria* zur Grenze des Mittelsektors, und bei den *Orthacea* sind es auch jene Gefässe, aus welchen sich die *vascula arcuata* ausbilden. Wo ein dorsaler Sattel vorliegt (*Ilmarinia*), entspricht er genau dem Mittelsektor, er wird also durch die Lage der *vascula myaria exteriora* bestimmt. Diese Verhältnisse überschreiten den engen Rahmen der *Clitambonacea* und beweisen, dass die Unterscheidung der Sektoren, wenngleich sie auch nicht überall durchführbar ist, von Wichtigkeit sein kann, da hier Zusammenhänge zwischen der äusseren Gestalt und Skulptur und dem Gefässnetz des Mantels festzustellen sind.

An den *nodi terminales* verzweigen sich die viszeralen Stränge, um das randliche Gefässnetz (*vascula terminalia*, Gefässe des Randsaumes, Skulpturgefässe) zu bilden. Diese Gefässe durchsetzen dicht den Mantelraum, sie verlaufen normal zum Schalenrande und ihre Aufgabe bestand in der Förderung des Weiterwachsens der Schale und des Mantels. Das Wachsen der Schale erfolgte dabei durch Kalkablagerung auf dem Randsaume, den man daher als *frons crescens* bezeichnen kann und dessen Merkmal das randliche Gefässnetz ist.

Der Zusammenhang des randlichen Gefässnetzes mit den viszeralen Hauptgefässen wurde von uns schon einmal [A. Öpik (4)] dargestellt. Die Verzweigung der Hauptgefässe zum randlichen

Netz ist auch hier, Taf. V, Fig. 2, bei *Clitambonites schmidti* unmittelbar zu beobachten und auf Taf. VII, Fig. 3 nochmals vergrößert wiedergegeben. Die linke Seite der Brachialschale von *schmidti* Taf. VI, Fig. 3 zeigt die terminalen Knoten der *vascula cruralia*. Andere Beispiele hiervon finden wir bei *Orthis (Cyrtonotella) kukersiana*, Taf. XLV, Fig. 2, Taf. XLVII, XLVIII und Textabb. 19 und 55.

Wie an der *frons crescens* bei *Clitambonites schmidti epigonus* die Schale durch Bildung imbrikater Randlamellen weiterwächst, ist weiter unten bei der Beschreibung dieser Form dargestellt worden.

Hier wollen wir nun einen anderen Fall besprechen, den *Antigonambonites aequistriatus*, um den Aufbau des Randsaumes (*frons crescens*) und dessen Gefässe besser kennenzulernen. Taf. XXIX, Fig. 1 b ist der gewarzte und mit den Randgefässen bedeckte Randsaum wiedergegeben. Hier und auf Taf. XXIX, Fig. 1 a ist ganz klar der Zusammenhang zwischen den Randgefässen und der radialen Streifung der Innenfläche zu beobachten, wobei eine vollkommene Analogie und Homologie mit der Strophomenide Taf. XXX, Fig. 4 besteht. Die hier zu beobachtenden Verhältnisse sind Textabb. 9 im Blockdiagramm schematisch dargestellt.

Es ergibt sich aus dem nebenstehenden Blockdiagramm, dass die Streifung der Innenfläche durch die Verlegung der *frons crescens* erzeugt wird. Der Kamm der Schwelle wird hier durch die Gefässpforten (*pylae*, resp. *portae vasculorum*) durchbrochen und die Streifen sind eigentlich die Positionsspuren dieser *Pylae*. Diese Verhältnisse sind nicht nur den *Clitambonacea*, sondern überhaupt allen Brachiopoden, wo eine Streifung der Innenfläche vorliegt, eigen.

Aus dem Blockdiagramm Textabb. 9 und den entsprechenden Schalen Taf. XXIX geht auch die von uns schon früher [A. Öpik (5)] behauptete Tatsache hervor, dass solange die Schale am Rande wächst, nur das randliche Gefässnetz durch Abdrücke am Randsaum und durch radiale Positionsstreifen auf der viszeralen Innenfläche zum Vorschein kommen kann. Das sich ständig exzentrisch verlegende und wachsende viszerale Gefässnetz aber hinterlässt keine Spuren. Hat jedoch das aktive Wachsen des Mantels, der Schale, der Weichteile aufgehört, dann ist auch jedes Gefäss an eine bestimmte Stelle der Schale gebunden, und da der Mantelsaum schon mehr oder

weniger inaktiv in Bezug auf die Kalkabsonderung geworden ist, beginnt auch eine ständige Kalkabsonderung auf der ganzen Viszeralfläche. Der Mantel, von dem jeder Punkt jetzt an einen bestimmten Punkt und jede Richtung an eine bestimmte Richtung auf der Innenfläche der Schale gebunden ist, und den wir mit seinen verschiedenen Gefässen und deren Zwischen-

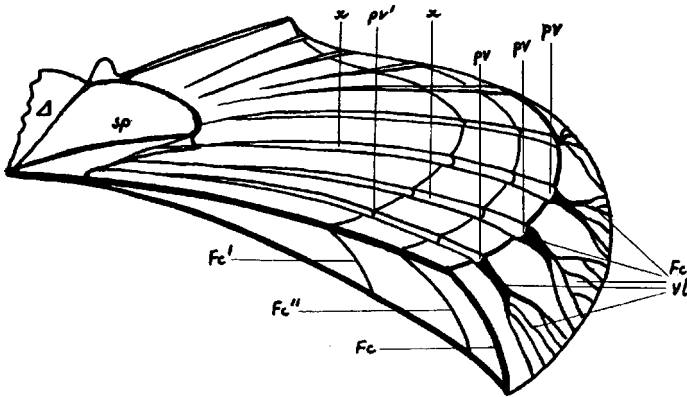


Abb. 9. Schematisches Blockdiagramm von *Antigonambonites aequistriatus* (Taf. XXIX), zur Erläuterung des Schalenwachstums am Randsaum (frons crescens) und des Zusammenhanges zwischen den randlichen Gefässen und der inneren Radialstreifung. Δ — die Pseudodeltidialplatte; Sp — Spondylium; vt — randliches Gefässnetz (vascula terminalia); Fc — „frons crescens“, an welcher das Wachsen der Schale stattfindet; Fc' und Fc'' sind zwei beliebig gewählte jüngere Lagen des Schalenrandes, resp. der frons crescens; pv-pv-pv — pylae vasculorum, an welchen die Schwelle von den Gefässkanälen durchbrochen wird; pv' — eine frühere Position einer der pylae vasculorum; x — Rinnen auf der Innenfläche der Schale, welche durch die fort dauernde Verschiebung der pylae vasculorum erzeugt werden und als deren Positionsstreifen zu deuten sind; die x sind Innenstreifen, innere Positionsstreifen, die radialen Streifen der Aussenfläche aber erscheinen als die externen Positionsstreifen des randlichen Gefässnetzes.

geweben als ein heterogenes und anisotropes System betrachten können, wird als solches jetzt auf der Innenfläche der Schale ausmodelliert. Mit zunehmendem Alter nimmt dabei die Modellstärke zu, die Kontraste werden gesteigert. Es ist also festzustellen, dass nur bei erwachsenen Schalen, also bei solchen, die wirklich „erwachsen“ sind, Abdrücke des Viszeralnetzes auftauchen können und dass diese bei gerontischen Exemplaren besonders kräftig auftreten müssen. Aber der umgekehrte

Satz ist ungültig, da nicht alle Formen die Eigenschaft zu besitzen brauchen, in dieser Art das viszerale Gefäßnetz hervorzubringen. Unter den Orthacea z. B. fehlen Abdrücke der viszeralen Gefäße bei *Hebertella* fast ganz, und das gleiche gilt für die sämtlichen Pentameracea.

Jetzt können wir zum Mittelseptum zurückkehren. Wie das ventrale, so ist auch das dorsale Septum von uns mit Gefäßen in Zusammenhang gebracht worden. Bei der Brachialschale kann nicht daran gezweifelt werden, da alle dorsalen viszeralen Gefäße schliesslich auf dem Septum und dann im nodus principalis zusammenlaufen. Falls man aber die Ventralschale von *Clitambonites squamatus* Taf. XX, Fig. 2 betrachtet, so erscheint unsere Deutung etwas ungenau. Das Septum besteht hier eigentlich aus zwei dicht nebeneinandergestellten Gefäßwülsten, welche voneinander durch einen Längsstreifen, eine mediane intervaskuläre Leiste — das eigentlichen Septum — getrennt werden. Es liegen deshalb keine Knoten auf dem ventralen Septum, da hier zwei mediane Hauptstränge nebeneinander (und kein einheitlicher sinus principalis) bestehen. Bei *Clitambonites schmidti* „fehlt das ventrale Mittelseptum“, also die mediane intervaskuläre Leiste, dies ist aber nur wenig wichtig, da die beiden Mittelgefäße (vascula media) als solche weiterbestehen bleiben. In der Dorsalschale dagegen besteht nur ein einziger unpaarer medianer Hauptstrang — der Wulst des sinus principalis, es kann also hier im hinteren Schalenteil keine intervaskuläre mediane Leiste vorhanden sein. Eine solche bildet sich erst vor dem nodus septalis, bald faden-, bald zapfenförmig, bald leistenförmig ausgebildet. Wir stellen also fest, dass das ventrale und das dorsale Septum nicht homologe Bildungen sind: das ventrale Septum ist auf seiner ganzen Strecke eine intervaskuläre Leiste, deren Fehlen oder Auftreten als Artmerkmal dienen kann; das dorsale dagegen ist ein einheitlicher Gefäßwulst (allerdings nur auf der Strecke bis zum nodus septalis) und Änderungen an ihm bedeuten tiefe Änderungen des viszeralen Systems, deren Erkennung für die Charakterisierung höherer taxonomischer Einheiten wertvoll sein kann.

Bei *Antigonambonites*, *Rauna* und *Progonambonites* ist dieses dorsale Mittelseptum = der Gefäßwulst des Mittelstranges des sinus principalis relativ schwach entwickelt, da hier die Tendenz be-

steht nicht Gefässwülste, sondern Gefässkanäle hervorzubringen. Ausserdem liegt hier, wie bei *Estlandia*, der nodus septalis weit nach hinten gerückt und ist vielleicht wie der nodus quadrivalis mit dem nodus principalis ganz zusammengesmolzen, weshalb fast zwei Drittel des dorsalen Mittelseptums nur als eine intervaskulare Scheide zu deuten sind. Im allgemeinen gilt für die Clitambonacea die Regel, dass das dorsale Mittelseptum innerhalb des Muskelnarbenfeldes als ein einfacher Gefässwulst entwickelt ist. In dieser Hinsicht bilden die Plektambonitiden einen Gegensatz zu den Clitambonacea. Bei *Ingria* [A. Öpik (8)] ist das dorsale Mittelseptum zweiteilig, es besteht hier also nur ein einziger unpaariger Knoten, der nodus principalis. In der Bucht zwischen den beiden „Mittelsepten“ (= Hauptgefässwülsten) verläuft ein fadenförmiges intervaskulares Septum. Die Paarigkeit des dorsalen Mittelstranges geht hier bis zur oberordovizischen *Sampo* hinauf, wo man [A. Öpik (5), Taf. VII, Fig. 3, „V“] zwei Hauptgefässkanäle als Homologa der beiden Gefässwülste der *Ingria* vor sich hat. Auch hier besteht nur der nodus principalis, welcher zwischen den Armenträgern und dicht vor dem Schlossfortsatz gelegen ist.

Es fragt sich noch, weshalb das dorsale Mittelseptum, obwohl es ein viszeraler Gefässwulst ist, auch bei jungen Schalen vorkommt? Dies kommt wohl daher, dass es der zur Leibeshöhle am nächsten gelegene, also auch der relativ an Nährstoffen reichste Strang ist. Ausserdem muss der Mittelstrang wegen seiner besonderen zentralen Lage immer auf derselben Stelle bleiben, beim Wachsen verschiebt er sich nicht, also kann sich hier der Kalk dauernd an einer Stelle ausscheiden. Ferner sind die Mantelzellen über diesem medianen dorsalen Hauptstrang bezüglich der Kalkausscheidung vielleicht aktiver gewesen als die Mantelteile bei anderen, sich von ihm abzweigenden Gefässen. Schliesslich liegt das Mittelseptum (der unpaarige dorsale Hauptstrang) zwischen den Schliessmuskelnarben, also auf einer Stelle der Schale, welche den grössten Zug zu tragen hat, und daher hat der mediane Wulst offenbar als eine Versteifungsleiste funktioniert.

XIII. Merkmale primitiver und fortgeschrittner viszeraler Gefässnetze der Brachiopoden.

Es wäre von grosser Bedeutung Kriterien zu finden, mit deren Hilfe es möglich wäre die Entwicklungsstufe der Brachiopo-

den hinsichtlich ihres Gefäßnetzes festzustellen. Gegenwärtig ist die Lösung dieser Aufgabe jedoch nur teilweise möglich, da das Gefäßnetz im allgemeinen noch zu wenig bekannt ist. Bei den *Clitambonacea* nehmen praktisch alle Zweige des viszeralen Netzes am Aufbau des randlichen Systems Teil. Ein solches Viszeralnetz bezeichnen wir als *polypalmat*. Bei den *Orthacea* dagegen (Textabb. 15, 17—19) wird das Gefäßnetz des Randes vorwiegend nur durch Verzweigung eines dorsalen und eines ventralen Paares der viszeralen Hauptgefäße gebildet. Diesen Fall bezeichnen wir als *oligopalmat*. Das weiter zu besprechende Beispiel von *Orthis calligramma* resp. *rotunda* Pander zeigt ferner, dass das hier polypalmate dorsale Gefäßnetz (Textabb. 16) im Begriff ist sich in ein mehr oder weniger oligopalmates umzuwandeln. Die jüngeren Orthiden, wie *Orthis (Cyrtototella) kukersiana* (Taf. XLV—XLVIII und Textabb. 19 und 55, und besonders *Dolerorthis osiliensis* Taf. XLIV und Textabb. 17), haben schon ein oligopalmates dorsales Netz, wobei diese Formen phylogenetisch mit *Orthis* s. str. zu verbinden sind. Aus diesen Beispielen kann entnommen werden, dass die oligopalmaten Protremata einer höheren Entwicklungsstufe angehören als die polypalmaten Formen. Der paarige dorsale Mittelwulst der Plektamboniten scheint ebenfalls primitiver zu sein, als der unpaarige Strang der *Clitambonacea*, welcher vermutlich als durch Verlegung der Bifurkation vom *nodus principalis* aus nach vorne entstanden gedacht werden kann.

Es sei noch zu bemerken, dass, obwohl schon bei den kambrischen schlossführenden Brachiopoden oligopalmate Formen neben polypalmaten auftreten, die letzteren dennoch als altertümlicher anzusehen sind, da mit der Zeit die Zahl der oligopalmaten zu wachsen scheint. Brachiopoden jüngerer Formationen haben zumeist ein reduziertes, mehrfach sekundär und stufenweise verzweigtes oligopalmates viszerales Netz.

Interessant ist noch die Tatsache, dass das z. T. sehr gut erforschte Gefäßnetz [Mickwitz (12), Walcott (6)] altertümlicher schlossloser Brachiopoden nicht mit dem der Protremata in nahen Zusammenhang gebracht werden kann. Bei den Obolen z. B. scheint das Netz stark reduziert zu sein, viel mehr als es bei den *Clitambonacea* der Fall ist. Also auch hier, vom Standpunkte der Entwicklung des Gefäßnetzes, muss an

ein vorkambrisches „protegulum radicle“ [Walcott (6), S. 317] mit mehr gegliederten viszeralen Gefässen gedacht werden.

XIV. Das Gefässnetz der Clitambonacea.

Die Klitambonitiden besitzen ein wohlentwickeltes polypalmates viszerales System, welches besonders deutliche Spuren bei *Clitambonites schmidti epigonus* hinterlassen hat. Auf diese Form beziehen sich auch unsere Äusserungen im Abschnitt XII, und wir brauchen uns hier nicht weiter damit zu befassen. Zur Orientierung dient hier die Textabb. 8.

Bei *Clinambon* (Textabb. 10) sind einige Abweichungen gegenüber *Clitambonites* festzustellen. Bei der ventralen Schale (Taf. XVII, Fig. 1 c, Taf. XVI, Fig. 3 und Taf. XV, Fig. 1 c) sehen wir ein Vorwalten der intervaskularen Septen, welchen ein dicht zusammengedrängtes Gefässnetz entsprechen muss. Bei der Dorsalschale (Taf. XV, Fig. 1 b, Taf. XVI, Fig. 1 und schematisch Textabb. 10) stossen wir auf ein fast ästhetisch gleichmässig entwickeltes Netz. Zum Unterschied von *Clitambonites schmidti* entspringt hier das innere Paar der *vascula myaria* ganz deutlich am *nodus septalis*, und ausserdem besteht hier ein am *nodus principalis* entspringendes, zirkummyares Gefässpaar, welches sonst bei Klitamboniten zu fehlen scheint.

Das Gefässnetz der *Ilmarinia dimorpha* (Taf. XVIII) ist bald durch Wülste, bald aber durch intervaskuläre Leisten vertreten. Bei den anderen *Ilmarinia*-Arten (Taf. XIX) sehen wir an den Flügeln kräftige Wülste, während die *vascula myaria* abgerundete Randstreifen, ähnlich wie bei *Clinambon*, besitzen. Sonst ist die Zahl und Anordnung der Gefässe durchaus *Clitambonites*-artig ausgebildet. Nur erscheinen die *vascula cruralia* hier als kräftige, sehr verzweigte, den ganzen Flügel einnehmende Wülste mit vielen, den Schalenrand nicht erreichenden Auswüchsen (Ovarialapophysen). Bei *Ilmarinia* (Textabb. 11) sind auch kurze, in die Ankernarben hineinreichende Apophysen zu beobachten. Die Gefässe des Mittelsektors (*vascula myaria* und *media*) nehmen den dorsalen Sattel ein.

Bei *Ladogiella imbricata* (Taf. XLII und Taf. XLIII, Fig. 2) beobachten wir ebenfalls eine stark ausgeprägte Dimorphie der Gefässabdrücke, indem hier, ähnlich wie bei *Ilmarinia*, Wülste und intervaskuläre Leisten abwechselnd auftreten. Das dorsale

Gefässnetz (Textabb. 12) zeigt, wie bei *Ilmarinia*, grossflächige *vascula cruralia*. Der Verlauf der *vascula intermyaria* war an

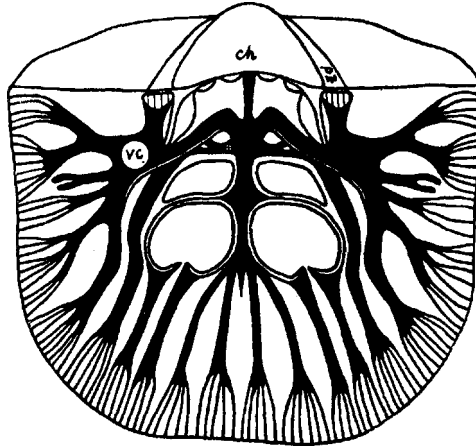


Abb. 10. Dorsales Netz der Mantelgefässe von *Clinambon anomalus* (Schlotheim) (vgl. Taf. XV, Fig. 16; Taf. XVI, Fig. 1; Taf. XVII, Fig. 1 d). ch — Chilidium; pz — Positionsspur der Zahngrube (letztere ist vertikal liniert); vc — *vascula cruralia*; mit dem kleinen Kreuz (+) ist der am *nodus principalis* entspringende, nur bei *Clinambon* vorkommende Gefässzweig (*v. circummyaria*) bezeichnet. Er ist z. T. durch die überragenden Wülste der *v. cruralia* überdeckt. Ca \times 1,5 der nat. Grösse.

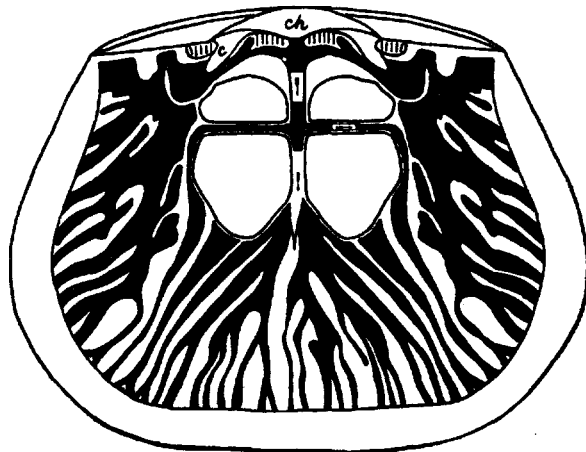


Abb. 11. Dorsales Gefässnetz von *Ilmarinia dimorpha* (Taf. XVIII, Fig. 2). ch — Chilidium; c — Kruralplatte; Öffnarnarben und Zahngruben sind vertikal gestreift. Mit den Pfeilen ist der Hauptstrang („Septum“) und der rechte intermyare Gefässwulst bezeichnet. Das Randnetz ist nicht eingezeichnet.

Ca \times 2 der nat. Grösse.

der Hand des vorhandenen Materials nicht genau festzustellen: anscheinend (Textabb. 12, rechter Flügel) mündet dieser Strang in die *vascula cruralia*. Eine ebenso wahrscheinliche Deutung ist am linken Flügel desselben Bildes gegeben. Bei *Clitambonites schmidti* und bei *Vellamo* erscheint auf den Muskelnarben sporadisch eine Netz-

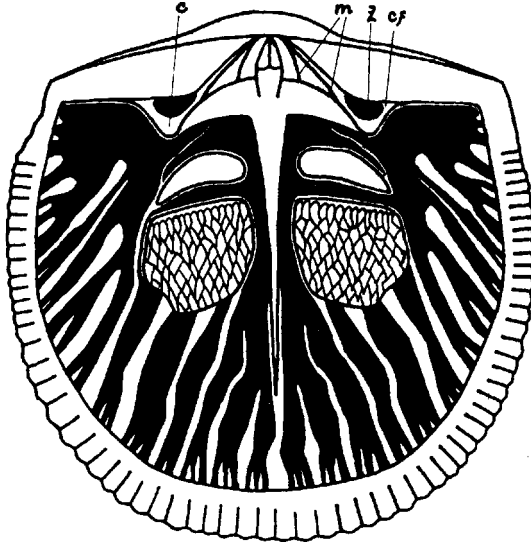


Abb. 12. Dorsales Netz der Mantelgefäße von *Ladogiella imbricata* (Taf. XLII) ca $\times 4$ der nat. Grösse. c — Kruralplatte (Armträger); cf — „Fulkralplatte“; z — Zahngrube; m — rinnenförmige Öffnernerben. Das Septum ist weiss gelassen (der Hauptstrang), ebenso der nodus principalis. Beim Original war es unmöglich festzustellen, ob der intermyare Zweig in üblicher Weise (linke Seite des Bildes) in den äusseren myaren Zweig übergeht, oder ob er (rechte Seite) mit den *vascula cruralia* verschmolzen ist. In diesen beiden lalein möglichen Fällen ergibt sich eine von *Clitambonites* abweichende und entweder der *Ilmarinia* (Textabb. 11) oder dem *Clinambon* (Textabb. 10) ähnliche Modifikation des Mantelnetzes.

zeichnung, welche auf die transmyaren Apophysen zurückgeführt werden kann. Bei *Ladogiella* dagegen ist dieses Narbennetz häufiger vorhanden. Das ventrale System der *Ladogiella* (Textabb. 13) ist im viszeralen Teile stärker verzweigt, als bei *Clitambonites*. Aber auch hier bestehen noch die üblichen drei Paar Hauptbündel der Gefäße.

Das Gefässnetz von *Vellamo* hat nur wenige Spuren hinterlassen. In der Dorsalschale (Taf. XIII, Fig. 1, 4 und Taf. XIV, Fig. 1) unterscheiden wir nur die proximalen Teile der *vascula*

cruralia, der v. media und der v. myaria. Aber besonders kräftig sind hier die transmyaren Apophysen des hinteren Narbenpaares (Taf. XIII, Fig. 1 und 5 c). Über die ventralen Gefässe der *Vellamo* wissen wir leider fast gar nichts. Nur in einem einzigen Fall (Taf. XIV, Fig. 7) haben sich die *vascula media* erhalten. Ausserdem haben wir bei diesem Exemplar eine konzentrische Spur, welche an *Orthis* erinnert; doch scheint es hier einfach die gerontisch übertriebene Grenze zwischen dem viszeralen und dem randlichen Teil des Mantels zu sein.

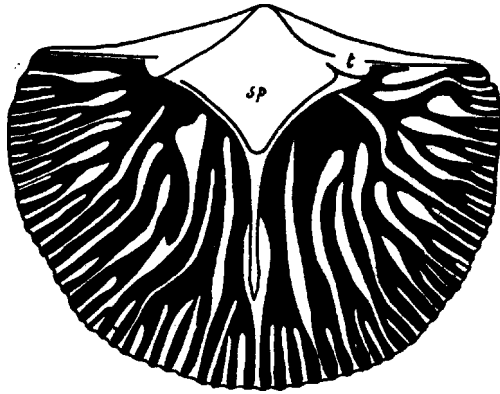


Abb. 13. Ventrales Gefässnetz der *Ladogiella imbricata* (Taf. XLIII, Fig. 1), ca $\times 6$ der nat. Grösse. sp — Spondylium; t — Schlosszahn; orthidenartige bogenförmige *vascula arcuata* fehlen hier ganz. Auch fehlt hier das zu Ovarien differenzierte anastomosierende Gefässnetz (vgl. Textabb. 17 und 18).

Bei *Iru* (Taf. IV, Fig. 1, 2) sind in der Ventralschale nur die subspondyliaren Knoten und in der dorsalen — die *vascula myaria* entwickelt. Andere Gefässe haben leider keine Spur von sich hinterlassen.

Das Gefässnetz der *Estlandiidae* wird auf Grund von *Estlandia* (Textabb. 14) und *Antigonambonites* (Textabb. 51) dargestellt. In den beiden Schalen sind die randlichen Gefässkanäle als strichartige Vertiefungen (bei *Estlandia*, *Progonambonites* und *Rauna*) oder, wie bei *Antigonambonites*, als etwas serpentinartig verlaufende Rinnen ausgebildet. An den Flügeln, gegenüber den viszeralen Wülsten (oder Kanälen) der *vascula cruralia*, haben die Randgefässe keine Spuren hinterlassen, was ein kleines, aber sehr beständiges Merkmal der *Estlandiidae* und *Kullervoidae* zu sein scheint. Die kräftige, oft diaphragmaartige

Schwelle ist gleichzeitig die Linie der *nodi terminales*. Die Schwelle ist stets durch die *pylae vasculorum* durchschnitten. Die Zahl und Konfiguration der viszeralen Gefäße ist sehr konstant, die Ausbildungsart und die Erscheinungsformen der Abdrücke aber sind von Art und Gattung abhängig. Wie bei den Klitambonitiden, so auch hier unterscheiden wir in der Ventralschale (Textabb. 14) ein Paar *vascula media*, die fingerartig verzweigten *vascula dentalia* und die *vascula spondyliaria*. Das Mittelseptum erscheint als eine stabile Scheideleiste zwischen den *v. media*, während die Seitenstützen des Spondyliums als intervaskuläre Leisten, welche die *v. media* von den *v. spondyliaria* scheiden, entwickelt sind.

Besonders in der dorsalen Schale des *Estlandiidae* (Textabb. 14) treffen wir eine Anordnung der viszeralen Gefäße, welche sehr von derjenigen der *Clitambonitidae* verschieden ist. Es sind hier nämlich vier Paare der *vascula myaria* vorhanden; die intermyaren Stränge fehlen, der *nodus septalis* und der *quadri-*valis** sind nicht zu erkennen und das Mittelseptum ist daher in mehr als seiner halben Länge als intervaskuläres Septum ausgebildet. Das ganze Bild gleicht dem der viszeralen Gefäße der *Finkelburgia* (Textabb. 23).

Bei *Estlandia marginata* und *aspera* (Taf. XXI, Fig. 1—2) sind die viszeralen Wülste breit und flach und werden durch mehr oder weniger starke intervaskuläre Leisten voneinander getrennt. Besonders kräftig und beständig sind die dorsalen intervaskulären Leisten der *v. myaria* (Taf. XXI, Fig. 2). Charakteristisch ist hier auch die Ausbildung der *vascula dentalia* (Taf. XXI, Fig. 3), welche sich fingerartig verzweigen und unter den viszeralen Wülsten immer die stärksten sind, ähnlich wie die *v. cruralia* in der dorsalen Schale. Bei *Estlandia pyron* (Taf. XLVI, Fig. 2) und ihrer Varietät *silicificata* (Taf. XXIII) sind die intervaskulären Septen sehr beständig und fast mathematisch genau entwickelt, so dass hier die Rekonstruktion des Viszeral-systems, welches dem der *E. marginata* (Textabb. 14) gleicht, leicht ausgeführt werden konnte. Besonders kräftig sind die intervaskulären Leisten im hinteren Teile der Dorsalschale von *pyron* (Taf. XLVI, Fig. 2), wobei hier die intervaskulären Leisten der äusseren *vascula myaria*, an die kräftigen Wülste der *vascula cruralia* stossend, sogar besondere „Kammern“

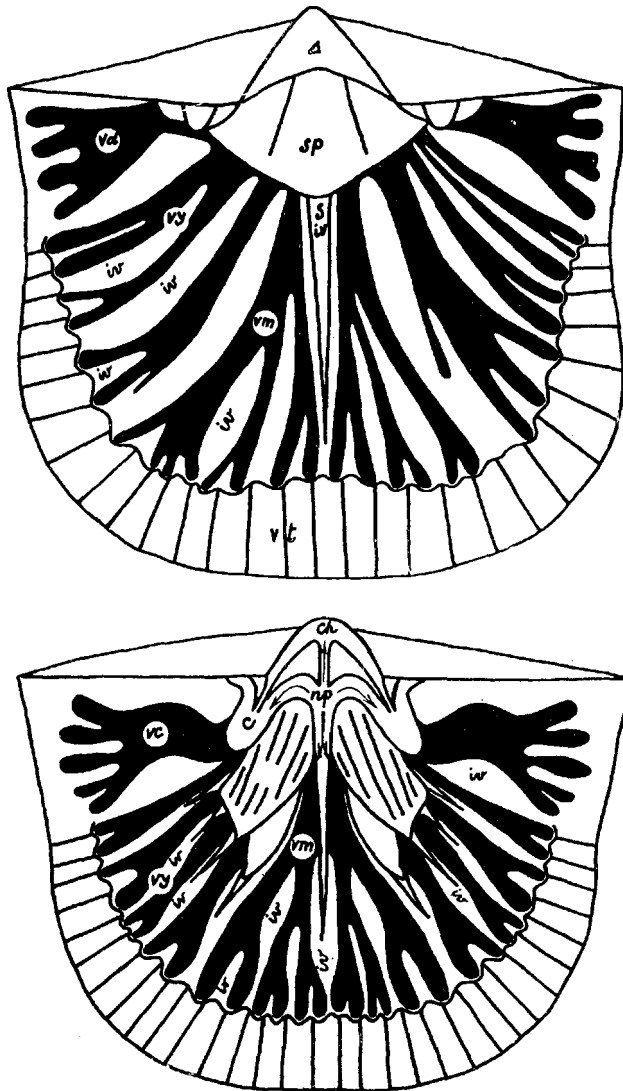


Abb. 14. Ventrales (oben) und dorsales (unten) Gefässnetz der *Estlandia marginata*, ca $\times 3$ der nat. Grösse. Es ist dies gleichzeitig eine Rekonstruktion der Gefässe der Estlandiidae überhaupt. Es bedeutet in der Ventralschale (oben): vd — vascula dentalia (vgl. Taf. XXI, Fig. 3); vy — vascula myaria oder spondyliaria; vm — v. media; vt — v. terminalia (das Randnetz), welche durch die diaphragmaartige Schwelle (Wellenlinie) von den viszeralen Gefässen getrennt werden; Δ — Deltidialplatte; sp — Spondylium. In der dorsalen Schale (unten) bedeutet: ch — chilidium; c — Kruralplatten oder Armträger; np — nodus principalis; vc — vascula cruralia; vy — vascula

myaria; vm — vascula media; iv — intervaskuläre Räume, welche hier von den intervaskulären Septen eingenommen werden, — sie sind besonders stark ausgebildet zwischen den vascula myaria. Das ventrale Mittelseptum (S) ist als eine intervaskuläre Leiste (iv) aufzufassen. In der dorsalen Schale sind die Richtungen der vom nodus principalis ablaufenden Gefäße durch Pfeile angegeben. Der nodus quadrivialis und septalis fehlen und alle Gefäße, auch die vascula myaria, von denen hier ganze vier Paar vorhanden sind, gehen unmittelbar vom nodus principalis ab. Dabei scheinen die v. myaria durch die Muskeln zu gehen (Streifung der Narben!), sie sind also z. T. transmyar. Das Bild ist also von dem des *Clitambonites* (Textabb. 8) ganz verschieden.

bilden. Dies wiederholt sich bei manchen Exemplaren der *Estlandia marginata*, *Antigonambonites planus*, *Rauna* (Taf. XXV, Fig. 1a und Textabb. 50) und, ausserhalb der Clitambonacea, bei *Clarkella* [vgl. Schuchert & Cooper (2), Taf. XV, Fig. 7 und 10].

Weniger bekannt ist das Gefässnetz des *Progonambonites*. Vermutlich besteht auch hier nur ein einziger dorsaler Knoten; der nodus principalis und das Mittelseptum (Taf. XXIV, Fig. 1) ist vorwiegend als intervaskulärer Septum entwickelt.

Bei *Rauna* sind die Gefäße schwach und hauptsächlich durch intervaskuläre Septen angedeutet (Taf. XXV, Fig. 1a, 2). Die vascula cruralia bilden hier, wie bei *Estlandia*, fingerartige Verzweigungen.

Das randliche Gefässnetz von *Antigonambonites aequistriatus* wurde oben (Textabb. 19) eingehend besprochen. Bei dieser Art ist das viszerale Netz nur durch intervaskuläre Leisten angedeutet (Taf. XXVIII, Fig. 2, 3) und entspricht ganz demjenigen der *Estlandia*. Bei *Antigonambonites planus* (Taf. XXXI, Fig. 2, 3 und Textabb. 51) sind wieder die intervaskulären Leisten massgebend, wobei die Gefässabdrücke, im Gegensatz zu *Estlandia*, als flache Kanäle ausgebildet sind und ihre distalen Äste girlandenartig an der Schwelle endigen.

Das Gefässnetz der Kullervoidae lässt sich auf Grund des vorhandenen Materials (Taf. XXXV, XXXVI und Taf. XXXVII, Textabb. 38 und 41) nicht genau restaurieren. Allerdings bestand hier (Taf. XXXVII, Fig. 1), zum Unterschiede von den Estlandiidae, in der dorsalen Schale ein nodus quadrivialis. Die Viszeralgefäße sind hier z. T. in Form von schmalen Rinnen entwickelt.

XV. Das Gefässnetz der Orthacea mit dem der Clitambonacea verglichen.

Das viszerale Gefässnetz der sämtlichen Orthacea ist oligopalmat. In der ventralen Schale wird das randliche Gefässnetz nur durch die *vascula media* gebildet. Diese *v. media* biegen nach links und nach rechts ab und verlaufen dann als zwei symmetrische Bogen, die wir hier als *vascula arcuata ventralia* bezeichnen, bis zum Schlossrande hin, wobei sie an ihrem Aussenrande die Apophysen des Randsaumes, der *frons crescens*, von sich abgeben. Dieses Bild wiederholt sich wie bei der kambrischen *Billingsella* (Textabb. 15) so

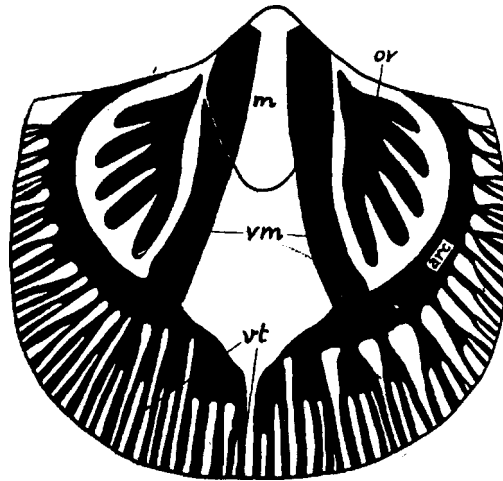


Abb. 15. Ventrales Gefässnetz von *Billingsella lindströmi* (Linnarsson), schematisch nach Walcott (6). Taf. LXXXVII, Fig. 6 e. Es ist dies der Grundtypus eines oligopalmaten Gefässnetzes der Orthacea. ov — zu Ovarien reduzierte *vascula myaria* und *v. cruralia*; m — Muskelnarben; vm — *vascula media*; arc — *vascula arcuata*; vt — *vascula terminalia*. vm und arc sind wahrscheinlich doppelt und bestehen aus je zwei einander sehr genäherten Strängen.

auch bei den späteren Formen, wie *Orthis*, *Cyrtototella*, *Dolerorthis* u. a. Die *vascula myaria* und *dentalia* werden dabei von den *vascula arcuata* ganz umschlossen, so dass die ersteren nicht mehr den Rand erreichen. Sie bilden besondere Felder links und rechts von den Muskelnarben, und sehr oft (bei *Dolerorthis*, Taf. XLIV, Textabb. 17, 18) sind die einzelnen Äste durch Anastomosen miteinander verbunden. Mit gutem Recht werden diese reduzierten Mantelgefäße als Ovarien gedeutet.

Das Gefässnetz der Dorsalschale ist bei einigen *Orthacea* (*Dolerorthis*) ebenfalls oligopalmat (Taf. XLIV, Fig. 1, 2 und Textabb. 17, 18), wobei die äusseren *vascula myaria* ebenfalls als Bildner der *vascula arcuata* erscheinen. Bei *Orthis calligramma* aus dem Vaginatenkalk des Ostbaltikums (Textabb. 16) haben wir ein dorsales typisch polypalmates viszerales Gefässnetz

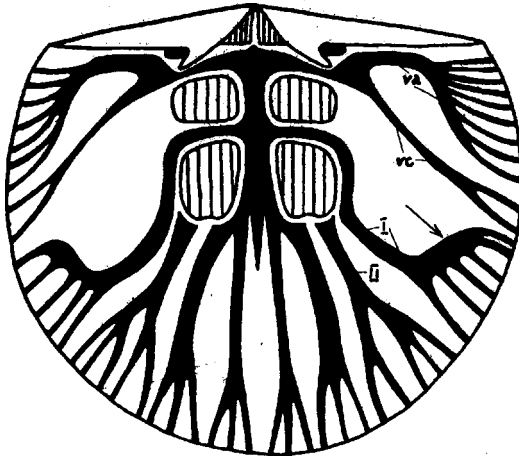


Abb. 16. Dorsales Gefässnetz von *Orthis calligramma* Dalman [resp. *Orthambonites rotunda* (Pander)], nach einem Steinkern aus dem *expansus*-Kalk Russlands, ca $\times 3,5$ der nat. Grösse. Es ist dies der Grundtypus eines polypalmaten dorsalen *Orthacea*-Netzes, wie dieses von *Billingsella* bis *Dinorthis* und *Orthostrophia* vorkommt. Alle Muskelnarben sind im Bilde vertikal gestreift. Die vom nodus quadrivialis ablaufenden intermyaren Zweige setzen sich auch hier als äussere *vascula myaria* fort. Am Rande (der Pfeil!) biegen sie sich zum Schlossrande zurück und bilden so den ersten Ansatz der *vascula arcuata*. Im Gegensatz zu *Estlandia* sind hier nur zwei Paar der v. myaria vorhanden und spalten sich die *vascula cruralia* in die v. *cardinalia* (va entlang der Schlosslinie) und in die eigentlichen v. *cruralia* (vc), welche hier verkümmert erscheinen und später (vgl. Textabb. 19 und 55) zu Ovarien reduziert werden. I — *vascula myaria*, aus den intermyaria hervorgehend; II — v. *antemyaria*.

vor uns, wobei hier die äusseren *vascula myaria* ihre distalen Enden nach hinten biegen und so die erste Anlage der orthoiden *vascula arcuata* hervorbringen. Bei *Cyrtonotella kukersiana*, welche sicherlich aus der Formenreihe der *Orthis calligramma* hervorgeht, sind diese dorsalen *vascula arcuata* weiter ausgebildet, während die *vascula cruralia* zurückgedrängt sind (Textabb. 19 und 55). Dieser Vorgang der Bildung der dorsalen *vascula arcuata* führt zu der Vermutung, dass auch die

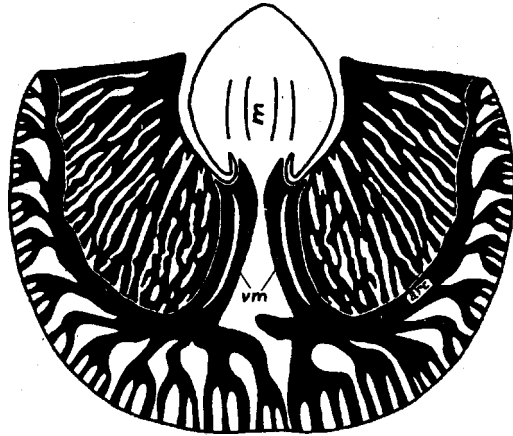


Abb. 17. Ventrale Mantelgefässe von *Dolerorthis osiliensis* (Taf. XLIV), ca $\times 2$ der nat. Grösse. m — Muskelnarben; vm — vascula media; arc — vascula arcuata. Die vascula arcuata laufen im Bogen um die anastomosierenden, grossen Ovarien. Die vascula media erscheinen doppelt. Der einzige wesentliche Unterschied gegenüber *Billingsella* (Textabb. 15) ist der bei *Dolerorthis* verwickeltere Bau der Ovarien. Die Schale ist oligopalmat.

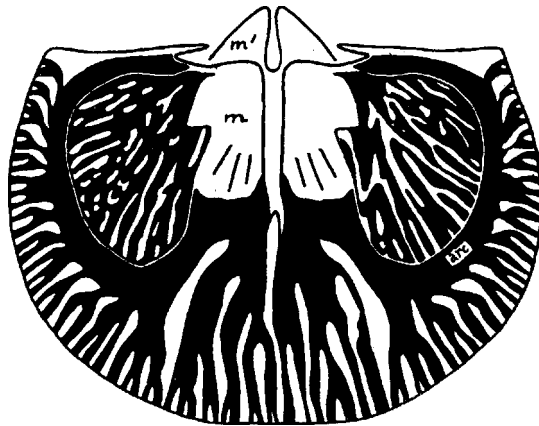


Abb. 18. Dorsale Mantelgefässe von *Dolerorthis osiliensis* (Taf. XLIV), dasselbe Exemplar wie Textabb. 17. Ca $\times 2$ der nat. Grösse. m — Schliessmuskelnarben; m' — Öffnernerben (Narben des Ankers); arc — vascula arcuata. Die Ovarien sind hier ganz wie bei der ventralen Schale (Textabb. 17) ausgebildet. Gegenüber *Orthis* (Textabb. 16) und *Billingsella* erscheint diese Schale extrem oligopalmat, indem die vascula myaria zu v. arcuata verlängert und die vascula cruralia in Ovarien umgewandelt sind. Ein Übergangsstadium (aber ebenfalls schon z. T. oligopalmat) wird durch *Cyrtanotella* (Textabb. 19, 20 und 55) vertreten.

ventralen v. arcuata durch Reduktion und Spezialisierung (Ovarien!) der seitlichen Gefäße hervorgebracht worden sind. Demnach handelt es sich schon bei der *Billingsella* um eine spezialisierte Form, welche von polypalmaten Ahnen her stammt und daher in keinem Falle als Ahne der polypalmat bleibenden Clitambonacea gelten kann.

Die ganze grosse Gruppe des Orthacea kann hinsichtlich der Ausbildungsart des viszeralen Gefässnetzes in zwei Abteilungen zerlegt werden. Bei der ersten, mehr primitiven, ist die dorsale Schale noch polypalmat, bei der zweiten, weiter fortgeschrittenen, ist sie mehr oder weniger oligopalmat. Einige Beispiele sollen hier besonders besprochen werden.

Die ältesten Vertreter der polypalmaten Gruppe liefern die *Billingsellidae*. Dass hier die Ventralschale ein spezialisiertes Netz aufweist, haben wir schon oben (Textabb. 15) ausgeführt. Von der Dorsalschale gibt es keine guten Abbildungen. Die beste in dieser Hinsicht ist wohl die von *B. lindströmi* bei Walcott (2), Taf. LXXXVII, Fig. 6 f. Dieselbe Bauart ist auch bei den Eoorthidae, soweit nach den Abbildungen Walcott's geurteilt werden kann, zu erwarten. Die Protorthidae, Nisusiidae und Finkelnburgiidae gehören dabei in einen ganz anderen Stamm, da sie auch in der ventralen Schale vermutlich polypalmat sind.

Die Hauptzüge der Billingsellidae werden ferner bewahrt bei der *Orthis*, bei den *Plectorthidae* (ohne *Mimella* und *Orthostrophia*) und bei den *Glyptorthinae*. Bei *Mimella* (Textabb. 22), bei den *Dinorthidae* und bei *Orthostrophia* geht die Reduktion des ventralen Gefässnetzes weiter, die *vascula arcuata* werden mehr nach hinten gerückt und daher kürzer (Textabb. 21, *Dinorthis*). Aber wie bei *Glyptorthis* [Schuchert & Cooper (2), Taf. VI, Fig. 26 und 29], wo die ventralen v. arcuata noch ganz *Orthis*- resp. billingsellenartig ausgebildet sind, so auch bei der weiter spezialisierten *Dinorthis* [unsere Textabb. 21 und Sch. & C. (2), Taf. X, Fig. 24, 25] bewahrt die dorsale Schale das polypalmate dorsale Gefässnetz in fast unverändertem billingselloidem Zustande weiter.

Auf den dorsalen Innenbau von *Orthis calligramma* (resp. *rotunda* Pander) wurde schon oben hingewiesen. Hier (Textabb. 16) sind die Gefäße des Mittelsektors sehr kräftig, während die *vascula myaria exteriora* durch ihre nach hinten gebogenen distalen Enden den ersten Ansatz zur Bildung der *vascula*

arcuata hervorgebracht haben. Von der zeitlich etwa in der Mitte zwischen *Billingsella* und *Dinorthis* gelegenen *Orthis* s. str., welche ebenfalls in der dorsalen Schale polypalmat erscheint, spaltet sich ein Formenzweig ab (*Dolerorthis*), bei welchem auch dorsale *vascula arcuata* erzeugt werden.

Bei *Cyrtonotella kukersiana* *) Textabb. 19, 20 und 55 und Taf. XLV, Fig. 1 reichen offenbar die *vascula arcuata* schon z. T. bis zum Schlossrande hin, während die *vascula cruralia* zurückgedrängt sind. Die letzteren haben hier wohl z. T. die Funktion von Ovarien übernommen, doch haben sie noch keine Anastomosen.

Textabb. 19 und Taf. XLV, Fig. 1 haben wir somit eine Brachialschale der *Orthis* (*Cyrtonotella*) abgebildet, bei welcher man vermuten kann, dass die *vascula arcuata* tatsächlich schon bis zum Schlossrande reichen. Bei einer anderen Schale derselben Art (Taf. XLVIII und Textabb. 55) haben wir einen primitiveren, auf *Orthis calligramma* (Textabb. 16) zurückgehenden Bau vor uns. Die *vascula cruralia* reichen hier nicht mehr bis zum Randsaum, die *vascula cardinalia* nehmen aber noch am Aufbau des Randnetzes wesentlich teil. Möglicherweise ist die Deutung Textabb. 19, wo die *vascula arcuata* bis zum Schlossrande reichend eingezeichnet sind, ungenau. Aber wahrscheinlich entsprechen beide Fälle den Tatsachen, indem die Textabb. 19 (Taf. XLV, Fig. 1) möglicherweise ein weiteres Stadium in der Bildung der v. arcuata darstellt. Die Dorsalschale Taf. XLVII gleicht ebenfalls der Schale Taf. XLVIII, da hier die v. arcuata auch nicht bis zum Schlossrande reichen.

Die hier abgebildeten Schalen der *Cyrtonotella* erlauben auch eine allgemeine Übersicht über das Gefäßnetz einer *Orthis* zu geben. Das Exemplar Taf. XLV, Fig. 1 (Textabb. 19) zeigt sehr kräftige transmyare Apophysen, nur zwei Paar (wie bei allen *Orthacea*) der *vascula myaria* und den, ebenfalls für die *Orthacea* charakteristischen, bei den *Clitambonacea* aber fehlenden Strang der *vascula cardinalia* dorsi. Der *nodus principalis* und der *n. quadrivialis* sind hier deutlich entwickelt. Es scheint aber, dass die schwachen *vascula media* nicht an einem *nodus septalis*, sondern ebenfalls am *nodus quadrivialis* entspringen. Anstatt des *nodus septalis* sieht man hier (Taf. XLV,

*) Vgl. auch unter *Orthis kukersiana* Wysogorski bei A. Öpik (1).

Fig. 1) eine erhabene Längsleiste, welche als eine intervaskuläre Leiste zu deuten ist und, weil sie bis zum nodus quadrivalialis reicht, darauf hinweist, dass der Hauptstrang sich bereits an diesem nodus zu den vascula media gespalten hat. Um die Variabilität und Ausbildungsart des dorsalen Netzes näher zu illustrieren, sind hier noch zwei andere Schalen der *Cyrtototella*

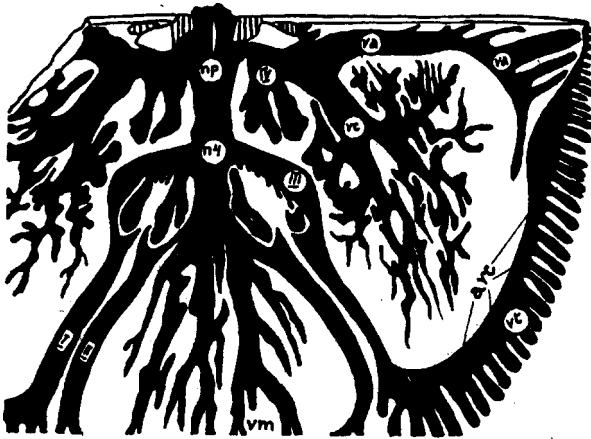


Abb. 19. Dorsales Gefässnetz von *Cyrtototella kukersiana*, $\frac{5}{3}$ der nat. Grösse. Es ist dies dasselbe Stück wie Taf. XLV, Fig. 1. Vgl. auch Taf. XLVI, Fig. 1, Taf. XLVII, Taf. XLVIII und Textabb. 55. np — nodus principalis; n4 — nodus quadrivalialis; va — vascula cardinalia; vc — zu Ovarien umgestaltete vascula cruralia; III — vascula intermyaria, deren Fortsetzung die äusseren vascula myaria (I) bilden; II — vascula antemyaria; arc — vascula arcuata als Fortsetzung der v. myaria I; vt — v. terminalia; IV — transmyare Apophysen. Mit *Orthis* (Textabb. 16) verglichen, erreichen die vascula cruralia den Rand nicht mehr, die v. arcuata haben sich vergrössert, aber die v. cardinalia sind noch vorhanden. Es ist dies also ein Zwischenstadium zwischen der polypalmaten *Orthis* und der extrem oligopalmaten *Dolerorthis* (Textabb. 18). Ein primitiveres Zwischenstadium, wo die v. arcuata den Schlossrand noch nicht erreichen, ist Taf. XLVIII und Textabb. 55 wiedergegeben.

abgebildet worden. Taf. XLVII ist eine ganze Schale dargestellt, mit schön erhaltenen distalen Enden der vascula myaria, deren Apophysen in die Randfurchen und Rippen hineinmünden. Das vordere Schliessmuskelnarbenpaar ist dabei kaum angedeutet. Das Mittelseptum (= der Wulst des medianen Hauptstranges, resp. des sinus principalis) reicht genau bis zum nodus quadrivalialis und setzt sich weiter nur als fadenförmiger, kaum sichtbarer Streifen zwischen den vascula media fort. Von der dritten Brachialschale der *Cyrtototella kukersiana*, welche einem etwas

jüngeren Exemplare als die vorigen angehört, ist Taf. XLVI, Fig. 1 nur das Narbenfeld und der Anker dargestellt worden. Hier sind, zum Unterschied von Taf. XLV, Fig. 1 und Taf. XLVII, die Muskelnarben deutlich umgrenzt und vertieft und die transmyaren Apophysen sind nur durch relativ schwache Wülste vertreten. Der nodus principalis und der n. quadri-

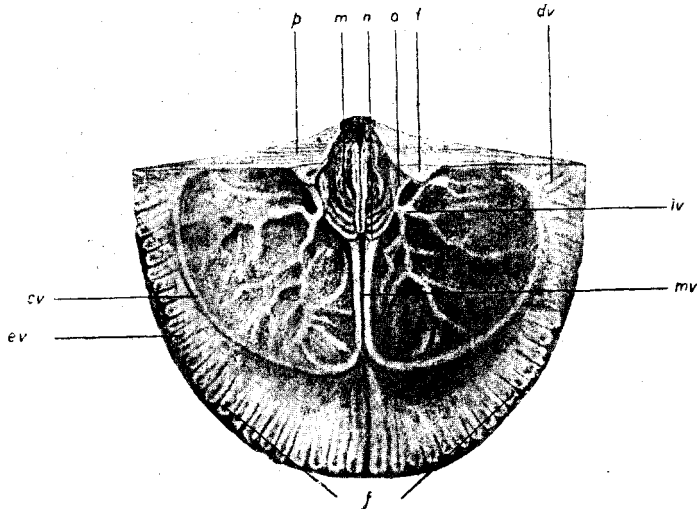


Abb. 20. Das ventrale Gefässnetz von *Orthis (Cyrtototella) kukersiana* Wysog. Aus A. Ö. (1), S. 72, Textabb. 7. p — Area der Pedikelschale; m — Muskelnarben; n — Knoten der vascula media („Beginn der Hauptgefäße an den Spitzen der Muskelnarben“); o — Zahnstütze; t — Schlosszahn; dv — distale Zweige der vascula cardinalia („Gefässabdrücke der Flügel“); mv — vascula media („Innenzweige“) und cv — vascula arcuata („äussere Bogen der Hauptgefäße“); iv — nodus lateralis und die an ihm entspringenden, z. T. zu Ovarien reduzierten vascula myaria („Gefäße der Scheibe“); ev und f — randliche Gefäße.

vialis sind ohne weiteres zu unterscheiden, sowie gleichfalls die vom letzteren abgehende, erhabene, schmale Intervaskularleiste der vascula media.

Den ventralen Innenbau von *Cyrtototella kukersiana* haben wir schon zweimal [A. Öpik (1), (5)] im Zusammenhang mit anderen Fragen abgebildet. Zum drittenmal geben wir hier dieselbe Abbildung (Textabb. 20) wieder, um die älteren, provisorischen, mehr deskriptiven Bezeichnungen der Gefäße durch die hier verwendeten Termini zu ersetzen.

Um den Feinbau des ventralen Gefässnetzes zu zeigen, wird Taf. XLV, Fig. 2 der Mittelsektor einer Pedikelschale von *Cyrtonotella kukersiana* wiedergegeben. Von den *vascula arcuata* gehen zum Rande hin Zweige ab, welche nach zwei- bis dreimaliger Spaltung je zwei Endapophysen bilden. Einer jeden Rippe und einem jeden Zwischenraum entspricht je eine Apophyse (vgl. Textabb. 54), so dass hier der Zusammenhang des viszeralen und des randlichen Gefässnetzes aufs beste beobachtet werden kann. Ausserdem reden die regelmässigen Furchen des Randsaumes von einer ganz bestimmten Beschaffenheit und Gestalt der Gefässe der *frons crescens*, des Mantelsaumes, welche zu den ziemlich regellos verlaufenden, durch Wülste vertretenen distalen Apophysen des viszeralen Systems einen Gegensatz darstellen.

Durch *Dolerorthis rustica osiliensis* (Schrenk) wird eine weitere Stufe der Spezialisierung des Gefässnetzes der *Orthacea* vertreten (Taf. XLIV, Textabb. 17, 18). In allen ventralen und dorsalen Schalen sind die durch die *vascula arcuata* umschlossenen und reduzierten *vascula myaria* und *cruralia* ganz zu einem ziemlich wirren, anastomosierenden System, dem man nur die Funktion von Ovarien zuschreiben kann, umgewandelt. In der dorsalen Schale (Textabb. 18) bestehen neben den *vascula arcuata* nur noch die *vascula media*, während die bei *Cyrtonotella* und *Orthis* noch vorhandenen *vascula antemyaria* nicht mehr zu unterscheiden sind. Es fällt bei der ventralen Schale ausserdem auf, dass die *vascula media* (Textabb. 17) doppelt erscheinen. Dies kann bei so mancher *Orthis* (s. lato) ab und zu beobachtet werden, auch bei den Billingsellen. Vermutlich ist es hier eine allgemeine Erscheinung und es ist anzunehmen, dass die *vascula media*, resp. die *v. arcuata* eigentlich aus paarweise dicht nebeneinander verlaufenden Gefässbögen bestehen, deren Wülste, da sie so dicht nebeneinander verlaufen, oft nicht mehr voneinander zu trennen sind. Es haben hier demnach bei den *Orthacea* ursprünglich zwei Paare *vascula media ventri*, und nicht ein Paar, wie bei den *Clitambonacea*, bestanden.

Die Gefässe der *Dolerorthis osiliensis* sind als vertiefte Kanäle mit erhabenen Randkanten ausgebildet.

Die eben besprochenen Tatsachen werden weiter in der

phylogenetischen Tabelle der *Orthacea* zusammengefasst, wobei diese ganz allgemein als ein gegabelter Stamm dargestellt werden.

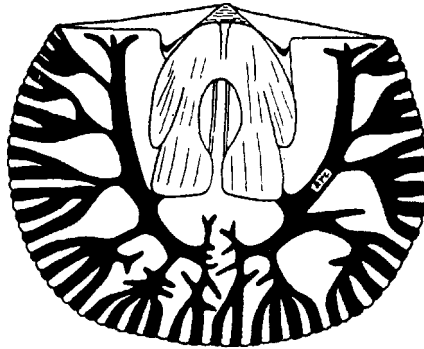


Abb. 21. Ventrales Gefässnetz von *Dinorthis*, nach Schuchert & Cooper (2), Fig. 5, aber ergänzt, um den Zusammenhang der Längsrippen der Aussenfläche, des randlichen Gefässnetzes und der viszeralen Gefässe zu zeigen. arc — *vascula arcuata*. Die *vascula arcuata* sind gegenüber *Billingsella* und *Orthis* stark reduziert. Die Mantelgefässe sind hier also extrem oligopalmat, während die der Dorsalschale [Schuchert & Cooper (2), Taf. X, Fig. 25 (zu vergleichen mit *Glyptorthis*, ebenda, Taf. VI, Fig. 29)] immer noch *Orthis*-artig polypalmat erscheinen.

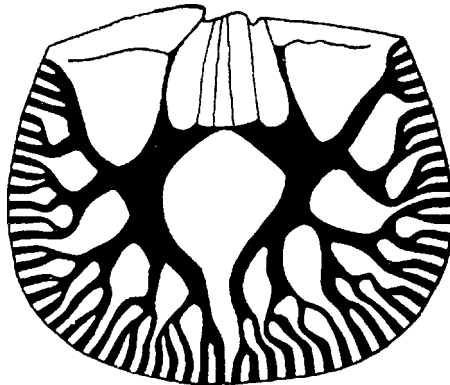


Abb. 22. *Mimella melonica* Cooper, ventrales Gefässnetz mit stark reduzierten *vascula arcuata*. Nach Schuchert & Cooper (2), Textabb. 6. Der hier eingezeichnete Zusammenhang der viszeralen Gefässe mit dem Randnetz geht aus Sch. & C. (2), Taf. XII, Fig. 20 und Cooper (13), Taf. XXXV, Fig. 15 hervor.

Aus allem diesem geht hervor, dass nur die dorsalen Gefässe der *Orthacea* und der Klitambonitiden einigermaßen einander ähnlich sind, wobei hinsichtlich der ersteren nur die *Billingsella*-

Orthis-Dinorthis-Linie in Betracht kommt. Diese hat, wie die Klitambonitiden, einen dorsalen polypalmaten Mantel. Die Ventral-*schale* der *Billingsella* und der *Orthacea* ist aber sehr spezialisiert, indem die *vascula arcuata* ihres Mantels als Merkmal einer fortgeschrittenen Organisation aufzufassen sind. Die *Billingsella* und die *Orthacea* stammen wohl von Brachiopoden ab, bei denen auch das ventrale Gefässnetz *Clitambonites*-artig polypalmat war, die Klitamboniten können daher nicht von *Billingsella* abgeleitet werden. Es sind von der *Billingsella* überhaupt nur die *Orthacea* abzuleiten.

Am Schluss der vorliegenden Schrift wird nochmals das Problem der *Orthacea* anhangsweise besprochen werden. Es sollen da einige hier angeregte, aber die *Clitambonacea* eigentlich wenig berührende Fragen behandelt und eine Phylogenie der *Orthacea* entworfen werden.

XVI. Beziehungen der *Clitambonacea* zu *Finkelburgia* und zu den *Syntrophiacea*.

Zu den Verwandtschaftsbeziehungen der *Clitambonacea*, der *Strophomenacea* und der *Orthacea* wurde schon früher einmal Stellung genommen [A. Öpik (8)]. Es wurde darauf hingewiesen, dass die Schalenstruktur der *Estlandia* und aller Gonamboniten (auch der Kullervoidae) strophomenoid ist und dass ihr Ankerbau mehr an die Plektambonitiden (*Strophomenacea*) als an die *Orthacea* erinnert. Im vorstehenden Abschnitte wurde ausserdem festgestellt, dass die *Clitambonacea* in bezug auf das Gefässnetz ihres Mantels ursprünglicher, primitiver gebaut sind als die ältesten Vertreter der *Orthacea* und daher von den letzteren nicht abgeleitet werden können.

Nun ist aber aus dem Kambrium eine Reihe von Brachiopoden bekannt, welche zweifellos als Verwandte unserer *Estlandiidae* zu betrachten sind. Es sind dies die *Finkelburgia* und die *Syntrophiacea*.

Die Skulptur der *Finkelburgia* besteht aus rundlichen, stärkeren Hauptrippen und zahlreichen feineren Zwischenstreifen und gleicht in dieser Hinsicht fast ganz derjenigen des *Progonambonites inflexus*. Die Gestalt der dorsalen Muskelnarben, ihre z. T. eckige Form und die Art und Weise in spitze intervaskuläre Leisten

auszulaufen ist wieder in erster Linie bei *Estlandia* und *Progonambonites* zu beobachten. Das dorsale Gefässnetz (Textabb. 23) ist, soweit man es rekonstruieren konnte, mit dem der *Estlandiidae* praktisch identisch. Die *Finkelburgia* soll ein Pseudospondylium besitzen. In der Tat ist es ein sessiles Spondylium und nähert sich in dieser Hinsicht dem des *Antigonambonites planus*. Da hier, beim Spondylium, das Mittelseptum

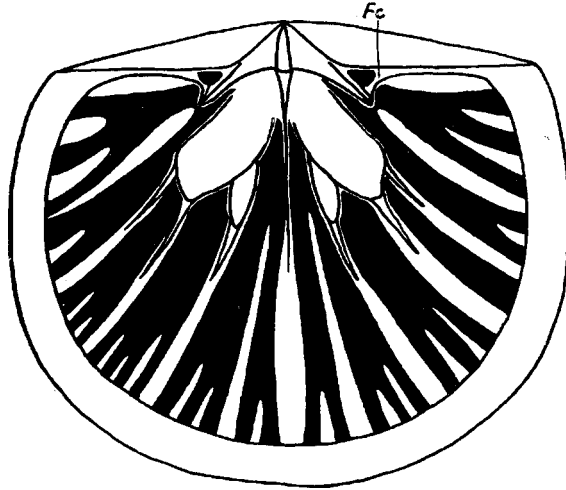


Abb. 23. Innenbau der dorsalen Schale von *Finkelburgia* aus dem Ozarkian Amerikas. Schematisch nach Schuchert & Cooper (2), Taf. XIII, Fig. 16 und 18. Die Muskelnarben und das viszerale System der Mantelgefässe gleichen denen der *Estlandia* und des *Progonambonites* (Textabb. 14 und 49). Es fehlt aber bei der *Finkelburgia* ein Chilidium und die Zahngruben werden seitlich durch Fulkrallplatten begrenzt. Eine Verwandtschaft mit *Orthacea* (*Plectorthidae*) kommt gar nicht in Frage.

massgebend ist, welches innerhalb einer Gattung, als eine intervaskuläre Leiste, in der Grösse schwankt, so ist auch die von dieser Leiste abhängige Sessilität des Spondyliums kein Hindernis, die *Finkelburgia* unter die *Clitambonacea* einzureihen. Die Schalenstruktur der *Finkelburgia* soll nach Schuchert & Cooper (2), S. 55 „fibrous, impunctate“ sein. Sie muss aber noch auf die strophomenoiden *Pseudopunctae* sorgfältig geprüft werden.

Schuchert & Cooper stellen die *Finkelburgia* an die Wurzel der *Plectorthidae*, weil diese beiden ähnlich gebaute *Cardinalia* (Anker) besitzen („The structure of the dorsal

interior of *Finkelburgia* is quite unique among the early brachiopods in the possession of supporting plates attached to the brachiophores and fulcral plates forming the sockets as in *Plectorthis*“).

Diese Stellung ist aber nicht zu akzeptieren, weil *Plectorthis* ein Glied des *Billingsella*-Stammes ist und besonders weil Armträgerstützen und Fulcralplatten eine so grosse Verbreitung unter den Protremata haben, dass auf Grund dieser Merkmale allein Verwandtschaftsfragen nicht zu entscheiden sind. Besonders sind es die Fulcralplatten, welche sogar innerhalb einer einzigen Art in ihrem Auftreten sehr schwanken und vielleicht als Wülste von Gefässen aufzufassen sind [vgl. hierzu auch *Onniella navis* und *navicula* bei A. Öpik (7)]. Dagegen scheint uns die von Schuchert & Cooper (2), S. 56 unternommene Ableitung der Skendiidae von *Finkelburgia* durchaus denkbar zu sein, weshalb die ersteren ebenfalls unter die Clitambonacea zu stellen sind.

In recht bemerkenswerter Weise vergleichen ferner Schuchert & Cooper die *Finkelburgia* mit den Syntrophiidae. S. 55 ihres Werkes schreiben sie: „The ensemble of the ventral internal structure (es ist hier die Ventralschale der *Finkelburgia* gemeint) is strongly suggestive of some of the Syntrophiidae, but differs chiefly in having a pseudospondylium and not a true spondylium“, und S. 156 unter *Syntrophina* steht: „The musculature of *Syntrophina* strongly resembles that of *Syntrophoides* and *Finkelburgia*“, wobei es sich hier um die dorsalen Schalen handelt.

Die Ähnlichkeit und zweifellose Verwandtschaft der Estlandiidae und der Syntrophiacea wird durch folgende Vergleiche bestätigt. Bei *Syntrophina*, *Clarkella* und *Huenella* sind, wie man sich aus den Abbildungen bei Schuchert & Cooper (2), Taf. XV, Fig. 1, 2, 3, 7, 10, 14 überzeugen kann, die intervaskularen Leisten *Estlandia*-artig stark entwickelt, wobei durch diese Septen ein *Estlandia*- und *Finkelburgia* artiges polypalmates Gefässnetz angedeutet wird. Besonders interessant in dieser Hinsicht ist die *Clarkella* (Sch. & C., Taf. XV, Fig. 7 und 10), wo durch die mächtigen intervaskularen Lamellen seitliche Kammern gebildet werden, wie wir sie schon bei *Estlandia pyron* (Taf. XLVI, Fig. 2) und *Rauna* kennenlernten. Die intervaskularen Septen der Syntrophiacea werden auch

von Schuchert & Cooper erwähnt. So heisst es bei ihnen S. 155 unter *Syntrophina*: „Complete or incomplete accessory septa occur in the vicinity of the spondylium in some specimens and show a convergence toward *Clarkella*“. Unter diesen „accessory septa“ (= intervaskuläre Leisten) gibt es aber offenbar ein Paar solcher, welche mit den Seitenstützen des Spondyliums triplex der Estlandiidae identisch sind. Diese haben wir Textabb. 24 (*Syntrophina campbelli*) dargestellt. Ein zweifelloses Spondylium triplex ist auch bei der *Jangzeella poloi* [Sch. & C.,



Abb. 24. Steinkerne von *Syntrophina campbelli* (Walcott) aus dem Canadian (Roubidoux Form.) von Missouri, $\times 5$ der nat. Grösse. Das untere Exemplar zeigt das durch die drei Septen gestützte Spondylium triplex. Das Stück verdanken wir der freundlichen Vermittlung des Herrn Dr. G. A. Cooper.

Fig. 23, S. 158] vorhanden. Völlig überzeugend ist auch der Vergleich von *Finkelnburgia* [Sch. & C. (2), Taf. XIII, Fig. 7, 10, 16 und 18], *Syntrophiella* (ebenda, Taf. XV, Fig. 13), *Syntrophioides* (ebenda, Fig. 23), *Syntrophina* (ebenda, Fig. 31) mit *Estlandia* (unsere Textabb. 14), welche alle nach ein und demselben Prinzip gebaute dorsale Muskelnarben aufweisen. Es scheint demnach hier das überall auftretende Spondylium ebenfalls keine Erscheinung einer unbestimmten Homöomorphie, sondern ein von gleichen Ahnen ererbtes, dem ganzen Stamme gemeinschaftliches Merkmal zu sein.

Die *Syntrophia* unterscheiden sich von den Estlandiidae vorwiegend durch ihre äussere Gestalt. Sie haben einen kürzeren Schlossrand, sind also mehr oder weniger brachyareat, haben gleichgewölbte Schalen mit einem dorsalen Sattel (Ähnlichkeit mit *Ilmarinia*) und sind zumeist glatt (ausser *Huenella* und *Huenellina*). Es fehlt ihnen auch die Δ -Platte und das Chilidium. Einzelheiten des Innenbaues ergeben ebenfalls deutliche und konstante Unterschiede, besonders der Bau der Cardinalia (des Ankers).

Bezüglich der Ableitung der polypalmaten *Syntrophia* von den Orthacea (Sch. & C., S. 154) gilt dasselbe, was schon oben bezüglich der Abstammung der Clitambonacea gesagt wurde: die spezialisierten Orthacea kommen hier nicht in Frage.

Die Syntrophiidae werden von Schuchert & Co-

per (2), S. 161 als Ahnen der Pentameracea betrachtet, obwohl eine unmittelbare Verbindung zwischen den Syntrophiidae und den Camerellidae von den genannten Autoren selbst bezweifelt wird. Uns kommt eine solche Herleitung der Pentameracea sehr unwahrscheinlich vor, weil das Spondylium duplex der letzteren (vgl. im Abschnitt über das Spondylium) in keiner Weise aus dem klitambonoiden Spondylium hergeleitet werden kann.

XVII. Die Abstammung der **Clitambonacea** und ihre Stellung unter den Protremata.

Die Clitambonacea bestehen aus drei besonderen Gruppen: 1) aus den Clitambonitidae mit glatter Schale, Spondylium simplex, kleinen hinteren und grossen vorderen dorsalen Muskelnarben, 2) aus den Estlandiidae (und Finkelnburgiidae*) mit pseudopunktierter Schale, Spondylium triplex, kleineren vorderen und grösseren hinteren Muskelnarben der Dorsalschale, und 3) aus den Kullervoidae, mit einer Hemi-syrinx im Spondylium und pseudopunktierter Schalensubstanz. Der nähere Zusammenhang der zweiten und dritten Gruppe untereinander geht aus der gemeinsamen Schalenstruktur hervor. Von diesen beiden sind die Clitambonitidae weiter entfernt, doch auch hier ist die Verwandtschaft (gemeinsame Oberfamilie) aus dem Gefässnetz, dem Spondylium, dem Anker und der Gestalt genügend erkennbar.

Der Vergleich der Clitambonacea mit den Syntrophiacea hat die Blutsverwandtschaft dieser beiden Gruppen aufgedeckt und zu dem bemerkenswerten Ergebnis geführt, dass die ältere Auffassung von Schuchert in Schuchert & Le Vene (14), S. 15 über den Zusammenhang der Syntrophiidae und Clitambonitidae besser zu den Tatsachen stimmt, als die neuere von Schuchert & Cooper (2), wo unsrer Meinung nach verwandte Formen, eigentlich nur auf Grund der Cardinalia, in verschiedene Unterordnungen gestellt worden sind. Der besseren Übersicht wegen sollen hier die beiden Auffassungen zusammengestellt werden.

*) Die Schalenstruktur der *Finkelnburgia* ist allerdings noch unbekannt, gleichwie die Natur ihres Spondyliums.

1. Nach Schuchert in Sch. & Le Vene 1929, Fossilium Catalogus, Pars 42, S. 15.

Superfamily 2. Clitambonacea nov.

Fam. 1. Syntrophiidae Schuchert 1896.

Genera: *Syntrophia*, *Huenella*, *Clarkella*, *Swantonina*.

Fam. 2. Clitambonitidae Winchell & Schuchert 1893.

Genera: *Clitambonites*, *Hemipronites*, *Polytoechia*, *Skendium*.

2. Nach Schuchert & Cooper (2, 15), 1932 (resp. 1931).

Die Syntrophiacea sind, der älteren Auffassung von Schuchert (16) im „Text-Book of Paleontology“ 1913, s. 392 entsprechend, unter die Pentameroidea zurückgestellt worden, [wobei auch die Clitambonitidae noch unter den Pentameracea stehen. Vgl. hierzu auch A. Öpik (1) und Kozłowski (4)].

Die Clitambonacea werden als „Specializing and terminal Orthoidea“ betrachtet.

Für uns aber ergibt sich nun folgendes, durch die vorstehenden Abschnitte begründetes System:

I. Die Orthoidea umfassen a) alle Dalmanellacea und b) die Orthacea des *Billingsella*-Stammes: 1) Nisusiidae, 2) Billingsellidae, 3) Eoorthidae, 4) Orthidae, 5) Plectorthidae, 6) Dinorthidae, 7) Dolerorthidae (nov.) und, anhangsweise, provisorisch die Porambonitidae und Lycophoriidae.

II. Die Pentameroidea bestehen nur aus den Pentameracea in der Auffassung von Sch. & C. 1932.

III. Protremata klitambonoider Bauart („Clitambonoides“). Es gehören hierzu 1) die Clitambonacea (deren Bestand weiter unten, im systematischen Teil erklärt wird), auch die Finkelnburgiidae und Skendiidae mitgerechnet; 2) die Syntrophiacea, welche besonders mit den Estlandiidae der Clitambonacea verwandt sind; 3) die neue Oberfamilie der Protorthacea mit den Protorthidae Schuchert & Cooper. Diese haben, zum Unterschied von allen Orthoidea (nach unserer Auffassung der letzteren), ein kurzes, ganz freies Spondylium, welches nur mit dem der Clitambonitidae verglichen werden kann. Das Fehlen des Septums in der Ventralschale macht keinen sehr grossen Unterschied von *Clitambonites* aus, da dieses Septum nur als eine intervaskuläre Leiste zu deuten ist. Die Protorthacea müssen als ein primitiver Nebenzweig des Clitambonacea-Stammes angesehen werden, welcher sehr nahe der Abspaltungsstelle der Clitamboniti-

dae gelegen ist. Als solcher werden die Protorthacea wohl eine glatte Schalensubstanz besitzen (ihre Schalenstruktur ist gegenwärtig noch unbekannt).

Wir weisen noch darauf hin, dass die Gruppierung der Clitambonacea und Syntrophiacea voraussichtlich eine andere werden wird, sobald die Schalenstruktur der letzteren — ob scheinpunktiert oder nicht — geklärt ist. In die Clitambonacea werden dann die Familien mit glatter Schale gehören. Die andere Oberfamilie (oder die Oberfamilien) der Clitambonoidea wird die *Estlandia* und die pseudopunktierten Familien umfassen. Sie werden entweder mit den Syntrophiacea zusammenschmelzen oder es wird, falls diese letzteren sich als „glatt“ entpuppen sollten, eine dritte scheinpunktierte Oberfamilie für die *Estlandia* und ihre Genossen errichtet werden (*Estlandiaceae*).

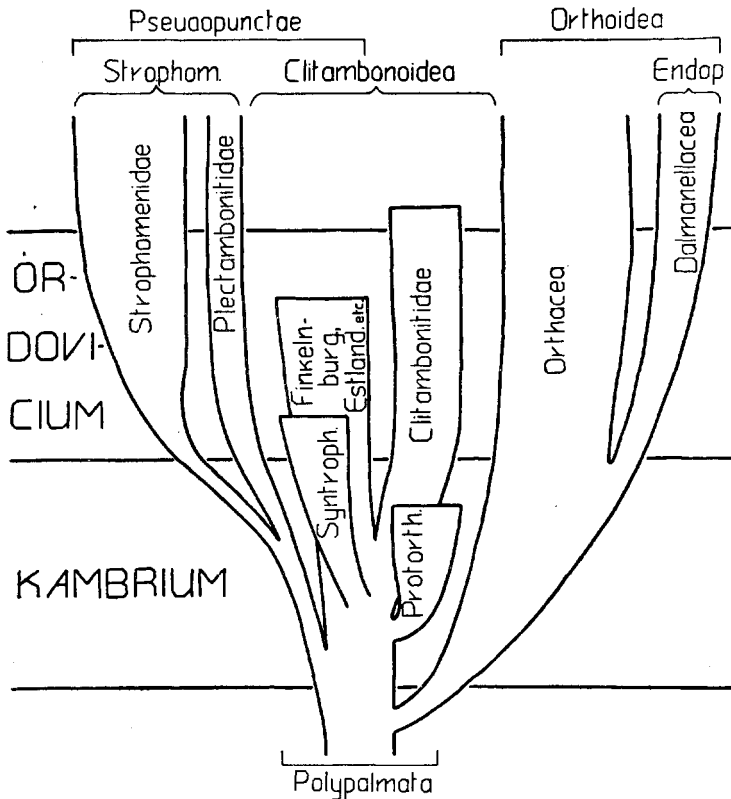
Die pseudopunktierten Clitambonacea sind ausserdem nahe Verwandte der Plektambonitiden und Strophomenacea überhaupt, wie es von uns schon einmal [A. Öpik (8)] dargestellt worden ist. Es muss nur in der Tabelle auf S. 57 der eben zitierten Abhandlung („Über die Plectellinen“) anstatt der Clitambonacea — „Clitambonoidea“ eingesetzt werden, falls man überhaupt eine Einteilung der Protremata in Unterordnungen für notwendig hält. Die Verwandtschaft der Clitambonacea und Strophomenacea wird in dieser Schrift noch in den Abschnitten über „die Gestalt (Habitus)“, über „die Struktur der Schalensubstanz“ und im speziellen Teil unter „Superfam. Clitambonacea“ von verschiedenen Standpunkten diskutiert.

Nun kommt die Frage nach der Abstammung der Klitamboniten. Die Orthacea als solche kommen hier, wie schon vorher betont wurde, wegen ihrer oligopalmaten Natur als Ahnen nicht in Frage. Die eigentlichen Ahnen der Clitambonacea sind uns noch unbekannt. Es sind dies auch gleichzeitig die Ahnen der pseudopunktierten Strophomenacea, von denen wir als ältere Glieder die Plektambonitiden kennengelernt haben. Die Orthacea sind ein spezialisierter Nebenzweig, der schon ziemlich früh von der *Protorthis-Clitambonites*-Richtung seitwärts abging, um in späteren Zeiten besonders gliederreich zu werden.

Die Frage nach dem Protremata-Stammbaum und nach des-

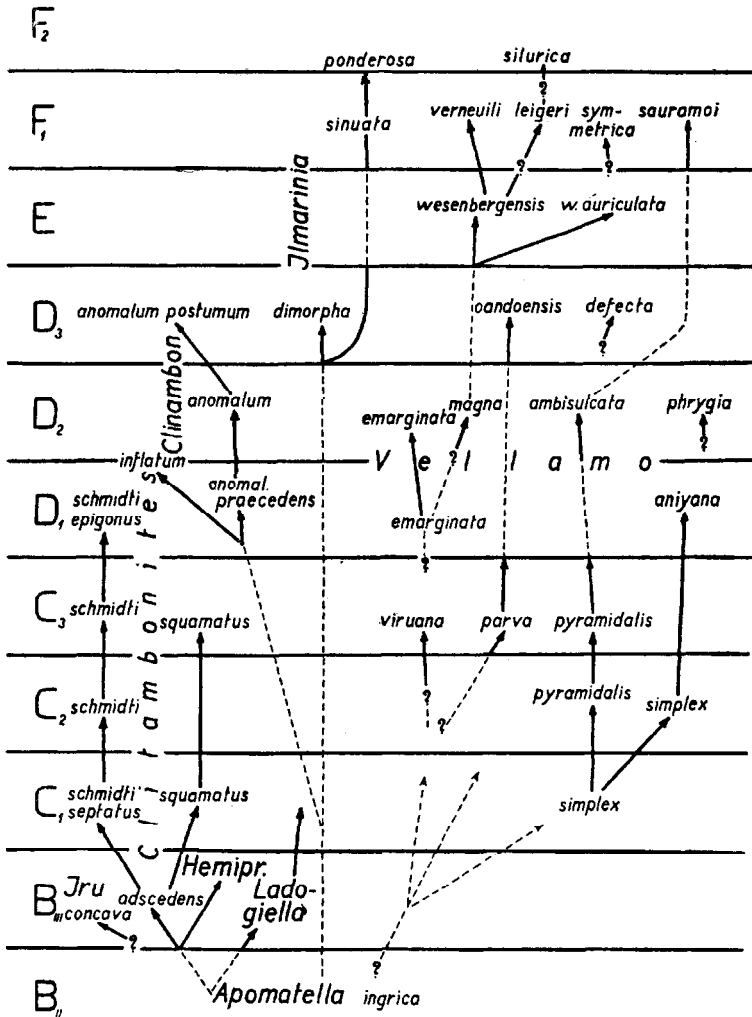
sen Wurzeln kann an der Hand des vorliegenden Materials noch nicht restlos gelöst werden. Wir wissen noch zu wenig über die Brachiopoden des Kambriums, und was wir kennen, sind eigentlich, mit wenigen Ausnahmen, nur Fragmente bald weiter, bald näher voneinander verlaufender, oft scheinbar paralleler, oft scheinbar divergierender Linien. Die endgültige Lösung muss wohl im Vorkambrium gesucht werden.

Phylogenetische Tabelle I.



Phylogenie der Clitambonoidea und der älteren Protremata. *Protorth.* ist als *Protorthacea*, *Syntroph.* als *Syntrophiacea*, *Finkelnburg.*, *Estland.* etc. als *Finkelnburgiidae*, *Finkelburgiidae*, *Estlandiidae*, *Kullervoidae* zu lesen. Die Projektionsebene ist so gewählt worden, dass die pseudopunktierten Äste links, die endopunktierten (*Dalmanellacea*) rechts und die glatten mehr in der Mitte zu liegen kommen. Bei dieser Anordnung stimmen die Clitambonoidea mit dem Hauptstamm überein, was auch der ursprünglichen, polypalmaten Natur ihrer Mantelgefäße entspricht.

Phylogenetische Tabelle II.



Phylogenie der Klitambonitidae. Als Stammutter sei hier die *Apomatella ingraca* hervorgehoben, da ihre infantile Gestalt bei jeder Klitambonitidenart rekapituliert wird. Es ist allerdings unwahrscheinlich, dass gerade von dieser Form alle anderen unmittelbar abstammen: aber die *Apomatella* ist die älteste und die primitivste Klitambonitengattung, die wir kennen. Es ist dabei gar nicht ausgeschlossen, dass *Apomatella* einen persistent primitiven Seitenzweig des uns leider noch unbekanntes, mehr progressiven, kambrischen Abschnittes der Hauptlinie darstellt. Einzelne Zweige sind hier nur fragmentarisch vertreten, wie *Clinambon* und *Ilmarinia*, deren Ahnen uns noch unbekannt sind (vgl. weiter unten bei der Beschreibung von *Clinambon*). Unter den *Vellamo*-Arten scheinen drei Hauptlinien vorhanden zu sein. Die *emarginata-magna-verneuili* Linie setzt in D₁ ein und kann nicht mit irgend-

einer älteren estnischen Art verbunden werden. Ihre Ahnen sind wohl ausserhalb Estlands zu suchen. Zur selben Linie, insbesondere in den Formenkreis der *Vellamo wesenbergensis*, gehören auch amerikanische Arten, wie *V. diversa*, *americana*, *rogersensis* und *trentonensis* (nicht aber *multicosta*). Die zweite Linie ist artenarm (*parva-oandoensis*). Die dritte geht von *simplex* über *ambisulcata* bis zur *sauramoi* hinauf. Ausserdem sind die Arten *viruana*, *symmetrica*, *defecta* und *phrygia* wohl eine jede als Fragmente von vier weiteren, uns leider noch unbekanntem Linien anzusehen.

Es sei hier noch hervorgehoben, dass alles, was wir hier als „Clitambonoidea“ bezeichneten, in die Zeit von Mittelkambrium bis Mittelordovizium hineinfällt, dass es also eine sehr altertümliche Tiergruppe darstellt. Die Blütezeit der Clitambonoidea (Protremata mit einem Spondylium simplex und dessen Modifikationen) ist Oberkambrium und Unterordovizium. Nur wenige Gruppen gehen über die Grenzen des Ordoviziums hinauf: es sind dies *Vellamo*, welche bis ins Llandovery, und die Skendiidae, welche bis ins Devon hineinreichen.

Die geschilderten Anschauungen über die Herkunft der Clitambonacea (resp. Clitambonoidea) sind in der vorstehenden phylogenetischen Tabelle I, S. 70 zusammengefasst.

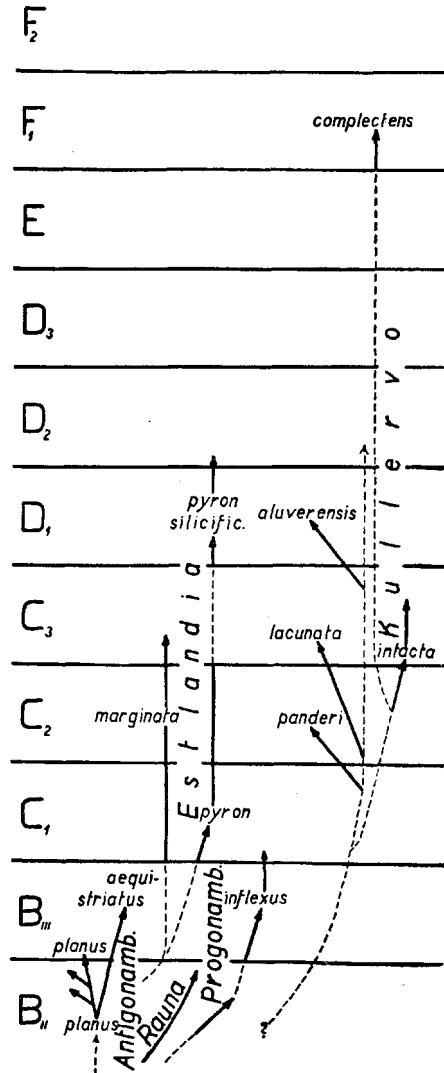
XVIII. Phylogenie der Clitambonacea.

Im Abschnitt über die „Abstammung der Clitambonacea und ihre Stellung unter den Protremata“ stellten wir fest, dass die Clitambonacea einem ziemlich unabhängigen Stamme der Clitambonoidea angehören. Dabei sind die Clitambonitidae und die Estlandiidae als zwei voneinander scharf getrennte Äste (Familien) zu betrachten.

Die Clitambonitidae (Tabelle II, S. 71) sind artenreich und ergeben einen ziemlich verzweigten Busch, dessen Gipfel ins Silur hineinreichen.

Bei den Estlandiidae (Tab. III, S. 73) dagegen sehen wir, dass die meisten Arten dem Unterordovizium angehören, wobei sie ziemlich plötzlich im Megalaspiskalk auftauchen. Es ist daher anzunehmen, dass uns hier nur die distalen Zweige des „Gonambonitenstammes“ vorliegen. *Antigonambonites*, *Rauna* und *Progonambonites* erscheinen hier als mehr oder weniger parallele Linien, wobei auch die ozarkische *Finkelnburgia* und die ordovizischen *Deltatretidae* und *Polytoechia* nur durch kambrische Ahnen mit unseren Formen in Verwandtschaft zu stehen scheinen.

Phylogenetische Tabelle III.



Phylogenie der ostbaltischen Estlandiidae und Kullervoidae. Die Abstammung der *Estlandia* von *Antigonambonites* ist wohl nicht zu bezweifeln. Aber es kommt hier keine der Arten der *planus*-Gruppe in Betracht, da bei dieser die Pedikelöffnung zur Haftscheibe umgestaltet erscheint. *Rauna* und *Progonambonites* verlaufen mehr oder weniger parallel zueinander und zur *Estlandia*. Die bekannten *Kullervo*-Arten sind nur als Nebenzweige des Hauptstammes aufgefasst. Die *Kullervo complectens* wird von der *intacta*-Linie abgeleitet, weil bei den beiden noch die subspyndyliaren Seitensepten erhalten sind. Aber die *intacta* selbst ist auch hier nur ein Seitenzweig, da sie ein kleines, vernarbtes Foramen besitzt.

II. Teil.

Beschreibung der Familien, Gattungen und Arten der Clitambonacea.

Superf. **Clitambonacea** Schuchert (2).

Schuchert & Cooper (2) geben folgende Definition dieser Superfamilie der Protremata: „Specializing and terminal Orthoidea probably developed out of the Billingsellidae and 1) retaining as a rule the primitive features of deltidia and chilidia, here much enlarged, and 2) developing either pseudospondyilia (more rarely) or spondylium simplex. 3) Test impunctate.“ In dieser Diagnose ist das Vorhandensein des Deltidiums und Chilidiums kein wesentliches Merkmal für die Superfamilie, da diese Platten in ganz gleicher Weise bei den Strophomenacea zu finden sind. Auch ist die Schalenstruktur, streng genommen, nicht „impunctate“, sondern „impunctate“ oder pseudopunktiert, wie oben S. 9f. gezeigt worden ist. Das echte Spondylium simplex findet sich ferner nur bei den Clitambonitidae, während die „Gonamboniten“ ein Spondylium triplex besitzen. Ob das Pseudospondylium von *Deltatrete* ein echtes Pseudospondylium ist, ist ebenfalls unklar: das Exemplar bei Schuchert & Cooper (2), Taf. 6, Fig. 15 zeigt ein Mittelseptum und die beiden gonambonitischen Seitenleisten, und es entsteht die Frage, ob hier nicht ein Spondylium triplex verborgen liege. Dieselben Fragen wurden schon einmal früher von uns diskutiert [A. Öpik (8)], mit dem Ergebnis, dass unter die Orthoidea nur die Dalmanellacea und Orthacea gestellt werden können, während die Clitambonacea, ihrer mehr strophomenoiden Bauart wegen, in die Nachbarschaft der Strophomenacea zu stellen sind. Auch jene Möglichkeit könnte annehmbar sein, dass man die Clitambonitidae ihrer glatten Schale und des Spondylium simplex wegen unter die Orthoidea versetzt, die „Gonamboniten“ aber — Kullervoidae und Estlandiidae — wegen ihrer pseudopunk-

tierten Schale unter die „Strophomenoidea“ einreicht und mit den Plektamboniten zu einer besonderen Superfamilie („Plectambonacea“) erhöht*). Doch es entsteht dabei ein nicht weniger künstliches System: es werden die Clitambonacea einerseits und die Strophomenacea andererseits zerrissen, das System wird aber dadurch nicht besser. Aus diesen Überlegungen scheint zu folgen, dass es unbequem ist den Begriff der Clitambonacea mit dem der Orthoidea zu verbinden, und so soll hier eine andere Definition für die Clitambonacea gegeben werden: es sind Protremata von strophomenoidem bis orthoidem Habitus, mit glatter oder pseudopunktierter Schale, mit Chilidium und Pseudodeltidium und mit einem Spondylium, welches von einem Septum (S. simplex) oder von drei Septen (S. triplex) getragen wird.

Wir können uns auch nicht jener Ansicht anschließen, dass die Ahnen der Clitambonacea möglicherweise die Billingsellidae sind. Erstens ist es ja gar nicht vollkommen sicher, dass die Klitamboniten einerseits und die Gonamboniten andererseits aus einem einzigen Punkt des Brachiopodenstammes hervorgehen, und zweitens kann die strophomenoide Schalenstruktur der Gonamboniten nur erklärt werden, falls diese und die Strophomenacea einen gemeinschaftlichen Ahnen gehabt haben. Diese Fragen sind aber schon oben, im Abschnitt über die Phylogenie der Klitamboniten, besonders besprochen worden.

Die Clitambonacea sind ein Hauptglied der Unterordnung der Clitambonoidea nov. subordo. Die Clitambonoidea (vgl. Phylogenetische Tabelle I) enthalten die Syntrophiacea, Protorthacea und Clitambonacea. Es sind dies Formen mit Spondylium, ausgesprochenen Areas (Interareas) und polypalmatem System der Mantelsinuse.

Die Clitambonacea Schuchert & Cooper bestehen aus den folgenden Familien: I. Clitambonitidae Winchell & Schuchert (17), mit einer einzigen Unterfamilie der Clitambonitinae Schuchert & Cooper; II. Estlandiidae nov. fam., mit den Unterfamilien: Estlandii-

*) Falls man z. B. bei der *Rauna* das Spondylium durch einfache Zahnstützen ersetzen könnte, so hätte man eine zweifellose Plektambonitengattung vor sich.

nae nov.; Gonambonitinae Sch. & C.; Polytoechiinae nov.; III. Finkelnburgiidae Sch. & C., mit der Unterfam. der Finkelnburgiinae Sch. & C.; IV. Deltatretidae Sch. & C., mit der Unterfamilie der Deltatretinae; V. Skendiidae Kozłowski; VI. Kullervoidae nov.

Incertae familiae sind die Gattungen *Lacunarites* nov. und *Pahlenella* Schuchert & Cooper.

Die I. Familie der Clitambonitidae umfasst alle Clitambonoidea mit gerippter Skulptur, glatter Schalensubstanz und Spondylium simplex. Es gehören hierzu die Gattungen: *Clitambonites* Pander [emend. A. Öpik (8)]; *Hemipronites* Pander, emend. nov.; *Ladogiella* nov. gen. [*Hemipronites* Pander apud Hall & Clarke (11) und Sch. & C. (2)]; *Apomatella* Sch. & C.; *Iru* n. gen.; *Vellamo* Öpik; *Ilmarinia* n. gen.; *Clinambon* Schuchert & Cooper. Vgl. oben S. 67, Definition im Abschnitt XVII.

Die II. Familie der Estlandiidae nov. umfasst die Gattungen mit einem Spondylium triplex, pseudopunktierter Schalensubstanz und gerippter Skulptur. Es sind dies: *Estlandia* Schuchert & Cooper, *Progonambonites* nov. gen., *Antigonambonites* nov. gen. und *Rauna* Öpik, welche zusammen die 1. Unterfamilie der Estlandiinae bilden. Die Seitensepten des Spondylium triplex berühren bei älteren Schalen oft nicht mehr den Boden der Schale; die dorsalen Muskelnarben sind von eckiger bis elliptischer Gestalt und laufen in intervaskulare Septen aus; die Schwelle ist zumeist kräftig entwickelt; der Habitus ist mehr oder weniger strophomenoid. Die 2. Unterfamilie der Gonambonitinae lässt sich nicht definieren, da die Gattung *Gonambonites* Pander zu wenig bekannt ist. Die 3. Unterfamilie der Polytoechiinae nov. unterscheidet sich durch den Bau des Ankers und das vollkommenste Spondylium triplex. Die einzig bekannte amerikanische Gattung *Polytoechia* Hall & Clarke (11) wurde von Schuchert & Cooper unter die Deltatretidae gestellt. Letztere haben aber ein sessiles, resp. tangentes Spondylium.

Die III. Familie der Finkelnburgiidae ist noch wenig bekannt. Sie hat aber sehr enge Beziehungen zu den Estlandiidae, da bei *Finkelnburgia* *Estlandia*-artige Muskelnarben und Gefässnetz vorhanden sind.

Die IV. Familie der **Deltatretidae** enthält die Gattungen *Deltatreta* und *Pomatotrema*. Bei einem z. T. *Vellamo*-artigen Habitus haben sie ein sessiles oder, wahrscheinlicher, sekundär sessiles, tangentes Spondylium triplex. Ein solches zeigt z. B. *Deltatreta* Sp. bei Schuchert & Cooper (2), Taf. VI, Fig. 15. Der Anker der *Deltatreta typica* (ibid.) gleicht dem von *Progonambonites* (unsere Textabb. 49). Die hohe Area und das offene Foramen der *Deltatreta* sind nicht mit *Vellamo*, sondern mit *Kullervo* zu vergleichen, wobei die zentrale Lage des Foramens besonders an *Kullervo aluverensis* erinnert. Das Gefässnetz ist polypalmat und *Estlandia*-artig gestaltet. Bei *Pomatotrema grandaeva* (Billings), Schuchert & Cooper, Taf. 16, Fig. 26 sehen wir kräftige intervaskulare Leisten, welche ein *Estlandia pyron*-artiges Sinussystem verraten.

Die Schalenstruktur der Deltatretidae wird als „impunctate“ angegeben. Sie soll aber noch auf die strophomenoiden Pseudoporen sorgfältig nachgeprüft werden, wobei verkieselte Schalen zu vermeiden sind.

Die V. Familie der **Skendiidae** ist als solche bei Kozłowski (4) und Schuchert & Cooper (2) als orthoid beschrieben worden. Ihre Stellung unter den Clitambonacea muss aber noch durch die Untersuchung des Gefässnetzes bestätigt werden.

Die VI. Familie der **Kullervoidae** nov. (*Kullervoinae* nov.) mit der einzigen Gattung *Kullervo* umfasst Formen mit rückgebildeten Seitenstützen des ursprünglichen Spondylium triplex und mit einer Hemisyrinx. Die Schalenstruktur ist pseudopunktiert. Die dorsalen Muskelnarben sind klein und zeigen Positionsspuren. Die Gestalt ist *Vellamo*-artig, mit hoher Pedikelarea und als Deckel funktionierender Dorsalschale.

Das hier vorgeschlagene System der Clitambonacea unterscheidet sich in einigen Punkten vom Schema der Clitambonacea bei Schuchert & Cooper (2). Erstens sind bei uns die Plectellinae, resp. Plectambonitinae ganz ausgelassen, als echte Strophomenacea (oder „Strophomenoidea“); die Gründe dafür sind schon früher angeführt worden [A. Öpik (5), (8)]. Zweitens wurde die *Polytoechia*, als eine besondere Unterfamilie der Polytoechiinae, aus den

Deltatretidae in die Estlandiidae versetzt. Drittens wurde die *Estlandia* aus der Verwandtschaft der *Vellamo* und des *Clitambonites* und aus der Familie der Klitambonitiden ausgeschlossen (wie es schon einmal, bei A. Öpik (1), geschehen war) und unter die „Gonamboniten“, in die Familie der Estlandiidae eingereiht. Diese Trennung ist ja zu einem der Leitgedanken der vorliegenden Schrift geworden, denn es ist damit der Gedanke über die doppelte Natur der Clitambonacea, welche aus zwei parallelen Stöcken, den Klitamboniten und den „Gonamboniten“, bestehen, verbunden. Die Unterschiede der *Estlandia* von *Vellamo* werden bei der Beschreibung der Gattung *Estlandia* weiter unten und z. T. auch im morphologischen Abschnitt der vorliegenden Schrift besprochen. Ihrer Wichtigkeit wegen sollen hier die Unterschiede zwischen der *Estlandia* und der *Vellamo*, also zwischen den „Gonamboniten“ und den „Klitamboniten“, nochmals zusammengestellt werden:

Vellamo (resp. *Clitambonites*).

Estlandia (resp. „Gonambonites“
planus).

Habitus: die Pedikelschale ist hoch und dient als Wohnraum des Tieres, die dorsale Schale ist als flacher Deckel ausgebildet.

Dorsalschale bauchig, Pedikelschale bedeutend flacher.

Spondylium: simplex.

Triplex.

Schalensubstanz: glatt.

Pseudopunktiert.

Schwelle: fehlt.

Stark, z. T. als Diaphragma, entwickelt.

Dorsale Narben: z. T. orthoid.

Eigenartig eckig.

Dorsale Gefäße: zwei Paar der v. myaria, intermyarer Strang deutlich, nodus quadrivalis vorhanden.

Vier Paar der vascula myaria, kein intermyarer Strang vorhanden, n. quadr. fehlt.

Die andere, hier zu widerlegen versuchte Auffassung ist von Schuchert & Cooper (2), S. 115 [in der Diskussion zum Genus *Estlandia*] vertreten worden [vgl. auch Sch. & C. (15), S. 245, unter *Estlandia*].

Superfam. Clitambonacea Sch. & C.**Fam. Clitambonitidae Winchell & Schuchert.****Subfam. Clitambonitinae Sch. & C.****Gen. Clitambonites Pander 1830.**

Die Arten dieser Gattung sind früher zu *Orthis* [v. Buch (18), Murchison, Verneuil & Keyserling (19)], zu *Orthisina* [d'Orbigny (20), Pahlen (21) u. a.] gestellt worden. Seit Hall & Clarke (11) lebte der alte Pander'sche Name wieder auf. Erst in letzter Zeit [A. Öpik (1)] wird der Begriff der Gattung enger begrenzt, und Schuchert & Cooper (2, 15) ernennen sie zur Mustergattung der Superf. Clitambonacea.

Als Typus der Gattung gilt die ostbaltische unterordovizische Art *Clitambonites adscendens* Pander. Bei der Identifizierung dieser Art hat man sich an die Taf. XVII, Fig. 6a—6d bei Pander (22) zu halten. Der von Pander mit *Clitambonites* parallel angeführte Name *Pronites* ist mit Recht schon von H. & C. (11) als ein Synonym des ersteren betrachtet worden. Eine ganze Reihe von „Arten“ werden von Pander ebenfalls als *Pronites* bezeichnet. Doch diese werden (wohl nur teilweise mit Recht) von M.V.K. (19), Pahlen u. a. dem *adscendens* untergeordnet. Eine Ausnahme unter den Pander'schen Proniten bildet die *Pronites oblonga*, welche einer anderen, leider nicht näher zu bestimmenden Gattung zuzurechnen ist.

Der Innenbau des *Clitambonites adscendens*, also auch der Gattung, wird von Verneuil (19), Pahlen (21) und besonders von Schuchert & Cooper (2) dargestellt, welche letztere auch eine genaue Gattungsdiagnose geben. Als das wesentlichste erscheint hier die glatte Schalenstruktur, das Spondylium simplex, die Imbrikation der Zuwachslamellen, ein schmales Chilidium, der Fächerrand und die konvexe brachiale Schale. Diese letztere stimmt aber nicht zu der späteren Varietät des *Clitambonites schmidti* aus den D₁-Schichten, bei welcher die dorsale Schale flach ist. Es ist jedoch diese Varietät (*epigonus*) ein Endglied dorsalwärts gewölbter, älterer Formen (C₁—C₂), vielleicht sogar der letzte *Clitambonites*, und passt daher ebenfalls noch in den Rahmen der Gattung. Beim Vergleich mit *Vellamo* sind nochmals die Merkmale der *Clitambonites* zusammengestellt worden. Der Innenbau der Gattung wird hier ausserdem an der Hand des *C. schmidti* eingehend besprochen.

***Clitambonites adscendens* Pander (22).**

Taf. I, Fig. 1; Textabb. 1 und 26.

Die Darstellungen dieser Art bei Pander, Verneuil (19), Pahlen (21) und besonders Schuchert & Cooper (2) sind, dem Zustande, in dem die Brachiopoden sich erhalten haben, entsprechend, ausführlich genug, so dass wir hier nur einige Bemerkungen über den Bau des Spondyliums und dessen Morphogenese hinzuzufügen haben. Das Spondylium des *adscendens* ist ein regelrechtes *S. simplex* [Kozłowski (4), S. 125, Fig. 38], indem es auf seiner ganzen Strecke durch das Septum gestützt wird. Im Schliff Taf. I, Fig. 1, welcher parallel zur Area verläuft und den jugendlichsten vorhandenen Teil des Spondyliums trifft, ist das Septum gut entwickelt vorhanden. Daher wurde schon früher angenommen (Textabb. 1), dass das Septum und die Zahnstützen älter sind als das eigentliche Spondylium, dessen Unterlage sie bilden. Ein ähnliches Spondylium findet sich ferner bei allen *Vellamo*-Arten, beim *Clinambon*, *Apomatella* und beim *Clitambonites (Ilmarinia) sinuatus*. Die anderen echten *Clitambonites*-Arten (*squamatus* und *schmidti*) haben das Septum als Spondyliumstütze fast ganz oder ganz verloren. Von diesen beiden letztgenannten Arten unterscheidet sich der *adscendens* ausser anderem noch durch die procline, nach vorne geneigte Pedikelarea, was bei anderen Arten nur im neanischen Alter zu beobachten ist (vgl. hierzu auch unter *Apomatella* und *Clinambon*). Das Vorhandensein des Pulvillus (Textabb. 1 und Taf. I, Fig. 1) ist kein besonderes Art- oder Gattungsmerkmal, da es als eine mechanische, verstärkende Vorrichtung des Spondyliums funktionierte und sogar ausserhalb der Klitamboniten (bei *Pentamerus*) vorkommt.

***Clitambonites squamatus* (Pahlen).**

Taf. I, Fig. 2; Taf. XX, Fig. 2; Taf. XXXIX, Fig. 1; Textabb. 25, 26.

Auf Grund eines Hinweises bei Pahlen (21) wurde der Name *squamatus* bei A. Öpik (1) durch *maximus* Pander ersetzt. Schuchert & Cooper (2) meinen dagegen, dass diese beiden — zwei verschiedene Arten sind, wobei ausserdem der *maximus* als ein *Hemipronites* anzusehen ist. Die Abbildung der *maxima* bei Pander weist in der Tat eine bedeutende, von der Pahlen'schen *squamata* abweichende dorsale Wölbung auf.

Ausserdem existiert das Pander'sche Original nicht mehr, so dass eine entscheidende Vergleichung der beiden Formen nicht mehr durchführbar ist. Deshalb haben wir hier, im Einklang mit Schuchert & Cooper und entgegen A. Öpik (1), den Namen *squamatus* wieder aufgenommen¹⁾.

Der *Clitambonites squamatus* (Pahlen) hat eine grosse vertikale Verbreitung, denn diese Art erscheint schon in den untersten C₁-Schichten und reicht bis in die Idavere-Stufe (C₃) hinauf. Daher ist die Art auch ziemlich variabel. Einerseits gibt es ältere Formen dieser Art mit sehr starker dorsaler Wölbung, und andererseits solche, die einen zweifellosen Übergang zum *Clitambonites adscendens* darstellen [vgl. hierzu Pahlen (21)]. Weil diese Varietäten sich mangelhaft erhalten haben, sind sie leider nicht genügend untersucht worden. Die typische Form ist in der Kukruse-Stufe, in den C₂-Schichten zu Hause und ist von Pahlen (22) und A. Öpik (1) in allen Einzelheiten beschrieben worden. Der Bau des dorsalen Schlosses (des Ankers) ist bei A. Öpik (8) wiedergegeben.

Auch bei den typischen Vertretern der Art aus C₂ ist die Dorsalschale im hohen Alter ziemlich bauchig [vgl. Pahlen (21), Taf. II, Fig. 1c], während jugendliche Exemplare [A. Öpik (1), Taf. XVIII, Fig. 205 und Textabb. 26] ein *adscendens*-artiges Aussehen haben. Mit dieser Hauptform steht eine mit ihr gleichzeitig auftretende, grössere Varietät im Zusammenhang, von welcher eine Pedikelschale bei Schuchert & Cooper (2), Taf. 7, Fig. 15 und 31 als cf. *Vellamo squamata* (Pahlen) abgebildet ist. Gleichzeitig mit dieser ist auch die ebenfalls hinzugehörige Ventralschale Taf. XX, Fig. 2 gefunden worden. Eine hierher gehörige Brachialschale findet sich bei A. Öpik (1), Taf. XVIII, Fig. 204 abgebildet. Als Unterschied von der Hauptform ist hier die mehr oder weni-

1) In seiner Monographie der Orthisinen benutzte Pahlen (21) auch die Zeichnungen Pander's, und das Exemplar bei Pahlen Taf. II, Fig. 1a, b, c ist ebenfalls nach Pander's Zeichnungen dargestellt. Andererseits, ebenfalls bei Pahlen, S. 20, wird *Hemipronites maxima* Pander 1830 in die Synonymie der *squamata* n. sp. eingereiht. Wenn man diese beiden Umstände beachtet, so ist es nicht ausgeschlossen, dass Pander selber die gegenwärtige *squamata* als *maxima* bezeichnet hat und dass das Exemplar bei Pahlen, Taf. II, Fig. 1, welches zweifellos aus den Sammlungen Pander's stammt, ebenfalls diesen Namen trug. Es ist aber nicht der Holotyp der *maxima*, da dieser nicht in Estland, sondern an der Pulkowka gefunden worden sein soll [vgl. Pander (22)].

ger abgeflachte dorsale Wölbung hervorzuheben. Der *Clitambonites squamatus* (Pahlen) wird von Schuchert & Cooper (2) unter *Vellamo* gestellt, doch offenbar ohne dass man viel Gründe dafür hat. Sch. & C. geben selber zu, dass die Skulptur des *squamatus* imbrikat, schuppig erscheint. Das „flange-like border“, der für *Clitambonites adscendens* und *schmidti* charakteristische Fächerrand, ist eine Begleiterscheinung der Imbrikation

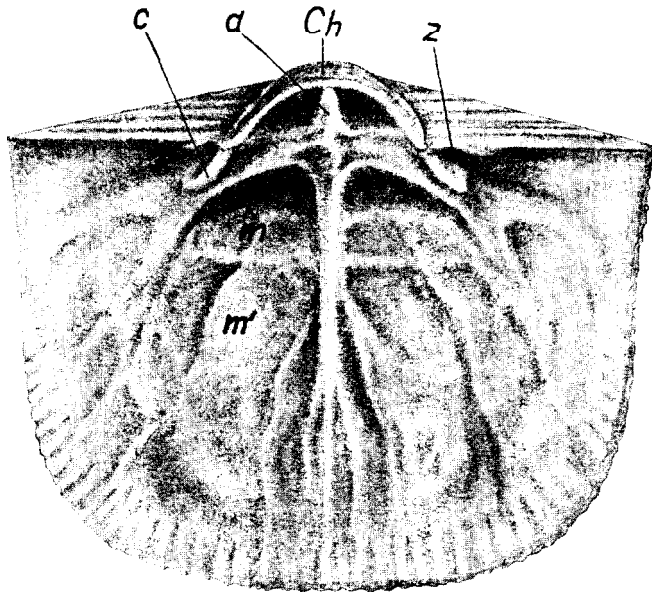


Abb. 25. Das Innere einer Brachialschale der Grundform des *Clitambonites squamatus* (Pahlen), aus den Kukuruse-Schichten von Kohtla. Ch — Chilidium; a — Schlossfortsatz; z — Zahngrube; c — crura; m und m¹ — Muskelnarben. Aus A. Öpik „Brachiopoda Protremata etc.“, S. 206. Es sind hier auch die Hauptspuren der Gefäßabdrücke angedeutet.

und kommt, entgegen Sch. & C., auch bei dem *squamatus* vor. Hier Taf. XX, Fig. 2 ist dieser Fächerrand als schmaler Saum vorhanden, und beim *Clitambonites maximus* (resp. *squamatus*) *devius* A. Öpik (1), Taf. XVIII, Fig. 210 und S. 209 ist dieser Rand genügend breit, um mit dem des *adscendens* verglichen zu werden. Dasselbe Exemplar ist nochmals hier Taf. XXXIX, Fig. 1 wiedergegeben. Die Breite dieses „flange-like border“ ist überhaupt sehr schwankend und hängt unmittelbar mit der Breite der Zuwachslamellen zusammen.

Ein wichtiges Merkmal ist auch die Gestalt des Chlidiums [bei *Vellamo* breit, bei *Clitambonites* schmaler, vgl. A. Ö. (1)], was von Schuchert & Cooper leider unterschätzt wird. Endlich hat *Clitambonites squamatus* (Taf. I, Fig. 2) ein fast tangentes Spondylium, während bei allen *Vellamo*-Arten ein echtes, durch ein Septum gestütztes Spondylium simplex vorliegt. In dieser Hinsicht hat *Clitambonites adscendens* mehr Ähnlichkeit mit *Vellamo* als *Clitambonites squamatus* und dessen Varietäten. Allerdings ist die Rückbildung des Septums bei *squamatus* (wie bei *C. schmidti*) sekundärer Natur. Da jugendliche und fast reife Exemplare des *squamatus* dem erwachsenen *adscendens* gleichen, scheint die unmittelbare Ableitung des *squamatus* vom *adscendens* schon aus morphogenetischen Gründen berechtigt zu sein. Mit der *Vellamo*-Linie aber hat *Clitambonites squamatus* nichts zu tun.

Am Exemplar Taf. XX, Fig. 2 sind einige, die früheren Beschreibungen ergänzende, Einzelheiten des Innenbaus des *Clitambonites squamatus* zu beobachten. Das Mittelseptum besteht aus drei Teilen. Sein mittlerer, feiner Grat ist das eigentliche Septum. Die mit ihm verschmolzenen, etwas niedrigeren und dickeren Wülste sind als Wülste der medianen Gefäße (paarige *vascula media*) zu deuten, welche auch bei *Clitambonites schmidti* (Taf. V, Fig. 1), aber ohne Septum, vorliegen. Auch die anderen Gefäßpaare sind hier, dem Schema Textabb. 8 entsprechend, deutlich ausgebildet. Gut sichtbar ist die seitliche Verdickung des Spondyliums (der *nodus lateralis spondylii*), an welcher die seitlichen Gefäße zu entspringen pflegen.

***Clitambonites schmidti* (Pahlen).**

Taf. III, Fig. 1, 2; Taf. V--VII; Taf. VIII, Fig. 1, 2; Taf. X, Fig. 1;
Textabb. 8, 26 und 33.

Die Beschreibung dieser Art ist von Pahlen (21) und A. Öpik (1) gegeben worden. In beiden Fällen handelt es sich um Exemplare aus den Kukruse-Schichten (C_2), welche als der Grundform zugehörig zu betrachten sind. Es schliessen sich diesen eine ältere Varietät aus den C_1 -Schichten und eine jüngere aus D_1 an. Diese letztere ist gekennzeichnet durch besonders starke und vollständige Ausbildung der Gefässabdrücke und wird daher in allen Einzelheiten hier abgebildet und beschrieben.

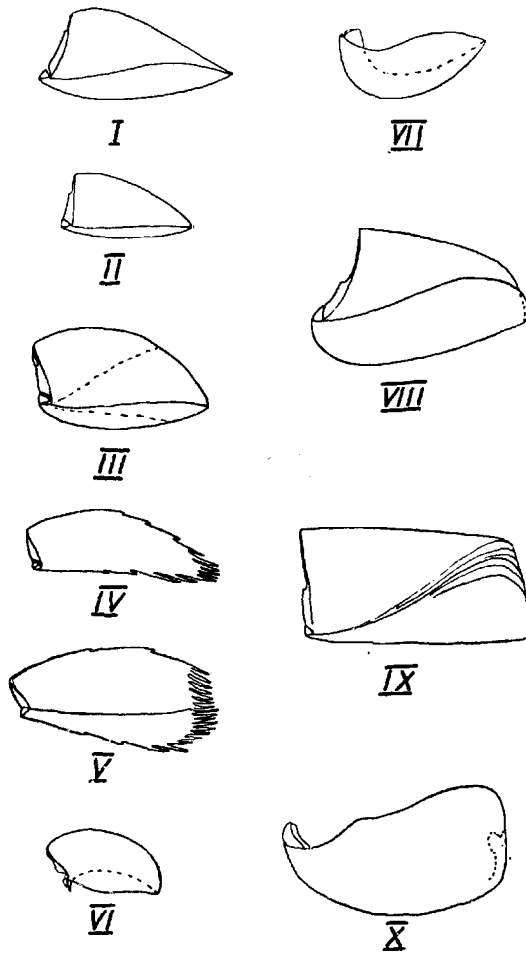


Abb. 26. Seitenprofile verschiedener Clitambonitiden, alle in nat. Grösse. I. *Clitambonites ascendens* Pander, aus Pawlowsk. — II—III. *Clitambonites squamatus* (Pahlen) aus den C₂-Schichten von Kohtla. II: eine junge Schale mit offenem Foramen und aufrechter ventraler Area. III: ein altes Exemplar mit vernarbtem Foramen und geneigter Area; die Umrisse des jüngeren Exemplares (II) sind hier durch gestrichelte Linien angedeutet. — IV ist eine jüngere und V — eine gerontische Schale von *Clitambonites schmidti epigonus* aus Aluvere. Beide zeigen zahlreiche imbricate, unterhöhlte Zuwachslamellen. — VI. *Lacunarites ilmatar*, Holotyp (Taf. XXVII, Fig. 5, 6). Die Brachialschale ist stark konkav. — VII. *Iru concava*, mit stark konkaver Ventralschale. — VIII. *Ilmarinia dimorpha* n. sp., Holotyp (Taf. XI.). — IX. *Ilmarinia sinuata* (Pahlen) (Taf. XIX, Fig. 1a—1d). — X. *Ilmarinia ponderosa* n. sp., Holotyp (Taf. XIX, Fig. 5).

Die ältere Varietät bezeichnen wir als *Clitambonites schmidti septatus* nov. subsp. Sie kommt vor in den C_1 -Schichten. Das typische, Taf. X, Fig. 1 abgebildete Stück stammt von der Insel Odensholm, aus den $Cl\beta$ -Schichten (Baukalk-Zone mit *Asaphus deveexus* und *A. ornatus*). Als kennzeichnender Unterschied gegenüber der Grundform ist bei der neuen Varietät das deutlich entwickelte Mittelseptum der Ventralschale zu betrachten. Es kommt noch das etwas kleinere Spondylium des *septatus* hinzu. Der Fächerrand ist besonders stark ausgebildet, und die Skulptur besteht aus typischen runden, querverieften Rippen.

Nach Kozłowski (4), S. 124 soll das Fehlen oder die schwache Entwicklung des Septums bei den Klitamboniten (*schmidti*, *trigonula*) eine primäre Erscheinung sein. Tatsächlich ist es hier umgekehrt, da die septumlosen Formen der *schmidti*-Reihe aus dem älteren *C. schmidti septatus* hervorgehen. Dieser ist aber seinerseits mit *Clitambonites adscendens* zu verbinden. Auch das Spondylium des *Clitambonites schmidti*, welches Kozłowski als ein Zwischenglied zwischen dem Pseudospondylium und dem Spondylium simplex betrachtet und welches wir als Spondylium tangens bezeichnet haben, ist somit aus dem Spondylium simplex hervorgegangen. Die Ähnlichkeit mit einem Pseudospondylium ist nur eine scheinbare.

Die **Grundform** des *Clitambonites schmidti* ist ausführlich bei A. Öpik (1) beschrieben worden und bedarf keiner weiteren Besprechung mehr. Es ist davon nur ein Dünnschliff durch den hinteren Teil einer ganzen Schale aus der Kukuruse-Stufe Taf. III, Fig. 1 abgebildet, um das sekundär sessil gewordene Spondylium (Spondylium tangens) zu illustrieren. Taf. III, Fig. 2 zeigt ausserdem in einem Querschnitt die randlichen, imbrikaten Zuwachslamellen der Schale. Ferner ist Textabb. 33 eine junge Pedikelschale abgebildet, an welcher noch das Septum zu erkennen ist. Bei älteren Schalen wird dieses Rudiment durch die Schalensubstanz ganz überwachsen.

Als *Clitambonites schmidti epigonus* nov. subsp. bezeichnen wir eine in der Jöhv- (D₁-) Stufe ziemlich zahlreich vertretene Mutation der Grundform. Es ist dies nicht nur die letzte Form der Art, sondern auch zeitlich der letzte bekannte *Clitambonites* überhaupt. Begreiflich ist daher auch die epigonenartige, übertrieben starke Ausbildung mancher Elemente der Schale, was

ja bei aussterbenden Formen eine häufige Erscheinung ist. Die Varietät *C. schmidti epigonus* kann als das gerontische Stadium der Art bezeichnet werden.

Die Varietät *Clitambonites schmidti epigonus* unterscheidet sich von der Grundform 1) durch vollständiges Fehlen eines ventralen Septums, 2) durch die ganz flache Brachialschale, 3) durch bedeutendere Grösse und 4) durch die besonders starke Ausprägung des Innenreliefs. Ausserdem sind hier in der Dorsalschale die hinteren Muskelnarben stark verkürzt, was aus dem Vergleich von Taf. V, Fig. 2 und Taf. VI, Fig. 2, 3 (*epigonus*) mit A. Öpik (1), Taf. XVIII, Fig. 214 und 216 (die Grundform) hervorgeht. Die Exemplare der Grundform sind durchschnittlich nicht über 20 mm breit und 17 mm lang, bei *epigonus* dagegen steigen diese Zahlen bis 35 mm und 28 mm und das grösste gemessene Stück (Taf. V, Fig. 1) ergibt 42 und 40 mm.

Der Schalenrand ist gewöhnlich rundlich, mit schwacher Einschnürung vor der Area, so dass die Ecken etwas zugespitzt erscheinen. Abweichungen von dieser Gestalt zeigen die Pedikelschalen Taf. VI, Fig. 1 und Fig. 6. Die erstere ist rundlich, während die letztere spatenförmig in die Länge ausgezogen ist. Die Pedikelschale ist mässig gewölbt, die Brachialschale flach (Textabb. 26). Bei gerontischen Exemplaren verschiebt sich die Wölbung mehr nach vorne (Textabb. 26), da auch hier, wie bei anderen, ähnlich gestalteten Brachiopoden [vgl. A. Öpik (1), S. 33, 34], am Mantelrande Kalk ausgeschieden wurde, ohne dass eine Verschiebung oder ein Weiterwachsen der Weichteile nach vorne stattgefunden hätte. Daher hat sich auch am dorsalen Schalenrand eine Kammschwelle ausbilden müssen, wodurch eine sekundäre, als gerontisch zu bezeichnende Wölbung der ursprünglich flachen Schale entstand.

Die für die Klitamboniten charakteristische Imbrikation hat hier ihr Maximum erreicht. Sie besteht darin, dass die Zuwachslamellen nicht dicht aufeinanderliegen, sondern aufgelockert bleiben, wie es Taf. III, Fig. 2 (Grundform der *schmidti*), Textabb. 26, Taf. VIII, Fig. 1 und 2 und Taf. VII, Fig. 2 zu sehen ist. Die zuletzt abgelagerte Lamelle bildet dabei den eigentümlichen Fächerrand (Taf. X, Fig. 1; Taf. VI, Fig. 3, 4; A. Öpik (1), Taf. XVIII, Fig. 214 u. a.), welcher, seiner Zartheit wegen, nur selten vollständig erhalten ist. Wie diese

Imbrikation entsteht, kann aus Taf. VII, Fig. 1 herausgelesen werden. Es ist dies der stark vergrösserte Schalenrand einer Brachialschale (Taf. VIII, Fig. 2), welche innerlich ganz wie Taf. VI, Fig. 4 aussieht. Man sieht hier dicht gestellte, feine, schuppenartige Lamellen, von denen eine jede einer verkümmerten Zuwachslamelle entspricht. Somit erreicht nicht eine jede dieser Lamellen ihre volle Grösse. Die Lamellen (Taf. VII, Fig. 1) A, B und C sind regelrechte imbricate Randlamellen, wobei C sich zuletzt gebildet hat. Die früher ausgeschiedene Lamelle A hat sich erhalten, B und C aber sind fast ganz zerstört. Da hier die Innenfläche vorliegt und die Lamellen dachziegelartig übereinandergreifen, so hat hier eine periodische Schwankung — eine Dehnung und ein Rückzug des Mantelrandes — stattgefunden. Die erste Dehnung brachte die Lamelle A hervor; dann zog sich der Mantelrand zurück, wahrscheinlich weit über D hinaus, um, mit einer erneuten Zunahme der Lebenstätigkeit, jetzt die Lamelle B auszuscheiden. In ähnlicher Weise wurde auch C gebildet. Die feineren Lamellen zwischen D und C sind durch oszillatorische Schwankungen des Mantelrandes während des letzten Rückzuges gebildet worden. Nun ist das Tier umgekommen, bevor die nächste imbricate Lamelle von D aus vorwärts über C, B und A abgelagert werden konnte. Stellt man sich vor, dass alle Lamellen zwischen D und C ihre volle Ausbildung erreicht hätten, so wäre damit die Imbrikation verschwunden, da der Raum zwischen den einzelnen Randlamellen ausgefüllt wäre.

Die Aussenskulptur des *Clitambonites schmidti epigonus* besteht aus rundlichen radialen, grob querverrieften Rippen (Taf. VIII, Fig. 1). In den Zwischenräumen zwischen den Rippen fehlt die Querriefung ganz. Diese Skulptur findet sich bei allen Varietäten der *schmidti* wieder. Auch bei *Clitambonites ascendens* und *squamatus* sind die Zwischenräume glatt.

Die Area (Taf. VIII, Fig. 3) trägt grobe horizontale Zuwachsstreifen und ihr Rand erscheint durch die Zuwachslamellen der Schale treppenförmig gezackt. Das Pseudodeltidium und Chilidium verdecken ganz das Dithyrium. Das Foramen ist gewöhnlich vernarbt.

Die ventrale Area ist gewöhnlich rückwärts geneigt und die Neigung nimmt mit zunehmendem Alter zu. Bei neanischen und jüngeren Schalen dagegen ist die Area immer vorwärts

geneigt (proklin), wie bei erwachsenen *C. adscendens*- oder *Apo-matella*-Exemplaren. Dies geht aus dem sigmoidalen Seitenprofil der Pedikelarea hervor (Textabb. 26).

Der Innenbau der Schale ist Taf. V, VI und VII und Textabb. 8 dargestellt. Mit *Clitambonites adscendens* und *squamatus* stimmt *C. schmidti* in bezug auf den Innenbau gut überein, doch haben die beiden ersteren ein allzuschwach ausgeprägtes Relief und sind auch nicht genügend erhalten, um eine genaue Entzifferung des Innenbaus zu ermöglichen.

Der Innenbau der Pedikelschale geht aus Taf. V, Fig. 1 und Taf. VI, Fig. 1, 5 und 6 sowie Textabb. 8 hervor. Das Spondylium ist sekundär sessil (Spondylium tangens), mit rundlichem, vom Boden der Ventralschale abgehobenem Rande. Bei jungen und epheebischen Exemplaren ist es relativ kurz (Taf. VI, Fig. 5 und Textabb. 33), bei gerontischen dagegen etwas länger (Taf. VI, Fig. 1 und 6, Taf. V, Fig. 1). Zuwachsstreifen am Spondylium sind mehr oder weniger deutlich entwickelt (Taf. 5, Fig. 1), während Längsstreifung, den Grenzen der einzelnen Muskelnarben entsprechend, seltener ausgebildet ist. Hochgerontische Schalen (Taf. V, Fig. 1) zeigen einen gelappten Rand des Spondyliums. Die Schwelle ist bei epheebischen Stücken (Taf. VI, Fig. 5) wenig ausgeprägt. Bei älteren Exemplaren (Taf. V, Fig. 1) dagegen entwickelt sich eine kräftige und scharfkantige Kammschwelle (Textabb. 6). Das Mittelseptum fehlt. Nur selten (Taf. VI, Fig. 6) ist es noch als fadenförmiger, feiner intervaskularer Wulst erhalten. Das Gefässnetz (Textabb. 8) ist nach der gerontischen Schale Taf. V, Fig. 1 dargestellt worden. Am deutlichsten tritt hier das mediane Wulstpaar hervor.

Auch in der Brachialschale wird die anfangs seichte Schwelle (Taf. VI, Fig. 4) im Alter dicker (Taf. V, Fig. 2; Taf. VI, Fig. 3) und bei gerontischen Schalen scharfkämmig (Textabb. 6 und Taf. VI, Fig. 2). Das Gefässnetz (Textabb. 8) ist vorwiegend auf Grund des Exemplars Taf. V, Fig. 2 dargestellt worden. Am selben Exemplar ist in schönster Weise die Spaltung der Hauptgefäße auf der Schleppe und die Homologie oder sogar die Identität der randlichen feinen Gefässwülste und der Aussensculptur zu beobachten. Es ist dies somit der beste Beleg zu A. Öpik (5), S. 59 („Über den Zusammenhang von Aussensculptur und Gefässkanälen bei Brachiopoden“). Das Gefässnetz ist hier in seiner Konfiguration ziemlich konstant, schwankt aber in der relativen Stärke der

einzelnen Verzweigungen. Im Innern der Schale wird es erst mit dem Überschreiten des epheebischen Alters deutlich fixiert.

Beim gerontischen Exemplar Taf. VI, Fig. 2 ist der auf dem Bilde rechte, mediane Wulst der *vascula media exteriora* unvollständig oder verkümmert (vergl. Textabb. 8). Dabei liegen die Wülste der *vascula media* asymmetrisch zur Mittellinie. Das Exemplar Taf. VI, Fig. 3 dagegen ist symmetrisch ausgebildet. Stark ist hier die Verlegungsspur der *vascula myaria* ausgeprägt und besonders mächtig entwickelt ist der Hauptknoten.

Die Umrisse der dorsalen Muskelnarben sind sehr konstant, das vordere Paar ist gross, das hintere dagegen verkümmert. Die bei Taf. V, Fig. 2 sichtbare Netzzeichnung der Insertion ist nur selten zu unterscheiden. Bei jüngeren, dünneren Schalen (Taf. VI, Fig. 4) sind die Gefässe und Muskelnarben kaum angedeutet.

Gen. *Iru* n. gen.

Der Name stammt von der Gegend Iru in Estland, einer Lokalität des Asaphidenkalkes resp. des Unterordoviziums.

Genotyp: *Orthisina concava* Pahlen (21), aus dem Vaginatienkalk (Zonen mit *Asaphus raniceps* B_{III}β und *A. eichwaldi* B_{III}?) Estlands. Es ist dies eine seltene Art.

Von *Clitambonites* sensu stricto unterscheidet sich die Gattung *Iru* durch ihre stark konkave ventrale und hochgewölbte dorsale Schale, bei einer stark proklinen, nach vorne geneigten, niedrigen, konvexen Pedikelarea und breiten, axtförmigen Krukalplatten. Das dorsale und das ventrale Septum fehlen ganz. Die Aussenfläche ist imbrikat.

In dieselbe Gattung gehört offenbar auch die *Orthis zonata* Dalman hinein.

Iru concava (Pahlen).

Taf. IV; Textabb. 26 und 27.

Orthisina concava Pahlen (21), S. 17, Taf. I, Fig. 6—11.

Es ist dies eine grosse Art, deren Schalen 40 mm Breite, 33 mm Länge und bis 20 mm Wölbung erreichen können. Die Wölbung der Schalen ist invers, strophomenaartig, wobei die Pedikelschale konkav erscheint (Textabb. 26). Die Brachialschale ist stark gewölbt (Textabb. 27) und zeigt in der Mittellinie vorne eine sattelartige Erhöhung (bei *Clitambonites* sensu stricto er-

scheint hier dagegen ein Sinus). Die Ränder der Zuwachslamellen liegen locker übereinander und sind, besonders am Schalenrande, imbrikat. Die Skulptur besteht, wie bei *Clitambonites schmidti*, aus runden, querverriefen Rippen. Einige von diesen sind primäre Hauptrippen und sind etwas gröber als die anderen. Von diesen Hauptrippen spalten sich die sekundären Rippen beiderseits symmetrisch ab. Da die Rippen zum Stirnrande hin breiter werden, so bleibt für neue Spaltrippen wenig Raum

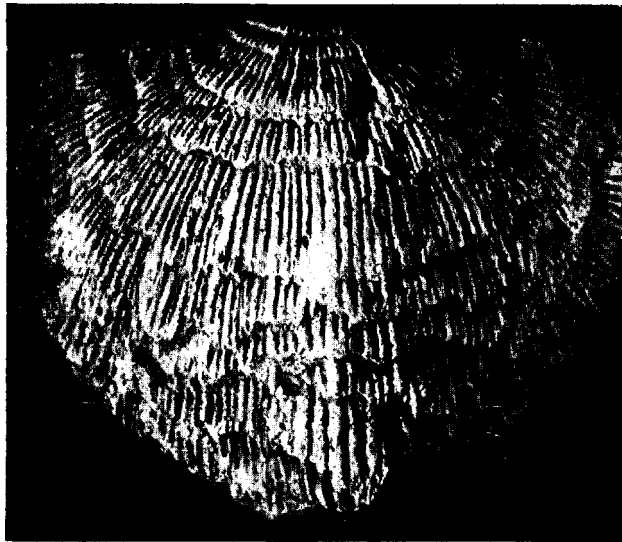


Abb. 27. Aussenseite einer Brachialschale von *Iru concava* (Pahlen),
 $\times 2$ der nat. Grösse, aus dem Vaginatenkalk von Tallinn. Mus. Tartu.

übrig, und daher ist deren Zahl gering. Die Querriefung ist hier auch in den Rippenzwischenräumen vorhanden.

Das Chilidium ist niedrig und die Δ -Platte fehlt oft. Der Schalenrand liegt nicht in einer Ebene, sondern der Rand ist hinten (an den Flügeln) und vorne dorsalwärts, an den Seiten aber ventralwärts ausgebuchtet.

Im Innern der Pedikelschale (Taf. IV, Fig. 1) fehlen das Mittelseptum und die Gefässabdrücke. Von diesen sind nur am Spondylium rechts und links die lateralen Knoten vorhanden. Das Spondylium ist sekundär sessil, ein Spondylium tangens, welches durch den Verlust des Septums aus einem Spondylium simplex hervorgegangen ist. Fast auf seiner ganzen Strecke

berührt es den Boden der Schale. Die Sessilität des Spondyliums steht im Zusammenhang mit der niedrigen Area und der starken Konkavität der Ventralschale, was die Vernichtung des subspondyliaren Raumes zur Folge hatte.

Ebenso einfach wie die ventrale ist auch die dorsale Schale (Taf. IV, Fig. 1, 2) innerlich gebaut. Das Medianseptum fehlt ganz, und von den Gefäßen sind hier nur die breiten, vertieften, linearen *vascula myaria* (v) entwickelt. Die Muskelnarben sind kaum angedeutet und ungewöhnlich kurz, da sie höchstens $\frac{1}{6}$ der ganzen Schalenlänge erreichen. Der Anker (*cruralia*) hebt sich wenig über den Boden der Schale hervor, doch ist er dabei von eigenartigem Bau und gut gegliedert (Taf. IV, Fig. 3). Neben dem mittleren Schlossfortsatz (a) sind noch die etwas schwächeren Nebenzapfen (a') entwickelt. Die äusseren Öffnerarben reichen bis zu den Spitzen der Kruralplatten (c), welche eine sonderbare, axtförmige Gestalt besitzen. Der Anker ist hier somit von jenem des *Clitambonites* recht verschieden.

Iru concava ist eine seltene Art und ein gutes Leitfossil für den Vaginatenkalk Estlands.

Gen. (resp. Subgen.) *Hemipronites* Pander (emend. nov.).

Als Genotyp der Gattung gilt *Hemipronites tumida* Pander (22), der Bestimmung von Hall & Clarke (11), S. 238 entsprechend. Dieselbe Art ist als Genotyp auch im Fossilium Catalogus (14) angeführt.

Nach Hall & Clarke und Schuchert & Cooper (2), S. 116 sollen fast alle von Pander als *Hemipronites* bezeichneten Arten, zusammen mit der *tumida*, in eine Gattung gehören.

Es ist aber die Art *Hemipronites tumida* Pander (22), S. 74 von Pander selbst nicht als typische Vertreterin ihrer Gattung, sondern als eine Übergangsform zu *Pronites* (= *Clitambonites*) bezeichnet worden. Daher ist diese Wahl des Genotyps nicht geglückt, da er dem Pander'schen Begriff nicht entsprechen kann. Es liegt hier ein gleiches nomenklatorisches Missverständnis vor, wie mit dem Namen *Gonambonites* (s. d.).

Die entsprechende Stelle bei Pander (22), S. 74 lautet: „Schon durch *Pronites oblonga* und *humilis* sahen wir, dass ein

Übergang zu den *Hemiproniten* statt fand, ein anderer geschieht durch:

Hemipronites tumida, Tab. XVIII, Fig. 6, bei welcher die Rückenfläche (= Pedikelarea) noch ziemlich hoch hinaufragt, allein nicht mehr die höchste Spitze der Oberschale (= Ventralschale) bildet; letztere wölbt sich schon vollkommen, und das äussere Aussehen ist doch noch das eines Proniten (= *Clitambonites*)“.

Nach der entsprechenden Abbildung bei Pander zu urteilen, ist „das äussere Aussehen“ von *Hemipronites tumida* tatsächlich *Clitambonites*-artig ausgebildet. Die Skulptur ist hier nämlich von derselben Grobheit und Beschaffenheit wie bei *Clitambonites adscendens*, während sie bei den übrigen „Hemiproniten“, mit *H. perlata* Pander angefangen, bedeutend feiner erscheint. Die niedrige Area der *tumida* ist dabei kein Gattungsmerkmal, da eine solche auch bei echten Klitamboniten (*Clitambonites squamatus*) vorkommt.

Äusserlich unterscheidet sich *Hemipronites* von *Clitambonites* nur durch die stärkere Wölbung der dorsalen Schale. Innerlich sind keine sehr wesentlichen Unterschiede zu erwarten, weshalb es überhaupt fraglich ist, inwiefern *Hemipronites* als eine selbständige Gattung aufrechterhalten werden kann. Man tut gut, *Hemipronites* tatsächlich als eine Untergattung des *Clitambonites* zu behandeln.

Zu *Hemipronites* sind noch *Pronites excelsa* Pander (offenes, sehr grosses Foramen) und *Pr. praerupta* Pander zu rechnen. Ausserdem wird hier noch eine neue Art, *Hemipronites famulus*, beschrieben.

Clitambonites (Hemipronites) famulus n. sp.

Taf. XLIII, Fig. 4; Textabb. 28.

Holotyp ist die Brachialschale Taf. XLIII, Fig. 4. Die Art wird nur im Rogö-Sandstein (B_{III}) des Nordwestens von Estland gefunden.

Die Brachialschale ist stark gewölbt, besitzt ein langes Mittelseptum und ein ungewöhnlich kräftiges, breites, an *Vellamo* erinnerndes Chilidium. Die Kruralplatten sind sehr stark und gross.

Das zweite Exemplar (Textabb. 28, I) gibt den Längsschnitt wieder. Die Pedikelarea ist fast aufrecht, die stark gewölbte

Brachialschale führt einen flachen Sinus. Die Skulptur ist *adscendens*-artig imbrikat, und man zählt hier bis 12 Rippen auf 5 mm.

Der Holotyp ist 12 mm breit und 12 mm lang.

Das zweite Exemplar ist 18 mm lang, 21 mm breit, und die Wölbung der Brachialschale beträgt 8 mm.

Von *tumida* unterscheidet sich die Art *famulus* durch ihre höhere, aufrechte Area und feinere Rippen (*Hemipronites tumida* hat ca 8 Rippen auf 5 mm), von *praerupta* und *excelsa* aber durch stärkere Wölbung der Brachialschale.

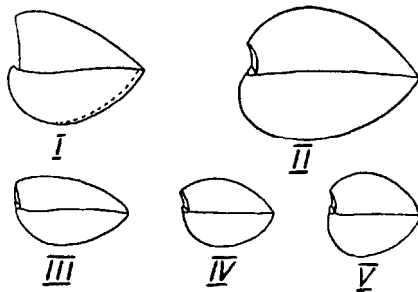


Abb. 28. Profile von *Hemipronites* und *Ladogiella*, alle in nat. Grösse. I — *Hemipronites famulus* n. sp., aus dem Rogö-Kalksandstein (BIII) der Insel Klein-Rogö coll. K. Orviku; II — *Ladogiella transversa* (Pander); III — *Ladogiella perlata* (Pander); IV — *Ladogiella lata* (Pander); V — *Ladogiella sphaerica* (Pander). Die Originale zu II—V sind vermutlich von K. Grewingk gesammelt worden und stammen aus Pawlowsk.

Gen. *Ladogiella* nov. gen.

(Genannt nach dem Ladoga-See.)

Hemipronites Pander (22), partim; *Orthis* auct.; *Orthisina* Pahlen (21); *Hemipronites* Hall & Clarke (11); *Hemipronites* Schuchert & Cooper (2), partim.

In diese Gattung rechnen wir alle Klitamboniten Pander's, welche als *Hemipronites* bezeichnet wurden, jedoch nicht die *Hemipronites tumida*, welche als Typus der Gattung *Hemipronites* gilt, und nicht die *Hemipronites globosa* Pander, welche letztere in keine der bekannten oder hier neu aufgestellten Gattungen eingereiht werden kann.

Genotyp ist *Ladogiella imbricata* n. sp. aus dem Unterordovizium der Umgebung von Leningrad und des Ladoga-Glintes.

Von *Clitambonites* sensu stricto unterscheidet sich *Ladogiella* durch ihre bedeutend feinere Skulptur, relativ starke dorsale Wölbung, niedrige Area, immer niedrig gestelltes, sessiles Spondylium (Taf. III, Fig. 3), durch die als Rinnen ausgebildeten Insertionen des Ankers, durch die eigenartige Gestalt und Lage der Zahngruben und durch die lockere Befestigung des Chilidiums (bei *Clitambonites* löst sich das Chilidium niemals von der Schale ab, bei losen Schalen der *Ladogiella* aber immer). Die Muskelnarben der Dorsalschale zeigen bei der *Ladogiella* immer eine Netzzeichnung. Das viszerale Gefässnetz ist breitspuriger als bei *Clitambonites*, und die *vascula cruralia* sind ebenso stark wie bei *Ilmarinia* entwickelt. Das Foramen ist sehr klein und vernarbt.

Von dem echten *Hemipronites* unterscheidet sich *Ladogiella* durch feinere Skulptur, sessiles Spondylium und durch den Anker (bei *Hemipronites* ist der Anker *Clitambonites*-artig ausgebildet).

Die *Ladogiella* gehört zweifellos in die *Clitambonitidae* hinein, da sie eine glatte Schalensubstanz, ein Spondylium simplex und grosse dorsale Schliessernarben besitzt.

Folgende Arten (Textabb. 28) des *Hemipronites* Pander's konnten an der Hand des uns vorliegenden Materials bestimmt und als *Ladogiella* erkannt werden: 1) *Hemipronites perlata* mit den synonymen Formen *H. expansa*, *circularis* und *obtusa*; 2) *H. transversa* mit der synonymen *latissima*; 3) *H. sphaerica* mit den synonymen Formen *alta*, *peralta* und *brevis*; 4) *H. rotunda*; 5) *H. maxima* (vgl. oben S. 80 f.); 6) *H. lata*.

Die Arten der *Ladogiella* sind auf den Vaginatenkalk und den unteren Echinosphäritenkalk verteilt; eine genaue Horizontierung der Arten ist jedoch nicht bekannt.

Die bei Schuchert & Cooper (2), Taf. VIII, Fig. 10—15 abgebildeten Brachiopoden gehören alle in die Gattung *Ladogiella* hinein. Die von ihnen als *Hemipronites tumida* bezeichnete Art entspricht wohl am besten der *Ladogiella perlata* (Pander). Die als *H. cf. maximus* bestimmte wird wohl eine besondere, noch unbeschriebene, neue Art sein. Die Exemplare Schuchert & Cooper's zeigen gut entwickelte intervaskuläre Leisten. Die der ventralen Schale werden mit dem viszeralem Gefässnetz von *Orthis* verglichen: „ventral interior, showing median septum dividing two pallial trunks (= *vascula media*)

which in turn surround inside margins of subreniform ovarian impressions“. Unter „subreniform ovarian impressions“ sind die durch die intervaskularen Septen begrenzten *vascula dentalia* und *v. cruralia* zu verstehen (vgl. unsere Textabb. 8, 12, 13). Die „two pallial trunks“ (= unsere *vascula media*) bilden aber keine *vascula arcuata*, welche um die vermeintlichen Ovarien herumlaufen sollen, sondern sie verzweigen sich in der Mitte der Schale und bilden einen Teil der randlichen Gefäße. Die orthoiden *vascula arcuata* („which in turn surround“ etc.) werden hier dadurch vorgetäuscht, dass dem Rande einer jeden, äusserlich gelegenen Zuwachslamelle im Inneren der Ventral-schale ein konzentrischer, undeutlicher Wall entspricht, wodurch die verschiedene Lage der Schwelle in verschiedenen Lebensaltern angedeutet wird. Ein ähnlicher Fall ist auch bei *Antigonambonites aequistriatus* (Taf. XXIX, Fig. 1a) zu beobachten.

Dass die von Sch. & C. als Ovarien bezeichneten Gefäße sich am Aufbau des randlichen Netzes beteiligen, ist bei der *Ladogiella imbricata* Taf. XLIII, Fig. 1b an der linken Seite der ventralen Schale unmittelbar zu beobachten. Dieses Exemplar zeigt die viszerale Gefäße als Wülste, während das Schuchert'sche (2), Taf. VIII, Fig. 10 sie als durch intervaskuläre Septen eingerahmte flache Kanäle entwickelt. Letzteres ergibt keine prinzipiellen Unterschiede. Im Gegenteil: es ist in gutem Einklang mit der bei den *Clitambonacea* so verbreiteten Dimorphie der Spuren der viszerale Mantelsinusse.

Während wir das Vorhandensein ventraler *vascula arcuata* bei *Ladogiella* ablehnen, sollen aber die folgenden Zeilen Sch. & C.'s akzeptiert werden: „The septum is the homologue of the small ridge dividing the pallial sinuses in *Orthis* S. str.“ Es ist also demnach das ventrale Septum hier tatsächlich als eine intervaskuläre Leiste aufzufassen. Entgegen Schuchert & Cooper ist ferner bei den *Ladogiella*-Arten das Foramen stets vorhanden. Es ist aber immer sehr klein und vernarbt.

Da die Beschreibung des Genus *Hemipronites* Pander bei Schuchert & Cooper sich nicht auf die *H. tumida*, sondern auf andere Formen gründet, so handelt es sich bei ihnen eigentlich um unsere *Ladogiella*. Die wichtigsten Unterschiede in der Auffassung bei uns und bei den genannten Autoren wurden schon besprochen. Als Ergebnis ist zu nennen, dass die *Ladogiella* (bei Sch. & C. *Hemipronites*) gar nicht so *Orthis*-artig

konstruiert ist, sondern dass sie als eine echte Klitambonitide von den Orthiden sehr verschieden ist (vgl. auch im Abschnitt: „Das Gefässnetz der *Orthacea* mit dem der *Clitambonacea* verglichen“). Zu der von Sch. & C. angeschnittenen *Hemipronites maximus-Clitambonites squamatus*-Frage wird bei uns unter *Clit. squamatus* S. 80 f. Stellung genommen.

***Ladogiella imbricata* n. sp.**

Taf. XLII, Fig. 1, 2; Taf. XLIII, Fig. 1a—1b; Textabb. 12, 13.

Holotyp ist die Brachialschale Taf. XLII, Fig. 1 aus Gornaja Scheldicha, an der Lawa, südlich vom Ladoga-See. Das Stück ist lose gefunden worden und stammt offenbar aus höher gelegenen Aufschlüssen des Vaginatenkalkes. Die Art unterscheidet sich von allen anderen *Ladogiella*-Arten (*Hemipronites* Pander, ausser *H. tumidus*) durch *Clitambonites*-artige Imbrikation der Zuwachslamellen. Die rundlichen Längsrippen sind sehr fein, auf 5 mm zählt man ihrer am Nabel 20 und am Schalenrande 16. Die Dorsalschale ist stark gewölbt und der Nabel sogar etwas eingekrümmt, so dass Taf. XLII, Fig. 1, wo die Schale in horizontaler Stellung abgebildet ist, auch die Nabelpartie der Aussenfläche sichtbar wird. Der Holotyp ist 16 mm breit, 16 mm lang (in restauriertem Zustande), und seine Wölbung beträgt 6 mm. Die Schalenwand ist dabei ca 2 mm dick; alle Innenmerkmale sind sehr kräftig entwickelt, so dass hier ein hochgerontisches Exemplar vorzuliegen scheint. Das viszerale Gefässnetz ist durch intervaskuläre Septen angedeutet, und die Rekonstruktion (Textabb. 12) bietet ein *Clitambonites*- bis *Ilmarinia*-artiges Bild, wobei hier die einzelnen Kanäle besonders breit erscheinen. Das Mittelseptum ist steil und hoch, es erscheint viel kräftiger als bei den übrigen Klitamboniten. Die durch ein feines Netzmuster verzierten Muskelnarben gleichen in der Gestalt denen des *Clitambonites*, wobei das vordere Paar besonders gross erscheint. Die brachiale Area ist konkav, parallel zum Schlossrande gestreift und relativ breit. Das Notothyrium ist relativ breit, und das locker befestigte Chilidium fehlt hier ganz. Die Öffnerinsertionen sind hier, zum Unterschied von allen anderen Klitamboniten, als zum Nabel hin konvergierende, schmale Rinnen ausgebildet. Der Schlossfortsatz ist vorne breit, verschmälert sich hinten, hat einen scharfen Kamm, ist sogar etwas kreneliert, doch kann er nicht als myophor oder

als Muskelträger bezeichnet werden, da die Insertionen seitlich von ihm gelegen sind. Die Kruralplatten sind kaum zu unterscheiden, da sie von den mächtigen Wülsten der *vascula crucialia* ganz umschlossen werden. Diese Wülste umgeben auch die Zahngruben seitlich, wodurch eine an Fulkrallplatten erinnernde Bildung zustande kommt. Oder man kann sagen, dass die Zahngruben als in die Kruralwülste eingesenkte Vertiefungen erscheinen. Diese Bauart ist bei anderen Klitambonitidengattungen nicht beobachtet worden. Der soeben beim H o l o t y p der *Ladogiella imbricata* geschilderte originelle Bau des Ankers unterliegt einigen Schwankungen. Es war dies eine gerontische Schale. Bei erwachsenen, also jüngeren Exemplaren (Taf. XLII, Fig. 2 und Taf. XLIII, Fig. 2) ist die Area nicht so breit, die Kruralplatten treten besser hervor, die Kruralwülste sind schwächer und schwächer sind daher auch die „Fulkrallplatten“. Beim Exemplar Taf. XLII, Fig. 2 ist ausserdem die linke Nebenplatte des Schlossfortsatzes ungewöhnlich kräftig emporgewachsen, und beim Exemplar Taf. XLIII, Fig. 2, wo der Anker leider stark abgenutzt ist, nimmt das Mittelseptum eine zur Mittellinie unsymmetrische Stellung ein.

Den Bau der Pedikelschale gibt das Exemplar Taf. XLIII, Fig. 1a—1b wieder. Die imbricate Aussensculptur ist hier sehr gut erhalten, und es ist hier sogar die sehr feine, schon von P a n d e r beobachtete Querriefung z. T. sichtbar. Die Rippen sind etwas gröber als vorher, indem man hier auf 5 mm ihrer bis 15 zählt. Die Area ist schwach gebogen und geneigt und die Δ -Platte verloren gegangen. Das Spondylium ist breit, mit sehr niedrigen, linear zusammenlaufenden Rändern, und unterscheidet sich daher in sehr merklicher Weise von demjenigen anderer Klitamboniten. Das Mittelseptum ist zwar lang, aber sehr niedrig, weshalb das Spondylium einen sessilen Eindruck macht. Bei gleichzeitig vorkommenden Klitamboniten, auch beim echten *Hemipronites*, ist das Spondylium kürzer, manchmal fast *Protorthis*-artig kurz und hoch gestellt. Das viszerale Gefässnetz ist hier durch schwache Wülste vertreten, deren Rekonstruktion auf Textabb. 12 und 13 gegeben wird.

Die Pedikelschale ist 12 mm breit und 10 mm lang, also kleiner und bedeutend kürzer als die hier beschriebenen Dorsalschalen. Es ist dies nämlich ein relativ junges Exemplar mit fast durchscheinender Schale, welches noch nicht seine volle Länge

erreicht hat. Der Zusammenhang dieser Ventralschale mit den Brachialschalen ist schon aus der übereinstimmenden Skulptur zu folgern. Es ist allerdings zu erwarten, dass die Imbrikation auch bei anderen Arten der *Ladogiella* auftreten kann, da die Erfahrungen mit *Clitambonites*, *Clinambon* und *Vellamo* auf die Möglichkeit ihres Auftretens bei mehreren Arten derselben Gattung hinweisen.

***Ladogiella sphaerica* (Pander).**

Taf. III, Fig. 3; Textabb. 28.

Bei Pander (21): *Hemipronites sphaerica*, *alta*, *peralta*, *brevis*.

Der Taf. III, Fig. 3 wiedergegebene Dünnschliff, der, wie üblich, durch Abschleifen der Area parallel zur Schlosslinie hergestellt worden ist, zeigt das fast ganz sessile Spondylium. Vollkommen sessil ist es aber nicht, da an den Zuwachslamellen das breite, niedrige, plumpe Septum dennoch erkannt werden kann. Das Seitenprofil einer ganzen Schale ist Textabb. 28 wiedergegeben. Man zählt hier am Schalenrande ganze 22 Rippen auf 5 mm. Noch feiner sind die Rippen z. B. bei der *lata* Pander, wo ihrer 26 auf 5 mm kommen.

Genus *Vellamo* Öpik (1).

Orthis, *Orthisina*, *Clitambonites* auctororum.

Genotyp: *Orthis verneuili* Eichwald (23), aus der Lyckholm- (F,-) Stufe Estlands.

Nach Schuchert & Cooper (2), S. 114 soll es schwer sein, nach inneren Merkmalen *Vellamo* und *Clitambonites* voneinander zu unterscheiden. Dabei stellen sie auch die Art *squamata* Pahlen unter *Vellamo*, während sie für uns als ein richtiger *Clitambonites* gilt. Dies haben wir schon oben, unter *Clitambonites squamatus*, zu begründen versucht, und hier (S. 99) geben wir noch eine tabellarische Differentialdiagnose der beiden Gattungen.

Da die *Vellamo*-Arten auf einen grossen Zeitraum verteilt sind, so sind auch Abweichungen von dem eben besprochenen Schema vorhanden, indem bei den älteren Formen ab und zu vereinzelte *Clitambonites*-artige Züge auftauchen. Einige Beispiele dafür sollen hier besprochen werden. So besitzt *Vellamo viruana* Öpik (24) eine, allerdings schwach ausgebildete, imbricate Oberfläche und ähnelt in dieser Hinsicht dem *Clitambonites*

| <i>Clitambonites</i> Pander | <i>Vellamo</i> A. Ö. |
|--|---|
| 1. Äusserlich imbrikat, mit aufgelockerten Zuwachslamellen. | Imbrikation fehlt, alle Zuwachslamellen liegen dicht übereinander. |
| 2. Die randlichen Zuwachslamellen bilden innerliche einen Fächerrand, dessen Breite von der Breite der Zuwachslamellen abhängig ist. | Der Fächerrand fehlt ganz. |
| 3. Eine abgerundete oder scharfkantige Schwelle trennt den Fächerrand vom Innenraum der Schale. | Die Schwelle fehlt ganz. |
| 4. Brachialschale mässig konvex. | Brachialschale flach oder im Verhältnis zur Pedikelschale schwach konvex. |
| 5. Pedikelforamen klein und vernarbt zumeist schon in der Jugend. | Pedikelforamen sehr gross und zumeist offen. |
| 6. Die Pedikelarea ist im Verhältnis zur Schalenlänge nur mässig gross. | Eine relativ hohe Pedikelarea erscheint als Regel. |
| 7. Äusserlich sind die Schalen streng symmetrisch gewachsen. | Die Pedikelschale erscheint mehr oder weniger asymmetrisch. |
| 8. Das Chilidium ist relativ schmal und bildet einen stark gewölbten Bogen. | Chilidium als breiter, flacher Bogen entwickelt. |
| 9. Das hintere, dorsale Schliessmuskelnarbenpaar stets kürzer als das vordere. Die Narben sind ungestreift. | Die hinteren, längsgestreiften, dorsalen Narben gleichen den vorderen oder sind länger als diese. |
| 10. Spondylium simplex nur bei <i>adscendens</i> . Sonst — ein mehr oder weniger sessiles Spondylium tangens. | Das Spondylium ist stets ein Spondylium simplex. |

squamatus; aber wegen der recht hohen Area, des Spondylium simplex und des grossen ganz offenen Foramens ist es eine echte *Vellamo*. Da die *viruana* eine relativ alte, vom *Clitambonites*-Stamme zeitlich nicht allzuweit entfernte Art ist, so ist auch das Auftauchen der *Clitambonites*-Skulptur hier verständlich. Es ist dies die primitivste bekannte *Vellamo*-Art. Eine andere Art, die *Vellamo oandoensis* n. sp. (Taf. XII, Fig. 16—22), zeigt eine deutlich gewölbte Brachialschale, ist aber im übrigen ganz typisch. Beim Genotyp der *Vellamo* endlich, bei der *Vellamo verneuili*, finden wir eine relativ niedrige Area und ein früh vernarbtes Foramen. Hier ist aber die Vernarbung, unabhängig von *Clitambonites*, als eine phylogerontische Erscheinung entstanden, und der Innenbau steht dabei in einem besonders scharfen Kontrast zum *Clitambonites*.

Nach allem Gesagten sind *Clitambonites* und *Vellamo* voneinander deutlich verschiedene, aber dennoch verwandte Gattungen, und es kann angenommen werden, dass die Abspaltung der *Vellamo* tatsächlich vom *adscendens*-Stamme stattgefunden hat. Als Zwischenglied, welches von *Clitambonites* zu *Vellamo* hinüberführt, kann vielleicht *Clitambonites norvegicus* (Brøgger) [(38), Taf. XI, Fig. 10—14] angesehen werden, wo, bei imbrikater Skulptur und klitambonitenartigem dorsalem Innenbau, ein *Vellamo*-artiger Habitus ausgeprägt erscheint. Für die Ableitung der *Vellamo* kommen dabei die späteren *Clitambonites*-Arten (*schmidtii* und *squamatus*) gar nicht in Betracht, da diese das ventrale Septum rückgebildet haben und daher schon ein Spondylium tangens besitzen.

***Vellamo verneuili* (Eichwald).**

Taf. XIII, Fig. 1, 4; Taf. XIV, Fig. 1—7 b; Textabb. 29, 30.

Orthis verneuili Eichwald (24); Murchison, Verneuil, Keyserling (19); *Orthisina verneuili* (Eichw.) Pahlen (21); *Vellamo verneuili* (Eichw.) A. Öpik (1); Schuchert & Cooper (2).

Es ist diese Art der Typus der Gattung und bedarf daher einer eingehenderen Beschreibung. Eine solche wurde schon z. T. von Pahlen gegeben, doch vereinigte er diese Art mit einer anderen (var. *wesenbergensis* Pahlen), und es blieb auch der Innenbau in mancher Hinsicht dunkel.

Vellamo verneuili ist ein charakteristisches und häufiges Leitfossil der Lyckholm- (F₁-) Stufe Estlands. Die Eichwald-

schen Originale stammen aus dem Steinbruch bei Kõrgesaare auf der Insel Hiiumaa. Die Art kann in jedem Aufschluss der Lyckholmstufe gefunden werden.

Beschreibung. Die Brachialschale ist flach, sogar etwas konkav, und zeigt in der Mittellinie selten eine ganz flache Depression (Taf. XIV, Fig. 4). Die Pedikelschale ist mässig aufgewölbt, mit einer gebogenen, bei jüngeren Exemplaren mässig, bei älteren aber recht stark (Taf. XIV, Fig. 7—7 b) rückwärts



Abb. 29. *Tellamo verniculi* (Eichwald), ein grosses Exemplar, den nasenförmigen Vorsprung am Stirnrande zeigend. $\times 2$ der nat. Grösse. Aus der Lyckholm-Stufe der Insel Hiiumaa.

geneigten Area. Der Umriss ist gewöhnlich rundlich (Taf. XIV, Fig. 3, 4), wobei bei reifen und besonders älteren Exemplaren auf der Pedikelschale ein flacher Sattel zustande kommt und vorne in der Mitte (Taf. XIII, Fig. 4; Textabb. 29) einen nasenförmigen Vorsprung bildet. Diese „Nase“ ist schon von Pahlen (21) richtig erkannt und verwertet worden. An den Areaecken sind die Schalen gewöhnlich etwas eingeschnürt, und es erscheinen die Ecken daher manchmal etwas zugespitzt (Taf. XIV, Fig. 5; Textabb. 29). Die Grösse ist schwankend. Die hochgerontische Schale Taf. XIV, Fig. 7 ist, wegen der über die Schalenrandebene rückwärts geneigten Area, ganze 35 mm lang und 30 mm breit. Die entsprechende Brachialschale wäre, bei

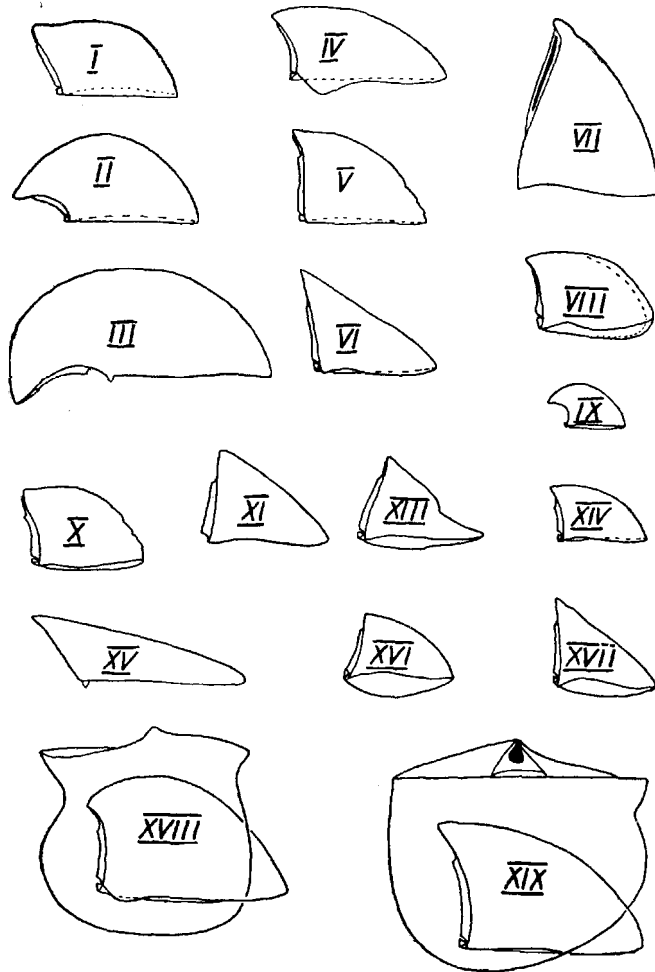


Abb. 30. Längsprofile von verschiedenen *Vellamo*-Formen, alle in nat. Grösse. I—III — *V. verneuli* (I — Taf. XIV, Fig. 4; II — Taf. XIV, Fig. 3; III — Taf. XIV, Fig. 7); IV — *V. wesenbergensis auriculata*, Taf. X, Fig. 6; V — *V. wesenbergensis*, Taf. X, Fig. 5; VI — *V. wesenbergensis*, Taf. X, Fig. 4; VII — *Vellamo phrygia*, Taf. XIII, Fig. 6—7; VIII — *V. ambisulcata*, Taf. XII, Fig. 9; IX — *V. rara*, Taf. II, Fig. 5; X — *V. leigeri*, Taf. XIII, Fig. 5; XI — *V. symmetrica*, Taf. XIII, Fig. 2—3; XII — *Vellamo siturica*, Taf. XII, Fig. 1 (die Brachialschale ist nach Taf. XII, Fig. 2 ergänzt worden); XIV — *V. aniyana*, Taf. XII, Fig. 10; XV — *V. aenigma*, Taf. XIX, Fig. 7; XVI — *V. oandoensis*, Taf. XII, Fig. 12; XVII — *V. oandoensis*, Taf. XII, Fig. 11; XVIII — *Vellamo emarginata* aus dem Keila-Kalkstein von Mehide; XIX — *V. magna*, grosses Exemplar aus dem Keila-Kalkstein von Rakvere.

derselben Breite, nur 20 mm lang gewesen. Das Exemplar Textabb. 29 ist 38 mm (resp. 29 mm) lang und 32 mm breit. Über die Seitenansicht des *V. verneuili* gibt die Textabb. 30 Aufschluss.

Die Asymmetrie (Taf. XIV, Fig. 7b) ist hier gering. Die Skulptur besteht aus rundlichen, quergerieften Rippen, welche sich durch Einschaltung und Spaltung zum Stirnrande hin vermehren. Man zählt ihrer 5 bis 7 (je nach dem Abstand vom Schnabel) auf 5 mm. Die Querriefen sind fast immer abgenutzt.

Die Pedikelöffnung ist bei jungen und reifen Exemplaren gross und offen (Taf. XIV, Fig. 2), während im Alter (Taf. XIV, Fig. 7c) eine weitgehende Vernarbung stattfindet.

Innerlich wird das Spondylium in seiner ganzen Länge durch das Mittelseptum unterstützt. Dieses Septum reicht fast bis zum Vorderrande (Taf. XIV, Fig. 2) und wird im Alter durch sekundäre Schalensubstanz ganz überwachsen (Taf. XIV, Fig. 7 a, 7 b).

Ventrale Gefässabdrücke sind bei *Vellamo verneuili* nicht vorhanden. Nur im hohen Alter (Taf. XIV, Fig. 7 a, 7 b) treten die medianen Hauptstränge hervor. Bei demselben gerontischen Exemplar (Taf. XIV, Fig. 7) sieht man noch auf der Innenfläche eine grubige, maschenartige Zeichnung, welche wohl als Abdruck des geschrumpften Mantels anzusehen ist. Ausserdem ist hier noch eine konzentrische Spur (k) vorhanden, entlang welcher wahrscheinlich die Spaltung der Hauptgefässe in die randlichen Kanäle stattgefunden hat. Sie erinnert an die konzentrischen *vascula arcuata* der Orthiden oder an den Abdruck des dorsalen Knies in der Ventralschale von *Leptestia* [vgl. A. Ö. (5), S. 29], hat aber mit diesen nichts zu tun.

Sehr charakteristische Merkmale der Art (und Gattung) liefert der Innenbau der Brachialschale (Taf. XIV, Fig. 1, 5 und 6; Taf. XIII, Fig. 1 und 4).

Das Chilidium ist stets als ein flacher, breiter Bogen ausgebildet (Taf. XIV, Fig. 6; Taf. XIII, Fig. 1, 4) und bei älteren Exemplaren mit dem Schlossfortsatz verwachsen. Die Krukalplatten sind kurz und niedrig, die Zahngruben mässig tief. Die Nebenzapfen des Schlossfortsatzes treten in seltenen Fällen (Taf. XIV, Fig. 5) deutlich hervor. Der Mittelzapfen trägt immer einen scharfen Kamm (Taf. XIV, Fig. 1). Die Schliessernarben sind mehr breit als lang und in jedem Alter deut-

lich umrandet, wie es aus einem Vergleich der Exemplare Taf. XIV, Fig. 6, 5 und 1 und Taf. XIII, Fig. 4 hervorgeht. Die hinteren Muskelnarben (m in Taf. XIII, Fig. 1) sind immer etwas länger und breiter als die vorderen, und ihr Hinterrand ist längsgestreift. Das Muskelnarbenfeld erreicht bei jüngeren Schalen $\frac{1}{4}$ und bei alten $\frac{1}{3}$ der ganzen Länge der Brachialschale. Dorsale Gefässabdrücke (resp. Wülste) entwickeln sich bei alternden Exemplaren, und zwar in sehr konstanter Art. Sie können sehr kräftig werden (Taf. XIII, Fig. 4), aber sie enden dabei immer sehr weit vom Schalenrande. Dies hängt wohl damit zusammen, dass die viszeralen Gefässe sich ziemlich weit vom Schalenrande in das randliche Gefässnetz spalten. Von den Hauptgefässen sind alle drei Arten (v. *cruralia*, *myaria* und *media*) vorhanden, wobei die *myaren* Wülste immer kräftiger als die anderen erscheinen und linear verlaufen. Die medianen Wülste erscheinen stets als zwei kurze Fortsätze des Mittelseptums.

Bemerkenswert sind die Alterserscheinungen bei *Vellamo verneuili*. Äusserlich kommen sie in der Zunahme der Neigung der ventralen Area (Textabb. 29) zum Vorschein. Innerlich findet dabei eine enorme Kalkausscheidung statt, wobei der subspondyliare Raum ganz ausgefüllt (Taf. XIV, Fig. 7 a, 7 b) und die Schale sehr dick wird. Junge und erwachsene Schalen sind nicht über 1 mm dick, während beim gerontischen Exemplar Taf. XIV, Fig. 7 die Schalendicke 6 mm erreicht. Hier kommt besonders die Ähnlichkeit der *Vellamo* mit Korallen (*Tetracoralla*) zum Vorschein [vgl. A. Öpik (1)]. Auch amerikanische Arten aus dem Oberordovizium zeigen ähnliche Alterserscheinungen [Schuchert & Cooper (2), Taf. XXIX, Fig. 14, *Vellamo diversa*]. Bei den älteren estnischen Arten aber fehlt eine solche Altershypertrophie fast ganz, weshalb man auch in dieser Hinsicht die *Vellamo verneuili* als eine phylogerontische Art bezeichnen kann.

Während der Innenbau von *Vellamo verneuili* als ziemlich stabil zu betrachten ist, unterliegt ihre äussere Gestalt einigen Schwankungen. Besonders variabel erscheint die Krümmung und Grösse der Pedikelarea, es können aber trotzdem keine konstanten Formen auf Grund dieser Schwankungen unterschieden werden.

Vellamo leigeri n. sp.

Taf. XIII, Fig. 5—5 c; Textabb. 29.

Der Artname wird von Leiger, einem mythischen Helden Hiiumaa's, abgeleitet.

Holotyp: die abgebildete ganze, allseitig auspräparierte Schale aus den Kalksteinen der Lyckholm- (F₁-) Stufe von Paluküla, Insel Hiiumaa.

Die Art unterscheidet sich von den anderen *Vellamo*-Arten durch die besonders grossen, lappigen dorsalen Muskelnarben und die feine Berippung. Ganz bedeutend sind die Unterschiede gegenüber der gleichzeitig vorkommenden *Vellamo verneuili* (Eichw.).

| <i>V. leigeri</i> n. sp. | <i>V. verneuili</i> . |
|---|--|
| Brachialschale schwach konvex (Textabb. 29). | Brachialschale konkav (Textabb. 29). |
| Dorsale Muskelnarben die $\frac{1}{2}$ Schalenlänge einnehmend. | Dorsale Muskelnarben bis zu $\frac{1}{3}$ der Schalenlänge reichend. |
| Spondylium relativ gross (Taf. XIII, Fig. 5 a). | Spondylium relativ klein (Taf. XIV, Fig. 2). |
| Ventrales Septum kurz und hoch (Taf. XIII, Fig. 5 a). | Ventrales Septum lang und niedrig. |
| Bis 14 Längsrippen auf 5 mm. | Bis 7 Längsrippen auf 5 mm. |

Beschreibung. Es ist dies offenbar das beste bekannte *Vellamo*-Exemplar überhaupt, da hier die beiden Schalen allseitig auspräpariert vorliegen. Es ist mässig gross (19 mm breit, 15 mm lang und 9 mm hoch) mit aufrechter, etwas gebogener und ein wenig asymmetrisch gedrehter Area.

Die Pedikelöffnung ist klein und ganz offen. Der Schalenriss nähert sich einem Viereck, die Flügel sind schwach zugespitzt. Die schwach konvexe Brachialschale und die Pedikelschale haben beide in der Mittellinie eine flache Depression, weshalb der Vorderrand hier etwas abgestutzt erscheint (bei *verneuili* dagegen ist die Schale vorne „nasut“). Die feinen Längsrippen sind quergestreift. Die Zuwachslamellen am Rande sind deutlich abgesetzt. Innerlich in der Brachialschale fallen

die normalerweise längsgestreiften hinteren Schliessernarben und das ungewöhnlich grosse, lappige Muskelnarbenfeld auf. Die Kruralplatten sind fast rudimentär. Der Schlossfortsatz ist mit dem breiten, aber etwas mehr als bei *Vellamo* gebogenen Chilidium verwachsen. Die Nebenleisten des Schlossfortsatzes sind klein (Taf. XIII, Fig. 5 c). Von Gefässabdrücken sind nur die *vascula cruralia* durch Wülste angedeutet, während die *myaria* und *media* ganz fehlen (die beiden letzteren sind bei *verneuili* dagegen immer vorhanden). Die Pedikelschale ist innerlich durch das grosse, sehr hoch gestellte Spondylium simplex gekennzeichnet. Die relativ kräftigen Schlosszähne sind abgebrochen und haften in den Zahngruben der dorsalen Schale (Taf. XIII, Fig. 5 b).

***Vellamo symmetrica* n. sp.**

Taf. XIII, Fig. 2, 3; Textabb. 29.

Es liegt von dieser Art nur eine einzige, die abgebildete, Pedikelschale aus der Lyckholm-Stufe von Paluküla (Insel Hiiu-maa) vor, welche auch als Holotyp der Art zu bezeichnen ist.

Sie unterscheidet sich durch ihre relative Kürze und Breite (24 mm breit, 17 mm lang und 12 mm hoch), bei einer fast flachen, etwas proklinen (nach vorne geneigten) Area. Die Skulptur besteht aus feinen, querverieften Längsrippen, deren man 9 bis 10 auf 5 mm zählt. Die Pedikelöffnung ist sehr gross und spitz oval.

Die Skulptur ist bei der *symmetrica* feiner als bei *verneuili* und gröber als bei *leigeri*. Ganz eigenartig sind auch die prokline Area und die Breite der Schale. Das vorliegende Exemplar ist streng symmetrisch aufgebaut (daher der Name), doch ist es dabei gar nicht ausgeschlossen, dass bei anderen Exemplaren derselben Art eine Drehung der Area vorhanden sein wird.

***Vellamo sauramoi* n. sp.**

Taf. XIII, Fig. 8, 8 a, 8 b.

Holotyp: die abgebildete, aus der Lyckholm-Stufe (F₁) der Insel Worms stammende ganze Schale. Sie unterscheidet sich durch den relativ tiefen Sinus (Taf. XIII, Fig. 8 a) der konvexen Brachialschale, bei sehr hoher, flacher, mässig geneigter Pedikelarea. Die Skulptur ist relativ grob (bis 8 Längsrippen auf

5 mm) und erinnert an diejenige der *V. verneuili*. Die Ecken der Schale sind etwas zugespitzt. Die Schale ist 12 mm lang, 16 mm breit und die Area erreicht eine Höhe von 12 mm.

Von anderen gleichzeitigen Arten unterscheidet sich diese durch ihren dorsalen Sinus bei grober Skulptur und besonders hoher Area.

Die Art ist nach dem Finder — Prof. M. Sauramo (Helsinki) — benannt worden. Sie kommt in den unteren Schichten der Lyckholm-Stufe und zwar selten vor.

Vellamo phrygia n. sp.

Taf. XIII, Fig. 6, 7; Textabb. 29.

Phrygia — wegen der an eine phrygische Mütze erinnernden Gestalt der Pedikelschale.

Es liegen von dieser Art nur zwei Pedikelschalen aus der Keila-Stufe (D₂) von Saue vor. Der Holotyp ist abgebildet.

Von allen anderen *Vellamo*-Arten unterscheidet sich diese durch ihre ungewöhnlich hohe, konische Pedikelschale mit einer proklinen, *Clitambonites adscendens*-artig geneigten Area. Dabei hat sie eine deutlich entwickelte, fein imbricate Oberfläche. In dieser Hinsicht kann die *phrygia* n. sp. nur mit *Vellamo viruana* Öpik (1) aus den Kukruse-Schichten Estlands verglichen werden. Diese hat aber eine rückwärts geneigte Area und ist bedeutend länger.

Beschreibung: der Holotyp ist 19 mm lang, 24 mm breit und 23 mm hoch. Die Schale ist asymmetrisch, indem die Spitze deutlich gedreht erscheint (Taf. XIII, Fig. 7). Die Skulptur besteht aus feinen Längsrippen (11 auf 5 mm) und sehr regelmässig verlaufenden, feinen, deutlich abgesetzten Zuwachslamellen. Diese sind z. T. abgenutzt und täuschen daher eine *Kullervo*-artige grobe Querriefung vor. Die Area ist fast flach, die Pedikelöffnung ungewöhnlich gross. Auffallend ist der breite Ausschnitt (Arcus chilidialis, „Ac“ in Taf. XIII, Fig. 7) der Pedikelarea, welcher ein ebenso breites Chilidium eingefasst haben dürfte. *Vellamo phrygia* hat wohl unter ihren Gattungsgenossen das breiteste Chilidium besessen. Innerlich ist das Spondylium relativ kurz und wird durch ein, der hohen Schalengestalt entsprechendes, hohes Septum gestützt.

Vellamo wesenbergensis (Pahlen).

Taf. X, Fig. 2—10; Taf. XXX, Fig. 2; Textabb. 29.

Orthisina verneuili wesenbergensis (Pahlen) (21), Taf. IV, Fig. 7—10, S. 37.

Im wesentlichen besteht nach Pahlen der Unterschied der var. *wesenbergensis* von *verneuili* im gleichmässigen, nicht nasuten Umriss, in der mehraufrechten Pedikelarea und in der grösseren relativen Breite der *wesenbergensis*. Auch ist bei der letzteren die Umrandung der dorsalen Muskelnarben bedeutend schwächer als bei der typischen *Vellamo verneuili*. Betrachtet man ferner die Abbildungen der *wesenbergensis* bei Pahlen (21), Taf. IV, so ergibt sich noch, dass die Brachialschale hier in ihrer Mittellinie einen flachen Sinus aufweist. Alle diese Unterschiede beachtend, halten wir die var. *wesenbergensis* (Pahlen) für eine von der *Vellamo verneuili* unabhängige Art, deren andere eigenartige Züge im folgenden beschrieben werden. Diese Trennung der *wesenbergensis* von der *verneuili* ist auch schon früher von Bassler (26) in seinem Verzeichnis der Fossilien Estlands durchgeführt worden.

Den Abbildungen und der Beschreibung bei Pahlen entsprechend, rechnen wir zur typischen *wesenbergensis* unsere Exemplare Taf. X, Fig. 2, 2a, 4a—c, 5a—c, 8, 9 und 10 und Taf. XXX, Fig. 2 (dasselbe Taf. X, Fig. 9). Die Skulptur besteht hier aus quergerieften, runden Rippen, deren man 6—8 auf 5 mm zählt. Sie vermehren sich wie durch Einschaltung so auch durch dichotomische Spaltung, wie dies auf Taf. XXX, Fig. 2 gut zu unterscheiden ist. Die Rippen verlaufen niemals linear, sondern etwas geschlängelt (Taf. X, Fig. 4a), was, verbunden mit ihrer relativen Grobheit, den Schalen ein rauhes Aussehen verleiht. Die Seitenprofile sind Textabb. 29 wiedergegeben, — doch kommen auch etwas stärker geneigte und mehr gekrümmte als die hier abgebildeten Pedikelareas vor. Der dorsale Sinus ist gewöhnlich schwach (Taf. X, Fig. 4) und breit (ebenda Fig. 5), und er beginnt schon am Nabel, wie es bei der jungen Schale Taf. X, Fig. 10 gut zu sehen ist. Die für die Gattung charakteristische Asymmetrie kann hier besonders stark werden, wie wir es am grossen Individuum Taf. X, Fig. 2 beobachten. Sie besteht hier im wesentlichen in der Drehung der Area. Das Spondylium ist relativ kurz.

Der Innenbau der Brachialschale ergibt sich aus Taf. X, Fig. 8. Die ganze Konfiguration erinnert hier an die *Vellamo*

diversa (Shaler) von Anticosti [Twenhofel (27), Taf. XXIII, Fig. 11—14] welche aber kräftigere und grössere Muskelnarben besitzt. Wie bei der *diversa*, so auch bei der *wesenbergensis* ist der Randsaum durch eine konzentrische Rinne von der übrigen Innenfläche getrennt. An Gefässspuren sehen wir hier die schwach ausgebildeten, linearen *vascula myaria*, welche aber länger sind als bei der *verneuili*. Die Brachialschale Taf. X zeigt, zum Unterschied von Fig. 8, abnorm verkürzte Muskelnarben.

Die eben beschriebene Hauptform der *Vellamo wesenbergensis* (Pahlen) ist ein häufiges Fossil in den Schichten der Rakvere-Stufe (E) der Steinbrüche von Rägavere. Als Holotyp der Art ist das Pahlen'sche (21) Exemplar Taf. IV, Fig. 10 a—10 c zu betrachten. Einzelne Schalen können 26 mm lang (Ped.-Schale — 33 mm), 32 mm breit und bis 15 mm hoch werden.

Gleichzeitig mit der Grundform kommt im Rakvere-Kalk noch eine andere *subspecies* vor, welche wir als *Vellamo wesenbergensis auriculata* bezeichnen. Hierzu gehören die Exemplare Taf. X, Fig. 6 a—6 b (Typus), Fig. 7 und Textabb. 29.

Die Schalen dieser Varietät haben etwas feinere Rippen (bis 7 auf 5 mm) als die Grundform und sind dabei etwas breiter. Der dorsale Sinus fehlt hier ganz, die Schalenecken sind ausgezogen und spitz, und es ist hier der Schalenrand ohrenartig (daher *auriculata*) dorsalwärts gebuchtet (Textabb. 29). Beim Holotyp der Varietät ist ausserdem das Foramen vernarbt und klein (Taf. X, Fig. 6). Der Innenbau der Brachialschale ist Taf. X, Fig. 7 wiedergegeben. Hier fallen die recht starken, die Muskelnarben durchquerenden Positionsspuren der Gefässwülste auf. Auch sind hier die medianen Gefässwülste angedeutet.

Der Holotyp ist 10 mm hoch, 28 mm breit (am Schlossrande), seine brachiale Schale ist 21 mm und die Pedikelschale 25 mm lang.

Die beiden — *Vellamo wesenbergensis* und ihre Unterart *auriculata* — können von der älteren *Vellamo magna* abgeleitet werden.

Vellamo magna n. sp.

Taf. XII, Fig. 7, 8; Textabb. 2 und 29.

Holotyp ist die Pedikelschale Taf. XII, Fig. 8, aus der Keila-Stufe (D₂) des Untergrundes der Stadt Rakvere. Die Art kommt vor nur in den mittleren und oberen Schichten der

Keila- (D_2 -) Stufe und wird bei Tuula, Keila, Saue, Rakvere, Kalmu, Mehide und Oando gefunden. Sie ist relativ selten.

Dem Habitus und der Grösse nach nähert sich diese Art der *wesenbergensis* Pahlen. Die *magna* n. sp. hat aber eine feinere Berippung (8—10 Rippen auf 5 mm), sehr zahlreiche sekundäre Spalt- und Einschaltrippen, ist im Durchschnitt etwas länger als die *wesenbergensis* und besitzt ein viel grösseres dorsales Muskelnarbenfeld (Taf. XII, Fig. 7) als diese. Das hintere Muskelnarbenpaar ist stark längsgestreift (bei *wesenbergensis* ist diese Längsstreifung nur selten sichtbar). Die zwischen den vorderen und den hinteren Muskelnarben als Scheide dienenden intermyaren Gefässwülste verlaufen hier in stumpfem Winkel zueinander, der ovalen Form der einzelnen Muskelnarben entsprechend. Bei der *wesenbergensis* aber (Taf. X, Fig. 8) und bei der *verneuili* (Taf. XIII, Fig. 1), gleichwie bei den meisten anderen *Vellamo*-Arten, verlaufen diese Wülste streng parallel zur Schlosslinie. Ferner ist hier auf der Brachialschale ein breiter Sinus vorhanden. Das Spondylium ist kurz (weniger als $\frac{1}{3}$ der Schalenlänge), das Chilidium sehr breit und das Foramen stets offen.

Der Holotyp (Taf. XII, Fig. 8) ist 36 mm breit, 28 mm lang (brachiale Schale) und 16 mm hoch (Area). Das zweite Exemplar (Textabb. 29) ist etwas kürzer (25 mm lang, 35 mm breit und 17 mm hoch). Die Brachialschale Taf. XII, Fig. 7 ist 32 mm breit und 27 mm lang. Endlich ist noch Textabb. 2 ein Schnitt durch die Spitze einer Pedikelschale wiedergegeben, um den Bau eines *Vellamo*-Spondyliums zu illustrieren.

Vellamo emarginata (Pahlen).

Taf. XII, Fig. 4, 5, 6; Textabb. 29.

Orthisina emarginata Pahlen (11), S. 38, Taf. IV, Fig. 16—18; non Schuchert & Cooper (2), Taf. VII, Fig. 16, 29, 30, 32.

Das von Schuchert & Cooper abgebildete Stück, welches aus „Wesenberg quarries“ (= Steinbrüche von Rägavere unweit Rakvere=Wesenberg) stammt, ist ganz sicher nicht *V. emarginata*, sondern *wesenbergensis* Pahlen, — schon deshalb, weil es eine zweimal gröbere Skulptur als die *emarginata* besitzt.

Nach Pahlen hat die *emarginata* 10 bis 12 Längsrippen auf 5 mm, wobei diese ganz glatt, ohne Querriefung zu sein pflegen. Sie soll in der Keila- (D_2 -) und der Rakvere- (E-) Stufe

vorkommen. In der Tat ist sie von D_1 bis D_2 verbreitet, in E fehlt sie aber ganz. Das Vorkommen in der Rakvere-Stufe ist ein Missverständnis, da in der Stadt selbst, in ihrem Untergrunde, die D_2 - (Keila-) Kalksteine anstehen.

Der Innenbau der Pedikelschale ist Taf. XII, Fig. 4 an einem verkieselten, aus D_1 von Pääsküla bei Tallinn stammenden Exemplar zu sehen. Das Spondylium erscheint hier etwas kürzer als bei Pahlen (21), Taf. IV, Fig. 18. Die dorsale Innenfläche ist Taf. XII, Fig. 5 zu sehen. Auch hier ist die typische Einschnürung der Schale an der Area vorhanden, und äusserlich ist auch ein Sinus ausgebildet. Was die Querriefung anbetriift, so scheint diese hier tatsächlich fast zu fehlen. Sie ist in Spuren, besonders in der Nähe des Schalenrandes, zu beobachten.

Vellamo silurica n. sp.

Taf. XII, Fig. 1a, 1b und 2; Textabb. 29.

Holotyp ist die Pedikelschale Taf. XII, Fig. 1a — 1b aus der Porkuni-Stufe (F_2 , Kalkstein von Borkholm), von Porkuni. Es ist dies auch die einzige Fundstelle dieser Art. Der Artname „*silurica*“ ist gewählt, weil diese Stufe (F_2) schon in das Silur (Llandovery) gehört. Die Art hat grobe Längsrippen (7 auf 5 mm), die sich durch Einschaltung vermehren. Die Skulptur erinnert also an die etwas ältere *Vellamo verneuili*, doch ist *silurica* ungewöhnlich breit (25 mm) und kurz (die Länge beträgt 17 mm) und hat eine vorwärtsgeneigte, procline, flache Area (Textabb. 29). Das Mittelseptum ist kurz und dünn, das Spondylium niedrig und kurz. Der Innenbau der Brachialschale (Taf. XII, Fig. 2) weicht ziemlich stark vom üblichen *Vellamo*-Schema ab, indem die mediane Einbuchtung zwischen den Muskelnarben tief, das Septum aber sehr kurz erscheint. Das vordere und das hintere Muskelnarbenpaar sind dabei voneinander nicht abgetrennt, obwohl ihre Umrandung hoch und gefiedert ausgebildet ist. Was das sonderbare Seitenprofil anbetriift (Textabb. 29), so ist hier der Knick in der Pedikelschale durch sprunghafte Änderung im Wachstum zu erklären.

Vellamo defecta n. sp.

Taf. XII, Fig. 3a, 3b.

Holotyp ist die einzige vorhandene, aus der Vasalemma-Stufe von Vasalemma stammende Brachialschale. Es ist dies die

einzigste *Vellamo* und sogar die einzige Form unter den *Clitambonacea*, bei welcher der Schlossfortsatz fehlt. Es ist dieselbe Form, welche schon einmal bei A. Öpik (8), S. 66 erwähnt worden ist.

Die Schale ist mit feinen quengerieften Rippen bedeckt, deren bis 10 auf 5 mm kommen. Der mediane Sinus ist ziemlich kräftig. Die Schale ist schwach konvex, 15 mm lang, 23 mm breit und ist an den Flügeln zugespitzt. Innerlich sind die Muskelnarben schwach angedeutet, das Mittelseptum ist flach und breit und die Kruralplatten nur als kleine, rudimentäre Höckerchen an den Enden des flach gebogenen, breiten Chilidiums sichtbar.

***Vellamo ambisulcata* n. sp.**

Taf. XII, Fig. 9 a, 9 b, 9 c; Taf. XLI, Fig. 3; Textabb. 29 und 31.

Holotyp ist die ganze Schale Taf. XII, Fig. 9 a, 9 b, 9 c und Textabb. 29, aus dem Keila- (D₂-) Kalkstein des Untergrundes der Stadt Rakvere. Es ist dies auch die einzige bekannte Fundstelle dieser Art. Es handelt sich hier um eine ziemlich häufige Form.

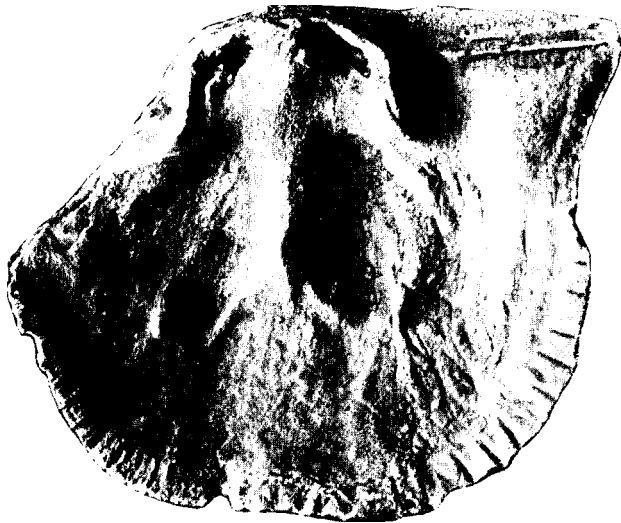


Abb. 31. *Vellamo ambisulcata*, die Innenfläche einer gerontischen Dorsalschale aus der Keila-Stufe (D₂) der Stadt Rakvere. Es fallen hier auf die parallel gestellten Kruralplatten, der kräftige Schlossfortsatz, der sehr grosse nodus principalis und die vertieften Muskelnarben. $\times 5$ der nat. Grösse. Vgl. auch Taf. XLI, Fig. 3.

Der Schalenskulptur nach (6 bis 8 Längsrippen auf 5 mm) nähert sich diese neue Art den *Vellamo wesenbergensis*, *verneuili*, *silurica* und *sauramoi*. Von den ersteren drei unterscheidet sich aber die *ambisulcata* durch die tiefe Einschnürung an der Area, durch die beiderseits (dorsal und ventral) ausgebildeten medianen Furchen (Sinus) und die Einbuchtung am Stirnrande. Gegenüber der *sauramoi* hat die *ambisulcata* eine steiler gestellte, niedrigere und breitere Pedikelarea. Ausserdem hat die erstere nur einen (den dorsalen) Sinus.

Der soeben geschilderte Umriss und die allgemeine Gestalt der *ambisulcata* gleichen fast ganz denen der *Vellamo emarginata*, doch diese besitzt fast zweimal feinere Längsrippen, welche zudem fast glatt erscheinen. Bei der *ambisulcata* sind die Längsrippen dagegen ziemlich grob querverieft. Am nächsten steht der *ambisulcata* die *Vellamo pyramidalis* Pahlen, indem sie eine ähnliche Skulptur und einen Sinus in beiden Klappen hat. Die *pyramidalis* ist aber bedeutend kleiner, weniger eingeschnürt und vorne fast gar nicht eingebuchtet. Ausserdem hat die *ambisulcata* zueinander parallel gestellte Kruralplatten, während letztere bei der *pyramidalis* unter einem rechten Winkel divergieren. Nach allem zu urteilen, kann die *ambisulcata* als ein grosswüchsiges Derivat der *pyramidalis* betrachtet werden.

Der Holotyp (Taf. XII, Fig. 9) ist 15 mm lang (in der Mittellinie, infolge der Einbuchtung — 14 mm), am Schlossrande 20 mm, in der Einschnürung 16 und in der Mitte 18 mm breit und 10 mm hoch. Die Area ist fast flach und aufrecht, die Pedikelöffnung sehr gross und offen. Die Brachialschale ist schwach konvex. Sehr charakteristisch ist das Innere der Brachialschale. Das Chilidium ist breit und flach gebogen und die parallelgestellten Kruralplatten reichen sehr weit nach vorne hinaus (Textabb. 31). Dabei sind die *vascula cruralia* sehr breit, so dass die Muskelnarben stark vorwärts verschoben werden und eine zentrale Stellung einnehmen. Die Narben selbst sind gross, tief und schwach umrandet. Das Mittelseptum ist sehr kräftig. Die Schalen der *Vellamo ambisulcata* sind immer asymmetrisch.

Vellamo oandoensis n. sp.

Taf. XII, Fig. 11 a — 14; Taf. XXX, Fig. 1, 3; Textabb. 29.

Holotyp ist die ganze Schale Taf. XII, Fig. 11 a — 11 c und Textabb. 29 XVII aus den Oando-Schichten (D₃) des Unter-

grundes der Stadt Rakvere. Ausserdem kommt die Art vor bei Oando und im Vasalemma- (D_3 -) Kalkstein von Vasalemma, Tuula, Ohtu, Jõgisoo und Uksnurme. Es ist dies ein sicheres Leitfossil wie in der Oando- so auch in der Vasalemma-Fazies der D_3 -Schichten Estlands.

Die *Vellamo oandoensis* unterscheidet sich von allen anderen Arten durch die relativ starke Konvexität der Brachialschale, welche ausserdem mit einem Sinus versehen ist. Dabei ist sie relativ sehr breit, hat eine flache, aufrechte oder etwas prokline (Taf. XII, Fig. 12; Textabb. 29 XVI) Pedikelarea und ein offenes Foramen. Die Skulptur besteht aus Längsrippen, deren 8—10 auf 5 mm kommen. Auch Querriefung ist vorhanden. Die Schalen sind immer etwas asymmetrisch gebaut.

Dimensionen:

| | Länge | Breite | Areahöhe | |
|-------------------------------------|-------|--------|----------|---|
| Holotyp, Taf. XII, Fig. 11 a, 11 b | 14 mm | 19 mm | 11,5 mm | Die Spitze ist verdreht, Area aufrecht |
| Taf. XII, Fig. 12; Textabb. 30 XVI | 15 „ | 20 „ | 9 „ | Prokline Area |
| Taf. XII, Fig. 13; Textabb. 30 XVII | 14 „ | 19 „ | 9 „ | Area aufrecht. Die Spitze etwas geknickt. |

Die grösste Breite liegt immer hinter der Schlosslinie, wodurch der charakteristische breit-elliptische Umriss (Taf. XII, Fig. 14) erzeugt wird.

In der Brachialschale (Taf. XII, Fig. 14, dasselbe Ex. Taf. XXX, Fig. 1) ist das Septum kurz, die Muskelnarben sind von mässiger Grösse und schwach entwickelt. Von Gefässabdrücken sind nur die *vascula myaria* sichtbar. Die Kruralplatten sind kurz und dünn. Eine andere, etwas abweichende Brachialschale ist Taf. XXX, Fig. 3 dargestellt. Sie hat nämlich einen grösseren Anker, indem das Chilidium mehr aus der Schlosslinie nach aussen hervorragt und seitlich etwas geknickt erscheint.

Vellamo anijana n. sp.

Taf. XII, Fig. 10; Textabb. 29.

Holotyp ist die abgebildete ganze Schale aus den D_1 -Schichten (Jõhvi-Stufe) von Anija. Es ist das einzig vorhandene Exemplar dieser Art.

Die *V. anijana* unterscheidet sich von den übrigen Arten durch ihre besonders grobe Skulptur (4—5 Rippen auf 5 mm). Die Rippen verdicken sich zum Rande hin sehr rasch. Die Brachialschale ist etwas konkav, die Pedikelarea aufrecht und etwas gebogen. Die Schale ist unsymmetrisch.

Am nächsten steht ihr die *Vellamo simplex* (= *V. pyramidalis simplex*) A. Öpik (1), S. 217, Taf. XIX, Fig. 219 und 227. Die *simplex* hat aber feinere Rippen und eine etwas konvexe Brachialschale.

Die abgebildete Schale der *anijana* ist 12 mm lang, 19 mm breit und 7 mm hoch, also bedeutend grösser als die der *simplex*.

Vellamo simplex A. Ö.

Taf. XI, Fig. 3 a, 3 b.

V. pyramidalis simplex A. Öpik (1), Taf. XIX, Fig. 219, 227 und S. 217.

Es wird hier zur Ergänzung der ursprünglichen Beschreibung eine kleine, ganze Schale abgebildet, um die Querriefung zu illustrieren, welche bei anderen *Vellamo*-Arten zum grössten Teil ganz abgenutzt ist. Ausserdem sehen wir hier an den Kanten der Area ungewöhnlich stark abgesetzte Zuwachsstufen, was offenbar einer unvollkommenen Imbrikation der Schale entspricht. Sonst liegen die Zuwachslamellen dicht übereinander, nur die Längsrippen erscheinen etwas ausgehöhlt: Die Art kommt vor in der Kukruse-Stufe (C_2 — C_3).

Vellamo pyramidalis (Pahlen).

Taf. XI, Fig. 4, 5.

Orthisina pyramidalis Pahlen (21), S. 39. *Vellamo pyramidalis* (Pahlen) A. Öpik (1), S. 213.

Wir bilden hier zwei Brachialschalen ab, eine ephebeische (Fig. 5) und eine gerontische (Fig. 4), bei welchen die hier in charakteristischer Weise etwas abgekürzten hinteren Schliessmuskelnarben hervortreten. Es ist dies eine bedeutende Abweichung von der typischen Ausbildung der Muskelnarben bei *Vellamo verneuili*. Es ist ein Zug, der an *Clitambonites* erinnert, was ja verständlich ist, da *V. pyramidalis* zeitlich den Klitamboniten näher steht, als die phylogerontische *Vellamo verneuili*. Im übrigen ist, bis auf das breite, sanft gebogene Chilidium, die *pyramidalis* eine echte *Vellamo*.

Es sind hier auch die Nebenleisten des Schlossfortsatzes ganz deutlich entwickelt, besonders in Taf. XI, Fig. 4.

***Vellamo parva* A. Öpik (I).**

Taf. XI, Fig. 2 a, 2 b.

Diese Art wurde auf Grund einer einzigen Brachialschale [A. Öpik (I), S. 119] aufgestellt. Hinzu kommt jetzt noch die hier abgebildete ganze Schale aus den Idavere-Schichten (C_3) der Kukruse-Stufe von Alliku. Die Skulptur besteht aus feinen Rippen (bis 5 auf 2 mm), an denen, obwohl sie abgenutzt sind, noch Spuren einer Imbrikation erkennbar sind. Die Schale ist 11 mm lang, 14 mm breit und hat eine 7 mm hohe Area. Die Brachialschale ist gewölbt und führt einen Sinus. *Vellamo parva* gehört zu jenen Arten der *Vellamo*, bei welchen die hinteren Muskelnarben der Dorsalschale ausnahmsweise kürzer sind als die vorderen.

***Vellamo rara* n. sp.**

Taf. II, Fig. 5 a, 5 b; Taf. XI, Fig. 1 a, 1 b; Textabb. 29.

Holotyp ist die Brachialschale Taf. XI, Fig. 1 a, 1 b aus den C_3a -Schichten der Kukruse-Stufe. Sie unterscheidet sich durch ihre zarte, durchscheinend dünne Schale ohne eine Spur von Muskelnarben oder Gefässabdrücken. Das Chilidium ist vorne flach abgestutzt; der mit dem Chilidium verwachsene Schlossfortsatz trägt eine mediane Furche, — dies ist der einzige bekannte Fall einer solchen Furche unter den *Vellamo*-Arten. Die Kruralplatten sind kurz, hoch, scharfkantig und dünn. Das rundliche Medianseptum ist vorne mehrmals der Länge nach zerschnitten. Die Schale ist mässig konvex, trägt einen schwachen Sinus und feine, sehr fein querveriefte Längsrippen (12 auf 5 mm). Einige dieser Rippen sind stärker als die anderen und können als Hauptrippen bezeichnet werden. Die Rippen vermehren sich durch wiederholte Spaltung und Einschaltung. Die Schale ist 15 mm lang und 20 mm breit.

Zur selben Art gehört auch die Taf. II, Fig. 5 a, 5 b abgebildete kleine (12 mm breite und 9, resp. 11 mm lange) ganze Schale, da sie mit dem Holotypus die gleiche Skulptur aufweist. Die Pedikelarea ist hier stark gekrümmt (Textabb. 29) und die Δ -Öffnung ganz offen; die Schale ist auch stark asymmetrisch. Es scheint hier aber die Einbuchtung des Schalenrandes nicht die übliche *Vellamo*-Asymmetrie, sondern eine pathologische Erscheinung zu sein.

***Vellamo aenigma* n. sp.**

Taf. XIX, Fig. 7, 8a—8c; Textabb. 29.

Es liegen von dieser Art nur zwei verkieselte Pedikelschalen vor aus der Porkuni-Stufe (F_2 , unteres Llandovery), aus der Umgebung von Porkuni (Borkholm). Holotyp ist das Taf. XIX, Fig. 8a—8c und Textabb. 29 dargestellte Exemplar. Es ist 30, resp. 22 mm lang und 30 mm breit, gehört also einem grossen und relativ langen Individuum an. Die flache Area ist rückwärts geneigt, die Skulptur besteht aus feinen (10 bis 12 auf 5 mm) Längsrippen. Das Mittelseptum ist abgerundet und schwach entwickelt, das Spondylium kurz und niedrig gelegen. Seitlich am Spondylium (Taf. XIX, Fig. 8c) befinden sich die mächtigen lateralen Knoten der *vascula spondyliaria*, welche bisher bei *Clitambonites*, nicht aber bei *Vellamo* beobachtet worden sind. Das Foramen scheint hier apikal gelegen zu sein (Taf. XIX, Fig. 7), was ebenfalls einen Sonderfall darstellt. Vorläufig kann diese Art mit keiner anderen *Vellamo* sicher verglichen werden. Wegen der grossen Länge, der relativ kleinen Area und des schwachen Septums können nähere Beziehungen zu *Vellamo verneuili* erwartet werden.

Gen. *Clinambon* Schuchert & Cooper.

Anomites Schlotheim (28); *Orthis* v. Buch (18);
Orthisina d'Orbigny (20); *Orthis* Verneuil (19); Kutorga (30);
Orthisina Davidson (29); *Orthisina* Pahlen (21);
Clitambonites Hall & Clarke (11); *Clinambon* Sch. & C. (2).

Der Genotyp der Gattung *Clinambon*, *Anomites anomala* Schlotheim 1822, ist jetzt seit mehr als 100 Jahren bekannt und ist im Laufe dieser Zeit von allen Autoren richtig bestimmt und erkannt worden, weil diese Art in ihrem Bauplan und Habitus kein auch nur annähernd ähnliches Seitenstück unter den sämtlichen Brachiopoden hat. Wegen des Spondyliums und des vollständigen Ankers ist es eine echte Klitambonitidengattung und -art, welche mit dem Genotyp des *Clitambonites*, mit *C. ascendens*, in der proklinen Pedikelarea einen gemeinschaftlichen Zug besitzt.

Die wichtigsten Unterscheidungsmerkmale der Gattung *Clinambon* sind: 1) die in allen Altersstufen procline, nach vorne geneigte Pedikelarea; 2) die ungewöhnlich breite, flach gelegene Brachialarea; 3) die flache, sattelförmige dorsale Aufwöl-

bung, kombiniert mit einem mehr oder weniger deutlichen medianen Sulcus; 4) das seitlich eingeschnürte Spondylium.

Schuchert & Cooper (2) leiten den *Clinambon* von der *Vellamo* ab. Doch es fehlen dem *Clinambon Vellamo*-artige Züge. Die Ähnlichkeit der beiden Gattungen beruht eigentlich nur auf Merkmalen, die allen Klitambonitiden eigen sind und zu *Clitambonites* und *Apomatella* zurückführen. Die bei *Clinambon* auftretende Imbrikation weist auf eine nähere Verwandtschaft mit *Clitambonites*, die procline Area — auf eine solche mit *Clitambonites* und *Apomatella* hin. Aber die procline Area ist ausserdem ein Merkmal neanischer und noch jüngerer Klitambonitenexemplare, sie fehlt bei keiner einzigen Art und muss daher überhaupt als eine Eigenschaft der Urklitamboniten angesehen werden. Das Studium junger *Clitambonites*-Schalen [vgl. A. Öpik (1), S. 202] zeigt jedoch auch, dass „die jüngsten Nabellamellen aller Klitambonitiden mehr oder weniger dieselbe, aus wenigen runden, quergestreiften Rippen bestehende Skulptur tragen“. Auch *Clinambon* zeigt dieselbe Bauart, indem seine Jugendlamellen *Apomatella*-artig ausgebildet erscheinen. Der Innenbau der dorsalen Schale endlich zeigt originelle Züge, besonders die Gestalt des Muskelnarbenfeldes, welche nicht auf *Vellamo* und auch nicht auf *Clitambonites* zurückgeführt werden kann. Nach allem Gesagten halten wir es daher für sehr wahrscheinlich, dass *Clinambon* eine besondere Abzweigung des *Apomatella*-Stammes darstellt. Seine Entwicklung hat sich ausserhalb des Ostbaltikums vollzogen. Wir kennen nur die eingewanderten Zweige dieses Stammes in Form von *Clinambon inflatus* n. sp. und *C. anomalus* mit seinen Varietäten.

***Clinambon anomalus* (Schlotheim).**

Taf. I, Fig. 3, 4; Taf. XIV, Fig. 8, 8 a, 8 b; Taf. XV; Taf. XVI, Fig. 1—3; Taf. XVII, Fig. 1, 1 a—1 e; Taf. XX, Fig. 1; Taf. XXXVIII, Fig. 4; Textabb. 32.

Das von Schlotheim (28), Taf. XIV, Fig. 2 a—2 c abgebildete Exemplar stammt ganz zweifellos aus den D₂-Schichten (Keila-Stufe) Estlands. Die Identifizierung ist völlig sicher, obwohl beim genannten Stück die Area nicht freigelegt worden ist, sondern vom Gestein umhüllt erscheint (Fig. 2, 2 a, 2 c und S. 65 bei Schlotheim). Die Schlotheim'sche Fig. 2 d stammt offenbar von einem zweiten, grösseren Exemplare, da es in der Zeichnung breiter als das andere erscheint. Diese Zeich-

nung ist auch naturgetreuer ausgeführt und soll daher in erster Linie als der Holotyp der Art bezeichnet werden. Jedoch soll nach Schlothheim selbst nur ein einziges Exemplar in seinen Händen gewesen sein. Nach den Abbildungen zu urteilen, ist der Holotyp von gerontischem Alter.

Die Art beginnt in den mittleren Schichten der Jöhvi-Stufe (D_1) und verschwindet in den untersten Lagen der Vasallemma-Stufe (D_3). Die Art ist aber während dieses Zeitraumes nicht ganz konstant geblieben, und man kann sie daher in einige, ziemlich schichtbeständige Unterarten gliedern. Unsere Darstellung beginnen wir hier mit der Grundform, welche in die Keila-Stufe (D_2) gehört und in ganz Estland reichlich vorkommt.

Bei Saue, Pääsküla, Lilli, Rakvere und Oando kann der *Clinambon anomalus* (forma typica) in den D_2 -Schichten massenhaft gesammelt werden. Äusserlich gut erhaltene Exemplare sind aber selten, da die ausgewitterten Stücke immer abgenutzt und abgerieben erscheinen. Ausserdem ist die Skulptur nur bei jungen Schalen erhalten, bei älteren aber findet man sie nur am Schalenrande, da offenbar schon zu Lebzeiten die Nabelregion sich z. T. abnutzte und auflöste. Zur Grundform gehören die Exemplare Taf. I, Fig. 3, 4; Taf. XIV, Fig. 8—86; Taf. XVI, Fig. 2, 3; Taf. XVII, Fig. 1—1 e; Taf. XX, Fig. 1; Taf. XXXVIII, Fig. 4.

Die Skulptur besteht aus feinen, runden, querverriefen Rippen (Taf. XX, Fig. 1), deren man am Nabel bis 15, mehr zum Rande hin aber 11 bis 8 auf 5 mm zählt. Gewöhnlich liegen die Zuwachslamellen dicht übereinander, doch am Schalenrande (Taf. XX, Fig. 1) findet eine Auflockerung und Imbrikation der Lamellen statt. Die äussere Gestalt der Grundform ergibt sich aus Taf. XIV, Fig. 8—86, Taf. XVII, Fig. 1—1 e und Textabb. 32 I—32 II.

Die Area ist in allen Lebensaltern proklin, also zum Stirnrande hin geneigt, so dass der ventrale Gipfel nur etwas hinter die Schalenmitte zu liegen kommt. Die ventrale Area erscheint dabei immer fast ganz flach, falls man die schwache, allen Klitambonitiden eigene sigmoidale Krümmung unbeachtet lässt. Der Areawinkel ist immer sehr stumpf. Die dorsale Area ist hier ungewöhnlich kräftig und kann in dieser Hinsicht als ein Gattungsmerkmal betrachtet werden. Infolge der grossen Breite der dorsalen und infolge der Proklinität der ventralen Area erscheint die dorsale Schale immer beträchtlich länger

als die ventrale. Die Dimensionen (in mm) erhalten wir aus der folgenden Tabelle:

| | Breite am Schloss- rande | Länge | | | Höhe | Rippen- zahl am Rande auf 5 mm |
|--|-----------------------------------|---------|----------|------------------|------|---|
| | | dorsale | ventrale | Ventrale Area | | |
| 1. Junges Individuum, nicht abgebildet | 30 | 18 | 16 | 2 | 9 | 12 |
| 2. Ganzes Ex. (Skulpt. Taf. XX, Fig. 1) | 36 | 26 | 23 | 3 | 14 | 10 |
| 3. Ganze Schale Taf. XIV, Fig. 8 | 38 | 31 | 25 | 6 | 20 | 9 |
| 4. Ganze Schale Taf. XVII, Fig. 1—1 e | 44 | 35 | 29 | 6 | 22 | 9 |
| 5. Ganze Schale Text- abb. 32 I, II | 44 | 42 | 33 | 9 | 26 | 9 |
| 6. Pedikelschale Taf. XVII, Fig. 3 | 47 | (47) | 37 | (10) | — | |
| 7. Ganze Schale Text- abb. 32 III | 41 | 42 | 36 | 8 | 25 | 7 |

Alle gemessenen Schalen stammen aus den D₂-Schichten des Untergrundes der Stadt Rakvere. Bei der gemessenen Schale Nr. 6, welche auch die grösste unter den vorhandenen ist, sind die dorsalen Dimensionen in Klammern gesetzt, da sie nicht vermessene, sondern interpolierte Zahlen sind. Die Schale 7 ist etwas schmaler, als man nach den übrigen Dimensionen erwarten könnte. Der Unterschied ist aber gering. Dieselbe Schale ist auch Textabb. 32 III von der dorsalen Seite abgebildet, um auf Grund der Zuwachslamellen die Änderungen der Gestalt während des Wachsens zu illustrieren.

Dimensionen der Zuwachslamellen (Wachstumsgesetz) von
Climacoma anomalus (Textabb. 32 III).

| | a | b | c | d | e | f | g | h | i | k |
|------------|-----------------------------------|----|-----------------------------|----|----|-----------------------------|----|----|----|----|
| Breite (B) | 13 | 15 | 24 | 30 | 34 | 36 | 38 | 40 | 41 | 41 |
| Länge (L) | 7 | 9 | 14 | 19 | 22 | 30 | 33 | 38 | 40 | 42 |
| B — L | 6 | 6 | 10 | 11 | 12 | 6 | 5 | 2 | 1 | —1 |
| | B und L wachsen gleich schnell | | B wächst schneller als L | | | L wächst schneller als B | | | | |
| | neanisch | | ephebisch | | | gerontisch | | | | |

Die vorstehende Tabelle zeigt, dass man bei *Clinambon-anomalous* drei Perioden des Wachstums unterscheiden kann. Anfangs bleibt die Differenz zwischen Breite und Länge auf gleicher Höhe, dann steigt diese Differenz zugunsten der Breite; schliesslich, im hohen Alter, wächst die Schale nur noch in die Länge. Ungefähr dasselbe Bild erhält man, falls die Differenzen durch $B:L$ ersetzt werden. Die Grenzen der Altersstadien sind dabei in der Tabelle etwas nach rechts verschoben worden, weil die Ausbildung des Inneren sich gegenüber dem Habitus gewöhnlich etwas verspätet. Ausserdem schwanken diese Grenzen je nach dem Individuum ziemlich stark.

Der Umriss junger und ephebischer Schalen ist trapezoidal, indem die grösste Breite an der Schlosslinie liegt. Ältere Schalen aber werden fast quadratisch (Textabb. 32 II). Es gibt auch gerontische Schalen, bei welchen die Schlosslinie noch immer breit genug ist und welche den trapezförmigen Umriss beibehalten haben.

Die Wölbung der dorsalen Schale ist noch im ephebischen Alter relativ gering. Die Ausbildung der gerontischen Lamellen verursacht eine bedeutende Zunahme der Wölbung im vorderen dorsalen Schalenteil (Textabb. 32 II).

Der Schalenrand ist vorne dorsalwärts eingebuchtet (Taf. XIV, Fig. 8a; Taf. XXII, Fig. 1e), und diese Einbuchtung wächst mit dem Alter ziemlich stark. Dadurch werden auch ein flacher, breiter dorsaler Sattel und ein Sinus auf der ventralen Schale ausgebildet. Aber in der Mittellinie der Brachialschale ist stets eine mehr oder weniger deutliche, schmale mediane Depression vorhanden (Taf. XVII, 1e). Den dorsalen Sattel könnte man auch als „Pseudojugum“ bezeichnen, da er durch eine Einbuchtung des Schalenrandes, nicht aber durch eine richtige Aufwölbung der Schalenfläche entsteht.

Die Area ist relativ grob vertikal gestreift, ganz wie es bei der älteren Unterart *praecedens* Taf. XV, Fig. 2a dargestellt ist. Diese Streifung ist fast bei allen Klitambonitiden vorhanden, bleibt aber dabei immer sehr fein.

Die Schalenöffnung ist durch die \mathcal{A} -Platte und das Chilidium ganz geschlossen. Die Artikulation wird durch die übergreifende Lage des Pseudodeltidiums über dem Chilidium (Textabb. 32 I) ermöglicht.

Das Foramen vernarbt schon in der frühesten Jugend (Taf. XXXIX, Fig. 2).

Den Innenbau erläutern Taf. XVII, Fig. 1 a, 1 d, Taf. XVI, Fig. 1—3, Taf. XXXVIII, Fig. 4, Taf. I, Fig. 4, 4 und Textabb. 10.

Das Spondylium ist ein echtes Spond. simplex, durch ein bis zum Nabel reichendes Septum unterstützt (Taf. I, Fig. 3). Das Septum besteht hier aus verknüllten Lamellen, die eine Entzifferung der Morphogenese des Spondyliums nicht gestatten. Dass das Septum aber durch Verschmelzung der lateralen Zahnstützen entstanden ist, geht daraus hervor, dass man die Schale *Pentamerus*-artig durch das Septum und Spondylium hindurch zerspalten kann (Taf. XXXVIII, Fig. 4). Allerdings fehlt hier die pentameroide interseptale Lamelle, so dass das Septum nicht doppelt, sondern einfach erscheint. Charakteristisch ist am Spondylium die seitliche Einschnürung (Taf. XVII, Fig. 1 a—1 c), welche im Alter besonders kräftig wird (Taf. XVI, Fig. 3). Durch diese Einschnürung zerfällt das Spondylium in eine vordere und eine hintere Kammer. Die vordere Kammer ist innerlich grob längsgestreift (Taf. XVI, Fig. 3 und Taf. XVII, Fig. 1 b), der Rand der hinteren Kammer besitzt seitlich je einen ohrenartigen Lappen (Taf. XVII, Fig. 1 b). Die Innenseite der *A*-Platte trägt das Längsseptum (Taf. XVII, Fig. 1 a—1 c) und die innere foraminale Narbe (Taf. XVII, Fig. 1 a). Das ventrale Gefässnetz gleicht dem von *Clitambonites* s. str. Die Wülste der *vascula media* schmiegen sich dicht an das mediane Septum (Taf. XVII, Fig. 1 c), ganz wie es bei *Clitambonites squamatus* (Taf. XX, Fig. 2) der Fall ist. Die *vascula myaria* entspringen an einem Knoten seitlich vom Spondylium (Taf. XVII, Fig. 1 a), also ganz wie bei den übrigen Klitambonitiden (vgl. *Vellamo aenigma*, Taf. XIX, Fig. 8 c; *Iru concava*, Taf. IV, Fig. 3). Die Spaltung der Hauptgefäße in das randliche Netz erfolgt entlang einer randlich gelegener Schwelle.

Der dorsale Anker ist eigenartig gestaltet (Taf. XVII, Fig. 1 d; Taf. XVI, Fig. 1). Die Crura sind kurz und liegen auf den Wülsten der *vascula cruralia* (Textabb. 10). Die Öffnernarben sind durch das schräge Chilidium verdeckt. Der Schlossfortsatz ist dünn und sehr hoch. Die Zahngruben sind flach. Rechts und links vom Chilidium, seinen Kanten entlang, verlaufen die Positionsstreifen der Zahngruben. Die hinteren Schliess-

muskelnarben sind kurz, die vorderen etwas länger. Diese letzteren sind vorne eigenartig eingebuchtet. Das Mittelseptum ist hoch und schmal. Das Gefässnetz (Textabb. 10) entspricht dem üblichen *Clitambonites*-Schema, nur verzweigen sich die Hauptgefässe stärker als bei *Clitambonites* und auch das Netz der *vascula cruralia* ist hier grösser. Ausserdem verläuft zwischen den hinteren Muskelnarben und dem Anker, gewöhnlich durch die stark hervorragenden Wülste der *vascula cruralia* verdeckt, nach links und rechts noch ein Paar Wülste, die sich als die äusseren Zweige der *v. myaria* weiter fortsetzen.

Die Mikrostruktur des Schlossfortsatzes ist sehr bemerkenswert (Taf. I, Fig. 4). Es ist dies ein in die Schalensubstanz eingetauchtes Septum, welches von hinten nach vorne hin transgrediert. Es besteht dabei aus von rechts und links übereinander

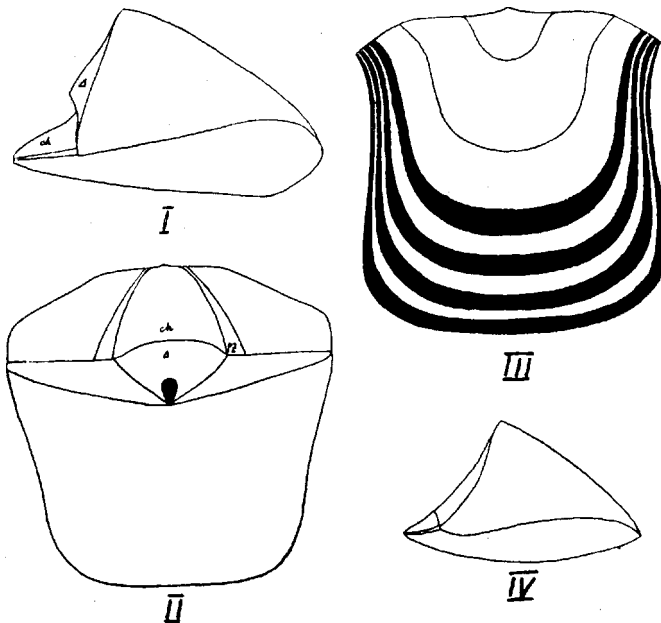


Abb. 32. Schemata zu *Clinambon*. I und II. Ein gerontisches Exemplar von *C. anomalus* aus dem Keila-Kalkstein der Stadt Rakvere. Die Area der Brachialschale ist ungewöhnlich gross. — III. Die Zuwachslamellen eines gerontischen Exemplars von *Clinambon anomalus*, die Zunahme der relativen Schalenlänge illustrierend. D₂ von Rakvere. Vgl. die Tabelle auf S. 120, unten. — IV. Seitenprofil von *Clinambon anomalus praecedens*, Taf. XV, Fig. 2. — Alles in nat. Grösse. *a* — Deltoidalplatte; *ch* — Chilidium; *pz* — Positionsspur der Zahngruben.

alternierend gelagerten Lamellen, so dass in seiner Mitte eine eigenartige Naht zustandekommt. Allerdings sind auch bei einigen anderen Klitamboniten und sogar bei Plektambonitiden ähnliche Verhältnisse zu beobachten.

Neben dem Hauptzapfen des Ankers bestehen auch die schwächer entwickelten Nebenzapfen, welche aber nur an jungen Exemplaren (Taf. XVI, Fig. 2), wo das Chilidium noch klein ist, zu sehen sind.

Die ältere Varietät aus den Schichten der Jöhvi-Stufe (D_1) bezeichnen wir als *Clinambon anomalus praecedens* (Taf. XV, Fig. 1 a — 1 c, 2 a — 2 d; Textabb. 32 IV). Holotyp ist das ganze Exemplar Taf. XV, Fig. 2 a — 2 d aus den D_1 -Schichten von Peetri. Äusserlich unterscheidet sich diese Varietät von der Grundform durch die deutlich konkav gebogene Area und die stärkere Imbrikation der Aussenfläche. Innerlich (Taf. XV, Fig. 1 b — 1 c) sind die Crura kürzer und die als Stützen der Crura dienenden Wülste der *vascula cruralia* sind schwächer als bei der Grundform.

Die zweite Varietät, *Clinambon anomalus postumus* (Taf. XV, Fig. 3 a — 3 c — Holotyp, und Taf. XVI, Fig. 1) kommt in den untersten Schichten der Vasalemma-Stufe vor und ist dort sehr selten. Die Pedikelarea ist hier sogar etwas konvex und der dorsale Sinus erscheint stärker ausgeprägt als bei der Grundform (Taf. XV, Fig. 3 c). Innerlich ist die Brachialschale ganz typisch ausgebildet, nur ist das Relief sanfter.

Clinambon inflatus n. sp.

Taf. XVII, Fig. 2 a — 2 c; Taf. XVI, Fig. 3.

Holotyp ist das ganze Exemplar Taf. XVII, Fig. 2 a — 2 c aus der Jöhvi-Stufe (D_1) vom Flusse Pääsküla bei Tallinn. Die Schale ist 29 mm breit, 30 mm lang und 22 mm dick. Von *anomalus* unterscheidet sich diese Art durch ihre relativ aufrechte Area und ihre sehr stark gewölbte Brachialschale (Taf. XVII, Fig. 2 c). Innerlich hat sie ein breites Spondylium (Taf. XVII, Fig. 2 b) — breiter als bei *anomalus*, und sehr kleine, kaum bemerkbare Kruralplatten. Taf. XVI, Fig. 3 ist ein zweites Exemplar — eine Pedikelschale — von innen abgebildet, um die grosse foraminale Narbe zu zeigen. Ein Deltidialseptum fehlt bei dieser Art.

Die Art ist selten und kommt vor in der Jöhvi- (D_1 -) Stufe bei Aluvere und in der Keila- (D_3 -) Stufe bei Saue und Pääsküla.

Gen. *Ilmarinia* n. gen.

(Ilmarinen — ein Name aus der finnischen Mythologie.)

Genotyp: *Orthisina sinuata* Pahlen, aus den oberen Schichten der Lyckholm- (F₁-) Stufe. Typische Schichten sind die des oberen Lyckholms, typische Lokalität — Kūti (bei Pahlen: Kurküll).

Von anderen Klitambonitiden unterscheidet sich *Ilmarinia* n. gen. durch ihren tiefen ventralen Sinus, dem ein dorsaler Sattel entspricht. Bei allen anderen Klitambonitiden sind die Verhältnisse umgekehrt, indem bei ihnen die dorsale Schale (falls vorhanden) einen Sinus aufweist. Eine gewisse Ähnlichkeit ist mit *Clinambon* vorhanden (das „Pseudojugum“), doch hat die letztere Gattung ein eingeschnürtes Spondylium, ein vernarbtes Foramen und eine sehr grosse dorsale Area, während bei *Ilmarinia* das Spondylium nicht eingeschnürt ist, das Foramen gross und offen bleibt und die dorsale Area nur als ein enger Streifen ausgebildet erscheint. Diese drei letztgenannten Merkmale führen zu *Vellamo*, bei welcher Gattung aber der dorsale Sattel fehlt. Ausserdem ist bei *Ilmarinia* das dorsale Muskelnarbenfeld z. T. *Clitambonites*-artig ausgeprägt.

Auch *Ilmarinia* kann als eine Abzweigung von *Apomatella* betrachtet werden.

Bei uns erscheint die Gattung in der Vasalemma-Stufe (D₃) mit *Ilmarinia dimorpha* n. sp., es folgt *I. sinuata* (Pahlen) in F₁ und schliesslich *I. ponderosa* n. sp. in der schon ins Llandovery zu rechnenden Porkuni-Stufe (F₂). Es sind dies nur Fragmente einer einheitlichen Reihe, da der zwischen D₃ und F₁ gelegene Rakvere-Kalk kein einziges hierzu zu rechnendes Stück geliefert hat.

Ilmarinia sinuata (Pahlen).

Taf. XIX, Fig. 1 a — 4; Textabb. 26.

Orthisina sinuata Pahlen (21), S. 44.

Holotyp (Lektotyp) ist die Schale Fig. 1 a — 1 d bei Pahlen (21), S. 44, welcher unser Exemplar Taf. XIX, Fig. 1 a — 1 d entspricht.

Es ist dies eine grosse Art, — bis 30 mm lang, bis 40 mm breit und bis 13 mm dick. Die Pedikelarea ist aufrecht und ganz flach, das Foramen (Taf. XIX, Fig. 1 b) dreieckig, gross und offen, das Chilidium — *Vellamo*-artig breit. Der Umriss ist fast vier-eckig und mehr breit als lang. Die Ecken sind etwas zugespitzt.

Die Skulptur besteht aus runden, dichtgestellten Längsrippen, deren man am Rande 6, am Nabel aber bis 11 auf 5 mm zählt. Die Nabelregion der Brachialschale ist ganz flach, das Jugum (Sinus-Sattel) kräftig ausgebildet. Im Inneren der Pedikelschale hat man ein kurzes, breites und tiefes Spondylium, welches durch ein hohes, kurzes Septum gestützt wird. Den Schalenrand entlang verläuft die abgerundete Schwelle (Taf. XIX, Fig. 2).

In der Brachialschale (Taf. XIX, Fig. 3) fehlen die Kruralplatten ganz und die Haftstellen der Armspiralen sind neben den Zahngruben kaum zu unterscheiden. Die Zahngruben sind ziemlich kräftig und von einem feinen, erhabenen Wall umgeben. Die hinteren Schliessernarben sind kurz, die vorderen bedeutend länger und grösser und das ganze Muskelnarbenfeld ist von knotigen Gefässwülsten umgeben. Das Gefässnetz ist kräftig ausgeprägt, besonders die *vascula cruralia*. Auch die Schwelle ist gut entwickelt, besonders dick ist sie aber in der Einbuchtung des Sattels. Die zweite Brachialschale (Taf. XIX, Fig. 4) gehört einem jüngeren Exemplare an. Hier sind die Kruralplatten schon etwas deutlicher, die Schwelle ist seicht und die Gefässwülste nicht so knotig wie bei dem älteren Exemplar. Kräftige Positionsspuren der *vascula myaria* durchziehen die Muskelnarben.

***Ilmarinia ponderosa* n. sp.**

Taf. XIX, Fig. 5, 6; Textabb. 26.

Holotyp ist die Brachialschale Taf. XIX, Fig. 5 aus der Llandovery'schen Porkuni-Stufe (F_2) von Porkuni. Es ist dies die einzige Schicht und die einzige Lokalität der Art.

Von der *sinuata* unterscheidet sich die *ponderosa* durch grössere Schalendicke, gröbere Skulptur (bis 4 Längsstreifen auf 5 mm), starke gleichmässige Wölbung der Brachialschale (bei *sinuata* ist diese flach) und etwas kräftigere Kruralplatten. Der Holotyp gehört einem grossen gerontischen Exemplare an. Die Gefässwülste sind unbestimmt verschwommen, aber recht dick, die Muskelnarben erscheinen vertieft und der übertrieben dicke Schlossfortsatz hat die Ankernarben fast ganz ausgefüllt. Die Schale ist 30 mm lang, 35 mm am Schlossrande und 39 mm in der Mitte breit und die Wölbung beträgt 16 mm.

Hierher soll auch die einem jüngeren Exemplare zugehörige Pedikelschale Taf. XIX, Fig. 6 gerechnet werden. Sie ist 25 mm

lang, am Schlossrande 28 mm und in der Mitte 34 mm breit. Die Area ist 15 mm hoch, flach und etwas gedreht. Der Sinus ist schwach ausgeprägt. Das Spondylium ist kurz, tief und breit.

***Imarinia dimorpha* n. sp.**

Taf. XVIII, XL; Textabb. 26.

(*Dimorpha* — wegen der stark ausgeprägten Dimorphie der Gefässwülste.)

Holotyp ist die Taf. XL und Textabb. 26 dargestellte ganze Schale aus den Oando-Schichten der Vasalemma-Stufe (D_3) von Oando. Sie unterscheidet sich von *sinuata* und *ponderosa* durch die feinere Skulptur (10—11 Längsrippen auf 5 mm des Schalenrandes), den rundlichen Umriss und die mehr procline (nach vorne geneigte) Pedikelarea. Ausserdem ist bei der *dimorpha* das Jugum schwächer als bei den beiden erstgenannten Arten. Die Brachialschale ist dabei relativ stark gewölbt, was einen grossen Unterschied gegenüber der *sinuata* ausmacht, und die *dimorpha* gleichzeitig der Llandovery'schen *ponderosa* nähert. Der Holotyp der *dimorpha* ist 29 mm lang, 25 mm am Schlossrande und 33 mm in der Mitte breit, 19 mm dick und hat eine 13 mm hohe Pedikelarea. Es ist dies ein erwachsenes Exemplar.

Ausserlich bestehen Schwankungen in der Neigung der Pedikelarea. Taf. XVIII, Fig. 3 ist ein Exemplar mit sehr stark geneigter, Fig. 4 aber eine Schale mit fast aufrechter Area abgebildet. Bei der letzteren gleichwie beim Holotyp ist die Area etwas gedreht und daher asymmetrisch. In der Skulptur ist oft eine schwache Imbrikation bemerkbar (Taf. XL, Fig. 2). Das dorsale Muskelnarbenfeld (Taf. XVIII, Fig. 2) ist von rundlicher Gestalt, wobei das vordere Narbenpaar fast die doppelte Länge des hinteren Paares erreichen kann. Das Mittelseptum ist kurz und schwach. Die Crura sind, ähnlich wie bei der *sinuata*, kaum angedeutet. In der ventralen Schale (Taf. XVIII, Fig. 1, 4) ist das Spondylium relativ kurz und sehr hoch gestellt, wobei seine Ränder sich etwas nach innen biegen und eine Einschnürung vortäuschen. Das Foramen ist sehr gross und offen.

Das Gefässnetz ist *Klitambonites*-artig ausgebildet. Die Dimorphie der Gefässabdrücke erreicht hier ihr Maximum, indem bei einigen Exemplaren (Taf. XVIII, Fig. 1) die vaskularen Abdrücke als hohe Wülste, bei anderen aber (Taf. XVIII, Fig. 4) als durch erhabene, schmale intervaskuläre Leisten und Streifen voneinander getrennte, flache Kanäle erscheinen (Taf. XVIII,

Fig. 4). Allerdings sind auch Übergänge zwischen den beiden Typen, ähnlich wie beim *Clitambonites squamatus* u. a., vorhanden.

Ilmarinia dimorpha ist ein sicheres Leitfossil der Oandofazies und der Hauptfazies der Vasalemma-Stufe. Häufig wird diese Art gefunden bei Uksnurme, Saku, Jõgisoo, im Untergrunde von Rakvere und am Flusse Oando.

Gen. *Apomatella* Schuchert & Cooper.

Apomatella ingrica (Pahlen).

Taf. III, Fig. 6, 7.

Orthisina ingrica Pahlen (21), S. 48, Taf. II, Fig. 18—21. *Apomatella ingrica* (Pahlen) Schuchert & Cooper (2) und (15).

Die hier abgebildeten Schalen stammen aus dem Megalaspiskalk von Rannamõisa, Estland, aus der Zone BII β und sind die ersten Exemplare dieser Art, deren Anstehendes sicher festgestellt worden ist. Es ist dies somit die älteste bekannte Klitambonitidenart. Sie ist bedeutend älter als *Clitambonites adscendens*. Schuchert & Cooper leiten die *Apomatella* von *Vellamo* ab, doch ist *Vellamo* viel jünger und kann daher als Ursprung der *Apomatella* gar nicht in Betracht kommen.

Apomatella besitzt die einfachste Organisation unter den Klitamboniten. Die Δ -Platte fehlt ganz oder wird durch schmale deltidiale Platten kaum angedeutet, das Chilidium ebenfalls; das Spondylium ist kurz und sehr niedrig; die Pedikelarea ist mehr oder weniger proklin; Muskelnarben und Gefässabdrücke fehlen; die Kruralplatten sind relativ gross, das dorsale Septum kaum angedeutet. Die Skulptur besteht aus abgerundeten, steilen, querverriefen Längsrippen, unter denen man stärkere Haupt- und schwächere, aber zahlreiche Nebenrippen unterscheiden kann. Die Brachialschale ist ziemlich gewölbt und trägt einen Sinus.

Apomatella ingrica ist zweifellos eine selbständige Gattung und erwachsene Art, jedoch von äusserst infantilem Gepräge. Falls man die Wölbung der Brachialschale unberücksichtigt lässt, könnte man die *Apomatella* für einen jugendlichen *Clitambonites adscendens*, *squamatus*, *schmidti* oder für eine vorneanische *Vellamo* halten. Auch bei diesen fehlen in der frühen Jugend das Chilidium und die Δ -Platte, ist die Pedikelarea dann immer proklin und besteht die Skulptur aus einfachen, runden, querverriefen

Rippen. Auf diesen Umstand ist schon früher hingewiesen worden [A. Öpik (1), S. 202]. Man kann sagen, dass ein jeder *Clitambonites* (s. lato) in seiner frühesten Jugend ein *Apomatella*-artiges Entwicklungsstadium durchzumachen hat und dass dieses Stadium eine Rekapitulation der Hauptmerkmale seiner Ahnen darstellt. Aus diesem Grunde betrachten wir die *Apomatella*



Abb. 33. *Clitambonites schmidti*, eine neanische Pedikelschale aus der Kukruse-Stufe, $\times 6$ der nat. Grösse. Das Mittelseptum ist hier noch zu unterscheiden. Es besteht eine auffallende Ähnlichkeit mit erwachsenen Schalen der *Apomatella ingraca*, Taf. III, Fig. 6.

ingraca als die dem Ursprung aller Klitamboniten am nächsten stehende Art, was durch ihr hohes Alter auf das beste gerechtfertigt wird.

Fam. **Estlandiidae nov.**

Subfam. **Gonambonitinae Schuchert & Cooper (2).**

Gen. **Gonambonites Pander.**

Pander (22); Schuchert & Levene (14); A. Öpik (1); Schuchert & Cooper (2), (15).

Als Genotyp dieser Gattung gilt *Gonambonites lata* Pander (22), Taf. XXV, Fig. 1a–1c, wie es aus dem „Fossilium Catalogus“ (14), S. 63 hervorgeht. Unabhängig davon wurde für diese Gattung von A. Öpik (1) zum Genotyp die am besten bekannte und am häufigsten vorkommende Art, *G. planus*, vorgeschlagen; doch da der „Fossilium Catalogus“ am 10. 8. 1929, „Brachiopoda Protremata etc.“ aber erst am 1. 2. 1930 erschienen ist, muss *G. lata* und nicht der *planus* als Genotyp angesehen werden.

Leider ist aber die Natur der *Gonambonites lata* ganz unbekannt, denn alle unsere Kenntnisse über diesen „*Gonambonites*“

beruhen auf den Abbildungen Pander's und seiner leider allzu lakonischen und wenig sagenden Beschreibung. Auch Schuchert & Cooper hatten kein einziges Exemplar des *G. latus* in den Händen und alles, was sie über die Gattung *Gonambonites* mitteilen, beruht nicht auf dem Pander'schen *latus* oder *lata*, sondern, wie bei A. Öpik (1), auf *G. planus*.

Die Wahl der „*Gonambonites lata*“ von seiten Schuchert's (14) war rein mechanisch, da die „*lata*“ bei Pander (22), S. 77 an erster Stelle beschrieben wird. Wir lesen aber bei Pander, in der Diagnose des *Gonambonites*, dass diese Gattung „sich von den vorigen dadurch unterscheidet, dass ihre Rückenfläche (nach der modernen Terminologie Area, resp. Interarea) sich nach hinten, über die eigentliche Schlosslinie hinaus, zurückbiegt, die übrigen Bedingungen bleiben fast dieselben etc.“

Die Beschreibung der Art *lata* enthält aber einen Widerspruch mit der zitierten Gattungsdiagnose. Ebenda (Pander, S. 77) steht: „*Gon. lata*, Tab. XXV, Fig. 1. Sehr breit und kurz. Schlossfläche ragt wenig nach hinten hervor, und der Hacken (gleichbedeutend mit Spitze oder Apex der Ventralschale, Anmerk. A. Ö.) steht noch nicht ausserhalb der Schlossfläche der unteren Schale.“

Das ganze System der Brachiopoden bei Pander beruht in erster Linie auf der verschiedenen Neigung der Area zum Schalenrande, wobei auch in der ganzen Terminologie Pander's seine Ansichten sich widerspiegeln [„Die Namen dieser Gruppen sind nach der Richtung des Schlosses und dessen Beschaffenheit gemacht worden.“ Pander (22), S. 70]. Die Klitamboniten wurden von Pander in seinem Text gerade nach diesem Prinzip geordnet, so dass zuerst die Proniten (Area nach vorne geneigt, „proklin“), dann die „Hemiproniten“ und schliesslich die „Gonamboniten“ kommen, bei welchen die ventrale Area schon rückwärts, über die Brachialarea hinaus, gebogen erscheint. Alle Arten dieser Gruppen sind von Pander in eine kontinuierliche Reihe geordnet worden, wobei die letzte Art einer Gruppe und die erste der nächsten als Übergänge zwischen den beiden gedacht waren. Also gerade deshalb wurde „*Gonambonites lata*“ von Pander an erster Stelle angeführt, weil sie noch kein ganz echter *Gonambonites* war (... „der Hacken steht noch nicht ausserhalb der Schlossfläche der unteren

Schale“). Die „echten“ Gonamboniten wurden in die Mitte gestellt, weil erst bei ihnen die Hauptbedingung der Diagnose der Gattung („... ihre Rückenfläche sich nach hinten, über die eigentliche Schlosslinie hinaus, zurückbiegt...“) erfüllt war.

Unter allen diesen Umständen ist es sehr bedauerlich, dass die Wahl des *G. lata* zum Genotypus des *Gonambonites* auf Grund der „Seiten-“ und „Zeilenpriorität“ erfolgt ist, und ebenso bedauerlich ist es, dass diese, dem Inhalt nach jetzt eigentlich unbekannt Gattung an die Spitze der Gonambonitinae Schuchert & Cooper 1931 geraten ist. Demnach ist es ganz unsicher, ob die bei Schuchert und Cooper (2), S. 118 gegebene Definition dieser Unterfamilie, welche als einzige Gattung den *Gonambonites* enthält, den Tatsachen entspricht oder nicht.

Bezüglich des *Gonambonites latus* (resp. *lata*) Pander kann auf Grund der Abbildungen bei Pander (22), Taf. XXV, Fig. 1a—1c noch folgendes festgestellt werden: die Skulptur besteht (falls die Zeichnung richtig ist) aus Längsrippen von zweierlei Stärke, indem jede 4. bis 5. Rippe etwas stärker ist als die anderen und als Hauptrippe bezeichnet werden kann. Die Area ist fast aufrecht, die Δ -Öffnung durch ein Pseudodeltidium geschlossen. Beide Schalen sind gleich gewölbt, und die Brachialschale trägt einen flachen Sinus. Nach der Skulptur zu urteilen, könnte es ein Glied der *inflexa*-Reihe sein, doch es widerspricht einer solchen Auffassung die aufrechte Area und das allzu kräftige Pseudodeltidium. *Rauna* kommt ebenfalls in Frage, aber es besteht hier auch die Möglichkeit, dass *latus* ein *Clitambonites* oder *Hemipronites* (kräftige Δ -Platte) gewesen ist.

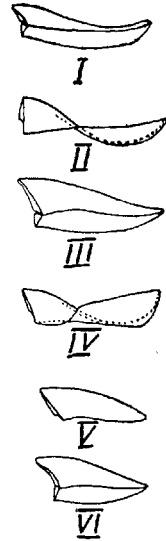


Abb. 34. Längsprofile verschiedener *Estlandiidae*, alle in nat. Grösse. I — *Rauna jänischewskii*, aus A. Öpik (8), Taf. IV, Fig. 29, 30; II — *Rauna venusta*, Ventralschale, Taf. XXVII, Fig. 1; III — *Antigonambonites planus* (Pander); IV — *Antigonambonites costatus*, Ventralschale, Taf. XXXII, Fig. 1a; V — *Antigonambonites mäeküläensis*, Ventralschale, Taf. XXXIV, Fig. 4; VI — *Antigonambonites soror*, Taf. XXXIII, Fig. 2.

Weil die Natur des *Gonambonites latus* also noch ganz unbekannt ist, müssen dieser Name und die von ihm abgeleiteten Namen (*Gonambonitinae*) als *nomina nuda* betrachtet werden. Es wird nur die „*lata*“ in diese Gattung und Unterfamilie gestellt. Für die anderen „Gonamboniten“ stellen wir neue Gattungen und die neue Unterfamilie der *Estlandiinae* auf. Vielleicht wird dereinst eine Revision des Pander'schen Materials einen dieser neuen Namen zum Synonym des *Gonambonites* machen.

Subfam. **Estlandiinae** nov.

***Estlandia marginata* (Pahlen).**

Taf. II, Fig. 1 a, 1 b, 2, 3; Taf. III, Fig. 5; Taf. XXI; Taf. XXII;
Textabb. 14 und 48.

Orthisina marginata Pahlen (21), S. 33, Taf. III, Fig. 11—15; Taf. IV, Fig. 1—3; *Gonambonites marginatus* (Pahlen) A. Öpik (1), S. 222, Taf. XIX, Fig. 229—336, 248; Taf. XX, Fig. 236—239; *Estlandia marginata* (Pahlen) Schuchert & Cooper (2), S. 115, Taf. VIII, Fig. 6, 8, 9; Taf. A, Fig. 7, 9.

Die Art ist schon von Pahlen in den Hauptzügen charakterisiert worden, und A. Öpik gibt eine eingehende Beschreibung der Grundform und ihrer Unterarten. Das schöne, bis auf alle Einzelheiten erhaltene und individuenreiche Material aus der Kukruse-Stufe (C_2-C_3) ermöglicht noch ein weiteres Eindringen in die Organisation dieser Brachiopodenart.

Nach Schuchert & Cooper soll die Schalensubstanz der *marginata* faserig und unpunktirt, glatt sein („Text fibrous, impunctate“).

A. Öpik (8), S. 54—55 zeigt aber, dass die Innenfläche der *marginata* strophomenidenartig gewarzt ist und dass, bei Abnutzung der Schale, durch diese Warzen eine Scheinpunktierung erzeugt wird, wie sie z. B. fast bei jedem Exemplar der *Lepetaena rhomboidalis* und der anderen Strophomeniden vorhanden ist. In den Dünnschliffen Taf. II, Fig. 1 a, 1 b, 2, 3 ist ausserdem zu sehen, dass diese Warzen als dunkle Körner mit hellem, axialem Kern die ganze Schale senkrecht durchsetzen und in dieser Hinsicht (besonders Taf. II, Fig. 2 und 3) dieselbe Struktur wie die Strophomenacea, den Untersuchungen von Carpenter [in Davidson (3), Taf. V, Fig. 14, 15] und Kozłowski (4), S. 89, Textabb. 24 entsprechend, besitzen. Dieselbe Struktur ist auch den Plektambonitiden eigen, wie es aus A. Öpik (5), Taf. IX, Fig. 3 hervorgeht. Endlich ist hier,

Taf. II, Fig. 4, ein Dünnschliff durch die Schale der *Ingria pakriana* wiedergegeben, welche dieselben hellachsigen Warzen besitzt [vgl. hierzu A. Öpik (8)]. Somit ist die Schalenstruktur der *Estlandia marginata* unzweideutig strophomenoid und von der glatten (orthoiden) oder punktierten (dalmanelloiden) Struktur von Grund aus verschieden.

Die inneren Schalenteile der *marginata* zeigen ruhige, ungestörte Zuwachslamellen und Warzen (Taf. II, Fig. 2, 3). Am Rande der Schale aber, wo die Schwelle verläuft, sind die Lamellen gestört, die Warzen stehen zueinander nicht mehr parallel und im Längsschliff entsteht ein Zickzackmuster (Taf. II, Fig. 1a), wobei die nach oben (auf dem Bilde) gerichteten Spitzen der Warzen von hellen, feinen Achsen durchzogen sind. Im horizontalen Schliff sind die Warzen (Taf. II, Fig. 1b) als dunkle Punkte (resp. Flecke) mit hellem Zentrum sichtbar.

Das Spondylium von *Estlandia marginata* ist ein Spondylium triplex (Textabb. 3), wie es schon oben, im Kapitel über das Spondylium und beim Vergleich der *marginata* mit dem „*Gonambonites planus*“, geschildert worden ist.

Der dorsale Anker der *marginata* (Taf. XXII und Textabb. 48) bedarf einer speziellen Besprechung. Der Schlossfortsatz reicht bis zum Chilidium und diente nicht als Muskelträger, sondern nur als ein Septum zwischen den beiden Hälften der Öffnernarbenfläche. Diese Narben bestehen aus zwei Paar dreieckiger Insertionen, wobei sie voneinander durch je eine Längsleiste getrennt erscheinen. Diese Leisten, welche Taf. XXII, Fig. 2 besonders kräftig sind und in der Richtung des Nabels konvergieren, sind eigentlich die „Nebenzapfen des Schlossfortsatzes“. Schon in früher Jugend (Taf. XXII, Fig. 1) entwickeln sich auf der Innenseite des Chilidiums mit den Nebenzapfen gleichsinnig verlaufende Leisten oder Protuberanzen (Textabb. 48), welche bei älteren Exemplaren (Taf. XXII, Fig. 2) sich den Nebenzapfen nähern. Bei gerontischen Exemplaren (Taf. XXII, Fig. 3) findet eine Verschmelzung dieser Protuberanzen mit den Nebenzapfen des Schlossfortsatzes (a) statt, wobei die äusseren Öffnerinsertionen von den inneren ganz abgetrennt werden und als je eine besondere, tiefe Grube erscheinen. Diese Verhältnisse sind am besten Taf. XXII, Fig. 3 auf der rechten Seite des Bildes sichtbar. Ähnliche Verhältnisse sind auch dem „*Gonam-*

bonites“ *planus* eigen, wovon man sich Taf. XXXI, Fig. 2 überzeugen kann.

Ferner fallen am Anker der *Estlandia marginata* die Insertionen der Armspiralen (Taf. XXII, Fig. 1 und Textabb. 48) auf, welche mit den Ecken des Chilidiums durch eine Positionsspur verbunden sind. Diese Tafel XXII möge auch als Illustration zu A. Öpik (8), 57—67 dienen, wo ebenfalls der Aufbau des Ankers und die Funktion des Schlossfortsatzes als Septum diskutiert wird.

Die Gestalt der Muskelnarben ist schon von Pahlen (21) und A. Öpik (1) dargestellt worden. Schematisch finden wir sie Textabb. 14 wieder.

Die eigenartige Skulptur der *Estlandia marginata* illustriert Taf. XXI, Fig. 4. Die Rippen vermehren sich durch Einschaltung, die Zwischenräume sind querverieft und die Zuwachslamellen auf den Kämmen sind gelockert und unterhöhlt, wodurch sie tubulös aussehen.

Das Gefäßnetz Textabb. 14 ist auf Grund der *Estlandia marginata aspera* (Taf. XXI, Fig. 1, 2) restauriert worden, wobei noch mehrere, hier nicht abgebildete Schalen der Grundform ebenfalls benutzt worden sind.

Eigentümlich ist das dorsale System entwickelt. Die *vascula cruralia* sind besonders mächtig, dienen als Unterlage der *Crura* und verzweigen sich fingerartig am Rande. Die ihnen entsprechenden randlichen Eindrücke sind nicht erhalten, was überhaupt als ein besonderes Merkmal der *Estlandiidae* (und *Kullervoidae*) angesehen werden muss. Anstatt der zwei Paar der *vascula myaria* des *Clitambonites* sind hier vier Paar vorhanden, wobei sie durch die von den Muskelnarben auslaufenden, zugespitzten intervaskularen Septen (auch Taf. XXI, Fig. 2 gut sichtbar) voneinander getrennt werden. Die *vascula media* entsprechen mehr oder weniger dem Schema des *Clitambonites* (Textabb. 8). In der Pedikelschale (Textabb. 14) werden die *vascula myaria* ebenfalls durch intervaskuläre Leisten begrenzt (Taf. XXI, Fig. 1); die *vascula dentalia* entsprechen in ihrer Gestalt ganz den dorsalen, fingerartig verzweigten *vascula cruralia*. Taf. XXI, Fig. 3 ist besonders deutlich zu sehen, wie die Abdrücke der *vascula dentalia*, seitlich unter dem Spondylium, etwa an den lateralen Hauptknoten entspringend, sich den Schlosszähnen zuwenden und weiter zum Schalenrande hin

verlaufen. Die terminalen Knoten, bei denen die Hauptgefäße sich in das randliche System spalten, sind bei *Estlandia* nicht zu beobachten, weil sie durch die unterhöhlte und vielfach gefaltete diaphragmaartige Schwelle verdeckt und durch vertiefte pylae vasculorum ersetzt sind.

Endlich, Taf. III, Fig. 5, ist ein Querschnitt durch die notothyriale Plattform der *Estlandia marginata* wiedergegeben. Die Zuwachslamellen liegen übereinander und die Crura sind gegen diese Plattform deutlich abgegrenzt. Ihre Mächtigkeit ist durch reichliche Ablagerung der „adventitious shell“ auf den Spuren der vascula cruralia zu erklären, welche daher auch zum Teil als Träger der Crura ausgebildet waren. Die Crura erscheinen allseitig von dieser Schalensubstanz (advent. shell) umgeben, oder gewissermassen als in die letztere s. z. s. eingetaucht.

Der Ansicht Schuchert's und Cooper's (2), S. 107 und 115 zu folgen und *Estlandia marginata* von *Clitambonites* und *Vellamo* abzuleiten ist leider ganz unmöglich. Über die Verwandtschaft der *Estlandia* äussern sie sich in folgender Weise: „*Estlandia* differs from *Gonambonites*, which it resembles and with which it has usually been associated, in having an apical foramen, median septa in both valves, and a complete chilidium. The ornamentation of *Estlandia* and its internal structure, however, suggest relationship with *Vellamo*. *Estlandia* appears, then, to be a convexoconcave stage of *Vellamo*, of rather short geological range and local development“. Unter *Gonambonites* ist hier nur „*Gonambonites*“ *planus* gemeint, — und diese Art hat in der Tat ein (freilich früh vernarbtes) Foramen, hat Septen (allerdings schwache) und vor allem ebenfalls ein Spondylium triplex, wie *Estlandia* (Textabb. 3). Der äusserst nahe Zusammenhang des *planus* und der *Estlandia* liegt ausser Zweifel und der Vergleich dieser beiden Formen ist von uns schon einmal oben ausgeführt worden. Die Unterschiede der *Estlandia* von *Vellamo* aber bestehen in der Struktur der Schalensubstanz, im Aufbau des Spondyliums, der dorsalen Öffner- und Schliessernarben, des Gefässnetzes und auch in der Skulptur, wie man sich aus dem Vergleich von Taf. XXI, Fig. 4 mit Taf. XXX, Fig. 2 überzeugen kann.

Estlandia marginata erscheint in den untersten Schichten der Kukruse-Stufe ($C_{2\alpha}$) und setzt sich bis in die oberen Idavere-Kalksteine ($C_{3\beta}$) fort.

***Estlandia pyron* (Eichwald).**

Taf. XLVI, Fig. 1.

Vgl. bei A. Öpik (1), *Gonambonites pyrum* (Eichw.).

Diese, von Eichwald (31) aufgestellte und von Pahlen (21) und A. Öpik (1) genau beschriebene Art zeigt in der dorsalen Schale besonders kräftige intervaskuläre Leisten, von denen ein Paar einmal gefaltet ist und besondere laterale Kammern (vgl. bei *Rauna*, Textabb. 50 und Taf. XXV, Fig. 1) bildet. Die abgebildete dorsale Schale erscheint auf dem Bilde kürzer als sie in der Tat ist, da die Photographie bei hoch gehobenem Vorderrand ausgeführt wurde.

***Estlandia pyron* (Eichwald) subsp. *silicificata* nov.**

Taf. XXIII.

Die Grundform der *Estlandia pyron* (Eichwald (23), S. 157 und (31), Taf. XLII, Fig. 30, S. 854) wurde von Pahlen (21) und später von A. Öpik (1) beschrieben. Unsere *subsp. silicificata* wurde von Pahlen zu der Grundform gerechnet. Von der Grundform unterscheidet sich die neue Unterart durch ihre relativ grössere Breite und durch den Ankerbau, indem die Nebenzapfen des Schlossfortsatzes niemals mit den Protuberanzen des Chilidiums verwachsen. Bei der Grundform findet, ähnlich wie bei der *Estlandia marginata*, eine solche Verwachsung bei älteren Exemplaren immer statt.

Die Varietät *silicificata* kommt in den Jöhvi-Kalksteinen (D₁), besonders in deren oberen Lagen vor und ist im ganzen Ostbaltikum als sicheres Leitfossil dieser Schichten verbreitet. Wichtigste Fundorte sind Aluvere bei Rakvere und Parizy bei Gatschina in Russland.

Holotyp der Varietät ist die abgebildete ganze, allseitig (durch Ätzung mit HCl) freigelegte Schale aus Aluvere, aus den Schichten mit *Bothriocidaris pahleni*. Dieses, wie alle anderen Exemplare der *Estlandia pyron silicificata*, ist verkieselt, welchem Umstand diese Form auch ihren Namen zu verdanken hat.

Wie bei der Grundform, so auch hier sind die intervaskulären Septen stets vorhanden und kräftig ausgebildet. Die dorsalen Muskelnarben sind gross, laufen in Spitzen, welche sich als intervaskuläre Septen fortsetzen, aus und sind deutlich umrandet. Das hintere Paar ist bedeutend grösser als das vor-

dere, und ihre allgemeine Konfiguration und Gestalt entsprechen denjenigen der *Estlandia marginata*. Die Wülste der *vascula cruralia* sind auch hier, wie bei anderen, stark gewölbten Gliedern der *marginata* und *inflexa*-Reihe, kräftig und unterhöhlt, doch ist hier ihre fingerartige Verzweigung kaum angedeutet. Die Ankerfläche (resp. die notothyriale Plattform) ist sehr breit, der Mittelzapfen des Schlossfortsatzes ist hoch und dünn, die Nebenleisten dagegen niedrig (Taf. XXIII, Fig. 1 a) und laufen alle drei am Nabel der Schale zusammen. Das Mittelseptum ist dünn und hoch. Die Schwelle ist, wie bei *marginata*, als ein gewelltes Diaphragma ausgebildet. Im Inneren der ventralen Schale (Taf. XXIII, Fig. 16) haben wir das übliche, durch ein hohes Septum unterstützte Spondylium triplex mit seinen seitlichen Gefässknoten. Die Seitenstützen des Spondyliums sind dabei kürzer als bei der Grundform. Es trägt dicht verlaufende Zuwachsstreifen (Taf. XXIII, Fig. 1 c) und 4 Paar Längsspuren, welche einerseits den stützenden Septen, andererseits aber wohl den verschiedenen hier vorhandenen Muskelinsertionen entsprechen. Die Schlosszähne sind abgenutzt und die *vascula dentalia* sind relativ schwach entwickelt. Die ventrale Schwelle ist eine typische Stufenschwelle (vgl. Textabb. 6); sie wird in üblicher Weise durch die *pylae vasculorum* durchschnitten, welche sich auf dem steil abfallenden Schwellenrande verzweigen und das auf dem Bilde sichtbare (Taf. XXIII, Fig. 1 b) System der randlichen Gefässkanäle erzeugen. Wie in der dorsalen, so auch in der ventralen Schale sind die Hauptgefäße durch intervaskuläre Leisten markiert, und ihre Zahl und Verteilung entspricht ganz dem Schema der *Estlandia marginata* (Textabb. 14).

Die Skulptur ist bei den stets verkieselten Exemplaren der *E. pyron silicificata* schlecht erhalten (Taf. XXIII, Fig. 2), doch gleicht sie derjenigen der Grundform, da hier 6 bis 8 Längsrippen auf 5 mm gezählt werden. Die dicht gestellten, quer verlaufenden Zuwachsstreifen sind in der Regel etwas aufgelockert und unterhöhlt und ergeben, nur etwas abgeschwächt, dasselbe Bild, welches wir schon bei der *E. marginata* (Taf. XXI, Fig. 4) kennengelernt haben. Bei der Grundform dagegen fehlt in der Jugend diese Auflockerung [A. Ö p i k (1), Taf. XX, Fig. 247], und die Rippen erscheinen dann nur als querverieft. Wie bei der Grundform, unterscheiden wir auch bei der subsp. *silicificata* stärkere Haupt- und schwächere, sekundäre (Einschalt-)Rippen. Der Holotyp

Taf. XXIII, Fig. 1—1 c ist 38 mm lang, 50 mm breit und 25 mm dick. Die Wölbung der Brachialschale beträgt 17 mm. Es ist dies die grösste bekannte Form der *Clitambonacea*, da manche Individuen bis 65 mm Breite und bis 45 mm Länge erreichen.

Gen. *Progonambonites* nov. gen.

Wie oben erörtert wurde, ist die Gattung *Gonambonites* Pander an *Gon. latus* als Typus gebunden und daher nicht mehr genau zu identifizieren, und dasselbe gilt auch bezüglich der Unterfamilie der *Gonambonitinae* Schuchert und Cooper 1931.

Es besteht jedoch die Wahrscheinlichkeit, dass *Gonambonites lata* eigentlich eine *Estlandia* oder eine Art der *inflexa*-Gruppe darstellt, dass also eine dieser Gruppen den Namen *Gonambonites* tragen müsste. Aber auch andere Möglichkeiten sind nicht ausgeschlossen. Deshalb wird hier bis zur Lösung dieses Rätsels für die Gruppe des *Gonambonites inflexus* der Name *Progonambonites* vorgeschlagen, um eine Reihe bekannter oder identifizierbarer Arten nicht mit dem vorläufig noch inhaltlosen, unbestimmten „*Gonambonites*“ zu verbinden.

Genotyp ist *Progonambonites estonus* n. sp., aus dem Rogö-Kalksandstein (B_{III}) der Halbinsel Paldiski.

Durch das hochgestellte Spondylium triplex und die Gestalt der dorsalen Muskelnarben ist *Progonambonites* der *Estlandia* sehr ähnlich. *Progonambonites* unterscheidet sich aber durch schwache Ausbildung oder Fehlen des Chilidiums, durch den besonders breiten und kurzen Anker, durch das Fehlen der mächtigen Kruralstützen (also schwache *vascula cruralia*) und durch die Skulptur, welche aus querverrieften Längsrippen von zweierlei Stärke besteht. Dabei fehlt hier (mit einer Ausnahme) die für *Estlandia* charakteristische Auflockerung der Lamellen („Kettenskulptur“). Die innere Schalenfläche ist gewarzt und die Schalenstruktur strophomenoid pseudopunktiert.

Folgende Arten Pander's sind vorläufig unter *Progonambonites* zu stellen: *Gonambonites quadrata*, *G. latissima*, *G. inflexa*, *G. transversa*, *G. quadrangularis*, *G. parallela*, *G. maxima* und *G. reclinata*, von denen *latissima*, *inflexa* und *quadrangularis* zur einen (*G. inflexa*) und *parallela* und *maxima* zur zweiten (*maxima*) Art zusammenzufassen sind. Alle diese Formen haben

einen dorsalen Sinus und sind vor der Area eingeschnürt. Hinzu kommt noch die *Orthisina volborthi* Pahlen (21).

Nach dem vorhandenen, leider für eine genügende Beschreibung allzu schlechten Material zu urteilen, muss die Zahl der Arten noch grösser sein.

Die *Estlandia* scheint aus den Progonamboniten hervorgegangen zu sein. Die bekannteste Art des Progonambonites ist *Gonambonites inflexa* Pander, welche als *Orthis inflexa* von Verneuil (19) und *Orthisina inflexa* von Pahlen (21) beschrieben worden ist. Der Skulptur und dem dorsalen Innenbau nach zu urteilen, scheint Progonambonites der amerikanischen *Finkelnburgia* ähnlich zu sein.

***Progonambonites estonus* n. sp.**

Taf. XXIV, Fig. 1, 2, 3 und Textabb. 49.

Alle abgebildeten und alle vorhandenen Exemplare stammen aus dem Rogö-Kalksandstein des Westens von Estland. Holotyp ist die Brachialschale Taf. XXIV, Fig. 1 (restauriert in Textabb. 49). Sie ist 22 mm lang, am Schlossrande 24 und in der Mitte 28 mm breit und ca 5 mm gewölbt. Die Wölbung ist also ganz gering, während alle anderen (Pander'schen) Arten eine bedeutend stärkere dorsale Wölbung aufweisen. Der Sinus ist breit und flach. Innerlich ist die Schwelle als ein schwaches, durch Gefässkanäle zerschnittenes Diaphragma angedeutet. Das Mittelseptum (intervaskuläre Leiste) ist fadenförmig fein, was einen Kontrast gegenüber der *E. marginata* darstellt. Die vorderen Schliessernarben sind schmal und lang, die hinteren aber eckig und breiter, und sowohl die einen als die anderen längsgestreift. Diese Narben bilden im Inneren der Schale besondere Erhöhungen. Die Kruralplatten sind hoch, fast parallel zur Area gestellt und mit den Ecken des Notothyriums durch je eine kurze Leiste verbunden. Diese Leisten trennen die Zahngruben von den Öffnernarben. Das Chilidium fehlt. Die Skulptur besteht aus runden, quergerieften Längsrippen, deren man bis 10 auf 5 mm zählt.

Die Skulptur ist an einem anderen Exemplar (Taf. XXIV, Fig. 3) dargestellt. Man sieht hier, wie die Zahl der Längsrippen sich durch Einschaltung vermehrt.

Daselbst, Taf. XXIV, Fig. 2, ist eine jugendliche, 10 mm breite und 9 mm lange Brachialschale abgebildet. Sie hat eine schlanke Einschnürung vor dem Schlossrande, das Septum ist kaum

angedeutet, die Muskelnarben und die Schwelle fehlen noch ganz. Der Anker dagegen ist vollkommen entwickelt und sogar die Nebenleisten des Schlossfortsatzes sind hier zu sehen.

Abbildungswürdige Pedikelschalen fehlen leider ganz; aber an Fragmenten konnte das hochgestellte Spondylium nachgewiesen werden. Die Pedikelarea ist ausserdem etwas gekrümmt und ziemlich aufrecht gestellt.

***Progonambonites reclinatus* (Pander).**

Taf. XXXVIII, Fig. 3.

Gonambonites reclinata Pander (22), Taf. XXV, Fig. 3 a—3 c.

Die hier abgebildete, 18 mm breite, 15 mm lange und 7 mm dicke ganze Schale aus B₃ (?) von Pawlowsk stimmt in den Umrissen, der groben Skulptur (ca 7 Längsstreifen auf 5 mm) und der stark gekrümmten Area ziemlich gut mit der Pander'schen Abbildung überein. Die Δ -Öffnung ist gross, der Anker entsprechend breit und von derselben Bauart wie bei *Progonambonites estonus*. Die Art *estonus* ist etwas grösser, flacher und hat feinere Längsrippen.

***Progonambonites inflexus* (Pander).**

Gonambonites inflexa, latissima, quadrangularis Pander (22).

Orthis inflexa (Pander) Verneuil (19), S. 193, Taf. XI, Fig. 6.

Orthisina inflexa (Pander) Pahlen (21), S. 28, Taf. III, Fig. 1 a—3.

Alle jene *Gonambonites*-Arten Pander's, welche wir als *Progonambonites* bezeichnen, werden von Verneuil und Pahlen als Synonyme der *inflexa* angesehen, so dass *inflexa* Pander bei diesen Autoren und unser *Progonambonites* ihrem Inhalte nach einander gleichzustellen sind. Das Verfahren der beiden genannten Autoren ist aber nicht zu akzeptieren, da die Glieder der *inflexa*-Reihe, nach Skulptur und Gestalt gruppiert, mehrere selbständige Arten liefern. Seltsamerweise rechnen Verneuil (19) und Pahlen (22) den *Gonambonites latus* nicht zur *inflexa*-, sondern zur *planus*-Gruppe.

Obwohl die beiden, Verneuil und Pahlen, der *inflexa* Pander einen sehr breiten Umfang gegeben haben, gehören die von ihnen abgebildeten Schalen vorwiegend zur Pander'schen *inflexa* sensu stricto, und diese Abbildungen und Beschreibungen lassen sich daher gut zur Bestimmung und Beurteilung der Art verwenden. Allerdings halten wir die *Orthisina inflexa volborthi* Pahlen (21), S. 51 für eine selbständige Art.

Progonambonites inflexus ist durch seine Grösse, durch die starke Wölbung der dorsalen und die geringe Konvexität der ventralen Schale, durch den tiefen dorsalen Sinus und den breiten flachen ventralen Sattel gekennzeichnet. An der Schlosslinie sind die Schalen etwas eingeschnürt, und die grösste Breite liegt etwas vor der Mitte. Das dorsale Innere erinnert an *Progonamb. estonus*; das Spondylium ist ein Sp. triplex; die Skulptur besteht aus querverieften Rippen (bis 12 auf 5 mm), wobei jede 5.—8. Rippe als etwas stärkere Hauptrippe hervortritt. Die Innenfläche ist dicht und fein gewarzt, die abgeblätterten Schalen zeigen *Estlandia*-artige Scheinpunkte [vgl. A. Öpik (8), S. 55], und im Schliff ist stets die strophomenoide pseudopunktierte Struktur zu erkennen.

Die Art kommt vor im ganzen Ostbaltikum im Vaginatenkalk (Kunda-Stufe, BIII).

***Progonambonites volborthi* (Pahlen).**

Taf. XXXIII, Fig. 1 a—1 c.

Orthisina inflexa volborthi Pahlen (21), Taf. III, Fig. 4 a—5; S. 30.

Estlandia volborthi (Pahlen) Schuchert & Cooper (2), S. 115.

Von dem *inflexus* und den anderen Arten des *Progonambonites* ist die Art *volborthi* (Pahlen) sehr verschieden, indem sie die feinste Skulptur (bis 20 Längsstreifen auf 5 mm), eine hohe, fast aufrechte Pedikelarea und eine mässig gewölbte Brachialschale besitzt. Der Sinus-Sattel ist mässig ausgebildet. Der Anker ist von derselben Bauart, wie bei *P. estonus*. Die ganze Gestalt (relativ breit und kurz, aufrechte Area) erinnert in der Tat an die vielgesuchte „*Gonambonites lata*“ Pander. Nach Pander's Zeichnungen zu urteilen, hat aber die *lata* eine entschieden gröbere Skulptur und eine Δ -Platte, welche letztere bei *volborthi* stets fehlt.

Das bei uns abgebildete Exemplar des *Progonambonites volborthi* stammt von Isvos am Wolchow, möglicherweise aus den BIII-Schichten. Es ist 20 mm breit, 16 mm lang, und die Area ist 5 mm hoch. Das Spondylium ist ein Sp. triplex; der sehr breiten Δ -Öffnung (Taf. XXXIII, Fig. 1 c) entspricht ein ebenso breiter, für *Progonambonites* typischer Anker.‡

***Progonambonites* (?) *catellatus* n. sp.**

Taf. XXIV, Fig. 4, 5; Textabb. 6 F.

Holotyp ist die abgebildete Pedikelschale aus Dubowiki am Wolchow, vermutlich aus den BIII-Schichten. Die Schale ist

16 mm breit, 15 mm lang und 4 mm dick. Die allerdings abgenutzte Oberfläche zeigt *Progonambonites*-artige, abwechselnd stärkere und schwächere Längsstreifen, deren man auf 5 mm 13—14 zählt. Zum Unterschied von allen anderen *Progonambonites*-Arten tragen die Rippenkämme aufgelockerte, tubulöse Zuwachslamellen, welche eine *Estlandia marginata*-artige Kettenskulptur (daher der Name *catellatus*) zustande bringen. Innerlich aber ist die Schale von der *Estlandia* verschieden, und wird daher, obwohl mit einem (?), zu *Progonambonites* gestellt. Bei dem hier vorhandenen Spondylium triplex reichen die Seitenstützen auch vorne bis zum Boden der Schale. Das Mittelseptum ist kurz, aber hoch. Die Schlosszähne sind breit und kräftig, die Δ -Platte klein, die Δ -Öffnung aber sehr breit. Auffallend erscheint die eigenartige, scharfkämmige, um die ganze Schale laufende, sehr kräftige Schwelle (Textabb. 6 F).

Von den Pander'schen Arten scheint *Gonambonites quadrata* eine Ähnlichkeit mit *Progonambonites catellatus* zu haben. Beide haben nämlich fast gleiche Umrisse. Nach den Abbildungen bei Pander (22), Taf. XV, Fig. 1 c—1 d zu urteilen, hat die *quadrata* glatte und gröbere (bis 8 auf 5 mm) Rippen. Ausserdem zeigen die Pander'schen Figg. 1 a und 1 c noch gröbere Rippen, so dass eine Verwechslung hier wohl nicht stattfinden kann.

Gen. *Rauna* Öpik.

Orthisina? Lessnikow (32), S. 153 und 179, Taf. IV, Fig. 6, 7, 8.

Rauna A. Öpik (8), S. 70, Taf. IV, Fig. 29, 30; Taf. VIII, Fig. 33 (vorläufige Mitteilung).

Genotyp ist *Orthisina janischewskyi* Lessnikow (32) aus den BII β —BII γ -Schichten (Megalaspiskalk) des Ostbaltikums.

Die Vertreter der Gattung *Rauna* unterscheiden sich von allen anderen Klitamboniten 1) durch ihre eigenartige Skulptur, welche aus verschiedenen starken, durch wiederholte Einschaltung sich vermehrenden, grob und unruhig querverieften, runden Rippen besteht; 2) durch die ausgesprochen konkav-konvexe Krümmung, bei welcher die ventrale Schale nur als ein Deckel der dorsalen erscheint, so dass sich eine *Strophomena*-artige, inverse Gestalt ergibt; 3) durch die sehr kleinen dorsalen Schliessmuskelnarben; 4) durch das Fehlen eines dorsalen Septums; 5) durch das Fehlen von Zahngruben und fast völliges Fehlen der Schlosszähne; 6) durch das Auftreten strophomenoider

Runzeln; 7) durch die tangente (sekundär sessile) Lage des Spondylium triplex; 8) durch schwache Ausbildung der Gefässwülste.

Dem ganzen Aussehen nach (inverse Wölbung, Runzeln, Schalenstruktur) ist *Rauna* ganz *Strophomena*- oder *Ingria*-artig gebaut. Die Ähnlichkeit ist so gross, dass man sie nicht als eine durch äussere Bedingungen erzeugte Konvergenz oder Homöomorphie, sondern als einen Beweis der Verwandtschaft der Clitambonacea und Strophomenacea betrachten kann.

Rauna janischewskyi (Lessnikow) (32).

Taf. XXV, Fig. 2; Taf. XXVII, Fig. 2; Textabb. 34.

Holotyp ist die Schale bei A. Lessnikow (32) Taf. IV, Fig. 7a—7c aus den БИГ-Schichten von Nikolschtschina, Koll. Lamansky, Univers. Leningrad.

Die Beschreibung dieser Art bei A. Lessnikow (32) ist sehr genau und wird von trefflichen Abbildungen begleitet: „*Orthisina* (?) *janischewskyi* hat eine Ventralklappe mit schwach hervortretendem Wirbel und leicht konkavem oder flachem vorderem Teil der Klappe. Die Dorsalklappe ist flach. Die Schalenoberfläche ist von alternierenden Rippen dreier verschiedener Ordnungen bedeckt. Die Rippen von *Orthisina* (?) *janischewskyi* berühren einander unmittelbar, ohne Zwischenraum. Die Rippen sind mit feinen sich berührenden, unregelmässig gebogenen Querstreifen bedeckt, welche dieser Form ein eigenartiges Muster verleihen. Auf 2 mm Schalenlänge kommen 7—8 solcher Querstreifen.“ Nach Lessnikow (32), S. 156 ist das hier zum Typus gewählte Exemplar 19,4 mm lang, 27 mm breit und 4,2 mm dick. Aus den Abbildungen bei Lessnikow (32) ergibt sich ferner, dass die Brachialschale der *Orthisina* (?) *janischewskyi* [(32), Taf. IV, Fig. 7c] eine flache mediane Depression trägt und dass der Schalenumriss fast viereckig ist. Dass die Brachialschale als flach bezeichnet worden ist, kann in der Tat durch eine Deformation (sekundäre Abplattung) erklärt werden. Es ist besser die Brachialschale als mässig konvex zu bezeichnen, was auch schon aus den Abbildungen Lessnikow's hervorzugehen scheint. Ist beim Holotyp die dorsale Schale aber tatsächlich flach, dann gehören die

übrigen, hier als *janischewskyi* bezeichneten Exemplare einer anderen, neuen Art an.

Der Querschnitt eines Exemplars aus Estland ist Textabb. 34 I gegeben. Dasselbe Exemplar ist schon früher, bei A. Öpik (8), Taf. IV, Fig. 29, 30 und Taf. VIII, Fig. 38, beschrieben worden. Es wiederholen sich bei ihm die Umrisse und die originelle, unruhig quengeriefte Skulptur des Holotypus.

Der ventrale Innenbau ist Taf. XXVII, Fig. 2 dargestellt. Das Spondylium ist ein ausgesprochenes Spondylium tangens. Es ist fast in seiner ganzen Breite mit dem Boden der Schale verwachsen, und das Mittelseptum ist kaum angedeutet. An anderen Exemplaren wurde aber festgestellt, dass dieses, jetzt sessile Spondylium aus einem *Estlandia*-artigen Sp. triplex hervorgegangen ist. Das Verschwinden des subspondyliaren Raumes geschah, ähnlich wie bei *Iru concava*, durch die allzugrosse Verflachung und Zunahme der Konkavität der Schale. Die Δ -Öffnung ist breit und in ihrer unteren, apikalen Hälfte durch das papierdünne, konvexe Pseudodeltidium verdeckt. Dieses trägt auf seiner apikalen Spitze die sichelförmige Spur des vernarbten Foramens. Die Area ist rückwärts geneigt und flach gebogen. Die Schlosszähne sind als schwache, kaum erhabene, der Area parallel gestellte Leisten sichtbar. Von Gefässabdrücken sind nur die hier linearen Wülste der *vascula dentalia* und die strichartigen randlichen Spuren entwickelt. Die Schwelle ist flach und wallartig. Die Schale ist 17 mm lang und 25 mm breit. Der Innenbau der Brachialschale geht aus Taf. XXV, Fig. 2 hervor. Es ist dies eine grössere Schale, 24 mm lang und 34 mm breit, von flacher (5 mm hoher) Wölbung. Die Area ist flach, schmal und ziemlich geneigt. Das Chilidium ist zart, der mittlere Schlossfortsatz schwach, die Nebenleisten kaum angedeutet. Die Crura sind kaum zu unterscheiden und werden von den schlanken, etwas unterhöhlten Wülsten der *vascula cruralia* unterstützt. Diese Wülste verzweigen sich am Rande fingerartig, ganz wie es bei der *Estlandia marginata* der Fall ist. Das Mittelseptum fehlt, es ist von ihm nur der hintere Ansatz vorhanden. Die Muskelnarben sind sehr klein, die hinteren sind oval und etwas grösser, die vorderen fast strichartig schmal. Die Schwelle ist mässig verdickt, und der Randsaum trägt strichartige Gefässabdrücke. Die Konfiguration des Inneren entspricht dem Schema der *Rauna venusta*, Textabb. 50.

Die Innenfläche der Schale ist fein gewarzt, ähnlich wie es bei *Estlandia* der Fall ist. Dieser Warzung entspricht eine pseudopunktierte, strophomenoide Struktur der Schalensubstanz.

Die Art kommt in den oberen Schichten des Megalaspiskalkes (BII₇) des ganzen Ostbaltikums vor, ist aber recht selten.

Rauna venusta n. sp.

Taf. XXV, Fig. 1 a, 1 b; Taf. XXVI, Fig. 1; Taf. XXVII, Fig. 1;
Textabb. 33 II und 50.

Holotyp ist die Brachialschale Taf. XXV, Fig. 1 a, 1 b aus dem B_{II}-Kalkstein von Wassilkowo, Russland. In Estland ist diese Art nicht gefunden worden. Der Holotyp ist 42 mm breit, 26 mm lang und seine Wölbung beträgt 7 mm. Die Skulptur (Taf. XXV, Fig. 1 a und Taf. XXVI, Fig. 1) gleicht so ziemlich derjenigen der *Rauna janischewskyi*. Der Unterschied besteht darin, dass bei der letzteren zwischen den Längsrippen keine Zwischenräume bestehen, wobei auf 5 mm 13 bis 14 dieser Rippen kommen, während bei der *venusta* die Rippen nicht so dicht gestellt erscheinen, so dass man ihrer auf 5 mm 8 bis 10 zählt. Die Querriefung ist bei den beiden von demselben unruhigen Charakter. Andere Unterschiede liegen in dem mehr rundlichen Umriss und in den spitzen Ecken der Schale von *venusta*, sowie in ihrer stärkeren Wölbung im Vergleich zu dem Genotyp. Innerlich ist bei der Brachialschale von *R. venusta* die Schwelle seichter und der Randsaum bedeutend breiter als bei der *janischewskyi*. Der Anker, die Crura, die fingerartig verzweigten *vascula cruralia* sind bei den beiden Arten von gleicher Gestalt, die dorsalen Schliessmuskelnarben dagegen sind bei der *venusta* kräftiger umrissen (Taf. XXV, Fig. 1 a und Textabb. 50), auch sind hier die intervaskularen Leisten angedeutet.

Zur selben Art soll auch die etwas kleinere Pedikelschale Taf. XXVII, Fig. 1 gerechnet werden: sie hat nämlich denselben rundlichen Umriss und dieselben spitzen Ecken, wie die oben beschriebene Brachialschale (Taf. XXV, Fig. 1). Ausserdem sehen wir, zum Unterschied von der *janischewskyi*, hier eine flache, zum Schalenrande senkrecht gestellte Pedikelarea, und die Schale selbst ist viel stärker gebogen (Textabb. 34). Das Spondylium ist tangent, doch an seinem Vorderrande sieht man das Mittelseptum und die Seitensepten angedeutet, und die beiden letzte-

ren haben ausserdem auf der Innenfläche des Spondyliums zwei erhabene, am Nabel zusammenlaufende Spuren hinterlassen. Auch hier liegt somit ein sekundär sessiles Spondylium triplex vor.

***Rauna wolchowiana* n. sp.**

Taf. XXVI, Fig. 2; Taf. XXVII, Fig. 3.

Es liegt von dieser Art nur eine einzige Schale (Holotyp) von Dubowiki am Wolchow vor, möglicherweise aus den B_{II}-Schichten. Sie unterscheidet sich durch feinere Längsrippen (bis 15 auf 5 mm), welche gleichmässiger als bei *janischewskyi* und *venusta* ausgebildet sind. Auch die Querriefung verläuft gleichmässig, es fehlt ihr der unruhige Charakter der letztgenannten Arten. Ferner hat die ventrale Schale ein fast flaches Seitenprofil, ist also nicht konkav. Innerlich ist das Spondylium vorne vom Boden der Schale abgehoben und etwas unterhöhlt, so dass das ganz kurze Mittelseptum und die Seitenstützen zum Vorschein kommen. Es ist dies also ein typisches Spondylium triplex, doch da der ohnedem enge subspondyliare Raum durch Kalksubstanz fast ganz ausgefüllt erscheint, muss es auch hier als Sp. tangens bezeichnet werden. Die Schlosszähne fehlen hier, praktisch genommen, ganz und ihre Aufgabe hat offenbar die ganze Schlosslinie übernommen. Die Pedikelarea ist etwas gebogen und nach hinten geneigt. Die Mittellinie der Pedikelschale trägt einen flachen, sattelartigen Wulst. Die Schale ist 24 mm breit und 17 mm lang.

***Rauna strophomenoides* n. sp.**

Taf. XXV, Fig. 3 und Textabb. 35.

Es liegt nur eine einzige Pedikelschale (der Holotyp) vor aus der Zone B_{II}γ (oberer Megalaspiskalk), vermutlich aus Estland. Das Original befindet sich in den Sammlungen des Geol. Instituts der Universität Berlin.

Die Schale ist 17 mm lang; die Breite und der Umriss sind nicht zu ermitteln, da die beiden Ecken der Schale leider abgebrochen sind.

Rauna strophomenoides unterscheidet sich von den drei anderen Arten durch die strophomenoiden Runzeln am Schlossrande

und durch das Vorwalten der Querriefung über die übrigen Skulpturelemente. Dabei sind die Zwischenrippen fast spurlos unterdrückt, so dass eigentlich nur die Hauptrippen und Rippen



Abb. 35. *Rana strophomenoïdes*, dieselbe Schale wie Taf. XXV, Fig. 3. Ca \leq 5 der nat. Grösse. Auf dem Bilde rechts oben sind drei schwache, gebogene, strophomenoïde Runzeln sichtbar.

zweiter Ordnung zu unterscheiden sind. Die Querriefung hat einen unruhigen, welligen Verlauf.

Gen. *Antigonambonites* n. gen.

Gonambonites Pander (22), partim; *Orthis*, *Orthisina*, *Clitambonites* auctorum. *Gonambonites* Pander, A. Öpik (1); Schuchert & Cooper (3).

Genotyp: *Gonambonites planus* Pander (22), Taf. XVI A, Fig. 3 a, b, c; Textabb. 34.

Beide Schalen sind beinahe gleich stark gewölbt; die Pedikelschale ist flach konvex bis konkav gebogen. Die Pedikel-area ist nach hinten geneigt, das Foramen ist ganz vernarbt und, sofern nach dem Genotyp geurteilt werden kann, in eine Art apikaler Haftscheibe umgewandelt. Der dorsale Sinus fehlt oder ist schwach ausgebildet. Die Skulptur besteht aus

quergerieften Längsrippen, die Zuwachslamellen liegen dicht übereinander. Das Spondylium ist zumeist mit dem Schalenboden verwachsen, die Mittelsepten fehlen oder sind nur rudimentär entwickelt. Die dorsalen Schliessmuskelnarben stehen gewöhnlich weit voneinander entfernt, haben abgerundete Linien und laufen in intervaskuläre Septen aus. Der Anker ist schmal, die Crura sind klein und die als Kruralstützen funktionierenden Wülste der *vascula cruralia* nur mässig ausgebildet. Die *vascula dentalia* aber haben keine Wülste hinterlassen.

Antigonambonites unterscheidet sich von *Estlandia* durch das Fehlen der Kettenskulptur, durch das Fehlen der Wülste der *vascula dentalia*, durch das tangente Spondylium, durch den abgerundeten Umriss der Schliessmuskelnarben und durch die foraminale Haftscheibe.

Progonambonites hat, zum Unterschied von *Antigonambonites*, ein hochgestelltes Spondylium, eckige dorsale Schliessernarben, eine bauchige und mit einem starken Sinus versehene Dorsalschale. Der gleichmässigen *Antigonambonites*-Skulptur ist auch die aus regelmässig abwechselnden stärkeren und schwächeren Rippen bestehende Skulptur des *Progonambonites* gegenüberzustellen.

Rauna hat ein dem *Antigonambonites* ähnliches Spondylium. Ihre Skulptur, die ausgesprochen strophomenoide Wölbung, die relativ groben Warzen und der dorsale Innenbau, auch die fingerartig verzweigten *vascula cruralia* sind aber genügende Unterschiede dem *Antigonambonites* gegenüber.

Innerhalb des *Antigonambonites* können drei Artengruppen unterschieden werden. Erstens die *planus*-Gruppe, welcher zwei Arten: der *planus* und der *costatus* angehören, obwohl die letztere Art mit ihrer extrem strophomenoiden Wölbung ziemlich weit entfernt vom *planus* zu sein scheint. Zweitens die *mäekülaensis*-Gruppe, in welche noch die Arten *sulcatus* und *soror* hineingehören. Dem *planus* gegenüber unterscheiden sich diese Arten durch die besonders kräftige Ausprägung der dorsalen Muskelarben, welche beim *planus* nur ganz selten sichtbar werden. Ausserdem haben diese Arten eine konvexe Pedikelschale, mit welcher ein relativ hochgestelltes, mehr freies Spondylium verbunden ist. Die dritte Gruppe umfasst zwei Arten, den *Antigonambonites aequistriatus* (Gagel) und die neue, *Antig. anna*. Diese sind gekennzeichnet durch eine massive, grobgewarzte ventrale

Schwelle, starke dorsale intervaskuläre Leisten und relativ grobe Querriefung.

Verneuil und Pahlen stellten auch die „*Gonambonites lata*“ Pander in die Synonymenliste der *Gonambonites plana*, und Schuchert & Cooper folgten ihnen in dem Sinne, dass beide Arten, die „*plana*“ und die „*lata*“, in eine Gattung gesetzt wurden. Wie aber schon oben, bei der Besprechung der Gattungen *Gonambonites* und *Progonambonites*, gesagt worden ist, ist die Zugehörigkeit dieser beiden Arten zu einer Gattung zweifelhaft, und daher wird hier dem *Gonambonites* Pander, mit dem noch problematischen Genotyp *G. lata*, der genau bestimmbare *Antigonambonites* mit *G. planus* als Genotyp entgegengestellt. Falls einmal die Natur des *Gonambonites latus* geklärt wird und falls er dennoch in eine unserer Gattungen eingereiht werden muss, so wird es immerhin nicht schwer sein das „pro“ oder das „anti“ zu streichen.

Antigonambonites planus (Pander).

Taf. III, Fig. 4; Taf. XXXI, Fig. 2, 3 a—3 c; Taf. XXXIV, Fig. 2 a, 2 b
Textabb. 3 A, 34 III und 51.

Gonambonites plana Pander (22), S. 78, Taf. XVI A, Fig. 3. Zur selben Art gehören noch folgende Arten Pander's: *G. parallela* (22), Taf. XVI A, Fig. 2; *excavata*, ibid. Taf. XX, Fig. 4; *rotunda*, ibid. Taf. XX, Fig. 1; *semicircularis*, ibid. Taf. XX, Fig. 2.

Orthis plana (Pander) Verneuil (19), S. 199, Taf. XI, Fig. 7 a—7 h.
Orthisina plana (Pander) Pahlen (22), Taf. II, Fig. 10 a—10 d, 11, 12, 13; non Fig. 14, 15, 16 und 17.

Clitambonites plana, resp. *planus* auctorum. *Gonambonites planus* (Pander) A. Öpik (1), S. 221. *Gonambonites* se. su lato *planus* (Pander) Schuchert & Cooper (2), S. 118, Taf. VIII, Fig. 1—5, 7, 20, 21, 26; non Fig. 25.

Als Holotyp dieser Art muss das Exemplar bei Pander (22), Taf. XVI A, Fig. 3 gelten. Es ist ein erwachsenes Exemplar von abgerundetem Umriss mit etwas abgenutzten Rändern und Schalenecken, 21 mm lang, 25 mm breit und 8 mm dick. Die Pedikelschale ist von sigmoidalem Profil — hinten konvex und vorne konkav. Die brachiale Schale ist mässig gewölbt und hier etwas deformiert (etwas eingedrückt). Beide Areas sind fast flach und mässig geneigt. Die A-Platte ist vorhanden, das Chilidium scheint aber zerstört zu sein. Die Skulptur besteht aus feinen Längsrippen, es kommen ihrer ca 12 auf 5 mm. Die Beschreibung Pander's zu diesem Exemplare lautet [Pan-

der (22), S. 78]: „Seiten- und Brustlinien vereinigen sich in einen gemeinschaftlichen Bogen wie bei mehreren nun folgenden, und die Brustwinkel verschwinden daher gänzlich, Beugung der Brustlinien sehr gering“. Der letzte Satz besagt, dass der dorsale Sinus sehr gering ist. Die ersten Sätze beziehen sich auf den Umriss und sind gleichbedeutend mit: der Umriss des Schalenrandes ist abgerundet. Die bei Pander abgebildete und hier beschriebene Schale stammt sicherlich aus dem Megalaspiskalk (B₁₁), die Lokalität ist aber unsicher. Es käme in Frage Jumalasaari oder eine der Lokalitäten an den Flüssen Popowka, Ishora u. a. Das ist alles, was über *Gonambonites planus* aus dem Pander'schen Texte und seinen Abbildungen herausgelesen werden konnte.

Zu *planus* haben wir noch vier andere Arten Pander's gestellt, und zwar die Gonamboniten *parallela*, *excavata*, *rotunda* und *semicircularis*. Alle diese Arten haben, nach Pander, keine oder eine geringe „Bucht“ oder „Beugung der Brustlinie“, sind also ganz oder fast ganz ohne Sinus auf der dorsalen Schale. Die *rotunda* ist ein Exemplar der *plana* mit einem mehr abgerundeten Schalenrand und sekundär eingedrückter Dorsalschale. Die *excavata* ist eine zweifellose *plana* mit sekundär eingedrückter Ventralschale. Die *semicircularis* ist ein jugendliches Exemplar der *plana*. Was die *parallela* anbetrifft, so scheint es eine erwachsene und nicht deformierte *plana* zu sein. Allerdings hat die *parallela* eine etwas zu breite Δ -Platte, so dass die Zugehörigkeit zur *plana* bezweifelt werden kann. Ferner gehört *Gonambonites praerupta* Pander (22), Taf. XX, Fig. 3 auch in den Formenkreis der *plana* hinein; doch da bei der *praerupta* „die Schlossfläche (= Area der Pedikelschale) steiler, höher und schmaler als bei den beiden vorhergehenden (also *plana* und *rotunda*) ist“, muss sie vielleicht dennoch als eine besondere Varietät der *plana* oder eine besondere Art von *Antigonambonites* betrachtet werden. Letzteres gilt auch bezüglich der *retroflexa* Pander (22), Taf. XXV, Fig. 2. Alle anderen Gonamboniten Pander's sind schon zu *Progonambonites*, *Estlandia*, *Orthis* u. a. zu rechnen, oder sie sind der Gattung nach nicht zu identifizieren („*Gonambonites lata*“).

Die Beschreibungen Verneuil's und Pahlen's sind ganz ausführlich, doch sind die Pahlen'schen Varietäten

excavata und *alta*, als selbständige Formen, aus dem Formenkreis des *planus* auszuschliessen.

In mehreren wichtigen Punkten stimmen die hier folgenden Beschreibungen und Ansichten bezüglich des *Antigonambonites planus* nicht zu denen von *planus* bei Schuchert & Cooper (2), S. 118, und wir fassen diese Unstimmigkeiten so zusammen:

Nach Schuchert & Cooper (2)

Nach A. Ö.

„Shell substance fibrous, impunctate.“

Echte Poren fehlen. Die Innenfläche der Schale ist gekörnt oder gewarzt. Die Warzen erzeugen in der Schalensubstanz die bei *Estlandia* beschriebenen strophomenoiden Pseudoporen. Wegen diagenetischer Umkristallisation der Schalensubstanz sind diese Pseudoporen nicht in jedem Schliff und nicht bei jedem Exemplar deutlich genug erhalten.

„Deltidium imperforate in *G. planus*.“

Das Deltidium ist am Apex perforiert. Das Foramen ist sehr fein und vernarbt schon in der Jugend (Taf. XXXIV, Fig. 26). Die Narbe diente als Haftscheibe, jedoch, wahrscheinlich schon bei Lebzeiten, lösten sich die Schalen vom Substrat ab (brachen ab), und das ganze Haftgebilde ist daher gewöhnlich mehr oder weniger abgenutzt.

Spondylium (? Pseudospondylium) sessil.

Spondylium triplex (Taf. III, Fig. 4 und Textabb. 3). Infolge Ausfüllung der engen subspondyliaren Kammern mit Kalk wird es bei älteren Exemplaren zum Spondylium triplex tangens.

Nach Schuchert & Cooper (2)

Nach A. Ö.

„ . . . it may be found necessary to set of *G. planus* as an independent generic group on the basis of its unusual spondylium (pseudospondylium) and non perforated deltidium.“

G. planus soll an die Spitze einer neuen Gattung gestellt werden, welche in die nähere Verwandtschaft der *Estlandia* gehört und sich von dieser durch Skulptur, Gestalt der dorsalen Muskelnarben u. a. weniger wichtige Eigenschaften unterscheidet.

Die Unterschiede des *planus* von *Estlandia marginata*, Rauna u. a. sind oben unter Gen. *Antigonambonites* zusammengefasst worden.

Unsere Beschreibung des *Antigonambonites planus* beginnen wir mit der Pedikelschale Taf. XXXI, Fig. 3 a — 5 c (Textabb. 51), aus dem Megalaspiskalk (B_{II}) von Wassilkowo an der Lawa. Sie soll als Ersatz (Neotyp) des Pander'schen Holotypus gelten, solange der letztere noch nicht identifiziert worden ist. Diese Schale ist 19 mm breit und 18 mm lang, also etwas kleiner als das Exemplar Pander's. Die Wölbung ist flach konkav, am Nabel aber konvex, die Area ist mässig geneigt und flach; der Schalenumriss ist gerundet, mit grösster Breite am Schlossrande. Nach den gleichmässig breiten, hufeisenförmigen Zuwachslamellen und der sichelförmigen, schmalen randlichen Lamelle zu urteilen (Taf. XXVI, Fig. 36), ist es ein erwachsenes, reifes Exemplar. Die Skulptur besteht aus steilen, auf den Kämme abgerundeten, sehr fein querverieften Längsrippen, deren man auf 5 mm bis 12 zählt. Die Rippen vermehren sich durch Einschaltung und Gabelung. Den Bau des Schlossrandes bei dem *planus* zeigt Taf. XXXI, Fig. 3 c. Der Schlosszahn ist breit und besteht aus drei Teilen, von denen der mittlere am stärksten hervorrägt. Der Zahn ist längsgestreift. Der Schlossrand ist nicht glatt, sondern gehöckert, kreneliert, wobei einem jeden Höckerchen in der Brachialschale ein Grübchen entspricht. Es ist somit ein gezahnter Schlossrand, wie wir ihn bei verschiedenen Strophomeniden und Plektambonitiden, und zwar in stärkerer Ausbildung, kennen. Der Schlosszahn und die Zähnnchen haben auf der Area Wachstumsstreifen hinterlassen, welche alle unge-

fähr aus dem Wirbel ausstrahlen [vgl. *Ingria* und *Plectella*, A. Öpik (8)]¹⁾. Ausserdem trägt die Area grobe horizontale Zuwachsstreifen und eine sehr feine, dichte, vertikale Streifung. Am Wirbel der Δ -Platte ist noch die abgenutzte Haftscheibe des vernarbten Foramens sichtbar.

Taf. XXXI, Fig. 3 a und Textabb. 51 geben den Innenbau derselben Pedikelschale wieder. Das Spondylium ist ziemlich breit und ist in der Mittellinie durch das verkümmerte Mittel-septum mit dem Boden der Schale verwachsen. Die Seitensepten dagegen sind relativ gut entwickelt, so dass die subspondyliaren Kammern diesmal nicht ausgefüllt erscheinen. Die Schwelle ist verdickt und trägt an ihrem Aussenrande die unruhig verlaufenden randlichen Gefässfurchen. Der Innenrand der Schwelle trägt girlandenartige Ausschnitte, durch welche die Enden der Hauptgefässe angedeutet sind (Textabb. 51). Die Bogen der Girlanden laufen zu intervaskularen Leisten zusammen. Das rekonstruierte Bild des Gefässnetzes gleicht demjenigen der *Estlandia marginata*, doch sind die Gefässabdrücke hier nur als vertiefte, voneinander durch intervaskulare Septen getrennte Kanäle entwickelt. Dies gilt auch bezüglich der *vascula dentalia*, welche, im Gegensatz zu denen der *E. marginata*, hier nie als Wülste ausgebildet vorkommen. Die anderen Gefässe sind nur in seltenen Fällen anstatt durch Kanäle durch Wülste vertreten (Dimorphie der Gefässabdrücke). Zur weiteren Klärung des Baues der Pedikelschale von *Antigonambonites planus* dienen Taf. III, Fig. 4 (Textabb. 3) und Taf. XXXIV, Fig. 2 a, 2 b. Die erstere (Taf. III, Fig. 4) ist ein Dünnschliff durch das Spondylium einer Pedikelschale von *Antig. planus*, welcher durch die Abschleifung der Area hergestellt wurde. Es ist hier das typische Spondylium triplex vorhanden, ganz wie es bei *Estlandia marginata* der Fall ist. Der Unterschied beider Formen hinsichtlich des Spondyliums besteht nur darin, dass bei *Estlandia* das Mittelseptum mit zunehmendem Alter kräftiger und höher wächst, bei *Antigonambonites* aber niedrig bleibt und von der Schalensubstanz schliesslich ganz überwachsen wird. Die ganz junge, im Bilde stark vergrösserte Pedikelschale Taf. XXXIV, Fig. 2 a zeigt noch ganz deutlich das Mittelseptum,

1) Diese Positionsstreifung der Schlosszähne ist auch bei Schuchert & Cooper (2), Taf. VIII, Fig. 4 an einer Brachialschale des *Antigonambonites planus* zu sehen.

welches man aber hier mit blossem Auge dennoch kaum unterscheiden würde. Auch hier sieht man die schwache Krenelierung des Schlossrandes. Von Gefässen sind nur die randlichen Furchen entwickelt, wobei hier noch eine gewisse Ähnlichkeit mit Orthiden besteht. Der Bau des Foramens (Taf. XXXIV, Fig. 2 b) ist sehr eigenartig. Schon bei diesem jungen Exemplar ist es vernarbt oder, besser, verkorkt und hat offenbar als Haftscheibe gedient. Die querverlaufende, narbenartige Furche auf dem „Kork“ ist wohl der Abdruck des Gegenstandes, an dem die Schale einst gehaftet hat.

Der Innenbau der Brachialschale ergibt sich aus dem gerontischen Exemplare Taf. XXXI, Fig. 2. Sie ist 21 mm lang und 23 mm breit, also entsprechend dem hohen Alter relativ lang. Von der gerontischen Altersstufe zeugen auch die breiten, sichelförmigen Zuwachslamellen am Rande und das für *Antigonambonites planus* sonst ungewöhnliche, sehr kräftige Innenrelief. Die Area ist flach, mässig geneigt und relativ breit. Das schmale Chilidium ist fast ganz zerstört. Der Schlossfortsatz ist fein und hoch, die Nebenleisten des Ankers sind, ähnlich wie bei älteren Exemplaren der *Estlandia marginata* (Taf. XXII, Fig. 3), mit der Protuberanz des Chilidiums verwachsen, so dass die äusseren Öffnernarben als gesonderte, tiefe Gruben an den Seitenecken des Chilidiums erscheinen. Die Armstützen sind klein und sitzen auf den starken, unterhöhlten Wülsten der *vascula cruralia*. Das Mittelseptum ist fadenförmig fein. Das hintere Paar der Schliessmuskelnarben ist das grössere, und diese Narben selbst sind von bohnenförmiger Gestalt. Die vorderen Narben sind kleiner und haben einen ovalen Umriss. An den Narben entspringen die schwachen intervaskularen Septen und reichen bis zur Schwelle hin. Der Innenrand der Schwelle ist auch hier mit den girlandenartigen Ausschnitten versehen, welche den Abdrücken der vorderen Enden der Hauptgefässe entsprechen. Die Schwelle ist eine Kammschwelle mit beginnender Diaphragmabildung. Die randlichen Gefässabdrücke sind nicht linear, sondern verlaufen in schwach geschlängelten Linien.

Die hier besprochenen Exemplare des *Antigonambonites planus* sind gerontisch oder fast gerontisch und wurden zur Beschreibung der Art gewählt, weil hier der Innenbau genügend stark ausgeprägt erscheint und eine genaue Darstellung und einen Vergleich mit anderen Gattungen, besonders mit der nahe ver-

wandten *Estlandia*, zulässt. Bei erwachsenen und jüngeren Exemplaren dieser Art sind die Innenmerkmale ganz verschwommen. Es fehlen die Muskelnarben, die *vascula cruralia* sind schwach, und die Spuren der Hauptgefäße sind durch innere Radialstreifung ganz verdeckt. Diese radialen Streifen, welche auch an der Pedikelschale Taf. XXXIV, Fig. 2 a zu sehen sind, entsprechen, wie üblich, den Verlegungsspuren der randlichen Gefäße. Stärker als beim *planus* sind diese Verlegungsspuren bei dem *aequistriatus* (Taf. XXIX) ausgebildet. Sehr schöne Exemplare des *Antig. planus* bilden Schuchert & Cooper (2), Taf. VIII ab. Ihre Fig. 4 zeigt diese Verlegungsstreifen des randlichen Gefässnetzes, und bei der grossen Pedikelschale (2), Taf. VIII, Fig. 25 sind an der Schwelle die Girlanden zu sehen, von denen zum Spondylium hin die intervaskularen, hier allerdings nur schwachen, Septen hinüberziehen. *Antigonambonites planus* ist eine relativ variable Art mit schwankender dorsaler Wölbung. Auch die Ausbildung des Spondyliums kann verschieden sein. Bald ist es seitlich unterhöhlt, bald aber berührt es fast mit seiner ganzen Fläche den Boden der Schale.

Antig. planus ist das häufigste Fossil des Megalaspiskalkes (B₁₁) des Ostbaltikums und geht auch in die *expansus*-Zone hinauf.

Antigonambonites sulcatus n. sp.

Taf. XXXI, Fig. 1 a, 1 b.

Holotyp ist die abgebildete Brachialschale aus der B₁₁β-Zone des Megalaspiskalkes von Mäeküla. Die Schale ist 22 mm breit und 17 mm lang, und kann daher als relativ kurz bezeichnet werden. Es ist dies ein gerontisches Exemplar. Entsprechende gerontische Schalen des *planus* (Taf. XXXI, Fig. 2) sind länger. Diese Art unterscheidet sich ferner durch einen relativ tiefen Sinus auf der Brachialschale (bei *planus* ist der Sinus kaum angedeutet oder er fehlt ganz); die Zuwachslamellen sind hier stark abgesetzt und am Rande etwas unterhöhlt, wodurch eine an *Clitambonites* erinnernde Imbrikation erzeugt wird. In dieser Hinsicht bildet *A. sulcatus* einen Einzelfall in seiner Familie. Innerlich unterscheidet sich *Antigonambonites sulcatus* von *planus* durch relativ kräftige Ausbildung des Mittelseptums und ungewöhnlich starke intervaskuläre Leisten. Der Anker ist kürzer und breiter als bei *planus*. Die Skulptur besteht aus

quergerieften Längsstreifen, deren man, wie bei *planus*, bis 12 auf 5 mm zählt. Es ist dies eine seltene Art.

***Antigonambonites costatus* n. sp.**

Taf. XXXII; Textabb. 34.

Holotyp ist die Taf. XXXII, Fig. 1a—1b abgebildete Pedikelschale aus dem BII-Kalkstein von Obuchowo (Russland). Die Art kommt nur im Megalaspiskalk (BII) des Ostbaltikums vor und ist selten. In Estland wird sie in den Aufschlüssen von Vaiala und Iru gefunden.

Von allen Klitamboniten und Gonamboniten unterscheidet sich *Antig. costatus* durch die *Orthis*-artigen, abgerundeten bis scharfkämmigen, groben Längsrippen, deren man auf 5 mm 5 bis 7 zählt. Sie vermehren sich vorwiegend durch Spaltung, wobei die verschiedenen starken sekundären Rippen immer schwächer als die Hauptrippen bleiben. Die Querriefung der Rippen ist etwas gröber als bei *planus*. Die Querriefung ist unregelmässig und löst sich z. T. in eine Art Körnung auf. Junge Schalen (Taf. XXXII, Fig. 3a, 3b) sind flach gewölbt, wobei die Brachialschale fast flach erscheint. Ausgewachsene Exemplare biegen den Schalenrand ventralwärts stark herab (Taf. XXXII, Fig. 1a, 1b und Textabb. 34), wobei eine extrem strophomenoide, inverse Wölbung zustande kommt. Die ventrale Schwelle ist kaum angedeutet. Am Spondylium fehlt das Mittelseptum, die Seitensepten treten gut hervor. Bei jungen Schalen ist das Spondylium seitlich unterhöhlt (Taf. XXXII, Fig. 2b), bei älteren (ebenda Fig. 1b) ist es fast ganz mit der Schale verwachsen. Die Area ist flach und das apikal gelegene, kleine Foramen vernarbt schon in der Jugend. Eine Haftscheibe ist nicht nachgewiesen worden. Von Gefässen sind nur jene des randlichen Netzes und deren radiale Verlegungsstreifen vorhanden. Der Innenbau der Brachialschale ist unbekannt. Der Holotyp (Taf. XXXII, Fig. 1a—1b) ist 25 mm breit und 18 mm lang. Das ganze, jugendliche Exemplar misst in der Länge 14 mm, in der Breite 19 mm und in der Dicke 5 mm.

***Antigonambonites aequistriatus* (Gagel).**

Taf. XXVIII, XXIX; Textabb. 6G und 9.

Orthisina plana var. *excavata* Pahlen (21), S. 27, Taf. II, Fig. 16, 17. Es ist dies ein Homonym von *Gonambonites excavata* Pander (22), Taf. XX, Fig. 4. *Strophomena aequistriata* Gagel (33), S. 42, Taf. III, Fig. 17 a.

Diese Form ist von Pahlen recht gut beschrieben worden, doch ist leider der Name *excavata* nicht verfügbar, da er bereits von Pander 1830 für eine andere Form derselben Gattung verwendet worden war. *Gonambonites excavata* Pander 1830 ist ja ein *Antigonambonites*, vielleicht sogar ein Synonym von *planus*.

Die Beschreibung bei Gagel ist weniger genau, seine Abbildung deckt sich ganz mit der auf derselben Tafel III, Fig. 12 abgebildeten silurischen *Strophomena lindströmi*, so dass die Wiedererkennung der Pahlen'schen *excavata* hier sehr erschwert war. Dies konnte erst durch Besichtigung des Gagel'schen Originals (Holotypus) geschehen, die vom Verf. der vorliegenden Schrift in Königsberg, in den Sammlungen des Geol. Instituts, mit freundlicher Genehmigung des Herrn Prof. K. Andréé im Jahre 1927 ausgeführt wurde.

Die Art kommt vor in Estland, im Vaginatenkalk (Kunda-Stufe, Bm) und ist ein seltenes, aber schichtentreues Fossil. Einzelne Exemplare erreichen eine beträchtliche Grösse, indem sie bis 45 mm lang und bis 55 mm breit werden können. Kleinere Schalen sind häufiger. Die Pedikelschale Taf. XXVIII, Fig. 1 ist z. B. 30 mm lang und 35 mm breit. Die Schalen sind relativ flach und der Rand biegt sich, wie bei einer *Strophomena*, ventralwärts herab. Die Seitenränder stehen fast parallel zueinander, der Vorderrand ist abgerundet. Die ventrale Area ist gross, fast ganz flach und relativ stark geneigt. Die Δ -Platte ist schmal und ragt wenig hervor. Das Foramen ist apikal und vernarbt schon in der Jugend fast spurlos. Die Skulptur besteht aus steilen, abgerundeten, fein querverieften, durch Einschaltung sich vermehrenden Rippen, deren man bis 10 auf 5 mm zählt. Die Zuwachslamellen sind kaum angedeutet. In der dorsalen Schale (Taf. XXVIII, Fig. 2, 3) ist das Chilidium schmal und stark gebogen. Die kleinen Crura werden von den unterhöhlten, aber kurzen Wülsten der *vascula cruralia* gestützt. Das Mittelseptum ist fadenförmig fein. Die dorsalen Schliessmuskelnarben sind relativ klein, und es entspringen an ihnen in der Regel sehr kräftige intervaskuläre Septen. Die dorsale Schwelle ist als Kammschwelle ausgebildet, kann aber auch in ein schwaches Diaphragma übergehen. Auch das ventrale Septum (Taf. XXVII, Fig. 1b) ist fadenförmig fein. Das Spondylium triplex ist relativ gross und breit und berührt fast mit seiner ganzen Fläche den Boden der Schale. Ein vollständiges Verwachsen

des Spondyliums mit der Schale findet aber nicht statt. Die wallartige Schwelle (Textabb. 6 a; Taf. XXIX) ist ungewöhnlich mächtig, ihre Dicke kann bis 5 mm betragen.

Nur in seltenen Fällen haben die Hauptgefäße Abdrücke in den Schalen hinterlassen, und zwar in Form intervaskularer Septen. Die Anordnung und Gestalt des Hauptgefässnetzes entspricht dem des *Antig. planus* (Textabb. 51) oder der *Estlandia* (Textabb. 14).

Das randliche Netz ist dagegen immer bis auf die letzten Einzelheiten erhalten (Taf. XXIX). Auf dem mit rundlichen Warzen besäten Randsaum verlaufen die Gefässkanälchen sich schlängelnd und spalten sich mehrfach, bevor sie den Rand erreichen. Der Übersichtlichkeit wegen ist einer dieser Kanäle von dem Durchbruch (*pylae vasculorum*) der inneren Schwellenkante an bis zum Schalenrande nachgezeichnet worden. Auch hier sind tiefer geschnittene primäre und seichtere sekundäre Kanäle zu unterscheiden. Die Innenfläche der Schale (Taf. XXIX, Fig. 1 a) trägt dabei linear verlaufende, vom Spondylium ausstrahlende Furchen, welche in die *pylae vasculorum* des Schwellenrandes münden. Da das Weiterwachsen der Schale durch Kalkablagerung auf dem gewarzten Aussensaum geschah, so sind die radialen Furchen der Innenfläche nichts anderes als die Spuren, welche von den Gefässdurchbrüchen hinterlassen wurden. Es sind dies somit keine Abdrücke der Mantelgefäße, sondern nur Positionsspuren des randlichen Systems. Die verschiedenen Ruhelagen der Schwelle sind dabei im Inneren der Schale (Taf. XXIX, Fig. 1 a, besonders links unten) als konzentrische Streifen sichtbar (vgl. hierzu auch Textabb. 9). Eine ähnlich gebaute Schwelle und ein randliches Gefässnetz kommt auch bei manchen Strophomeniden vor. Taf. XXX, Fig. 4 ist der Innenrand von *Strophomena (Actinomena) assmusi* (Vern.) abgebildet. Es sind hier in gleicher Weise die Warzen, die Gefässverzweigungen, die *pylae vasculorum* oder Schwellendurchbrüche und deren radiale Positionsspuren vorhanden. Als einziger wesentlicher Unterschied von *Antigonambonites aequistriatus* ist hier nur die geringere Dichte und die Grobheit der Gefässabdrücke der *Actinomena* zu nennen.

Antigonambonites aequistriatus ist von *planus* sehr verschieden. Der *aequistriatus* ist bedeutend grösser, ist mehr konkav, hat massive Schwellen und stärkere intervaskuläre dorsale Leisten.

Antigonambonites anna n. sp.

Taf. XXXIV, Fig. 1, 2; Taf. XLI, Fig. 1, 2; Textabb. 36.

Holotyp ist die Brachialschale Taf. XXXIV, Fig. 1 aus dem *Megalaspis*-Kalk (BII) von Obuchowo, Russland.

Diese Art unterscheidet sich von *planus* durch ihre Grösse, die stärkere Wölbung der dorsalen Schale, durch das relativ starke dorsale Diaphragma, mehr eckige Muskelnarben mit kräftigen intervaskularen Leisten, durch die ventrale Stufenschwelle und

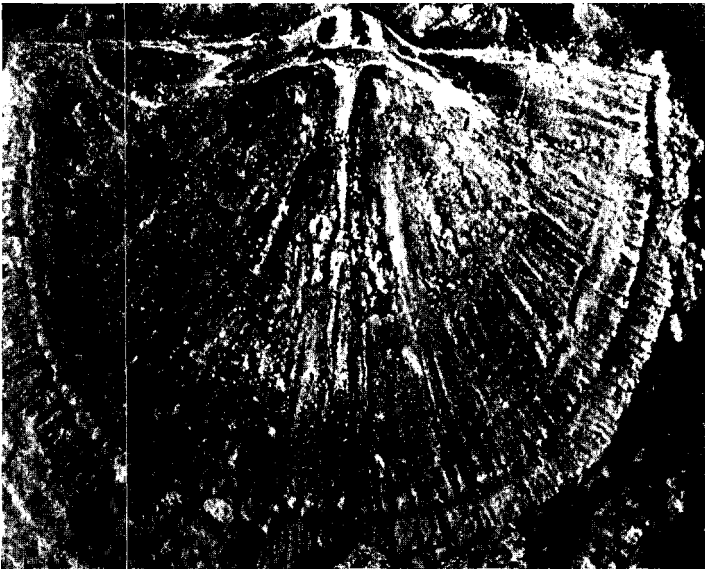


Abb. 36. *Antigonambonites anna* n. sp. Eine innerlich z. T. zerstörte Brachialschale aus Mäeküla, BII_β. Die linken Schliessernarben sind nachgezeichnet worden. Ca $\times 3$ der nat. Grösse.

durch das mit dem Boden der Schale ganz verschmolzene Spondylium. *Antig. anna* ist dabei dem *aequistriatus* sehr ähnlich und kann als unmittelbarer Vorfahre des letzteren gelten. Gegenüber *aequistriatus* hat *Antig. anna* feinere Längsrippen (bis 13 auf 5 mm), gröbere Querstreifung (Taf. XLI, Fig. 1), eine stärker gewölbte dorsale Schale, eine ventrale Stufenschwelle, wie die *Estlandia pyron* (Textabb. 6) (bei *aequistriatus* ist es eine Wallschwelle), und einen dorsalen und zwar flachen Sinus, welcher bei *aequistriatus* nicht vorhanden ist.

Der Holotypus (Taf. XXXIV, Fig. 1) ist 34 mm breit und 28 mm lang (im restaurierten Zustande). Von Muskelnarben sind nur die hinteren, etwas gezackten Ränder des hinteren Paares sichtbar. Die ganze Innenfläche ist sehr grob längsgestreift, sogar fast gefaltet. Das Mittelseptum fehlt. Bei der anderen Brachialschale (Textabb. 36) ist das Septum schwach angedeutet. Die Skulptur ist an einer grossen Pedikelschale (Taf. XLI, Fig. 1—2, 30 mm lang und 38 mm breit) aus Gornaja Scheldicha (Russland) zu sehen. An derselben Schale ist die Stufenschwelle und das mit der Schale verwachsene, sessile oder tangente Spondylium bemerkbar.

Antigonambonites mäekülaensis n. sp.

Taf. XXXIV, Fig. 3, 4a, 4b; Textabb. 34.

Holotyp ist die Pedikelschale Taf. XXXIV, Fig. 4a, 4b aus der BII β -Zone des Megalaspiskalkes von Mäeküla. Sie unterscheidet sich von allen anderen *Antigonambonites*-Arten durch ihre konvexe ventrale Wölbung (Textabb. 34), die fast durchweg einfachen Rippen, den subquadratischen Umriss und durch das hochgestellte, durch die üblichen drei Septen unterstützte Spondylium. Hinsichtlich des Spondyliums hat diese Art mehr Ähnlichkeit mit *Estlandia marginata* als mit *Antig. planus*. Die Schlosszähne sind ganz klein, die Schwelle relativ dick und breit und die Hauptgefässe durch die intervaskularen Leisten angedeutet. Die Seitensepten des Spondyliums beginnen fast unter den Schlosszähnen und setzen sich nach vorne in Form von zwei divergierenden Streifen fort (Taf. XXXIV, Fig. 4b). Der Holotypus ist 14 mm lang und 13 mm breit.

Zur selben Art gehört auch die Brachialschale Taf. XXXIV, Fig. 3. Als besondere Merkmale erscheinen hier das bei *Antigonambonites* sonst fehlende oder sehr kurze Längsseptum, die relativ grossen und ungewöhnlich kräftigen Muskelnarben und der breite Randsaum. Die Brachialschale erinnert an *A. sulcatus*, doch ist sie relativ länger und kleiner und hat auch keinen Sinus.

Die Art *maekülaensis* kommt nur in Estland, in der oberen Hälfte des Megalaspiskalkes, vor und ist dabei selten.

***Antigonambonites soror* n. sp.**

Taf. XXXIII, Fig. 2 a--3 b; Textabb. 34.

Holotyp ist das ganze Exemplar Taf. XXXIII, Fig. 2 a, 2 b aus dem Megalaspiskalk von Pawlowsk, Russland. In Estland ist diese Art nicht gefunden worden. Es ist dies eine Schwesterart des vorher beschriebenen *Antig. mäekülaënsis*, was durch den Vergleich der Brachialschalen Taf. XXXIV, Fig. 3 und XXXIII, Fig. 3 a sofort festgestellt werden kann. Aber die Art *soror* ist bedeutend breiter, hat eine stark gebogene Area und kann daher leicht von dem *mäekülaënsis* unterschieden werden. Der Holotyp ist 15 mm lang, 17 mm breit und 7 mm dick. Die Skulptur besteht aus Längsrippen, deren man 11 auf 5 mm zählt. Die Rippen sind steil und dicht zusammengedrängt. Das Foramen ist vernarbt und befindet sich an der Spitze der Δ -Platte. Die dorsale Area ist relativ breit und steht fast senkrecht zum Schalenrand. Die dorsale Schale trägt ausserdem einen flachen Sinus (*mäekülaënsis* hat keinen Sinus).

Im Inneren der Dorsalschale (Taf. XXXIII, Fig. 3 a) fallen die deutlich ausgebildeten Zahngruben auf, was bei anderen *Antigonambonites*-Arten nicht vorkommt. Die Crura sind gross und eigenartig kolbenförmig angeschwollen. Der Anker und das Chilidium sind ganz schmal. Die Schwelle ist durch ein in der Mittellinie eingebuchtetes Diaphragma vertreten und verläuft weit entfernt vom Rande, wodurch der Randsaum mit dem randlichen Gefässnetz besonders breit erscheint. Das Mittelseptum ist fadenförmig fein und die vascula cruralia kaum angedeutet. Die Muskelnarben sind klein und von zentraler Lage. Alle Narben sind fast gleich gross und nach hinten zugespitzt, so dass sie einen tropfenförmigen Umriss erhalten.

Hierin weicht der dorsale Innenbau erheblich von dem des *Antigonambonites planus* ab und nähert sich in dieser Hinsicht der *Estlandia marginata*. Aber das Fehlen der Wülste der vascula cruralia, die *planus*-artige Skulptur, das schwache Mittelseptum und das apikale Foramen, also die wichtigsten Merkmale des *Antigonambonites*, sind hier immerhin noch vorhanden. Andererseits erinnert diese Art der Gestalt der Muskelnarben nach einigermaßen auch an *Kullervo*. Die eben besprochene Brachialschale ist 16 mm breit und 13 mm lang.

Fam. Kullervoidae nov.

Subfam. Kullervoinae nov.

Gen. Kullervo Öpik.

Orthisina Wiman (34); *Clitambonites* Reed (35); *Vellamo* (partim) et *Gonambonites* (partim) A. Öpik (1); *Kullervo* Öpik (8).

Genotyp ist *Gonambonites panderi* Öpik (1), S. 234, welche Art auch damals nur provisorisch in die Gattung *Gonambonites* gestellt worden war.

Die Innenfläche der Schalen ist fein gewarzt (Taf. XXXVII, Fig. 1 und Textabb. 38), und im Dünnschliff erkennt man, dass diesen Warzen in der Schalensubstanz Pseudoporen mit hellen axialen Kernen entsprechen, dass also eine strophomenoide Schalenstruktur, wie bei *Estlandia*, vorliegt.

Der Habitus der Schalen ist *Vellamo*-artig, mit relativ flacher dorsaler und hoher ventraler Schale.

In der Skulpturverteilung bestehen verschiedene Felder. Der mittlere Sektor der Schale zeigt vorwiegend Längsrippen und untergeordnete, mehr oder weniger grobe Querriefen. An den Flügeln sind die Querriefen entweder im Gleichgewicht mit den Längsrippen, oder es werden die Längsrippen ganz unterdrückt. Wo die Querriefen und die Längsrippen sich kreuzen, entsteht eine eigenartige Rautenzeichnung, die sich auch über die ganze Schale, wie bei *Kullervo complectens* (Wiman), ausbreiten kann. Die Pedikelarea ist aufrecht oder mässig geneigt, das Foramen, ausser bei *K. intacta* n. sp., gross und offen.

Im Inneren der Pedikelschale sind die Muskelnarben auf dem Spondylium konzentriert. Das Spondylium, wie es uns eben vorliegt, ähnelt dem *Spondylium simplex*, da hier nur das Mittelseptum als Stütze vorhanden ist. Da aber neben diesem, bei einigen Arten, noch die subspondyliaren Leisten der „Gonamboniten“ (vgl. Textabb. 3 mit 5) als Rudimente erhalten sind (bei *K. complectens*, Textabb. 5, und bei *K. intacta*), so ist dieses Spondylium aus einem Sp. triplex und nicht aus einem simplex hervorgegangen. Auf der Innenfläche des Spondyliums verlaufen ausserdem zwei parallele Leisten, welche in der Mittellinie des Spondyliums eine besondere halbröhrenförmige Kammer, die Hemisyrix, bilden.

In der Brachialschale sind die Schliessmuskelnarben klein, weit voneinander gestellt und haben zum Nabel hin konvergierende Positionsspuren hinterlassen, von einer Art, wie sie bei Lamellibranchiaten beobachtet werden.

Es besteht hier, wie bei anderen Brachiopoden mit heterogener Schalenstruktur, zweierlei Schalensubstanz: die glatte, welche sich auf den Muskel- und Arminsertionen bildet, und die pseudopunktierte, resp. gewarzte, welche vom ganzen Mantel abge sondert wird und der übrigen Schale entspricht. An den Muskelnarben der Dorsalschale von *Kullervo* sind nun die relativ kleinen, gewöhnlich vertieften vorderen Enden der Narben glatt, während ihre nach hinten gerichteten, längeren, zugespitzten Teile (Taf. XXXVII, Fig. 1 und Textabb. 38) schon mit gewarzter Substanz überdeckt erscheinen: es sind dies die nachträglich überdeckten Spuren der Narben.

Das Chilidium bildet einen flachen Bogen und ist mit dem Schlossfortsatz ganz verwachsen. Die Nebenleisten des Schlossfortsatzes sind sehr kräftig. Bei der *Kullervo lacunata* sind alle drei Fortsätze untereinander im Gleichgewicht, dem bei A. Öpik (8) vermuteten, aber damals noch nicht beobachteten Falle entsprechend. Das dorsale Mittelseptum ist stark entwickelt.

Die Hauptgefäße haben nur selten Spuren hinterlassen. Die randlichen Kanäle sind stets vorhanden. Sie bestehen aus mehr oder weniger strichartigen, feinen Vertiefungen, welche mit breiteren, rundlichen Grübchen beginnen (Textabb. 38, 41, 32 und Taf. XXXVI, Fig. 2). Die randlichen Kanäle sind nur im Mittelsektor der Schale ausgebildet, wo äusserlich die Längsrippen stark hervortreten. An den Flügeln, wo die Querriefung das Übergewicht hat, fehlen auch die Abdrücke der randlichen Gefäße. Die ganze Konfiguration der Gefäße, soweit sie festgestellt werden konnte, ähnelt derjenigen von *Estlandia*, *Antigonambonites* u. a. Dies, gleichwie die Warzung der Innenfläche, die pseudopunktierte Schale, der Bau des dorsalen Ankers und die rudimentären subspondyliaren Septen bringen die *Kullervo* in den Formenkreis der „Gonamboniten“, der *Estlandia* u. a. hinein. Der *Vellamo*-artige Habitus ist dabei zweifellos als eine äusserliche Konvergenz zu deuten, und kann nicht als Beweis der näheren Verwandtschaft von *Kullervo* und *Vellamo* dienen.

Zu *Kullervo* sind die folgenden Arten zu rechnen: *K. panderi* Öpik; die neuen Arten *intacta*, *lacunata* und *aluverensis*; *Orthisina*

complectens Wiman (34), und schliesslich *Clitambonites complectens albida* Reed (35). Sie lassen sich nach der Skulptur in vier Gruppen gliedern. Bei der ersten, mit *panderi* und *intacta*, dominiert die Längsskulptur, die Querriefen sind fein und die Rautenzeichnung nur an den Flügeln und am Nabel vorhanden (Textabb. 37). In der zweiten Gruppe mit *lacunata* und *aluverensis* besteht ein Mittelsektor mit starken Längsrippen, während an den Flügeln die Querriefung das Übergewicht erhält (Textabb. 40 und Taf. XXXVI, Fig. 5a). Die dritte Gruppe ist durch *K. complectens* (Wiman) vertreten, und hier haben wir die Querriefen und die Längsrippen fast im Gleichgewicht auf der ganzen Schale. Die vierte und letzte Gruppe enthält den *Clitambonites complectens albidus* Reed (35), wo die Querriefung schon das Hauptelement der Skulptur auf der ganzen Schalenfläche bildet.

Alle diese Arten gehören in das mittlere und obere Ordovizium hinein. Zweifellos stammt aber *Kullervo* von Formen ab, die sich schon frühzeitig vom „Gonamboniten“-Stamm abspalteten, von denen uns aber noch kein einziges Splitterchen vorliegt. Am nächsten zu *Kullervo* scheint die *Progonambonites*-Gruppe zu stehen. Es ist dies die einzige *Gonambonites*-Gruppe, welche neben anderen Eigenschaften auch eine an *Kullervo panderi* und *intacta* erinnernde Skulptur besitzt. Aber auch hier sind die Beziehungen von allgemeiner Natur, und es kann auch von *Progonambonites* die *Kullervo* nicht abgeleitet werden. Der Verlust der subspondyliaren lateralen Septen bei *Kullervo* ist wohl durch die Höhe der Pedikelarea erklärlich, welche einen grossen subspondyliaren Raum verursachte, so dass diese Leisten gar nicht mehr mit dem Schalenboden in Kontakt kommen konnten.

***Kullervo panderi* (Öpik).**

Taf. XXXV, Fig. 1—5; Taf. XXXVIII, Fig. 2; Textabb. 37, 38, 39 und 52.

Gonambonites panderi A. Öpik (1), S. 234, Taf. XIX, Fig. 228; Taf. XXI, Fig. 260. *Kullervo panderi* (Öpik), A. Ö. (8), S. 70.

Die Pedikelschale ist hoch (Taf. XXXV, Fig. 4 a, Textabb. 52), mit aufrechter oder etwas nach hinten geneigter flacher, ungebogener Area. Die Brachialschale ist flach oder etwas konvex gewölbt. Der Umriss ist fast halbkreisförmig. Grössere Schalen (Taf. XXXV, Fig. 2) erreichen eine Breite von 15 und eine Länge von 10 mm; die Pedikelschale Taf. XXXVIII, Fig. 2 hat

eine 6 mm hohe Area. Die Skulptur (Taf. XXXV, Fig. 4 b, Textabb. 37 und A. Ö. (1), Taf. XXI, Fig. 260) besteht aus dicht gestellten, runden, quergerieften Rippen, welche sich durch Einschaltung vermehren. Die Schaltrippen sind immer schwächer als die primären. Auf 5 mm des Schalenrandes zählt man bis 12 solcher Rippen. An den Flügeln der Brachialschale treten die Querriefen stark hervor, die Rippen werden dabei schwächer

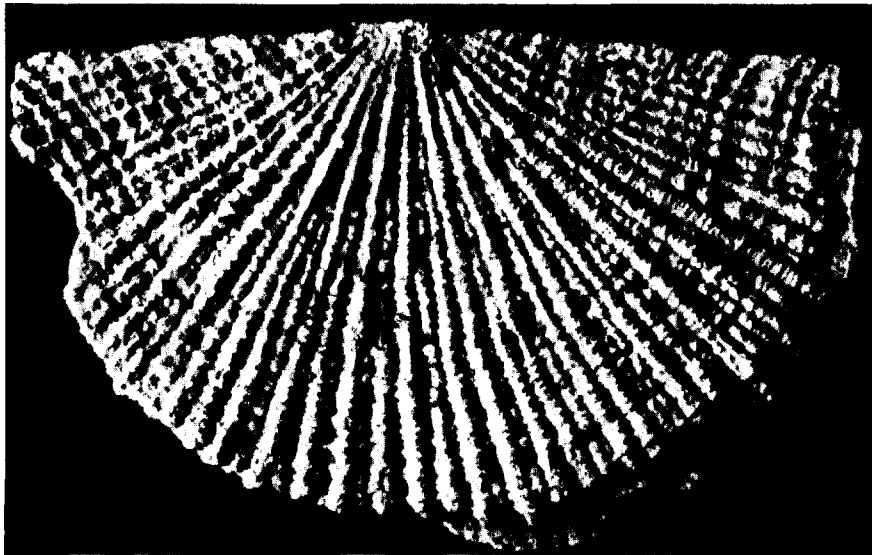


Photo A. Ö.

Abb. 37. *Kullervo panderi*, $\times 7,5$ der nat. Grösse. Es ist das Exemplar aus A. Öpik (1), Taf. XXI, Fig. 260. Die Flügel und der Mittelsektor sind von verschiedener Skulptur, indem auf den Flügeln die konzentrische Riefung stärker hervortritt.

und es entsteht hier die charakteristische Rautenzeichnung, welche besonders kräftig bei anderen *Kullervo*-Arten entwickelt ist.

Die Pedikelschale Taf. XXXV, Fig. 3 zeigt ein durch ein mässig hohes Septum gestütztes Spondylium, eine breite Δ -Öffnung, deren Platte aber zerstört ist, und abgerundete grosse Schlosszähne. Das Spondylium trägt auf seiner Innenfläche die zwei fast parallelen Leisten, welche so charakteristisch für die Gattung sind. Diese spondyliaren Leisten reichen hier bis zum Vorderrande des Spondyliums. Die Pedikelschale Taf. XXXVIII, Fig. 2 zeigt das Mittelseptum, einige intervaskuläre Leisten und die randliche, ziemlich dicke Schwelle mit den strichartigen Kanälen

des randlichen Gefässnetzes. Auch hier ist die *J*-Platte verloren gegangen und das Spondylium zerdrückt. Bei der jugendlichen, fragmentären Pedikelschale Taf. XXXV, Fig. 5 sind die spondyliaren Leisten fast ganz abgebrochen, bis auf einen kleinen,



Photo A. Ö.

Abb. 38. Eine fragmentäre Brachialschale von *Kullervo ponderi*, $\frac{1}{2}$ der nat. Grösse. Kohtla, C₃g. Die ganze Innenfläche erscheint fein gekörnt, glatt sind nur die Insertionen (I). p -- Positionsspur der Muskelnarben, schon durch die gekörnte Schalensubstanz überwachsen; I -- die letzte Lage der Muskelinsertion; mp -- die Grenze zwischen der vorderen Insertion und ihrer Positionsspur (der Pfeil gibt die Lage dieser Grenze an). Die randlichen, strichartigen Gefässkanäle beginnen ein jeder mit je einer rundlichen Vertiefung

schon ganz am Nabel der Schale befindlichen Rest. Auch die *J*-Platte ist z. T. zerstört. Daher sieht man hier, wie der Schlosszahn und seine bis zum Nabel reichende Spur sich von der *J*-Platte abheben und wie das Spondylium, als wahre Zahnstütze, mit dem Schlosszahn auf der ganzen Strecke verbunden bleibt. Das Spondylium wird bei *Kullervo ponderi* bis zum Nabel vom Schalenboden durch das Septum abgetrennt.

Die \mathcal{A} -Platte (Taf. XXXV, Fig. 4 a) ist hier mässig konvex und breit, und das Foramen ist *Vellamo*-artig gross und ganz offen.

Der Innenbau der Brachialschale soll auf Grund der Exemplare Taf. XXXV, Fig. 1 und 2 und Textabb. 38 und 52 erläutert werden. Die Schliessernarben sind weit voneinander und vom Mittelseptum gelegen. Die vorderen Narben sind rundlich und etwas vertieft und gehen nach hinten in die Positionsspur der Insertionen über. Die hinteren Narben sind noch weiter vom Mittelseptum, bis unter die Crura abgerückt und bilden, zusammen mit ihren Positionsspuren, je eine mehr oder weniger deutliche, schmale, vertiefte Rinne. Das Chilidium ist breit, flach gebogen, hat hinten eine äusserliche vertikale Furche („Strophomenidenfurche“, Taf. XXXV, Fig. 4 a) und ist mit dem Mittelzapfen des Schlossfortsatzes verwachsen. Die Seitenzapfen ragen in die Narben des mittleren Öffnerpaares hinein (Textabb. 52), und die Protuberanzen des Chilidiums wachsen hier nicht mit diesen Zapfen, wie bei *Estlandia* und *Antigonambonites*, zusammen, sondern das Verwachsen findet mehr seitlich statt. Dadurch werden im Alter auch hier die mittleren Öffnernarben von den seitlichen Narben ganz abgetrennt. Die Armträger sind klein, an den Spitzen etwas angeschwollen und sitzen auf den mässig verdickten, nicht unterhöhlten Wülsten der *vascula cruralia*. Das Mittelseptum ist hinten breit und abgeflacht und hat steile Flanken, während es nach vorne schneidendscharf und hoch wird. Hinten, wo das Mittelseptum und die *vascula cruralia* zusammenlaufen, hat sich der Hauptknoten als eine breite, dreieckige Fläche ausgebreitet. Eine Schwelle fehlt in der Brachialschale ganz. Bei den vorhandenen Exemplaren sind die Hauptgefässe kaum als schwache Wülste angedeutet (Textabb. 38), wobei ihre Konfiguration in den Hauptzügen derjenigen der *Estlandia* (Textabb. 14) entspricht. Das randliche Netz ist dagegen immer gut ausgebildet. Es besteht aus längeren und kürzeren strichartigen Kanälen (Taf. XXXV, Fig. 2, Textabb. 52), von welchen ein jeder mit einem vertieften, punktartigen Grübchen beginnt. Diese randlichen Gefässkanäle sind allerdings nur im Mittelsektor vorhanden, an den Flügeln fehlen, ähnlich wie bei *Estlandia* und *Antigonambonites*, diese Striche ganz.

Die Art kommt nur in der Kukurusestufe Estlands vor und ist selten: im Laufe von 10 Jahren wurden, als Ergebnis zahlreicher, z. T. gerade wegen dieser Art unternommener Exkursio-

nen, vom Verf. ca 20 Exemplare gefunden, von denen nur 5 (darunter nur 2 ganze) Pedikelschalen waren.

Kullervo intacta n. sp.

(Intacta — wegen des geschlossenen Foramens.)

Taf. XXXV, Fig. 6—7 b; Taf. XXXVII, Fig. 2 a, 2 b.

Holotyp ist die Pedikelschale Taf. XXXV, Fig. 6 aus den $C_3\alpha$ -Schichten der Kukruse-Stufe des Schieferbruches Kohtla-Järve. Die Art ist sehr selten, da im ganzen nur drei (die abgebildeten) Exemplare, alle aus $C_3\alpha$ von Kohtla, gefunden wurden.

Von *Kullervo panderi* unterscheidet sich die *intacta* durch die etwas feinere Längsskulptur (bis 15 Längsrippen auf 5 mm), durch das kleine, apikal gelegene und fast vernarbte Foramen und durch den Schalenumriss, indem die *intacta* bedeutend länger als die *panderi* erscheint. Dabei ist sie auch kleiner als die *panderi*. Ausserdem sind bei der *Kullervo intacta* auch noch die für die *Estlandia* und ihre Genossen charakteristischen subspondyliaren Septen (Nebensepten), allerdings schwach entwickelt, vorhanden, und sie gleicht in dieser Hinsicht der *Kullervo complectens* (Wiman). Bei *K. panderi* konnten diese Septen nicht nachgewiesen werden.

Der Holotyp ist 7,5 mm bis zum Schlossrande (bis zum Apex 10 mm) lang und 12 mm breit. Die Schlosszähne sind gross und abgerundet. Die \mathcal{A} -Platte ist stark konvex, auch an der Spitze, wo das kleine, vernarbte Foramen gelegen ist. Das Mittelseptum ist kurz und wird ganz vom Spondylium verdeckt.

Die Ränder der Hemisyrinx sind hier einander sehr genähert, so dass der mediane Schlitz ganz schmal erscheint; leider ist er hier beim Präparieren z. T. zerstört worden und sieht daher breiter aus, als er war.

Die Schalenskulptur zeigen die Schalen Taf. XXXV, Fig. 7 b und Taf. XXXVII, Fig. 2 a. Die Längsrippen sind dicht quergerieft und stehen nahe nebeneinander, und die Nebenrippen sind schwächer als die primären. Die eigenartige Rautenzeichnung, welche bei der *complectens* Wiman so kräftig ausgebildet ist, kann hier nur in der Nabelregion (beim Exemplar Taf. XXXV, Fig. 7 b) beobachtet werden.

Der dorsale Innenbau der *Kullervo intacta* erinnert sehr an denjenigen von *panderi*, doch hat die erstere ein sanfteres Relief. Die

kleinen Schliessernarben liegen weit entfernt voneinander und zeigen die charakteristischen Positionsspuren. Die hinteren Narben sind besonders schmal und zart. Die Kruralstützen (Wülste der *vascula cruralia*) sind flach angeschwollen und bilden mit dem ungewöhnlich breiten hinteren Teil des Mittelseptums den flachen Hauptknoten. Der Anker (Taf. XXXV, Fig. 7 a) ähnelt demjenigen von *K. panderi*, und obwohl er, der Kleinheit der Schalen entsprechend, sehr klein ist, zeigt er ganz deutlich die beiden Paare der Öffnerinsertionen. Von Gefässen sind, ähnlich wie bei *panderi*, nur die randlichen Kanäle des Mittel-sektors entwickelt. Diese erstrecken sich aber bis über die Schalenmitte hinaus (Taf. XXXVII, Fig. 2 b).

Kullervo lacunata n. sp.

(Lacunata — mit Vertiefungen verziert.)

Taf. XXXVI; Taf. XXXVII, Fig. 1; Textabb. 40 und 41.

Clitambonites (Vellamo) complectens (Wiman) A. Öpik (1), S. 218, Taf. XXI, Fig. 259.

Holotyp ist die Pedikelschale Taf. XXXVI, Fig. 5a, 5b, 5c. Dieses, gleichwie alle anderen Exemplare dieser Art stammen aus den C_{3a}-Schichten der Kukruse-Stufe.

Kullervo lacunata unterscheidet sich von der *panderi* und *intacta* 1) durch den starken Gegensatz zwischen den Längsrippen des Mittelsektors und der Rautensculptur der Flügel; 2) durch die geringe Zahl und Grobheit der Längsrippen; 3) durch das relativ schmale dorsale Mittelseptum und die damit verbundene Kleinheit des Hauptknotens; 4) durch die starke Ausbildung der Nebenleisten des Schlossfortsatzes. Von der *intacta* unterscheidet sich *Kullervo lacunata* ausserdem durch das offene Foramen und durch das Fehlen der sub-spondyliaren Septen. Es ist dies eine kleine Art, und sie kommt noch seltener als die *panderi* vor.

Der Holotypus ist von *Vellamo*-artiger, aber grotesk verzerrter Gestalt. Diese Schale (Taf. XXXVI, Fig. 5 a — 5 c) ist

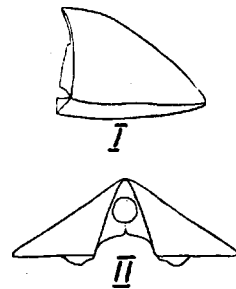


Abb. 39. Schemata zu *Kullervo*. I — Seitenprofil von *Kullervo panderi*, Taf. XXXV, Fig. 4; II — Areaansicht der Ventral-schale von *Kullervo alu-verensis*, Taf. XXXVIII, Fig. 1—1b, die zentrale Lage des Foramens in der Δ -Platte zeigend. $\times 2$ der nat. Grösse.

10 mm breit, nur 4 mm lang (vom Vorderrande bis zu den Schlosszähnen gemessen) und hat eine 6 mm hohe Area. Die Verzerrung ist durch einen Knick im Wachstum entstanden, da die grösste Breite der Schale nicht an ihrem gegenwärtigen Rande, sondern etwa in der Mitte erreicht wurde. Die Schalen-ecken sind spitzwinklig. Die Δ -Platte ist schmal, das Foramen gross und offen. Die Schlosszähne sind ganz klein. Die Skulptur besteht aus Längsrippen, von denen die im Mittelsektor

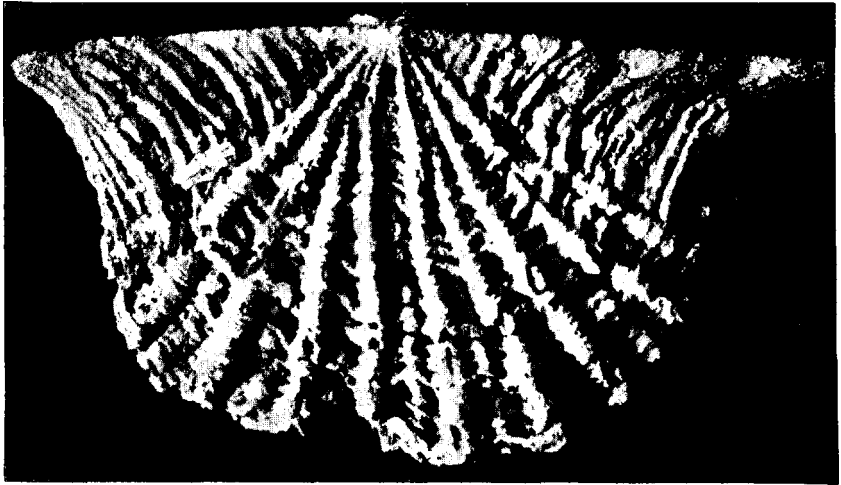


Photo A. Ö.

Abb. 40. *Kullervo lacinata*, Aussenskulptur der Brachialschale Taf. XXXVI, Fig. 3. Der Gegensatz der Skulptur der Flügel und derjenigen des Mittelsektors ist sehr gross. $\times 10$ der nat. Grösse.

gelegenen 8 sehr stark sind, während die auf den Flügeln gelegenen kaum hervortreten. Die Querriefen sind sehr grob und unterdrücken auf den Flügeln die Längsskulptur fast ganz. Das Spondylium (Taf. XXXVI, Fig. 5 b) ist relativ gross und wird von einem hohen (auf dem Bilde nicht sichtbaren) Septum gestützt. Die Leisten der Hemisyrix stehen voneinander weit entfernt. Die andere Ventralschale (Taf. XXXVI, Fig. 4) hat eine mehr geneigte Area und eine verdickte randliche Schwelle, übrigens ist sie stark abgenutzt.

Von den hier abgebildeten Brachialschalen zeigt diejenige auf Taf. XXXVI, Fig. 2a, 2b genau dieselbe Skulptur, welche schon am Holotypus (ebenda, Fig. 5a) beschrieben worden ist. An den Flügeln entstand, infolge des Gleichgewichts zwischen den Längsrippen

und den groben Querriefen, eine rautenförmige, lakunose Skulptur. Es ist dies eine gerontische Schale mit starkem Innenrelief (Taf. XXXVI, Fig. 2a und dieselbe Taf. XXXVII, Fig. 1). Die Schliessmuskelnarben stehen hier näher zusammen, als bei den anderen Arten. Das vordere Paar besteht aus je einer mondsichelförmigen Insertion und einer zum Zentrum hin gerichteten Positionsspur. Die Insertion ist glatt, während die Positionsspur schon von der gewarzten Substanz der Schale überwachsen erscheint. Das

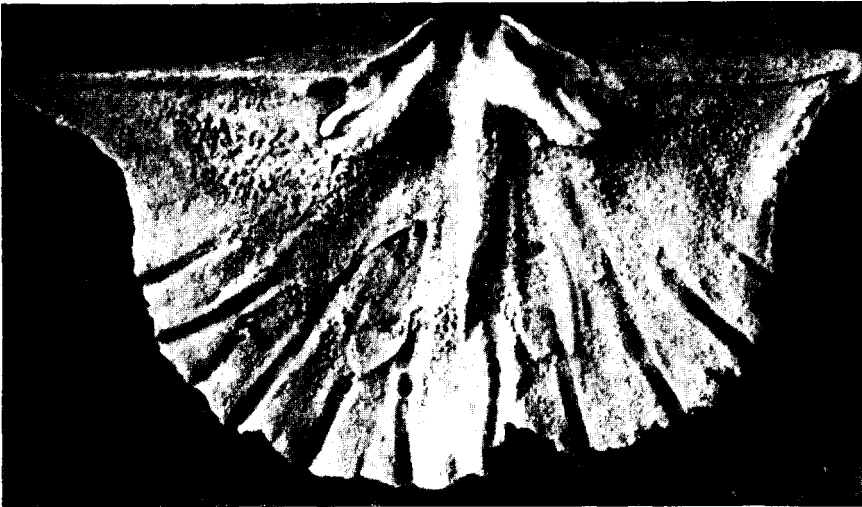


Photo A. Ö.

Abb. 41. *Kullervo lacunata* n. sp., $\times 10$ der nat. Grösse. Es ist dies dieselbe Brachialschale wie Textabb. 40 und Taf. XXXVI, Fig. 3. Alle drei Schlossfortsätze sind hier untereinander im Gleichgewicht, etwa dem Schema bei A. Öpik (8), S. 61, Abb. 6 I entsprechend.

hintere Narbenpaar besteht aus zwei bandförmig schmalen Streifen, bei denen nur die nach aussen gerichteten Spitzen als Insertionen zu betrachten sind. Das nach vorne zugespitzte Mittelseptum ist hier viel schmäler als bei *Kullervo panderi* oder *intacta*. Ausserdem ist das Septum zweistufig, indem die erste Stufe (s'), als der Wulst des vas principale, bis zum nodus quadrivalis, die zweite aber, als intervaskuläre Leiste, fast bis zum Rande hinausreicht. Die Wülste der vascula crucialia umfassen die ziemlich langen Armträger fast allseitig. Das Chilidium ist zerstört. Der Schlossfortsatz besteht aus drei gleich starken Leisten. Die Hauptgefässe kommen hier besser als bei anderen *Kullervo*-Arten zum Vorschein, aber auch

hier sind sie unvollständig. Das Exemplar Taf. XXXVII, Fig. 1 zeigt den bandförmigen Wulst der *vascula intermyaria*, welcher das Septum überquert (die Überquerungsstelle ist der *nodus quadrivalis*). Ausserdem sind die *vascula media* und z. T. die *v. myaria* angedeutet. Der Schalenrand ist hier aufgeblättert und etwas aufgeworfen, weshalb die randlichen Gefässkanälchen nur teilweise zum Vorschein kommen. Diese Brachialschale ist 11,5 mm breit und 7 mm lang.

Eine ebenfalls gerontische Brachialschale ist Taf. XXXVI, Fig. 1, 1 b dargestellt. Sie hat eine deutlich abgesetzte Zuwachslamelle, und die Querriefen verlaufen nicht so regelmässig wie vorher. Die abgebrochene Schalenecke war spitz ausgezogen, etwa wie beim Exemplar Taf. XXXVI, Fig. 3. Innerlich ist das Chilidium mit dem Mittelzapfen verwachsen, die Crura sind mit den Nebenzapfen des Schlossfortsatzes zu einheitlichen, mächtigen Wülsten verschmolzen und das Mittelseptum ist sehr lang, indem es bis zum Rande der Schwelle reicht.

Die jugendliche spitzflügelige Schale Tafel XXXVI, Fig. 3 (dieselbe, stark vergrössert, in Textabb. 40 und 41) zeigt die mit Vertiefungen (wie bei *K. panderi*) beginnenden, strichartigen randlichen Gefässrinnen und gut entwickelte Armträger. Hier, wie bei den anderen Exemplaren der *Kullervo lacunata*, sind die Ankerfortsätze oder die Schlossfortsätze fast ganz im Gleichgewicht untereinander, so dass hier glücklicherweise der bis jetzt unbelegte sechste Fall eines Protremata-Ankers [vgl. A. Ö. (8)] vorzuliegen scheint.

Die letzte, Taf. XXXVI, Fig. 6 abgebildete Brachialschale, ebenfalls von einem jungen Exemplar, zeigt besonders lange lanzettenförmige Schliessernarben, ist aber sonst ganz typisch gestaltet.

Kullervo aluverensis n. sp.

Taf. XXXVIII, Fig. 1—1 b; Textabb. 39 und 53.

H o l o t y p ist die abgebildete Pedikelschale aus den unteren Schichten der Jõhvi-Stufe (D₁) von Aluvere. Bis jetzt ist diese Art nur in der genannten Lokalität und Schicht gefunden worden.

Äusserlich unterscheidet sich diese Art durch die sehr groben, faltenartigen Längsrippen (3—4 auf 5 mm), innerlich — durch das verdoppelte Mittelseptum, durch das kleine Spondylium, durch

den sehr schmalen Schlitz der Hemisyrinx, welche vorne mit einer Erweiterung endigt, durch die zentrale Lage des Foramens und durch die in der Mittellinie teilweise gespaltene \mathcal{A} -Platte (Textabb. 39).

Der Holotyp ist 15 mm breit, 11 mm lang und hat eine aufrechte, fast ganz flache Pedikelarea. Die Skulptur ist ziemlich abgenutzt, so dass die Querriefen nur noch an den Flügeln, nicht aber im Mittelsektor zum Vorschein kommen. Die Schlosszähne sind breit und abgerundet. Die \mathcal{A} -Platte (Textabb. 39) scheint aus zwei lateralen Platten hervorgegangen zu sein. Die mediane Naht der \mathcal{A} -Platte ist auch auf der Innenseite zu beobachten. Das Foramen ist gross, rundlich und liegt in der Mitte der \mathcal{A} -Platte, was einen Unterschied gegenüber anderer Arten darstellt. Vom Gefässnetz sind nur die strichartigen randlichen Kanäle und z. T. ihre Positionsspuren zur Ausbildung gelangt. Das Spondylium ist hier recht gut erhalten und von einer Bauart, welche über die Natur des *Kullervo*-Spondyliums manche Schlüsse zu ziehen erlaubt (Taf. XXXVIII, Fig. 1 a und 1 b; Textabb. 53). Das das Spondylium stützende Mittelseptum trägt vorne eine vertikale Vertiefung, weshalb es doppelt erscheint. Es ist daher anzunehmen, dass dieses vorne eingekerbte Septum durch die Vereinigung der Zahnstützen entlang die Mittellinie der Schale hervorgegangen ist. Die beiden Leisten der Hemisyrinx sind als Scheidesepten zwischen den lateralen Öffnern und den in der Mittellinie gelegenen Schliesserinsertionen aufzufassen. Die Hemisyrinx kann also fürs erste als die Positionsspur der Insertion der Schliessmuskeln angesehen werden, wobei die vordere Erweiterung der Hemisyrinx diese Insertion selbst darstellt. Endlich sehen wir hier noch den Pulvillus, welcher einen sichelartigen Querschnitt hat, den Boden der Hemisyrinx bildet und das interseptale Lumen überdeckt. Das interseptale Lumen existiert hier allerdings nicht mehr als solches, und das vorne doppelte, sonst aber massive Septum, welchem im nepionischen Lebensstadium tatsächlich die voneinander getrennten Zahnstützen entsprachen, kann hier als eine Art von Atavismus bezeichnet werden. Es ist aber gleichzeitig ein Schlüssel zur Ontogenie des Spondyliums.

Was die Zweiteiligkeit der \mathcal{A} -Platte anbetrifft, so wäre es hier verfrüht eine Verbindung mit den *Telotremata* zu suchen, da *Kullervo* schon eine ziemlich spezialisierte Gattung darstellt.

Kullervo complectens (Wiman).

Textabb. 5.

Orthisina complectens Wiman (34), Taf. I, Fig. 1—4, S. 11; [non A. Öpik (1), S. 218, Taf. XXI, Fig. 259 = *Kullervo lacunata* n. sp.].

Herr Dr. Per Thorslund (Upsala) hatte die Freundlichkeit, die Wiman'schen Originale dieser Art, welche in den geol. Sammlungen des Reichsmuseums zu Stockholm aufbewahrt werden, zu revidieren, wobei besonders der Bau des Spondyliums beachtet werden sollte. Es ergab sich, dass diese Art, welche wegen der lakunösen Skulptur zu *Kullervo* gestellt werden sollte, in der Tat (Textabb. 5) auch eine Hemisyrix im Spondylium besitzt, und dass ausserdem bei ihr noch die sub-spondyliaren Leisten als kleine Reste vorhanden sind.

Die oben genannten und als neu beschriebenen *Kullervo*-Arten sind von der *complectens* Wiman sehr verschieden, da 1) bei der *complectens* die lakunöse Rautenskulptur sich nicht nur auf die Flügel, sondern auch auf den Mittelsektor der Schale erstreckt; 2) da die *complectens* einen dorsalen und einen ventralen Sinus hat, weshalb bei ihr der Vorderrand eingebuchtet erscheint; 3) weil bei der *complectens* (vgl. bei Wiman, op. cit.) das Foramen als Haftorgan ausgebildet war, und 4) weil *complectens* die feinsten Längsrrippen besitzt.

Die Unabhängigkeit der estnischen *Kullervo*-Arten von der *complectens* festzustellen war mit Hilfe von Dubletten der letzteren möglich, welche der Verf. der vorl. Schrift zum Vergleich vom Reichsmuseum aus Stockholm erhielt. Es sei hier der Direktion des Reichsmuseums, gleichwie Herrn Per Thorslund der verbindlichste Dank hierfür ausgesprochen.

Es ist sehr möglich, das *Kullervo complectens*, welche Art ursprünglich aus dem Geschiebe des *Leptaena*-Kalkes von Öland stammt, auch in Estland in der Lyckholm-Stufe zu finden ist. Ein Exemplar davon, aus der Lyckholm-Stufe, befindet sich in den Sammlungen des Geologischen Museums in Berlin.

Clitambonacea incertae familiae.

Von den estnischen und ostbaltischen Arten ist für die *Pahlenella* (vgl. S. 21) und *Lacumarites* n. gen. die Familienzugehörigkeit nicht mit Sicherheit festzustellen. Wir betrachten diese Formen daher als incertae familiae.

***Lacunarites* n. gen.**

(Lacunar — „Zimmerdecke mit Vertiefungen verziert“.)

Genotyp ist *Lacunarites ilmatar* n. sp. aus dem Rogö-Kalksandstein (B_{III}) der Halbinsel Paldiski.

Diese Gattung unterscheidet sich von allen Klitamboniten durch ihre tief konkave Dorsalschale und ihre eigenartige Skulptur, welche aus Längsrippen und groben Querriefen besteht. Dadurch erscheint die Schale als mit Vertiefungen verziert („lacunar“). Eine ähnliche Skulptur lernten wir bei *Kullervo* kennen; doch bei *Kullervo* ist die Brachialschale flach oder etwas konvex, und bei *Lacunarites* fehlt die Hemisyrix im Spondylium.

Neben dem Genotyp ist noch eine zweite *Lacunarites*-Art bekannt — die *Orthis*, resp. *Leptaena ornata* Eichwald, wahrscheinlich aus den C₁-Schichten der Umgebung von Leningrad.

Ob *Lacunarites* eine Klitambonitide oder ein „*Gonambonites*“ (sensu lato) ist, kann auf Grund des vorhandenen dürftigen Materials leider noch nicht entschieden werden. Soweit an Splintern festgestellt werden konnte, ist die Schalensubstanz pseudopunktiert; bei dem hier allerdings nur hinten sessilen (oder tangentialen) Spondylium fehlen aber die für *Estlandia* und *Antigonambonites* so charakteristischen Nebensepten. Der Innenbau der Dorsalschale ist dabei noch sehr wenig bekannt.

***Lacunarites ilmatar* n. sp.**

(Ilmatar — ein Name aus der finnischen Mythologie.)

Taf. XXVII, Fig. 5 a, 5b, 6; Taf. XXXVII, Fig. 3 a — 3 c; Textabb. 26.

Holotyp ist das ganze Exemplar Taf. XXXVII, Fig. 3 a — 3 c und Textabb. 26, aus den B_{III}-Schichten von Paldiski. Die Schale ist 15 mm lang, 19 mm breit und 8 mm hoch. Der Areawinkel ist stumpf, die Pedikelarea ist stark nach hinten geneigt und fast flach, die brachiale Area dagegen steht senkrecht zum Schalenrande und ist konvex. Das Chilidium und die A-Platte sind schmal, und die letztere trägt an ihrer Spitze das vernarbte Foramen. Der Schalenrand ist abgerundet und die Ecken sind spitz. Die Pedikelschale ist stark konvex, die Brachialschale tief konkav. Besonders vertieft erscheint sie am Nabel. Die Skulptur besteht aus sehr groben Längsrippen, deren man am Schalenrande 4—5 auf 5 mm zählt. Die Querrie-

fung ist ebenfalls grob, so dass die Schalenskulptur eine Netzzeichnung mit tiefen Maschen bildet. Der Schlossfortsatz ist, soweit man es feststellen konnte, als eine einfache aufrechte Platte ausgebildet (Taf. XXXVII, Fig. 36).

Die zweite Pedikelschale Taf. XXVII, Fig. 5 a, 5 b ist an der Oberfläche besser erhalten. Man sieht, dass die Hauptrippen wie durch Einschaltung so auch durch Spaltung sich vermehren. Hier sind bis 6 Rippen auf 5 mm vorhanden. Innerlich zeigt diese Schale ein niedrig gestelltes, kurzes Spondylium ohne Hemisyrix. Die Schlosszähne sind abgerundet.

Das dritte Exemplar (Taf. XXVII, Fig. 6) hat einfache Rippen und eine aufrechte Pedikelarea. Vielleicht ist es die Vertreterin einer besonderen Form; doch dies kann erst auf Grund besseren Materials entschieden werden.

Lacunarites ilmatar unterscheidet sich von der *ornata* Eichwald durch die dickere und grössere Schale und durch gröbere Längsrippen.

***Lacunarites ornatus* (Eichwald).**

Taf. XXVII, Fig. 4.

Orthis ornata Eichwald (23), s. 160; *Leptaena ornata* Verneuil (19), S. 220, Taf. XV, Fig. 8.

Lacunarites ornatus zeigt dieselbe Netzskulptur wie *ilmatar*. Beim *ornatus* sind aber die Längsrippen feiner, indem man ihrer hier bis 8 auf 5 mm zählt. Es können hier auch Haupt- und Nebenrippen unterschieden werden. Von dieser zierlichen Art liegt uns nur eine schlecht erhaltene Brachialschale (Taf. XXVII, Fig. 4) vor. Das Chilidium bildet einen flachen Bogen und ist mit dem Schlossfortsatz verwachsen. Die Schwelle hat die Gestalt einer strophomenoiden Kniefalte. Der Randsaum, resp. die Schleppe trägt strichartige Gefässkanälchen, welche denen der *Kullervo* ziemlich ähnlich sind. *L. ornatus* ist in Estland nicht gefunden worden. Er kommt vor in Russland, an der Pulkowka, und stammt vielleicht aus dem oberen Vaginatenkalk (BIII γ) oder aus den tiefsten Schichten des Echinosphäritenkalkes (C $_1\alpha$).

Anhang.

Über die Hesperorthinae und Dolerorthis.

In der vorliegenden Darstellung der Klitamboniten wurde oft ihre Verwandtschaft mit den Strophomenacea hervorgehoben, um zu zeigen, dass die Clitambonacea mehr Beziehungen zu den Plektambonitiden und den Strophomeniden als zu den Orthacea aufweisen. Allerdings sind die strophomenoiden Merkmale bei den Klitamboniten vereinzelt, zerstreut anzutreffen. Falls man aber von der *Rauna strophomenoides* ihre Runzeln, von *Estlandia marginata* (oder von einem beliebigen „Gonamboniten“) die Pseudoporen, von *Lacunarites* die *Rafinesquina*-artige Wölbung, von *Kullervo* die Strophomenidenfurche u. s. w. herausgreift, dann entsteht der sonderbare Eindruck, als ob es Elemente von Strophomenacea seien, welche in geringer Konzentration im Klitambonitenmeer schweben und manchmal auftauchen oder wiederkehren.

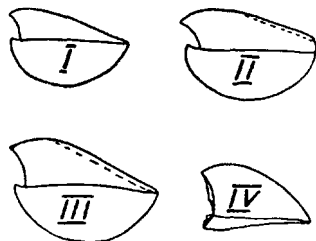


Abb. 42. Seitenprofile von Hesperorthinen. I — ein erwachsenes Exemplar von *Boreadorthis crassa* aus den F₁-Schichten von Moe; II — eine gerontische Schale von *Boreadorthis crassa* aus F₁ von Moe, dieselbe: Textabb. 45 und 46 (oben); III — *Boreadorthis recula* aus den F₁-Schichten Estlands, dieselbe Schale: Textabb. 47 (unten); IV — *Barbarorthis foraminifera*, dasselbe Exemplar: Taf. IX, Fig. 1 a — 1 c. (I—III in nat. Grösse, Fig. IV ist ca $\times 2$ vergr.)

Allerdings sind bei den Klitamboniten ähnliche Beziehungen auch zu den Orthacea vorhanden, und um diese zu illustrieren, aber auch um eine *Orthis* (s. lato) zum Vergleich mit *Clitambonites* u. a. bei der Hand zu haben, sollen im folgenden einige neue orthoide Formen beschrieben werden. Eine davon hat sogar ein Foramen, ein Chilidium und eine Δ -Platte, wie es bei den Clitam-

bonacea und Strophomenacea vorkommt; und zwar ist das Foramen bei ihr auf der Δ -Platte, also speziell klitambonitenartig, gelegen.

Es sind dies Formen, welche sehr gut in die Unterfamilie der Hesperorthinae Schuchert & Cooper hineinpassen, da sie alle ein Chilidium und eine, obwohl z. T. rudimentäre Δ -Platte besitzen und dabei besonders lange Kruralplatten und eine ziemlich gleichartige Skulptur aufweisen. Unter die Hesperorthinae (*Hesperorthis* s. str.) wurde auch — und dies mit gutem Recht — von seiten Schuchert's & Cooper's die *Orthis inostrancefi* Wysog. und ihre zwei Unterarten (*ubjaënsis* und *viruana* A. Ö.) eingereiht; daneben auch die *Schizoramma* Foerste, welche Gattung in Estland ebenfalls vertreten ist. Es gehört hierzu auch die *Orthis freija* Öpik (1), welche bei Schuchert & Cooper unter *Orthis* sensu stricto¹⁾ gestellt wurde. Es ergibt sich also die folgende Hesperorthinenliste für Estland:

- Hesperorthis davidsoni* (Vern.)
- Hesperorthis inostrancefi* (Wysog.)
- H. inostrancefi ubjaënsis* (Ö.)
- H. „ viruana* (Ö.)
- Schizoramma freija* (Ö.)
- Barbarorthis foraminifera* n. gen., n. sp.
- Boreadorthis sadewitzensis* (Römer)
- B. crassa* nov. sp.
- B. recula* nov. sp.
- B. recula aequivalvata* nov. subsp.

Es gibt aber noch unbeschriebene Hesperorthinen im Silur Estlands und vielleicht auch im übrigen Europa, und daher verlieren diese Orthiden viel vom spezifisch Amerikanischen, Westlichen, Hesperischen, wie es von Schuchert & Cooper (2) S. 86 betont wurde. Nicht mit viel geringerem Recht können die Hesperorthinae auch als abendländische Orthiden bezeichnet werden.

Schuchert & Cooper (2), S. 110—112 vergleichen in der Besprechung der Familie der Klitambonitiden diese mit

1) Aus dem Verzeichnis der europäischen *Orthis*-Arten bei Schuchert & Cooper (2), S. 76 müssen auch *O. frechi*, *schmidti* und *kukersiana* ausgeschlossen werden, da es alles zweifellose *Cyrtotonotella*-Arten sind.

Orthis und *Hesperorthis*. Sie sollen alle dieselbe dorsale Muskulatur und ventrale Gefäß- und Ovarialabdrücke besitzen. Wie wir aber gesehen haben (S. 18—21), ist gerade die dorsale Muskulatur (Muskelnarben) der Klitambonitiden durch mehrere Bautypen vertreten, und man kann nur von einer annähernden Ähnlichkeit zwischen den Narben von *Clitambonites* und *Vellamo* einerseits und *Orthis* und *Hesperorthis* andererseits reden, wobei diese Ähnlichkeit sich bei diesen Formen auf das Vorhandensein von 4 Narben und einem Mittelseptum gründet. Es ist dies also eine sehr allgemeine Erscheinung, welche keine Schlüsse über den Verwandtschaftsgrad zulässt. Die Ähnlichkeit der Gefäße beruht nur darauf, dass bei den Hesperorthinen ebenfalls intervaskuläre Septen auftreten. Gerade das ventrale Gefässnetz der Orthiden, wo durch die *vascula media* die randlichen *vascula arcuata* (pallial markings) gebildet werden, ist weit spezialisierter als das der Klitamboniten, wo die *vascula arcuata* fehlen und das Gefässnetz polypalmat ist. Auch die spezialisierten Ovarien fehlen bei den Klitamboniten noch ganz. Vgl. hierzu S. 45—47 und 54—63.

Somit bleiben uns die Δ -Platte und das Chilidium als Klitambonitidenmerkmale der *Hesperorthinae* übrig. Bei den letzteren treten sie aber sporadisch auf, und da einige ältere Hesperorthinen diese Platten nicht besitzen, wohl aber die jüngeren (*H. tricenaria*, *B. foraminifera*), so handelt es sich hier vielleicht um ein neues Auftauchen von inzwischen latent gewordenen Kalkgebilden, wobei die entsprechenden Weichteile stets vorhanden waren, aber nicht immer Kalk absonderten. Ältere *Orthoidea*, im Kambrium, zeigen ja häufig das Pseudodeltidium und chilidiale Platten.

Alle solche Überlegungen führen zu dem Resultat, dass die *Hesperorthinae* echte *Orthacea* sind und dass die Klitamboniten unter die *Orthoidea* nicht mitgerechnet werden können.

Andere, relativ späte *Orthoidea*, wie *Valcourea* und *Taffia*, zeigen ebenfalls diese Platten wieder. *Valcourea* mag in der Tat eine Dinorthide sein. *Taffia* aber hat grobe Warzen, daher auch eine strophomenoide Struktur, kann also gar nicht unter die *Orthacea*, sondern muss entweder unter die *Clitambonacea* oder unter die *Strophomenacea* gestellt werden. Letzteres wird wohl das richtigere sein.

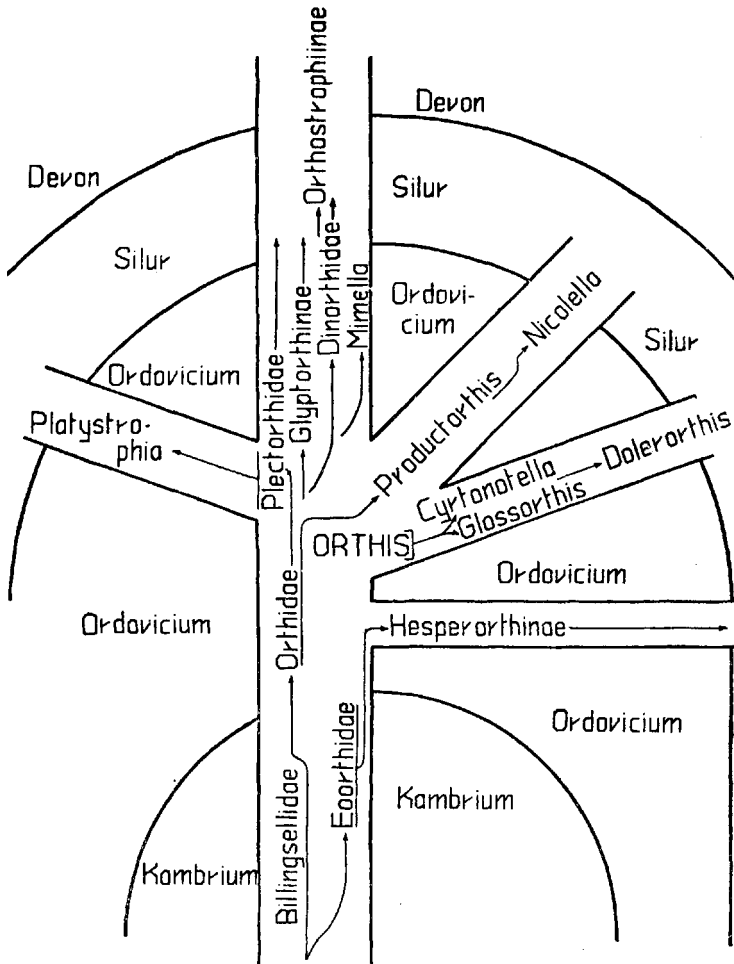
Nach Schuchert & Cooper (2), S. 74 sind die Hesperorthinae eine Unterfamilie der Orthidae, sie werden aber nicht von *Orthis* abgeleitet, sondern gehen als selbständiger Zweig aus den Eoorthidae hervor. Da dieses durchaus möglich ist, wäre es logisch, die Hesperorthinae als eine Unterfamilie der Eoorthidae zu betrachten. Es ist interessant hier zu vermerken, dass eine so vielgenannte Art wie *Orthis callactis* Dalman, welche unzweifelhaft als Glied der Gattung *Orthis* angesehen wird, eine *Hesperorthis*-artige, fein längsgestreifte Oberfläche besitzt. Möglicherweise spalten sich die Hesperorthinae und Orthinae daher nicht unmittelbar von *Eoorthis*, sondern von einer gemeinschaftlichen, uns leider unbekanntem Zwischenform ab.

In den Betrachtungen über das Gefässnetz der Orthacea (S. 54—63) wurde auch festgestellt, dass die Gattungen *Cyrtanotella*, *Glossorthis* und *Dolerorthis* von *Orthis* s. str. abzuleiten sind und dass die beiden ersteren eine besondere Übergangsgruppe zu den Formen mit oligopalmer Dorsalschale bilden. Wir bezeichnen die letzteren als eine besondere Familie der **Dolerorthidae** nov. (mit einer Unterfam. der Dolerorthinae). Es sind dies also Orthacea mit oligopalmer dorsaler und ventraler Mantellappen, während bei den anderen Orthacea die ventrale Schale oligopalmat, die dorsale aber polypalmat erscheint. Unter die Dolerorthidae rechnen wir *Dolerorthis* und *Glossorthis*. Die Orthinae mit *Orthis* und *Cyrtanotella* sind dann ein Zwischenglied zwischen den Dolerorthidae und den übrigen Orthacea. Es ist nicht ganz ausgeschlossen, dass auch die *Nicolella* und die Productorthinae, welche ja beide zusammen eine natürliche Gruppe bilden (gleicher Bau der Dorsalschale, mit gleichgestalteten Schliessernarben, Anker mit Chilidium und vollkommen gleicher Habitus), in die Dolerorthidae hineinzustellen sind. Da aber ihr Gefässnetz noch nicht genügend bekannt ist, so werden sie vorläufig als ein besonderer Seitenzweig der Orthidae behandelt.

Dolerorthis wurde von Sch. & C. unter die Hesperorthinae gestellt, ist aber von den letzteren prinzipiell verschieden, indem bei *Dolerorthis* die A-Öffnung normal breit ist und keine Platten führt.

Alle diese Tatsachen und Hypothesen fassen wir schematisch im Stammbaum Tabelle IV zusammen.

Phylogenetische Tabelle IV.



Stammbaum der Orthacea [z. T. nach Schuchert & Cooper, aber stark abgeändert], wie er bei der Berücksichtigung der Evolution der Mantelgefäße aussieht.

Der Hauptstamm, aus den Nisusiidae und Billingsellidae hervorgehend, enthält alle Familien mit polypalmater dorsaler Schale (polypalmaten dorsalen Mantellappen). Gegenüber Schuchert & Cooper (2), S. 44 besteht hier der Unterschied, dass nicht die Eoarthidae, sondern die Orthidae als Hauptstamm der ordovizischen Orthacea angesehen werden. Aber auch die Auffassung von Sch. & C. steht mit den Tatsachen in Einklang, ist jedoch nicht genau zu beweisen, da der Innenbau der Eoarthidae noch wenig bekannt ist. Ferner gehören in denselben Hauptstamm auch die Plectrothidae hinein, welche vielleicht von den Eoarthidae, wahr-

scheinlicher aber von den Orthidae abstammen. Der Weg zur Herleitung von *Plectorthis* über *Finkelnburgia* ist gar nicht denkbar, da diese letztere unter die Clitambonacea gehört. Von den Eoorthidae spalten sich, der Auffassung von Schuchert & Cooper (2), S. 74 gemäss, die Hesperorthinae ab. Von den Orthidae, und zwar gerade von *Orthis* s. stricto, spaltet sich ab die mit oligopalmatem dorsalem Gefässnetz versehene *Glossorthis*, wobei der letztere Bautyp sich in Form der extrem oligopalmaten *Dolerorthis* bis ins Silur fortsetzt. Sie bilden zusammen die Fam. der Dolerorthidae. Die *Cyrtotonella* ist eine Zwischenform, welche von *Orthis* abstammt, aber gleichzeitig Merkmale der *Nicolella* (Gestalt) und *Dolerorthis* (Gefässe) aufweist. Ebenfalls aus den Orthiden oder aus deren noch unbekanntem älteren Gliedern gehen die Productorthinae und die *Nicolella* hervor, welche beide ja nur im Aufbau des ventralen Muskelarbenfeldes voneinander abweichen.

Der Hauptstamm der Orthacea ist hier sehr schematisch dargestellt worden, da er aus mehreren Familien, also eigentlich auch aus besonderen Ästen und Internodien aufgebaut ist.

Im Stammbaum der Orthacea haben keinen Platz gefunden:

1) Die Protorthiden, da wir diese als Protorthacea in die Nähe der Clitambonacea (Clitambonoidea) gestellt haben (S. 70). 2) Die Finkelnburgiidae und Skendiidae, welche ebenfalls als Clitambonacea gedeutet werden. 3) Die Porambonitidae und Lycophoriidae, weil wir sie vorläufig als incertae superfamiliae ansehen und weil die ersteren von den oligopalmaten Orthiden nicht abgeleitet werden können. Letzteres ist aber für die *Lycophoria* dennoch denkbar, da diese ventrale vascula arcuata besitzt. Die Porambonitidae dagegen scheinen wie in der dorsalen, so auch in der ventralen Schale polypalmat zu sein. 4) Aus den Orthidae und Orthacea und sogar aus den Orthoidea schliessen wir die Taffiinae aus, weil Taffia eine pseudopunktierte, strophomenoide Schale hat. 5) Die Dinorthidae sind nur ohne Palaeostrophomena denkbar [vgl. A. Öpik (5) und (8)]; dabei können *Planidorsa* und *Valcourea* im Stammbaum keinen sicheren Platz erhalten, weil ihre Organisation noch nicht genügend bekannt ist. 6) Die *Angusticardinia* ist noch zu wenig erforscht, ihre Schalenstruktur ist unbekannt. 7) *Paurorthis* [vgl. A. Öpik (7)] gehört in die Dalmanellacea hinein.

Die Hauptgründe der Verschiedenheit der von uns vertretenen Auffassung bezüglich der Clitambonacea und Orthacea gegenüber Schuchert & Cooper liegen wohl darin, dass hier zur Beurteilung der phylogenetischen und systematischen Beziehungen auch das Gefässnetz herangezogen, die „strophomenoide“ Schalenstruktur mehr berücksichtigt und die zeitliche Reihenfolge (*Apomatella* als älteste Clitambonitida) genauer beachtet wurde. Aber auch in manchen weniger wichtigen Punkten (Deutung des Spondyliums u. a.) sind die Ansichten verschieden gewesen. Wir können auch den cardina-

lia (Anker) keine zu grosse Rolle zuschreiben. Z. T. haben wir unsere Stellung schon früher erörtert [A. Öpik (8)]. Hier möchten wir noch darauf hinweisen, dass die Fulkrallplatten nicht von der orthoiden Bauart untrennbar sind, da sie auch bei Clitambonacea (*Ladogiella*, Taf. XLII, Fig. 1, *Finkelburgia*) vorkommen und innerhalb einer und derselben Art ebenfalls ganz unbeständig sind. *Cyrtototella kukersiana* Taf. XLVI, Fig. 1 hat starke, Taf. XLV, Fig. 1 hat schwächere, und Taf. XLVII hat gar keine Fulkrallplatten, ein ähnliches Verhalten besteht auch bei den Dalmanellacea [A. Öpik (7)], bei *Glossorthis* und bei *Ladogiella* 1). Auch soll nicht die Bauart der notothyrialen Plattform überschätzt werden: wo die Dorsalschale flach oder konkav ist, ist diese Plattform mit dem Schalenboden verwachsen; ist die dorsale Schale mehr oder weniger bauchig, so erscheinen diese Plattform und die Crura unterhöhlt (*Hebertella*, *Estlandia*). Es ist dies also ein Merkmal, welches vom Habitus stark beeinflusst wird; es ergibt kein genügend unabhängiges Kriterium und kann daher nur mit besonderer Vorsicht Verwendung finden.

Superfam. Orthacea.

Subfam. Hesperorthinae Schuchert & Cooper.

Barbarorthis foraminifera n. gen., n. sp.

Taf. VIII, Fig. 3; Taf. IX, Fig. 1 a — 2 c, 4 a, 4 b; Textabb. 42.

Die Gattung *Barbarorthis* unterscheidet sich von allen Gliedern der Hesperorthinae durch das perforierte Pseudodeltidium. Von *Hesperorthis* unterscheidet sie sich ausserdem durch Einschaltung je einer schwachen Längsrippe (Taf. IX, Fig. 4 b) zwischen je zwei Hauptrippen und durch das Fehlen der feinen Längsstreifung („parvicostellae“) in den Rippentälern. Wegen der flachen Brachialschale hat *Barbarorthis* grosse Ähnlichkeit mit *Hesperorthis tricenaria*. Genotyp ist die einzige vorhandene Art, *B. foraminifera* aus der unteren Abteilung der Lyckholm-Stufe ($F_{1\alpha}$) von Moe.

Der Holotyp (Taf. IX, Fig. 1 a — 1 c und Textabb. 42) ist 6 mm lang (dorsale Schale), 9 mm breit und 4 mm hoch.

1) Möglicherweise handelt es sich bei den Fulkrallplatten um einen Gefässwulst, worauf ihre Lage am Rande der Zahngruben und ihr sporadisches, gewöhnlich auf gerontisch: Schalen beschränktes Auftreten hindeuten.

Die Area ist schwach geneigt und gekrümmt. Die \mathcal{A} -Platte hat einen tiefen chilidialen Ausschnitt und trägt ein fast verarbeitetes Foramen. Das Chilidium ist niedrig und der Schlossfortsatz fein und einfach. Die Brachialarea ist flach, dreieckig und der Areawinkel ist stumpf. Die Skulptur besteht aus 18 faltenartigen Längsrippen mit abgerundeten Kämmen und dazwischen gelegenen feineren Einschaltstreifen. Die Querriefung ist sehr fein, feiner als bei irgendeiner anderen *Orthis*-Art. Die Brachialschale ist flach. Die zweite ganze Schale (Taf. IX, Fig. 2 a, 2 b) ist noch etwas flacher und hat nur 16 Rippen. Das Foramen und die \mathcal{A} -Platte wurden beim Präparieren etwas verletzt. Die isolierte Brachialschale Taf. VIII, Fig. 3 und Taf. IX, Fig. 4 a, 4 b ist 7,5 mm lang, 10 mm breit und trägt 16 Hauptrippen. Auch die feinen Zwischenrippen sind hier gut sichtbar (Taf. IX, Fig. 4 b). Innerlich fehlt das Mittelseptum. Das elliptische, grosse Muskelnarbenfeld ist kaum angedeutet. Die ursprünglich langen Kruralplatten sind hier leider abgebrochen. Der Schlossfortsatz ist einfach und trägt, wie bei *Hesperorthis tricenaria*, eine Furche an der Basis. Neben den Furchen, welche den groben und feineren Rippen entsprechen und von den randlichen Gefässen herrühren, sieht man hier noch eine feine randliche Streifung (Taf. VIII, Fig. 4 a), welche als Abdrücke der feinen, kapillaren Verzweigungen des Gefässnetzes zu deuten ist.

***Boreadorthis* n. gen.**

(*Βορέας* — Tochter des *Βορέας*, Boreade.)

Genotyp ist *Orthis crassa* n. sp. aus dem Lyckholm-Kalkstein (F₁) von Estland.

Es ist dies eine echte *Hesperorthine*, indem hier (Taf. IX, Fig. 3 a) eine schmale \mathcal{A} -Öffnung mit einer kleinen \mathcal{A} -Platte und verdickten Rändern, lange Crura (Textabb. 43) und charakteristische ventrale Muskelnarben (Textabb. 43) vorliegen. Die hohe Pedikelarea und die Skulptur (geringe Zahl der Längsrippen und feine Längsstreifung, „parvicostellae“) gleichen denen von *Hesperorthis tricenaria* und *inostrancefi* (Wysog.). *Boreadorthis* unterscheidet sich aber durch die starke Wölbung der dorsalen Schale, welche (Textabb. 42) doppelt so stark ist wie die Wölbung der Ventralschale. *Hesperorthis* und *Barbarorthis* haben flache, resp. konkave Dorsalschalen, und *Schizoramma* hat eine nur schwach gewölbte dor-

sale Schale und zahlreiche Spaltrippen. Die Wölbungsverhältnisse der *Boreadorthis* dienen auch zur sicheren Unterscheidung dieser Gattung von *Orthis* s. str., wo eine ähnliche Schalenskulptur vorliegt. Ferner hat *Boreadorthis* auf der Pedikelschale eine



Photo A. Ö.

Abb. 43. *Boreadorthis crassa* n. sp. aus dem Lyckholm-Kalkstein von Moe Koll. A. Wahl, Mus. Tartu. Innenfläche einer dorsalen (oben) und einer ventralen (unten) Schale, $\times 4$ der nat. Grosse. Bei der dorsalen Schale fallen die langen, faltenförmigen Kruralplatten, bei der ventralen — das schmale Deltidium mit einer kleinen Δ -Platte auf.

Orthis fehlende, mehr oder weniger flache mediane Depression (Textabb. 42).

Schuchert & Cooper (2) stellen endlich noch eine Gattung, die *Dolerorthis*, in die *Hesperorthisinae* hinein.

Dolerorthis ist auch von starker dorsaler Wölbung und hat eine flache ventrale Depression, weshalb zwischen den beiden, der *Dolerorthis* und der *Boreadorthis*, eine nähere morphologische Ähnlichkeit besteht. Doch hat die *Dolerorthis* ein breites, stets offenes Deltidium und auch kein Chilidium, während in der dorsalen Schale ein zwar kurzes, aber recht deutliches Septum

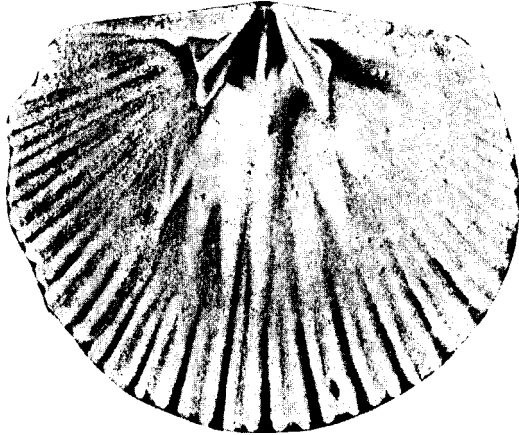


Photo A. Ö.

Abb. 44. Innenfläche einer Dorsalschale von *Orthis inostrancefi* aus Kohtla, C_{3a}, ca $\times 4$ der nat. Grösse. Erhalten sind die langen Kruralplatten und der dreifache Schlossfortsatz. An Gefässabdrücken sieht man die Wülste der *vascula media* und *v. myaria*; *v. arcuata* scheinen nicht vorhanden gewesen zu sein. Koll. d. Verf., Museum Tartu.

vorliegt. *Dolerorthis* ist auch nicht so bauchig wie *Boreadorthis*. Von den früher bekannten Arten kann nur die *Orthis sadewitzensis* Roemer als eine *Boreadorthis* angesehen werden.

***Boreadorthis crassa* n. sp.**

Taf. IX, Fig. 3 a, 3 b; Textabb. 42, 43, 45 und 46 (oben).

Holotyp ist die ganze Schale Textabb. 42 II, 45 und 46 aus den Kalksteinen der Lyckholm-Stufe (F₁) von Moe. Von *Orthis sadewitzensis* Roemer (36), S. 36, Taf. V, Fig. 7 a — 7 c unterscheidet sich unsere Form durch geringere Wölbung der dorsalen Schale und durch eine etwas geringere Zahl von Längsrippen. Die typische *sadewitzensis* hat 25 Rippen (nach Roemer), die *crassa* dagegen 18 bis 21. Das neanische Exemplar Taf. IX hat 18, und 21 ist die Zahl der Rippen des gerontischen Holotyps. Dass hier nicht ein Fehler von Roemer vorliegt, ist sicher: von den zwei Schalen der *Orthis sadewitzensis* aus Sadewitz, welche

in den Sammlungen des Geol. Museums Tartu aufbewahrt werden, zeigt die eine 26 und die andere sogar 30 Längsrippen. Es ist dabei bemerkenswert, dass Fr. Roemer nicht die *Orthisina verneuli* aus dem Sadewitzer Geschiebe nennt, welche ja in jedem Anschluss der Lyckholm-Stufe in Estland zu finden ist, während er die typische *Orthis sadewitzensis* in 30 Exemplaren vor sich hatte. Diese letztere Art ist aber in Estland unter den in Tartu vorhandenen Schalen nur durch einige wenige Exemplare vertreten. Es ist daher sicher, dass es sich bei Roemer um

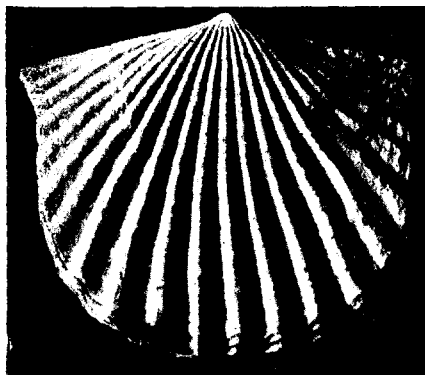


Photo A. Ö.

Abb. 45. *Boreadorthis crassa* nov. sp., aus den F_1 -Schichten von Moe. Koll. A. Wahl, Mus. Tartu. Ventrale Ansicht, $\times 2,5$ der nat. Grösse. Auf der linken Seite sieht man auch die feine Längsstreifung, „parvicostellae“. Dieselbe Schale Textabb. 46 (oben) und 42 II (Profil).

das Geschiebe der Lyckholm-Stufe handelt, es kann aber vermutet werden, dass deren Heimat nicht das Festland von Estland ist.

Das typische Exemplar der *crassa* (Textabb. 45 und 46) ist 21 mm breit, 17 mm lang (dorsale Schale) und 11 mm dick. Die Rippen haben abgerundete Kämme, sind steil und die Zwischenräume sind so breit wie die Rippen selbst. Die Rippen und die Zwischenräume sind sehr fein längsgestreift. Die zarte Querriefung ist wahrscheinlich schon zu Lebzeiten abgenutzt worden. Die Brachialarea ist kurz, etwas gebogen und liegt in der Ebene des Schalenrandes. Die Pedikelarea ist etwas geneigt (apsaklin) und gebogen. Die schmale A -Öffnung zeigt eine kleine A -Platte. Die Schalenecken sind zugespitzt. Die grösste Breite liegt am Schlossrande. Der Innenbau der *crassa* ergibt sich

aus Textabb. 43. Die Brachialschale hat grosse, faltenförmig gebogene Kruralplatten, tiefe Schlossgruben, einen einfachen Schlossfortsatz und kein Septum. Das Septum fehlt allerdings nur in der Jugend und bei reifen Schalen. Gerontische Exemplare zeigen einen sehr kurzen, flachen Wulst. Wäre nicht die

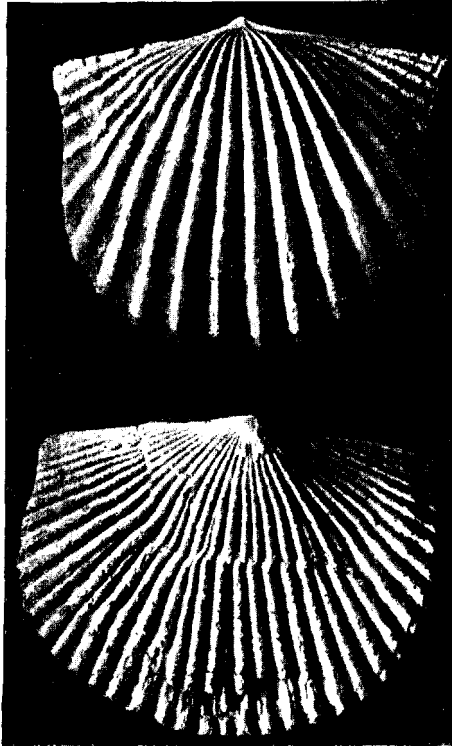


Photo A. Ö.

Abb. 46. Oben — *Boreadorthis crassa*, dorsale Ansicht des Holotyps (siehe Textabb. 42 und 43), 2,5 der nat. Grösse. Unten — *Boreadorthis recula acquivelata* aus dem F₁-Kalkstein von Unemõisa. Koll. Fr. Schmidt, Naturforschergesellschaft Tartu. \times 2,5 der nat. Grösse.

starke Wölbung vorhanden, so könnte bei der Dorsalschale fast eine Verwechslung mit *Orthis inostrancefi* (Textabb. 44) stattfinden¹⁾. In der Pedikelschale haben wir relativ kräftige Schlosszähne und Zahnstützen, grosse, nach vorne zugespitzte Muskelnarben,

1) Die *inostrancefi* hat auch eine kürzere Schlosslinie und einen mehr gerundeten Umriss. Der dreifache (Textabb. 44) Schlossfortsatz der *inostrancefi* ist eine sporadische Erscheinung und ist auch bei der *crassa* denkbar.

ähnlich wie bei *Orthis* (*Hesperorthis*) *inostranceji* Wysog. [A. Öpik (1), Taf. I, Fig. 3], und die charakteristischen intervaskularen Septen oder Leisten der Ovarialfelder. Taf. IX ist eine kleine, neanische, 6 mm lange Schale derselben Art, zum Vergleich mit *Barbarorthis*, abgebildet. Sie hat nur 18 Längsrippen, auf denen die Querriefung sich erhalten hat, und eine kleine Δ -Platte.

***Boreadorthis recula* n. sp.**

Textabb. 42 III. 47.

Holotyp ist die ganze Schale Textabb. 47 unten und Textabb. 42 III, aus den Kalksteinen der Lyekholm-Stufe

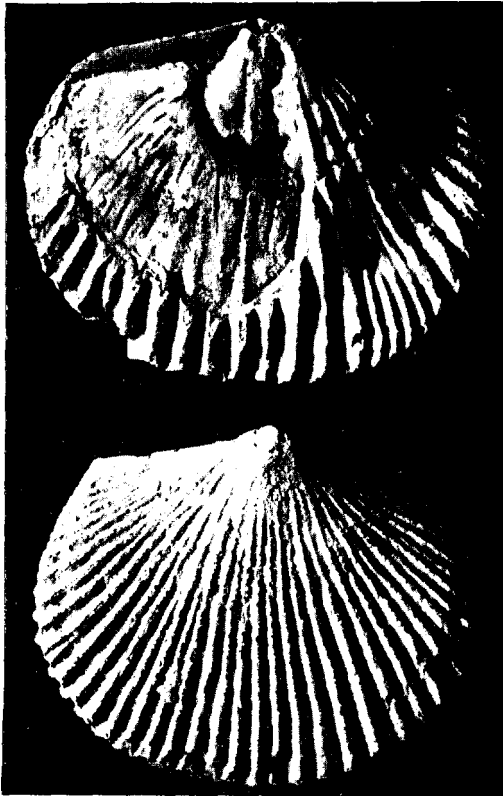


Photo A. Ö.

Abb. 47. *Boreadorthis recula* n. sp., ca $\times 2,5$ der nat. Grösse. Koll. Fr. Schmidt, Geol. Mus. Tartu. Beide Stücke stammen aus dem F₁-Kalkstein Estlands, die genaue Lokalität ist aber unbekannt. Oben — ein ganzes Exemplar mit z. T. abgesprengter Schale, die ventralen Muskelnarben und die intervaskularen Leisten zeigend. Unten — Ventralansicht des Holotypus (derselbe Textabb. 42 III).

(F₁) Estlands. Genaue Fundstelle unbekannt. Diese Art unterscheidet sich von der *sadewitzensis* und *crassa* durch die geringere Breite des Schlossrandes, durch die bedeutend grössere Zahl der Rippen (ca 43), welche sehr schmal und hoch sind, und durch die etwas höhere Area. Auch Spaltrippen treten hier sporadisch und in geringer Zahl auf. Der Holotyp ist am Schlossrande 20 mm breit, die grösste Breite beträgt 25 mm, die Dicke 11 mm. Die Brachialschale ist stark bauchig gewölbt.

Das zweite Exemplar, Textabb. 47 oben, zeigt die hesperorthinenartigen Muskelnarben, wobei die in der Mitte gelegene, rinnenförmige Schliessernarbe abgegrenzt erscheint; auch die intervaskularen (resp. interovarialen) Septen treten hervor.

Boreadorthis recula aequivalvata nov.

Textabb. 46 (unten).

Holotyp ist die abgebildete, aus dem Lyckholm-Kalkstein (F₁) von Uuemõisa stammende Schale. Von der Grundform unterscheidet sich diese Unterart durch etwas geringere Rippenzahl (37), breiteren Schlossrand und geringere Wölbung der Brachialschale, welche in dieser Hinsicht der Pedikelschale fast gleich kommt. Ein anderes Exemplar dieser Form (Samml. Naturforscher-Gesellschaft Tartu, Koll. Fr. Schmidt und Harder) stammt aus den F₁-Schichten von Paluküla. Der Holotyp ist 22 mm breit 17 mm lang und 8 mm dick. Fr. Schmidt (37) hat diese Form als *Orthis scotica* McCoy bezeichnet.

Fam. Dolerorthidae nov.

Subfam. Dolerorthinae nov.

Die Glieder dieser Familie sind bei uns im Abschnitt XV, S. 61 über das Gefässnetz der Orthacea besprochen und Taf. XLIV abgebildet worden. Vgl. auch S. 180.

Ausserdem ist *Dolerorthis* eingehend bei Schuchert & Cooper (2), *Glossorthis* bei A. Öpik (1) dargestellt. *Glossorthis* wurde noch nachträglich auf das Vorhandensein der *vascula arcuata* in der Brachialschale geprüft. Die Unabhängigkeit der *Dolerorthis* von den Hesperorthinae ergibt sich auch aus dem Bau des Dithyriums. Wie das Notothyrium, so ist auch das Deltidium bei *Dolerorthis* breit, entschieden breiter als bei den Hesperorthinae, und es ist hier keine Spur von einem Chilidium oder einer Δ -Platte vorhanden.

Tafeln und Textabb. 48—55.

Sämtliche Tafeln und die Textabb. 24, 27, 29, 31, 33, 36—38, 40, 41 und 43—47 sind vom Verfasser photographisch hergestellt worden nach einer Salmiakweissung der Objekte. Keine Retusche.

Wo der Finder nicht besonders angegeben, handelt es sich um „Koll. des Verfassers“. „Koll.“ bedeutet, dass der Finder unbekannt ist. Alle abgebildeten und untersuchten Stücke werden, mit wenigen Ausnahmen, im Geol. Museum der Universität Tartu aufbewahrt.

Tafel I.

Alles $\times 13,5$ der nat. Grösse. Dünnschliffe verschiedener Klitambonitiden, durch Abschleifen der Area hergestellt.

- Fig. 1. *Clitambonites adscendens* Pander, aus Pawlowsk, Koll. K. Grewingk. Typisches Spondylium simplex mit Pulvillus. Vgl. Textabb. 1 S. 22, 80
- Fig. 2. *Clitambonites squamatus* (Pahlen), Spondylium simplex mit niedrigem Septum (s) und locker gelegenem Pulvillus (p). Kohtla, C₂. S. 80
- Fig. 3. *Clinambon anomalus* (Schlothheim), aus dem Keila-Kalkstein (D₂) von Rakvere. Spondylium simplex. S. 118
- Fig. 4. *Clinambon anomalus*, derselbe Schliff wie Fig. 3. Vertikaler Querschnitt durch den Schlossfortsatz (Anker), dessen mediane Naht zeigend S. 118



1



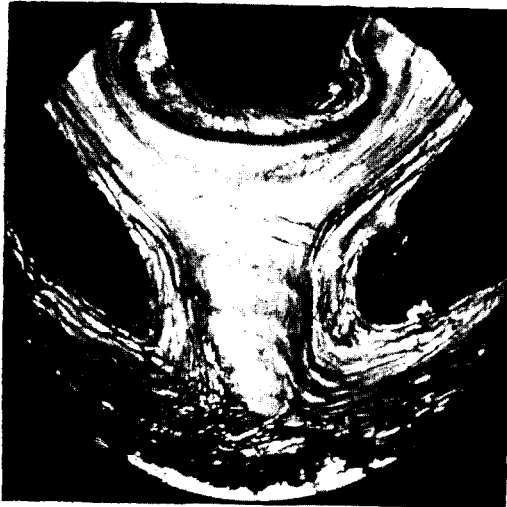
2



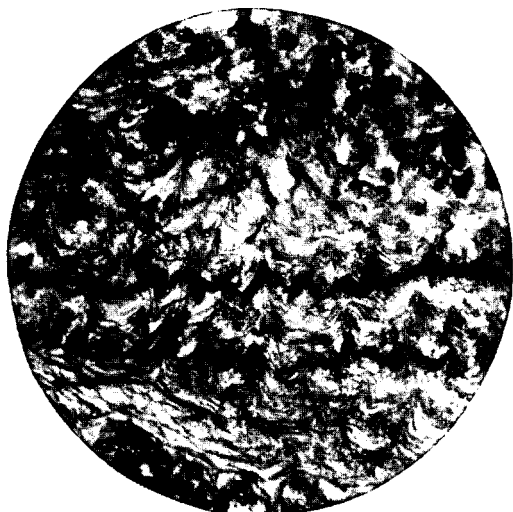
3



4



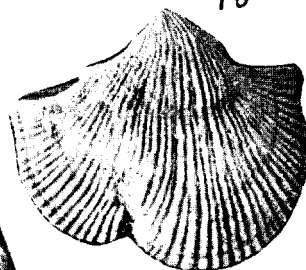
3



1a



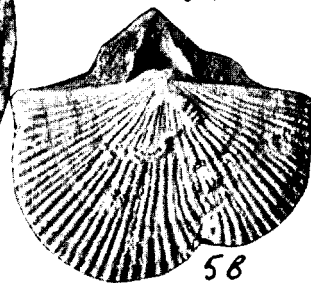
1b



5a



4



5b



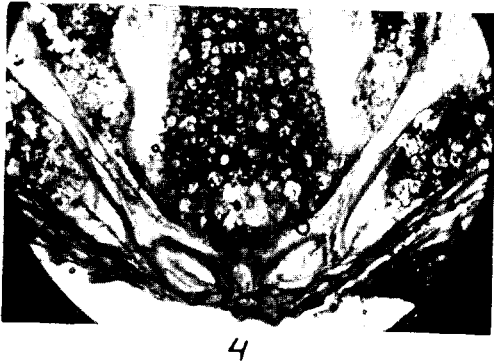
3

Tafel II.

- Fig. 1 a, 1 b, 3, 3 a. Dünnschliffe durch die Schale von *Estlandia marginata*, deren pseudopunktierte Struktur zeigend. Fig. 1 a ist der Längsschnitt, Fig. 1 b der tangentielle Schnitt durch die Schwelle; der Verlauf der Zuwachslamellen der Schale ist gerstört und die Achsen der Pseudopunkte stehen schief zueinander. Vergr. $\times 40$. Fig. 3 und 3 a ist ein und derselbe Längsschnitt durch den viszeralen Schalentheil, wo die Warzen mehr oder weniger parallel gestellt erscheinen. Fig. 3 ist $\times 40$, Fig. 3 a $\times 140$ der nat. Grösse. Fig. 3 a zeigt deutlich die hellen Kerne der Warzen, welche im tangentialen Schnitt (Fig. 1 b) den Eindruck von Punkten machen. Es ist dies eine typische strophomenoide Struktur S. 9
- Fig. 4 ist ein tangentialer Schliff durch die Schale der Strophomenacea *Ingria pakriana* A. Ö. (8), dieselbe pseudopunktierte Struktur zeigend. Die Warzen sind aber stark zur Schalenfläche geneigt. $\times 40$ der nat. Grösse. S. 133
- Fig. 5 a und 5 b. *Vellamo rara* n. sp., aus den $C_3\alpha$ -Schichten von Kohfla. Ventrale und dorsale Ansicht ein und desselben Exemplars, $\times 3,3$ der nat. Grösse. Dasselbe Exemplar Textabb. 30 IX. Vgl. auch Taf. XI, Fig. 1 a — 1 b S. 116

Tafel III.

- Fig. 1. Querschliff durch den hinteren Teil einer jungen ganzen Schale von *Clitambonites schmidti*, aus den C_2 -Schichten von Kohtla. Das Spondylium simplex erscheint hier sessil. o — Zahnstütze und Seitenplatte des Spondyliums; Sp — spondyliare Höhle; Ssp — subspondyliare Kammer; c — Kruralplatte (Wulst der *vascula cruralia*); np — nodus principalis [vordere Abdachung der notothyrialen Plattform (Anker) mit dem kleinen Höckerchen des vordersten Teiles des Schlossfortsatzes]. $\times 13,5$ der nat. Grösse. S. 24, 83
- Fig. 2. *Clitambonites schmidti* (Pahlen), aus den $C_3\alpha$ -Schichten von Kohtla, älteres Exemplar, die glatte Schalenstruktur und die imbrikaten Zuwachslamellen des Randes zeigend. $\times 13,5$ der nat. Grösse S. 9, 83
- Fig. 3. Querschnitt durch die hinterste Partie von *Ladogiella sphaerica* (Pander). Spondylium simplex mit niedrigem Septum. Pawlowsk, Koll. R. Grewingk. $\times 13,5$ der nat. Grösse . . S. 25, 98
- Fig. 4. Querschnitt durch die hintere Partie einer ventralen Schale von *Antigonambonites planus* (Pander) aus dem Megalaspiskalk (BII) von Wolchow (Koll. ?), $\times 13,5$ der nat. Grösse. Typisches Spondylium triplex. Vgl. Textabb. 3 S. 25, 149
- Fig. 5. Querschnitt durch den hinteren Teil einer Dorsalschale von *Estlandia marginata* aus $C_3\alpha$ von Kohtla. S — Mittelseptum; N — notothyriale Plattform, unterhöhlt; x — die Höhle unter der N-Plattform; a — Schlossfortsatz; c — tief in die Schalen-substanz eintauchende Wurzel der Armträger; t — in den Zahn-gruben haftende Schlosszähne der Ventralschale. Um x herum sieht man die strichartigen Pseudopunkte. $\times 13,5$ der nat. Grösse S. 135
- Fig. 6—7. *Apomatella ingraca* (Pahlen), aus dem Megalaspiskalk (BII β) von Rannamõisa, $\times 5$ der nat. Grösse. Die Pedikelschale Fig. 6 ist mit der neanischen Pedikelschale von *Clitambonites schmidti*, Textfig. 33, S. 129 zu vergleichen S. 71, 128



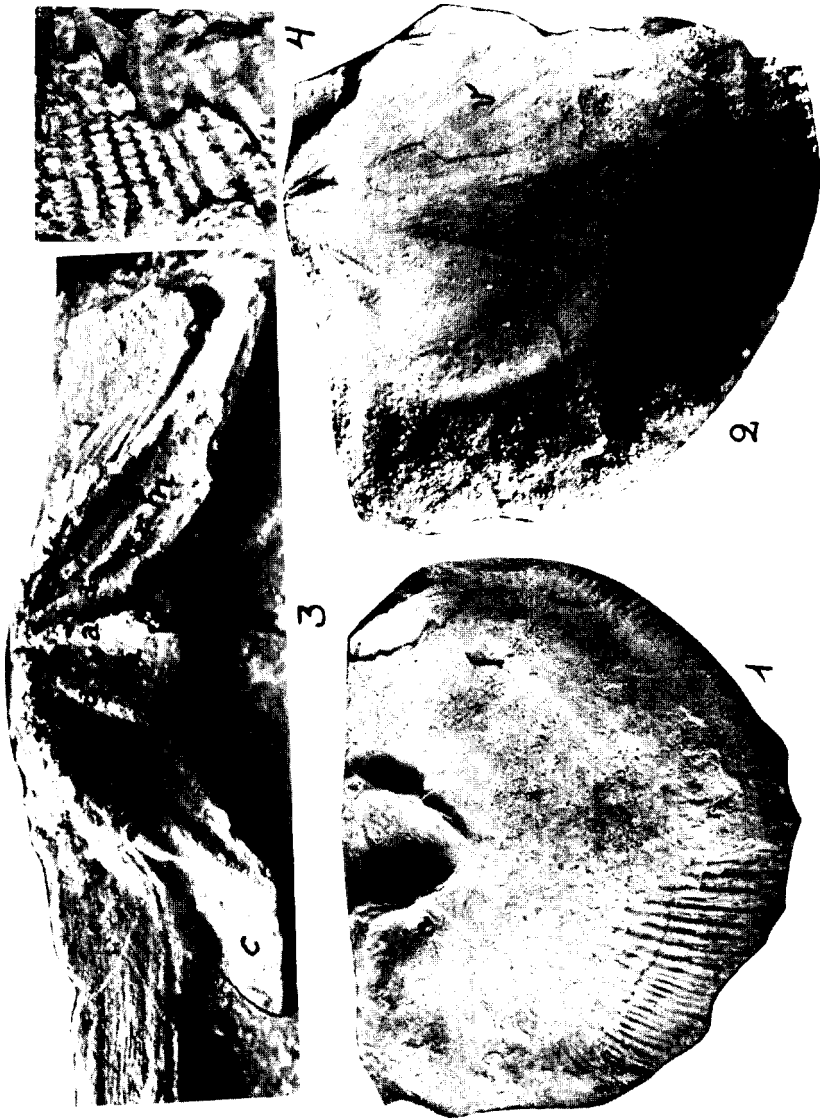


Photo A. Ö.

Tafel IV.

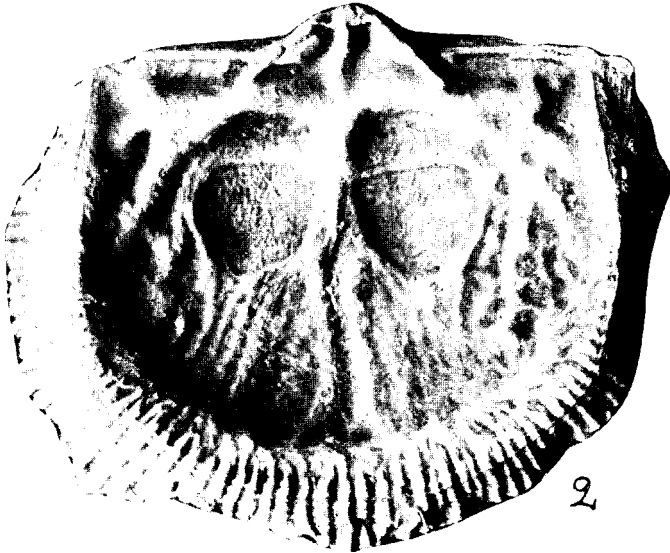
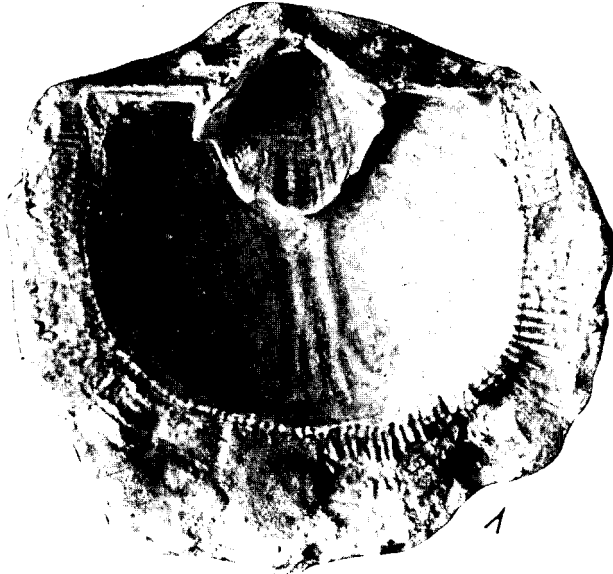
- Iru concava* (Pahlen). Vgl. Textabb. 26 VI und 27 S. 89
- Fig. 1. Innenfläche einer grossen Pedikelschale aus Iru, $\times 1\frac{3}{4}$ der nat. Grösse. Das Spondylium, dessen freier Vorderrand abgebrochen ist, ist sessil. Seitlich von ihm liegen die subspondyliaren Gefässknoten (n).
- Fig. 2. Innenfläche einer jüngeren Brachialschale aus dem Rogö-Kalksandstein (BIII) der Insel Klein-Rogö. $\times 4$ der nat. Grösse. Koll. K. Orvik u. v — vascula myaria, welche als flache Kanäle ausgebildet sind. Dasselbe Exemplar Fig. 3.
- Fig. 3. Anker der dorsalen Schale des Exemplars Fig. 2, $\times 10$ der nat. Grösse. a — mittlere Leiste, a' — seitliche Leisten des Schlossfortsatzes; m und m' — Öffnernerben; c — Kruralplatte.
- Fig. 4. Schalenskulptur einer Schale aus dem Vaginatenkalk von Tallinn, Koll. A. Wahl. $\times 6$ der nat. Grösse.

Tafel V.

Clitambonites schmidti epigonus n. var., aus dem Jöhvi-Kalkstein (D₁)
Estlands S. 24, 33, 39, 83

Vgl. hierzu auch die Textabb. 8 und 33, sowie S. 129.

- Fig. 1. Eine gerontische Pedikelschale aus Alliku, $\times 2$ der nat. Grösse.
Der Rand ist z. T. von Bryozoen überwachsen. Es fehlt das Mittel-
septum ganz; das Paar der Wülste der *vascula media* und die
hohe Kammschwelle (vgl. Textabb. 6) treten gut hervor.
- Fig. 2. Innenfläche einer Brachialschale aus Aluvere, $\times 3,5$ der nat. Grösse.
Die Muskelnarben sind durch eine feine Netzzeichnung bedeckt.
Es ist an diesem Exemplar die Verzweigung der viszeralen Gefässe
in das randliche Netz unmittelbar zu beobachten. Dasselbe Exem-
plar Taf. VII, Fig. 3.



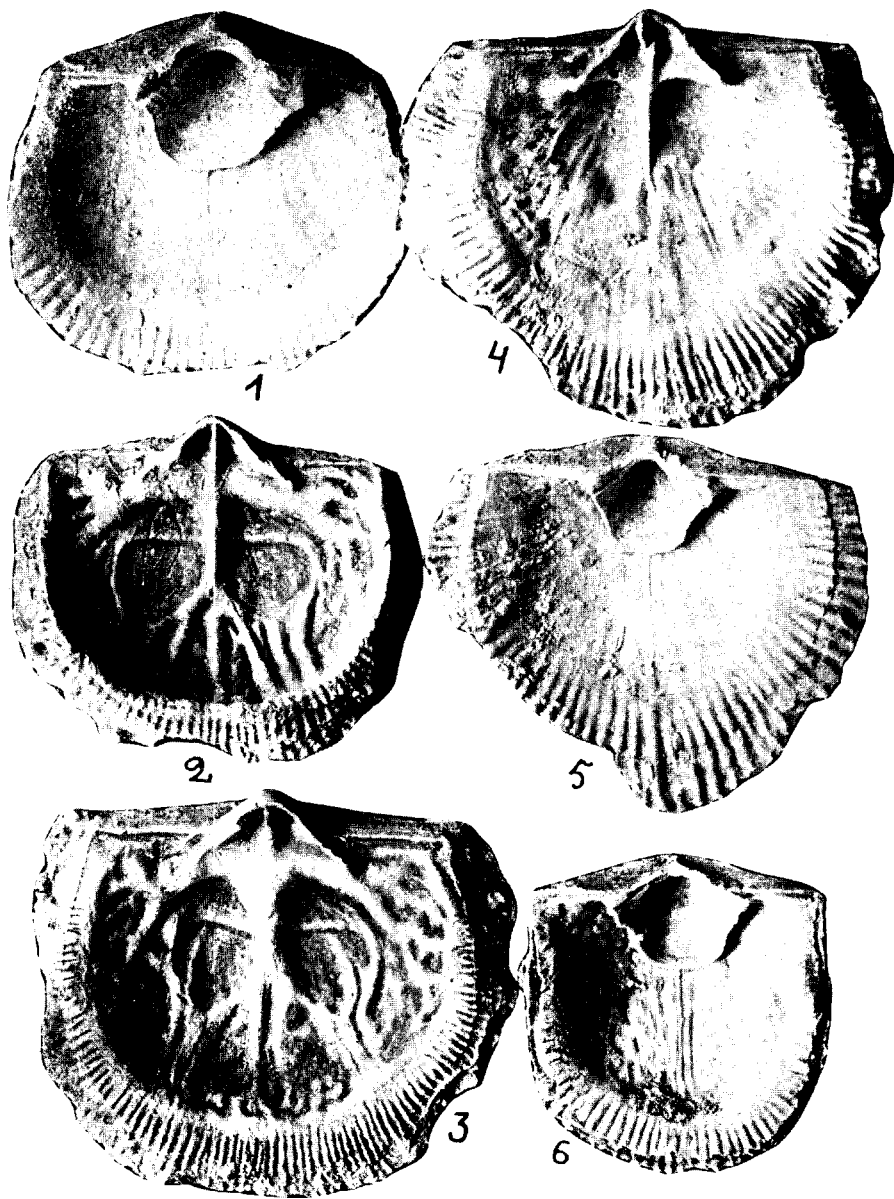


Photo A. Ö.

Tafel VI.

- Clitambonites schmidti epigonus*, aus dem D₁-Kalkstein Estlands. Alles $\times 2$
der nat. Grösse S. 83
- Fig. 1, 5 und 6 sind verschieden gestaltete Brachialschalen aus Aluvere.
Bei Fig. 1 und 6 ist ein feines, fadenförmiges intervaskulares
Mittelseptum ausgebildet. Fig. 5 stellt eine relativ junge Schale dar.
- Fig. 2, 3 und 4 sind Brachialschalen. Fig. 4 (aus Aluvere) ist ein
junges Exemplar. Fig. 2 und 3 (aus Alliku) sind gerontische
Schalen. Bei Fig. 2 sind die Wülste der *vascula media* ab-
norm entwickelt, indem sie nach rechts verschoben und unvoll-
ständig sind.
- Vgl. Textabb. 8, 26 IV, 26 V und 33 und Taf. V, VII und VIII.

Tafel VII.

Clitambonites schmidti epigonus aus dem D₁-Kalkstein Estlands S. 83

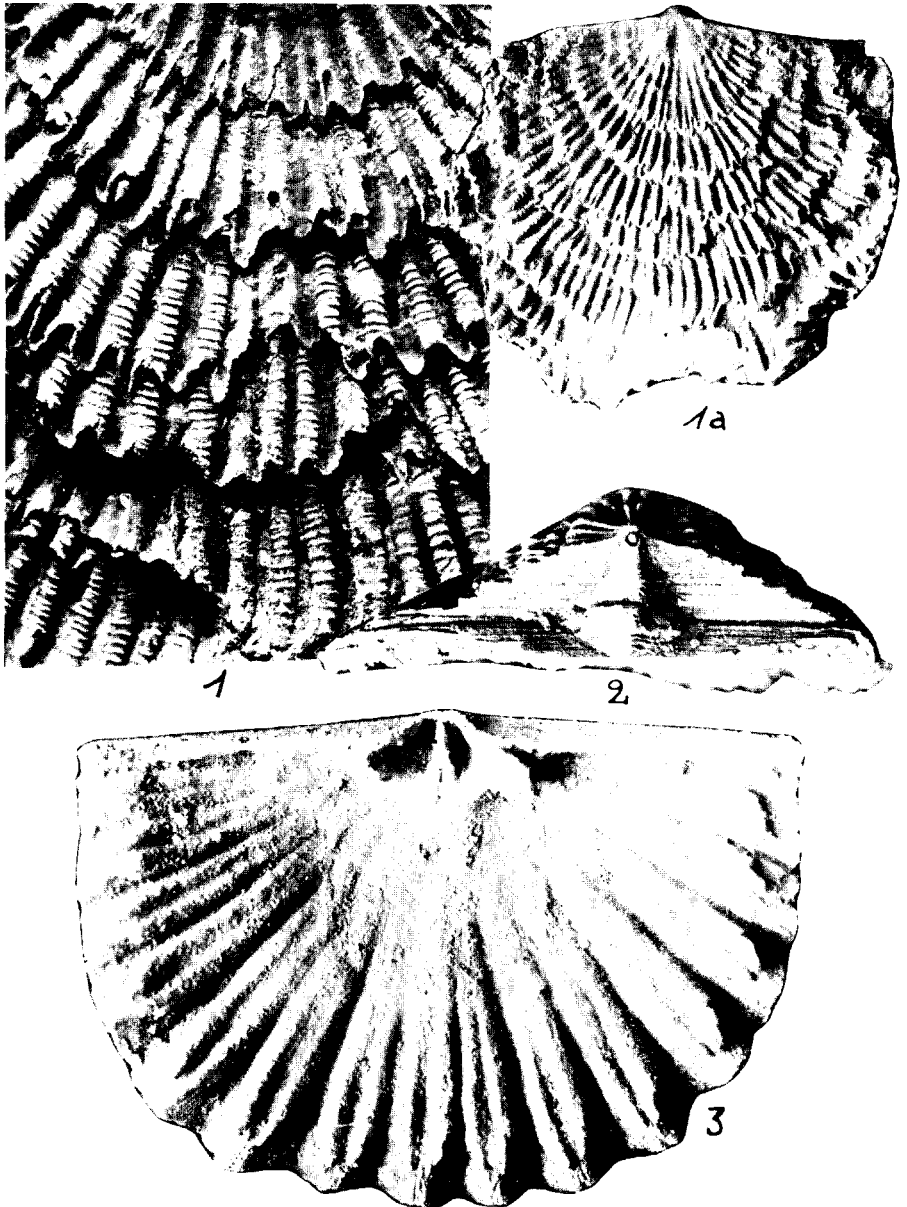
Fig. 1. Innerer Schalenrand einer Brachialschale (dieselbe; Taf. VIII, Fig. 1), $\times 16$ der nat. Grösse, die ersten Ansätze (von B bis D) der imbrikaten Lamellen und die grösste imbrikate Lamelle (A) zeigend. Vgl. S. 78. V — Spuren von Gefässkapillaren.

Fig. 2. Vorderansicht einer verkieselten ganzen Schale aus Aluvere, nat. Grösse. Die zahlreichen spitzenartigen, unterhöhlten Zuwachslamellen treten deutlich hervor. Vgl. hierzu den Dünnschliff Taf. III, Fig. 2.

Fig. 3. Stark vergrösserter Rand der Dorsalschale Taf. V, Fig. 2, die letzten Verzweigungen eines viszeralen Gefässes (der rechten *vascula myaria*) zeigend. Die Abdrücke strahlen alle aus einem terminalen Knoten (nt) hervor. Die Aufnahme ist bei schräg gestellter Schale gemacht worden. Die interkostalen Apophysen sind durch erhabene Wülste vertreten, die kostalen dagegen sind schwach, weshalb der grössere Teil des Randsaums durch die Schwelle verdeckt erscheint. Der untere Rand des Bildes stellt den Kamm der Schwelle dar.

Vgl. Textabb. 8, 26 IV, 26 V und 33; Taf. III, Fig. 2; Taf. V, VI und VIII.





Tafel VIII.

- Fig. 1, 1a. Schalenskulptur einer Brachialschale von *Clitambonites schmidti epigonus* (dasselbe Exemplar Taf. VII, Fig. 1). Fig. 1a ist $\times 2$, Fig. 1 — $\times 6$ der nat. Grösse. Die Rippen sind quergerieft, die Zwischenräume glatt. Aluvere, D₁ S. 83
- Fig. 2. *Clitambonites schmidti epigonus*, hintere Ansicht einer kleineren, ganzen Schale, $\times 3$ der nat. Grösse. Aluvere, D₁.
- Fig. 3. *Barbarorthis foraminifera* n. sp., aus dem Lyckholm-Kalkstein (F₁) von Moe. $\times 9$ der nat. Grösse. Es ist dies eine typische Hesperorthis mit gefurctem Schlossfortsatz und Chilidium. Vgl. Taf. IX. S. 183

Tafel IX.

- Fig. 1 a—2 c und 4 a—4 b. *Barbarorthis foraminifera* nov. gen., nov. sp., aus dem Lyckholm-Kalkstein (F₁) von Moe S. 183
 Fig. 1 a—1 c. Der Holotyp in drei verschiedenen Ansichten, $\times 5$ der nat. Grösse. Seitenprofil Textabb. 41 IV. — Fig. 2 a—2 c. Eine andere, ganze Schale mit etwas niedriger Area. Die *A*-Platte ist durch die Präpariernadel etwas geritzt worden. $\times 5$ der nat. Grösse. — Fig. 4 a. Der Schalenrand der Brachialschale Taf. VIII, Fig. 3, $\times 20$ der nat. Grösse, die Kapillarestreifung des Randes zeigend. — Fig. 4 b. Dasselbe Exemplar wie Fig. 4 a, $\times 10$ der nat. Gr., Aussenfläche mit abwechselnd feinen und groben Rippen. Den feinen Zwischenrippen entsprechen auf der Innenseite (Fig. 4 a) leichte Furchen (ic. „intercostae“), die Rippen selbst aber erscheinen als breitere Rinnen (c. „costae“), resp. Falten.
- Fig. 3 a—3 b. *Boreadorthis crassa* n. sp., aus dem Lyckholm-Kalkstein (F₁) von Moc, $\times 5$ der nat. Grösse. Es ist dies ein jugendliches Exemplar S. 189
 Die Querriefung ist gröber (Fig. 3 b), die *A*-Platte kleiner und die dorsale Schale bauchiger als bei *Barbarorthis*.

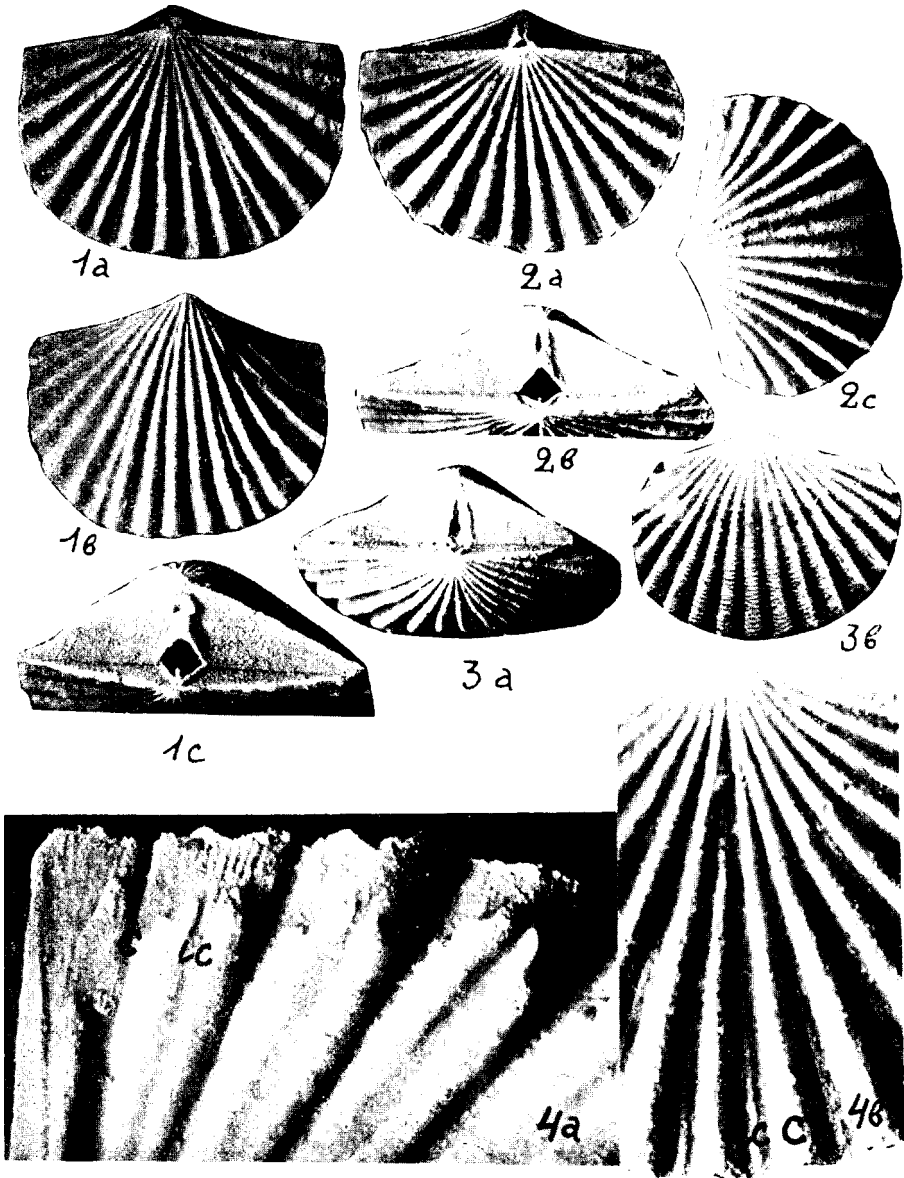
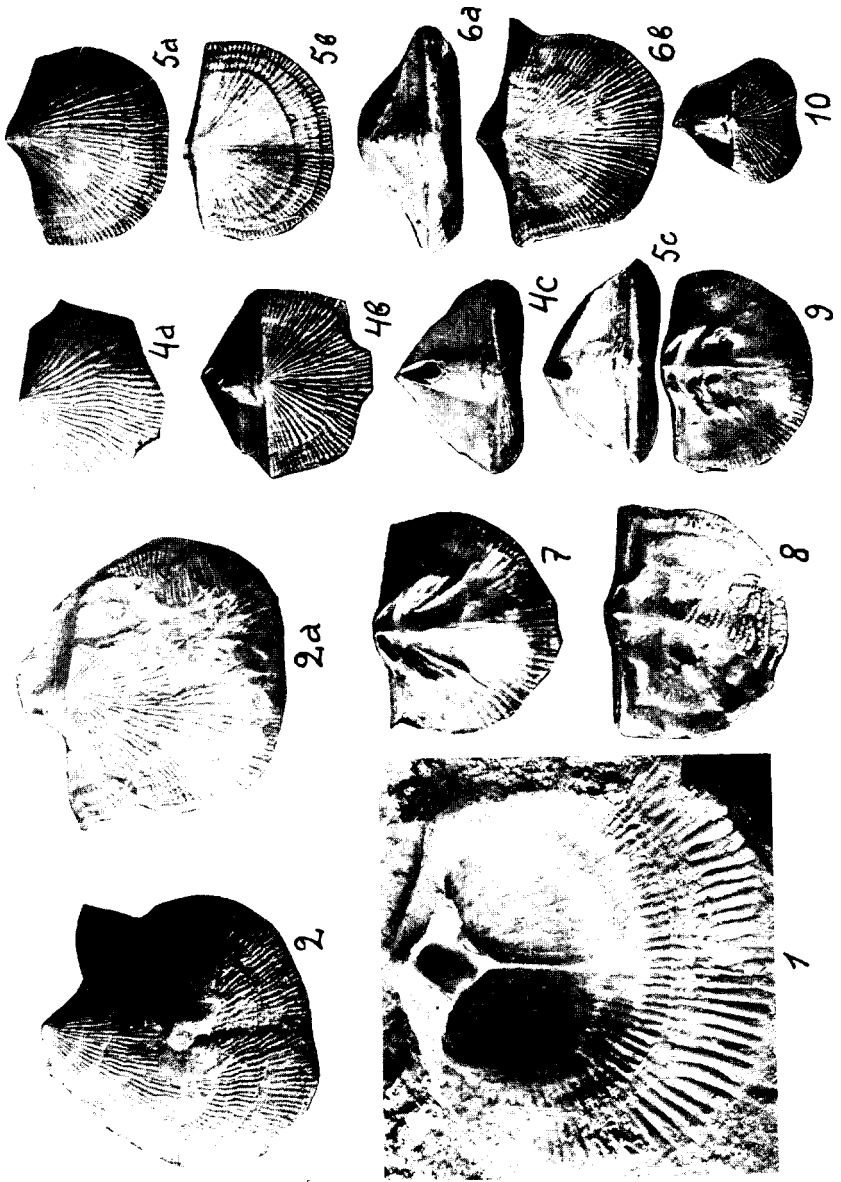


Photo A. O.

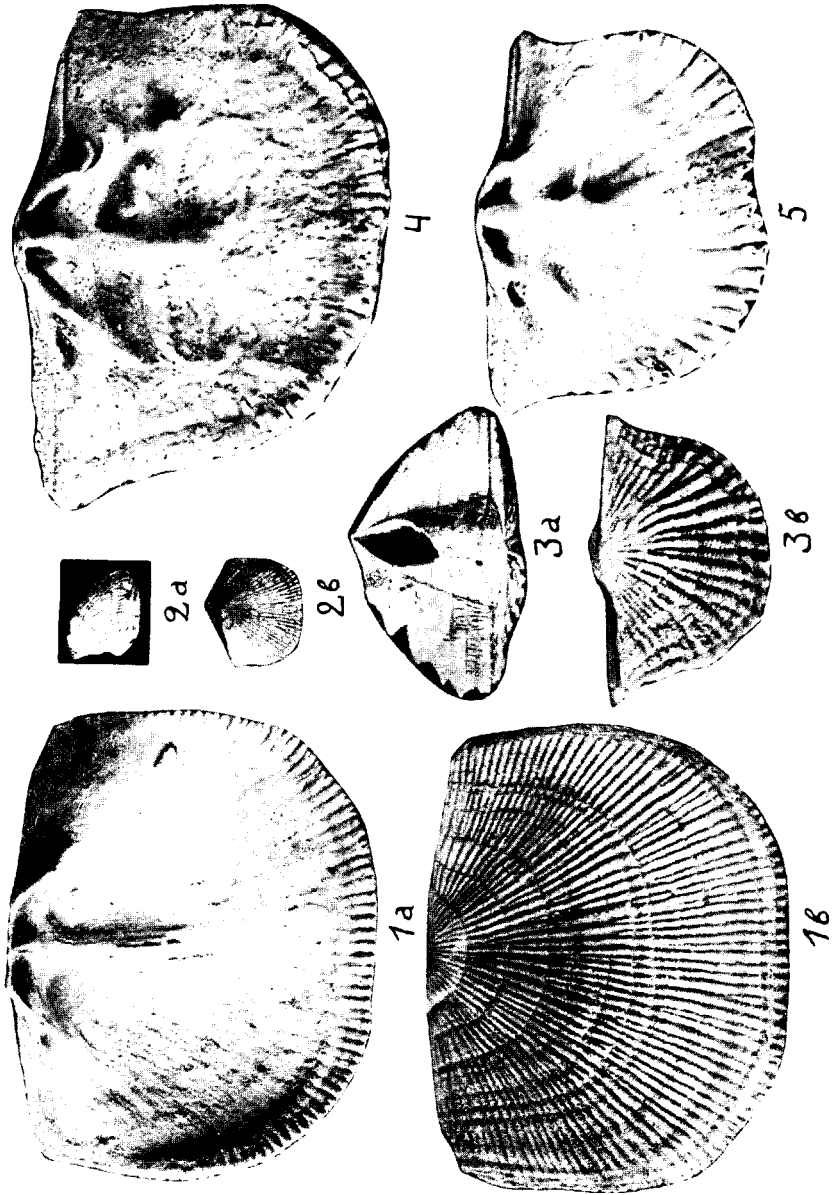


Tafel X.

- Fig. 1. *Clitambonites schmidti septatus*, aus dem Echinosphäritenkalk (C₁) der Insel Odensholm, $\times 3$ der nat. Grösse. . . . S. 85
- Fig. 2—10. *Vellamo wesenbergensis* (Pahlen), alle Exemplare in nat. Grösse. Rakvere-Stufe (E) von Rägavere bei Rakvere . . . S. 108
- Fig. 2—2 a. Grosses, stark asymmetrisches Exemplar der Grundform, Koll. K. Orviku. — Fig. 4 a — 4 c. Eine ganze Schale der Grundform mit hoher, flacher Area (Seitenansicht Textabb. 30 VI). Koll. V. Paul. — Fig. 5 a — 5 c. Ein ganzes Exemplar mit aufrechter Area und gewölbter Pedikelschale (Textabb. 30 V). — Fig. 6 a — 6 b. Holotyp der subsp. *auriculata* (Seitenansicht Textabb. 30 IV). — Fig. 7. Innenfläche einer Dorsalschale der subsp. *auriculata*. — Fig. 8—9. Zwei Dorsalschalen der Grundform von innen. Bei Fig. 8 ist eine randlich verlaufende, konzentrische Rinne bemerkbar. Diese Schale erinnert an *Vellamo diversa*. — Fig. 10. Eine junge Schale der Grundform mit besonders hoher Area der Ventralschale (Koll. ?). — Vgl. auch Taf. XXX, Fig. 2.

Tafel XI.

- Fig. 1 a — 1 b. *Vellamo rara* n. sp., $\times 3$ der nat. Grösse, aus den $C_3\alpha$ -Schichten von Kohkla. Vgl. Taf. II, Fig. 5 a — 5 b und Textabb. 30 IX S. 116
- Fig. 2 a — 2 b. *Vellamo parva* Ö., nat. Grösse. Ein ganzes Exemplar aus den C_3 -Schichten von Alliku S. 116
- Fig. 3 a — 3 b. *Vellamo simplex* Ö., $\times 3,5$ der nat. Grösse. Ein ganzes Exemplar aus den $C_3\alpha$ -Schichten von Kohkla. Die Zuwachslamellen der Area sind zackig abgesetzt S. 115
- Fig. 4—5. *Vellamo pyramidalis* (P a h l e n), eine gerontische (Fig. 4) und eine jüngere (Fig. 5) Brachialschale aus den $C_3\alpha$ -Schichten von Kohkla, $\times 10$ der nat. Grösse S. 115



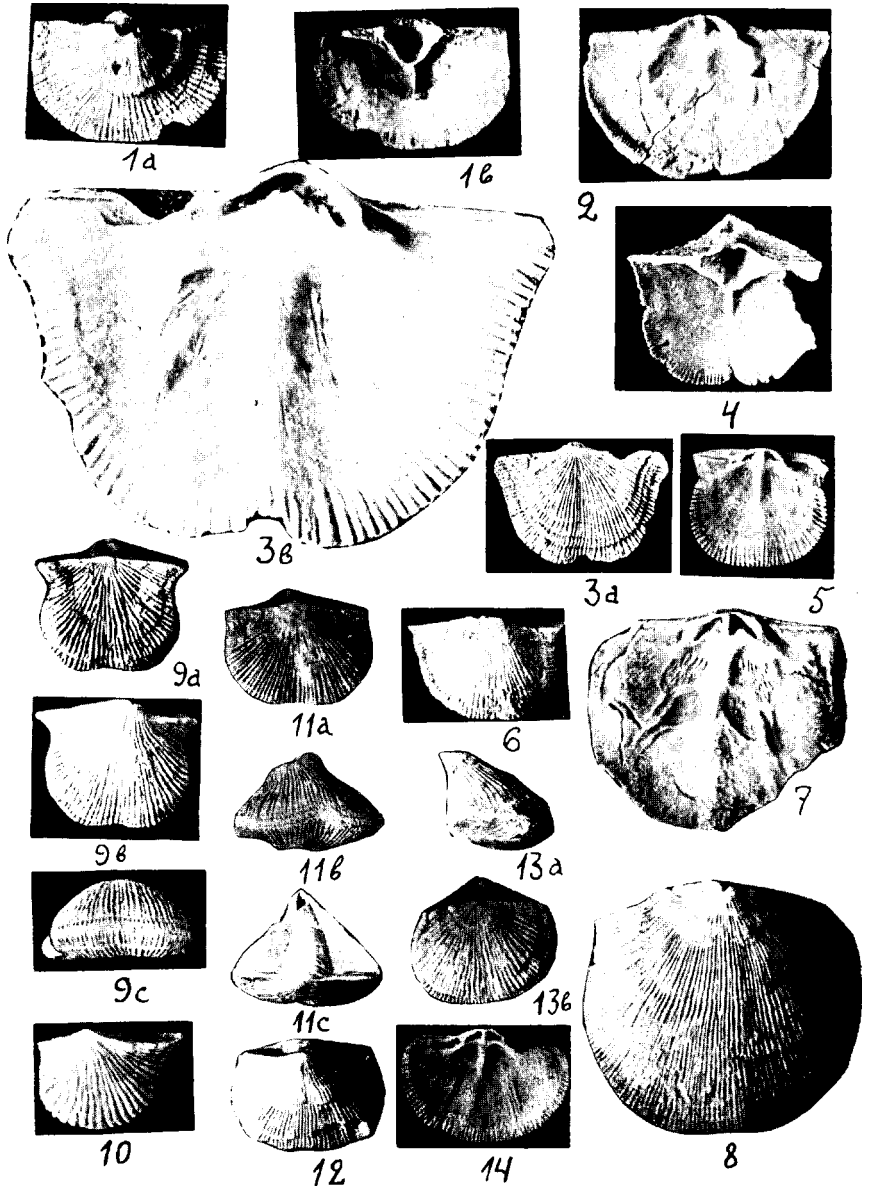


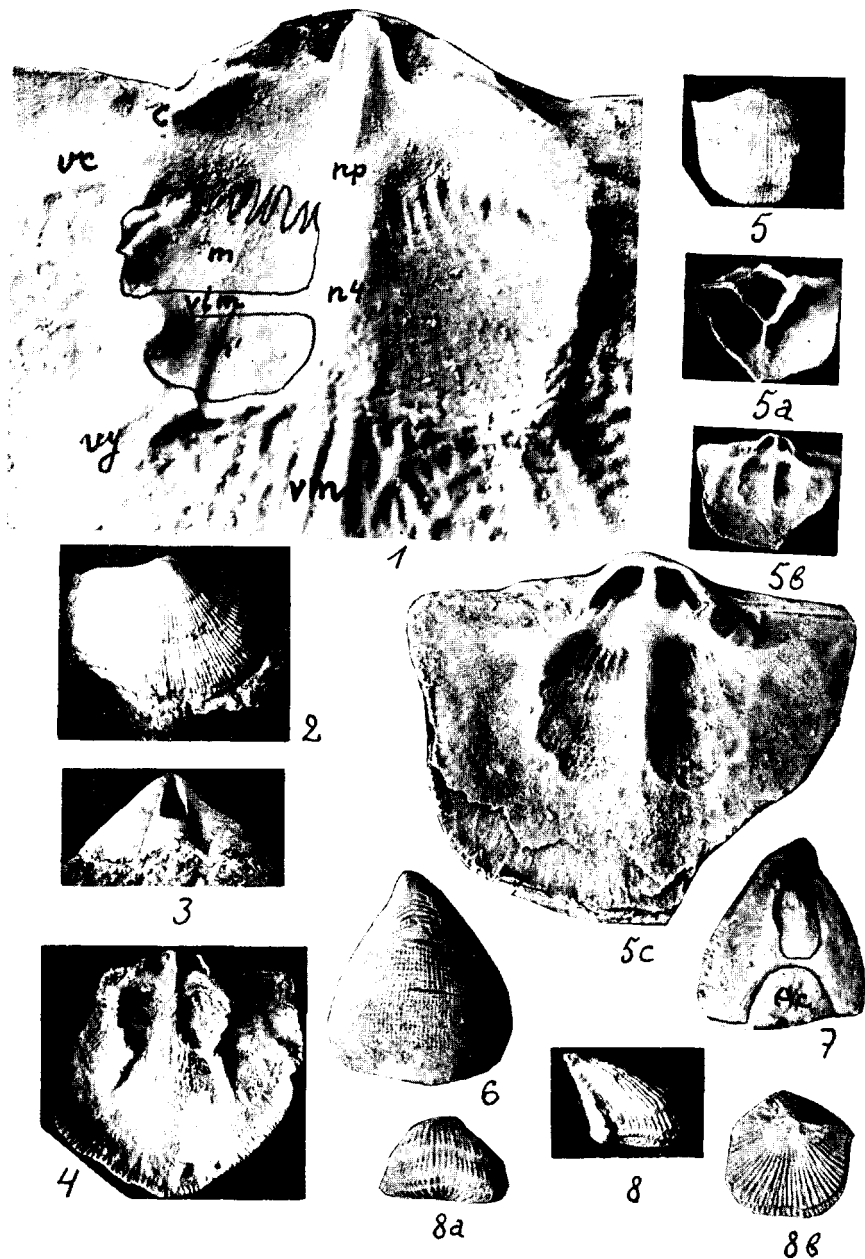
Photo A. Ö.

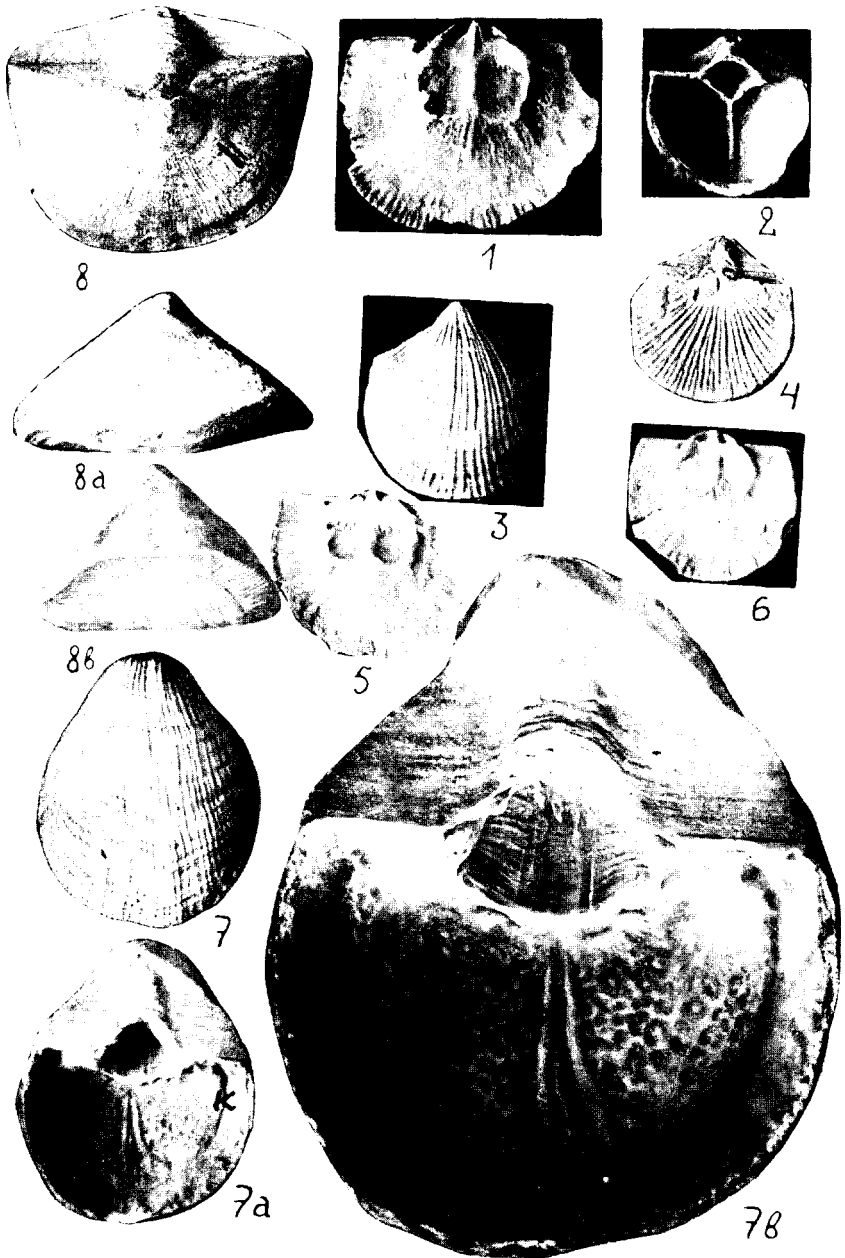
Tafel XII.

- Fig. 1 a — 2. *Vellamo silurica* n. sp., aus dem Porkuni-Kalkstein (F₂) von Porkuni, nat. Grösse. Koll. Wahl S. 111
 Fig. 1 a — 1 b. Aussen- und Innenansicht einer isolierten Pedikelschale. — Fig. 2. Innenfläche einer Brachialschale. Seitenansicht siehe Textabb. 30 XIII.
- Fig. 3 a — 3 b. *Vellamo defecta* n. sp., aus dem Vasalemma-Kalkstein (D₃) von Vasalemma. Fig. 3 a (Aussenfläche) ist in nat. Grösse abgebildet; Fig. 3 b (Innenfläche) ist $\times 3,5$ vergrössert. Der Schlossfortsatz fehlt S. 111
- Fig. 4—6. *Vellamo emarginata* (Pahlen) S. 110
 Fig. 4. Eine verkieselte Pedikelschale aus den mittleren D₁-Schichten von Pääsküla, nat. Grösse. — Fig. 5. Eine kleinere Brachialschale von Auvere, D₁, nat. Grösse. — Fig. 6. Eine Pedikelschale von aussen, aus Aluvere, nat. Grösse. — Vgl. Textabb. 30 XVIII.
- Fig. 7—8. *Vellamo magna* n. sp. S. 109
 Fig. 7. Innenansicht einer grossen Brachialschale, D₂-Geschiebe von Tuula, nat. Grösse. — Fig. 8. Aussenansicht einer Pedikelschale aus den D₂-Schichten von Rakvere, nat. Grösse. — Vgl. auch Textabb. 2 und 30 XIX.
- Fig. 9 a — 9 c. *Vellamo ambisulcata* n. sp., aus dem D₂-Kalkstein von Rakvere. Holotyp, nat. Grösse (Koll.?).
 Vgl. Textabb. 30 VIII, 31 und Taf. XLI, Fig. 3 S. 112
- Fig. 10. *Vellamo anijana* n. sp. Holotyp, nat. Grösse, aus den D₁-Schichten von Anija. Koll. A. Wahl. Dieselbe Schale Textabb. 30 XIV S. 114
- Fig. 11 a — 14. *Vellamo oandoensis* n. sp., aus der Vasalemma-Stufe (Oando-Schichten) Estlands. Alles in nat. Grösse S. 113
 Fig. 11 a — 11 c. Eine ganze Schale mit hoher, aufrechter Pedikelarea (Holotyp) von Oando, Koll. K. Orvik u; dieselbe Schale Textabb. 30 XVII. — Fig. 12. Ganzes Exemplar mit prokliner Area (Textabb. 30 XVI) von Oando, Koll. K. Orvik u. — Fig. 13 a — 13 b. Ganze Schale aus den Oando-Schichten von Rakvere. — Fig. 14. Innenfläche einer dorsalen Schale von Rakvere. Dasselbe Exemplar Taf. XXX, Fig. 1.

Tafel XIII.

- Fig. 1. *Vellamo verneuili* (Eichw.), hinterer und zentraler Teil einer Dorsalschale (dieselbe: Taf. XIV, Fig. 1) aus dem Lyckholm-Kalkstein (F_1) von Kõrgesaare, Insel Hiiumaa, $\times 4,5$ der nat. Grösse. m' — vordere, m — hintere Schliessmuskelnarbe (die Narben sind von transmyaren Gefässapophysen längsgestreift); c — Kruralplatte; vc — vascula cruralia; vim — vascula intermyaria; vy — v. myaria; vm — v. media; np — nodus principalis; n4 — nodus quadrivalis S. 100
- Fig. 2–3. *Vellamo symmetrica* n. sp., aus dem Lyckholm-Kalkstein (F_1) von Paluküla, Insel Hiiumaa, nat. Grösse. Koll. Fr. Schmidt und Harder S. 106
- Fig. 4. *Vellamo verneuili* (Eichw.), eine Brachialschale aus dem Lyckholm-Kalkstein (F_1). Die vascula myaria sind durch kurze und kräftige Wülste vertreten (Koll.?) S. 100
- Fig. 5–5c. *Vellamo leigeri* n. sp., aus dem Lyckholm-Kalkstein (F_1) von Paluküla, Hiiumaa. Es ist dies ein allseitig auspräpariertes, vollständiges Exemplar (Holotyp). Fig. 5–5b sind in nat. Grösse, Fig. 5c ist $\times 3,5$ vergrössert. Koll. Fr. Schmidt. Seitenprofil desselben Exemplars Textabb. 30 X S. 105
- Fig. 6, 7. *Vellamo phrygia*, aus dem Keila-Kalkstein (D_2) von Saue, Holotyp, nat. Grösse. Ac — arcus chilidialis. Koll. Fr. Schmidt. Seitenprofil desselben Exemplars Textabb. 30 VII S. 107
- Fig. 8, 8a, 8b. *Vellamo sauramoi* n. sp., aus dem Lyckholm-Kalkstein (F_1) der Insel Worms, nat. Grösse. Koll. M. Sauramo. S. 106





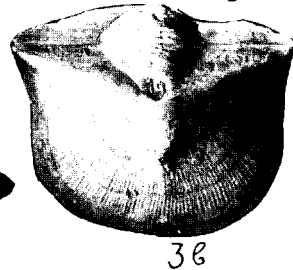
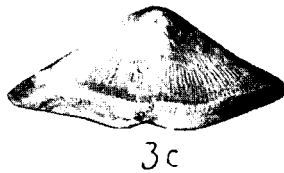
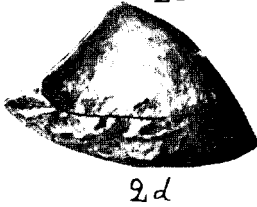
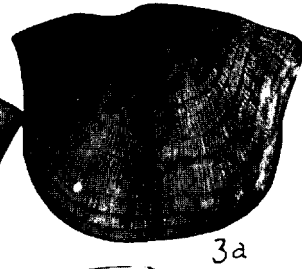
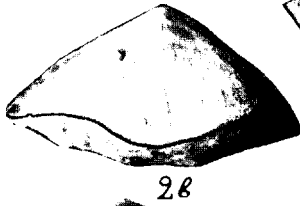
Tafel XIV.

- Fig. 1—7b. *Vellamo verneuili* (Eichw.), aus dem Lyckholm-Kalkstein (F₁) Estlands. Alles in natürlicher Grösse, ausser Fig. 7 b, welche $\times 2,5$ vergrössert ist. Vgl. auch Taf. XIII, Fig. 1 und 4 und Textabb. 29 S. 100
- Fig. 1. Brachialschale von Kõrgesaare (dieselbe: Taf. XIII, Fig. 1). — Fig. 2. Innenansicht einer kleinen, jugendlichen Pedikelschale von Kõrgesaare. — Fig. 3. Ein ganzes Exemplar aus Uuemõisa, Koll. Schmidt und Harder. Dasselbe Textabb. 30 II. — Fig. 4. Ein kleines, ganzes Exemplar aus Kõrgesaare. Dasselbe Textabb. 30 I. Koll. Fr. Schmidt. — Fig. 5. Eine Brachialschale aus Kõrgesaare. — Fig. 6. Eine kleine Brachialschale aus Moe. Koll. A. Wahl. — Fig. 7—7b. Eine hoch gerontische Pedikelschale aus Kõrgesaare. (Koll.?) Die subspendyliaren Kammern sind ganz durch sekundäre Schalensubstanz ausgefüllt. k (in Fig. 7 a) ist die Grenze der Viszeralfläche gegenüber dem Randsaume. Dasselbe Exemplar Textabb. 30 I.
- Fig. 8—8b. *Clitambon anomalus* (Schlothheim), ein vollständiges Exemplar in nat. Grösse. Rakvere, Keila-Kalkstein. Koll. Fr. Schmidt. Vgl. auch Taf. XV S. 118

Tafel XV.

Clinambon anomalus (Schlotheim).

- Fig. 1a—1c. Die subsp. *praecedens* nov., ein verkieseltes, durch HCl allseitig freigelegtes, ganzes Exemplar aus Aluvere, D₁, nat. Grösse S. 124
- Fig. 2—2d. Die subsp. *praecedens*, ein Exemplar aus D₁ von Peetri. Fig. 2a ist $\times 4$ vergrössert, die anderen in nat. Grösse; bei Fig. 2a ist die vertikale Streifung der Areas gut sichtbar. Dasselbe Exemplar Textabb. 32 IV. Koll. Studentenexkursion 1926 . . S. 124
- Fig. 3a—3c. *Clinambon anomalus postumus* nov. subsp., Typus, nat. Grösse. Aus dem Vasalemina-Kalkstein (D₃) von Uksnurme S. 124
Vgl. Taf. I, Fig. 3—4; Taf. XIV, Fig. 8; Taf. XVI; Taf. XVII;
Taf. XX, Fig. 1; Taf. XXXVIII, Fig. 4; Taf. XXXIX, Fig. 2;
Textabb. 32.



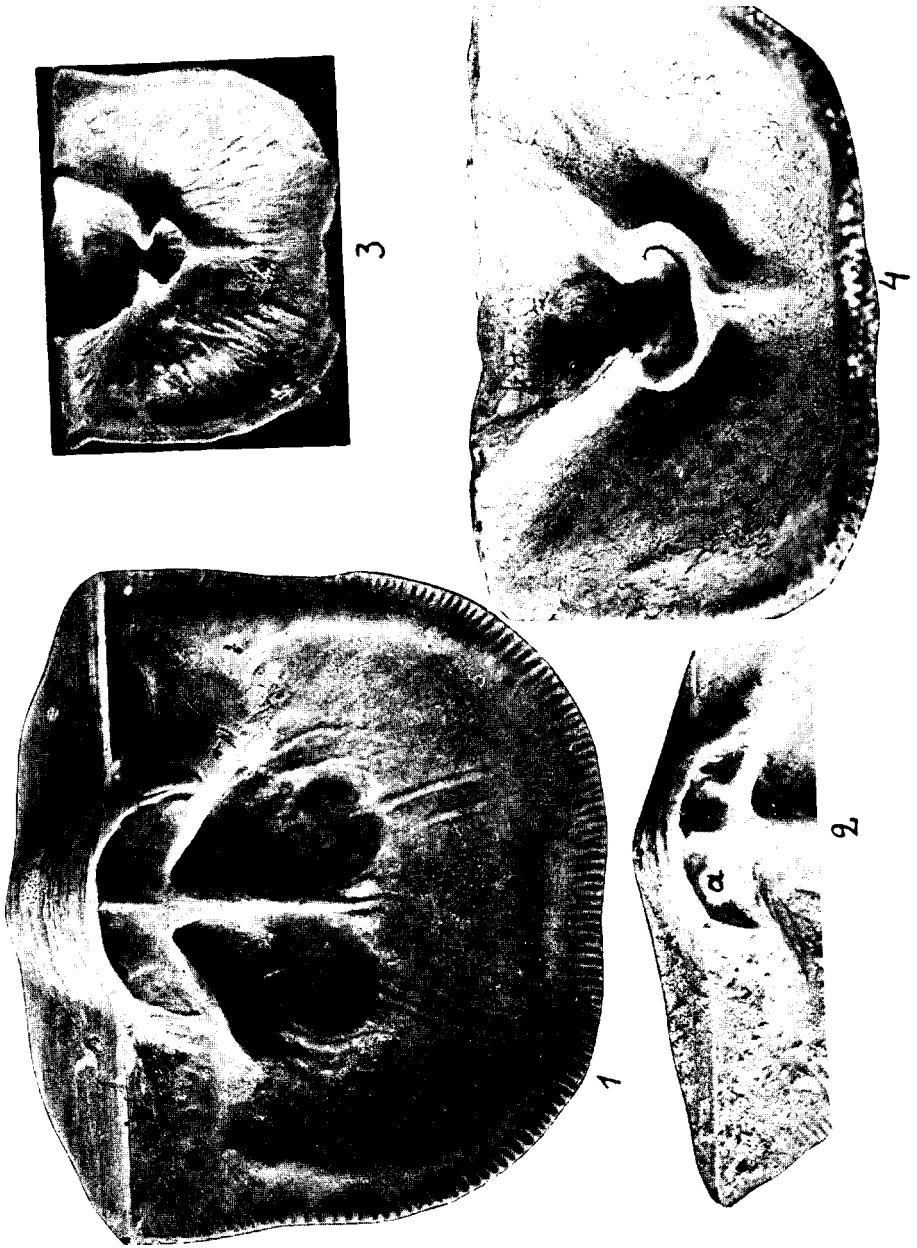


Photo A. Ö.

Tafel XVI.

- Fig. 1. *Clinambon anomalus postumus*, eine Dorsalschale aus dem Vasallemma-Kalkstein von Uksnurme, $\times 2,5$ der nat. Grösse S. 124
- Fig. 2. *Clinambon anomalus* (Schlotheim), eine junge Brachialschale, die Nebenleisten (a) des Schlossfortsatzes zeigend. $\times 3,5$ der nat. Grösse. Keila-Kalkstein von Kooga (Saue) S. 118
- Fig. 3. *Clinambon anomalus* (Schlotheim), eine grosse gerontische Ventralschale aus dem Keila-Kalkstein (D₂) von Rakvere (Koll.?). Das Spondylium ist stark eingeschnürt. Nat. Grösse. S. 118
- Fig. 4. *Clinambon inflatus* n. sp., eine verkieselte Brachialschale aus dem D₁-Kalkstein von Pääsküla, die Pedikelnarbe, das breite Spondylium und das niedrige, kurze Mittelseptum zeigend, $\times 3$ der nat. Grösse. Vgl. Taf. XVII, Fig. 2 a — 2 c. S. 124

Tafel XVII.

- Fig. 1 — 1 e. *Clinambon anomalus* (Schlotheim), aus dem Keila-Kalkstein von Rakvere. Koll. V. Paul. Es ist dies ein ganzes, allseitig auspräpariertes, fast gerontisches Exemplar. . . . S. 118
- Fig. 1. Ansicht von der ventralen Seite. — Fig. 1 a. Das Spondylium, $\times 3,5$ der nat. Grösse. Ac — arcus chilidialis; t — Schlosszahn; I — vordere Kammer des Spondyliums; q — seitliche Einschnürung des Spondyliums; sd — deltidiales Septum; f — Narbe des Foramens; n — Gefässknoten der am Spondylium entspringenden *vascula myaria* resp. *spondyliaria* (vy); s — dreieckige Erweiterung des Mittelseptums. — Fig. 1 b. Dasselbe Spondylium in mehr geneigter Stellung, die ohrenartigen Lappen des Randes, die Zuwachsstreifung und die Längsstreifung der vorderen Kammer zeigend. — Fig. 1 c. Totale Innenansicht der Ventralschale. Die Spuren der Gefässe sind durch intervaskuläre Septen vertreten. Das Mittelseptum ist hier ganz wie bei *Clitambonites squamatus*, Taf. XX, Fig. 2 ausgebildet: es besteht aus einem Paar von Gefässwülsten, welche durch einen fadenförmigen intervaskulären Streifen voneinander getrennt werden. Nat. Grösse. — Fig. 1 d. Dorsalschale von innen, nat. Grösse. — Fig. 1 e. Beide Schalen vereinigt, vordere Ansicht, nat. Grösse.
- Fig. 2 a — 2 c. *Clinambon inflatus* n. sp., verkieseltes ganzes Exemplar aus den D_1 -Schichten von Pääsküla, nat. Grösse. Vgl. Taf. XVI, Fig. 4. S. 124



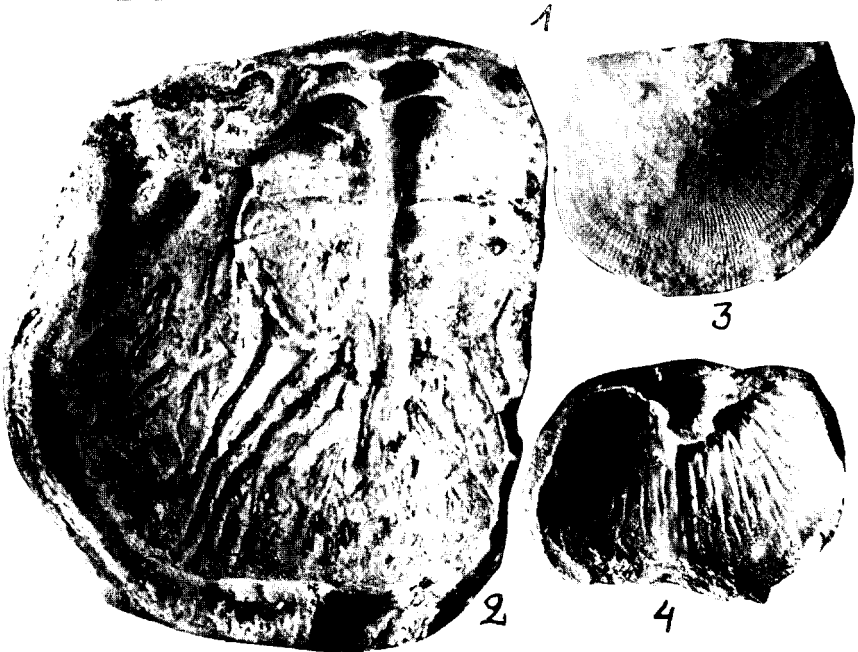


Photo A. Ö.

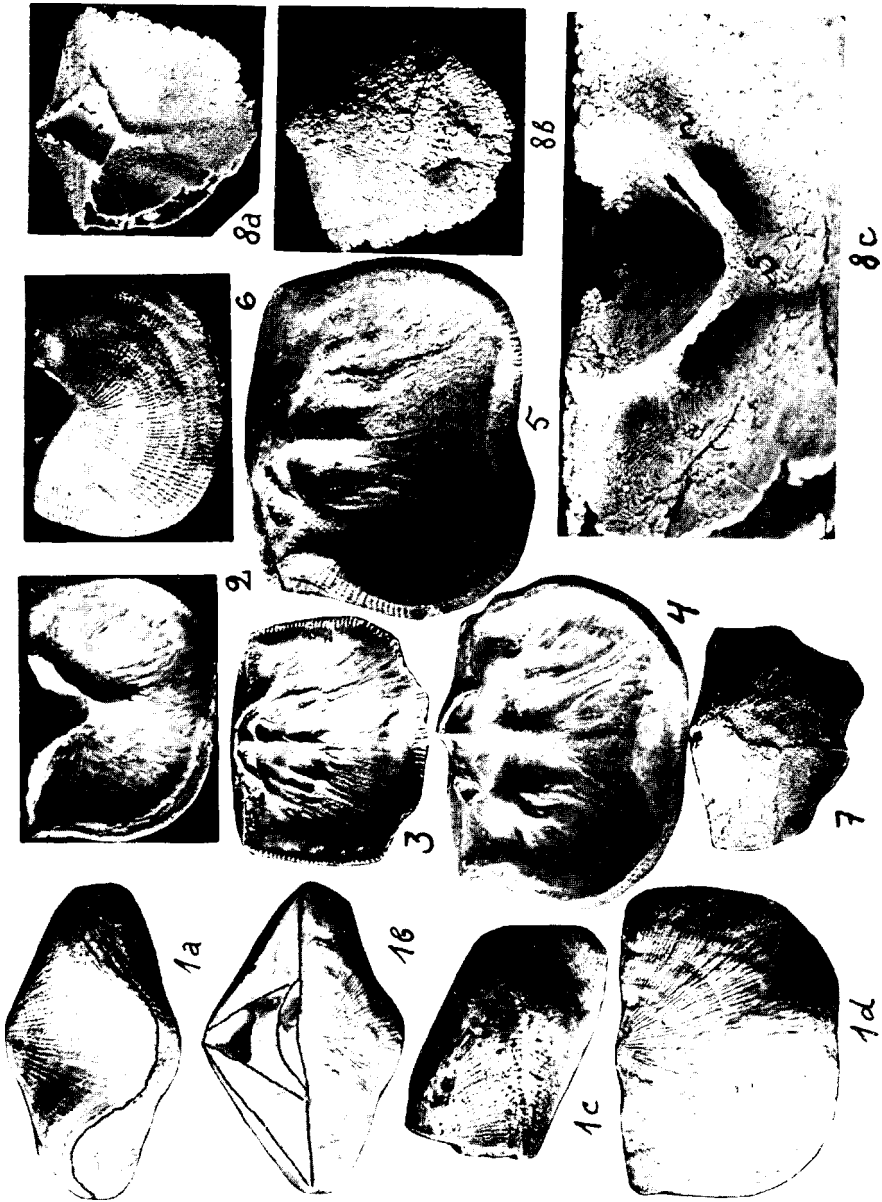
Tafel XVIII.

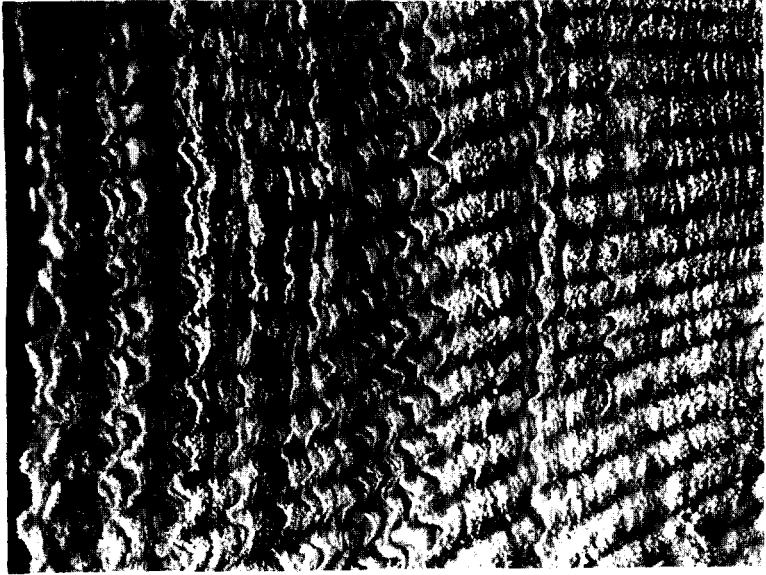
Ilmarinia dimorpha n. sp., aus dem Vasalemma-Kalkstein (D₃) Estlands S. 127

- Fig. 1. Eine Ventralschale von innen mit kräftigen Gefässwülsten, $\times 3$ der nat. Grösse. Uksnurme, Koll. A. Wahl.
- Fig. 2. Eine dorsale Schale aus Kopelmani, $\times 3$ der nat. Grösse (vgl. Textabb. 11).
- Fig. 3. Eine Pedikelschale mit stark geneigter, prokliner Area, nat. Grösse. Kopelmani.
- Fig. 4. Eine Pedikelschale mit kräftigen intervaskularen Leisten, nat. Grösse. Kopelmani.
Vgl. auch Taf. XL und Textabb. 26 VIII.

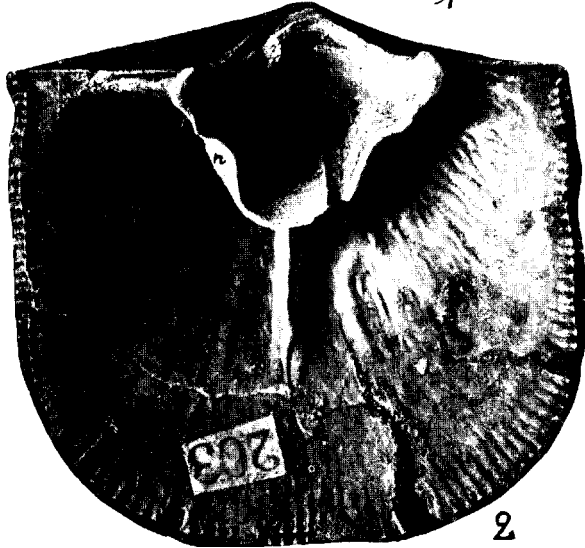
Tafel XIX.

- Fig. 1 a—4. *Ilmarinia sinuata* (Pahlen), alle Exemplare aus dem Lyckholm-Kalkstein (F₁) von Küti. Koll. Fr. Schmidt S. 125
 Fig. 1 a — 1 d. Ein ganzes Exemplar in verschiedenen Ansichten, nat. Grösse. (Dasselbe Textabb. 26 IX.) — Fig. 2. Eine isolierte Pedikelschale mit kräftiger Schwelle, nat. Grösse. — Fig. 3. Eine ephebische, relativ flache Brachialschale von innen, nat. Grösse. — Fig. 4. Eine gerontische Brachialschale mit sehr kräftigen Wülsten der *vascula cruralia*, etwas vergrössert.
- Fig. 5—6. *Ilmarinia ponderosa* n. sp., aus der Porkuni-Stufe (F₂) von Porkuni. Koll. A. Wahl. Fig. 5 eine gerontische Brachialschale, etwas vergrössert; Fig. 6 eine Pedikelschale von aussen, nat. Grösse S. 126
- Fig. 7—8 c. *Vellamo aenigma* n. sp., Geschiebe des Porkuni- oder Lyckholm-Kalksteins, verkieselte Schalen (Koll. ?). Fig. 7, 8 a, 8 b — nat. Grösse; Fig. 8 c — $\times 3$ der nat. Grösse. S — Mittelseptum; n — kräftige Knoten der *vascula myaria*, resp. *spondyliaria* . . . S. 117





1



2

Tafel XX.

- Fig. 1. Schalenskulptur von *Clinambon anomalus* (Schlotheim),
× 11 der nat. Grösse. Keila-Kalkstein (D₂) von Rakvere. Rechts
oben ist auch die Querriefung sichtbar. Vgl. Tafel XV . . . S. 118
- Fig. 2. *Clitambonites squamatus* (Pahlen), eine Pedikelschale aus
Kohtla, C₂β, × 2, 8 der nat. Grösse. Aus A. Opik (1) Taf. XVIII,
Fig. 203 S. 80
Die Gefässe sind hier durch Wülste und schwache intervaskulare
Septen angedeutet; das Mittelseptum besteht aus zwei durch einen
fadenförmigen Streifen getrennten Wülsten; n — Gefässknoten am
Spondylium.

Tafel XXI.

- Fig. 1. *Estlandia marginata aspera*, eine gerontische Pedikelschale aus Kohtla, C₂, $\times 3$ der nat. Grösse. Vgl. Textabb. 14, oben . . S. 52, 132
- Fig. 2. *Estlandia marginata aspera*, Holotyp, $\times 2,8$ der nat. Grösse. Aus A. Ö pik (1), Taf. XX, Fig. 240 S. 132
- Fig. 3. *Estlandia marginata* (Pahlen), Fragment einer Pedikelschale, die Körnung der Innenfläche und die Lage der für die Gattung charakteristischen, fingerartig verzweigten Wülste der *vascula dentalia* zeigend. $\times 5$ der nat. Grösse S. 134
- Fig. 4. *Estlandia marginata*, Schalenskulptur, $\times 6$ der nat. Grösse. Dasselbe Exemplar bei A. Ö pik (1), Taf. XIX, Fig. 236 S. 134
Vgl. auch Textabb. 14 und Taf. XXII.

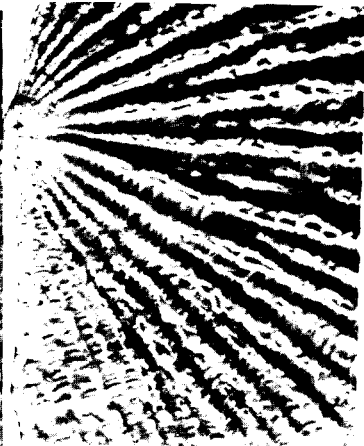
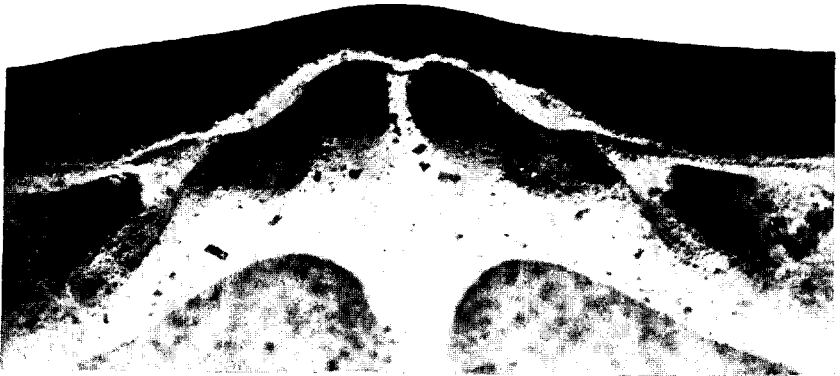


Photo A. Ö.



Tafel XXII und Textabb. 48.

Estlandia marginata (P a h l e n), der Anker von drei verschiedenen Brachialschalen aus Kohtla, $\times 18$ der nat. Grösse, die Öffnerinsertionen, Arminsertionen und den Bau des Schlossfortsatzes zeigend. Fig. 1 ist eine neanische, Fig. 2 — eine ephebische und Fig. 3 — eine gerontische Schale S. 133

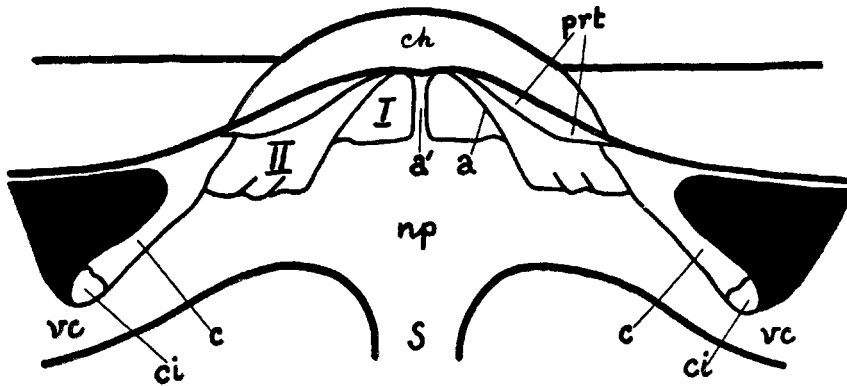


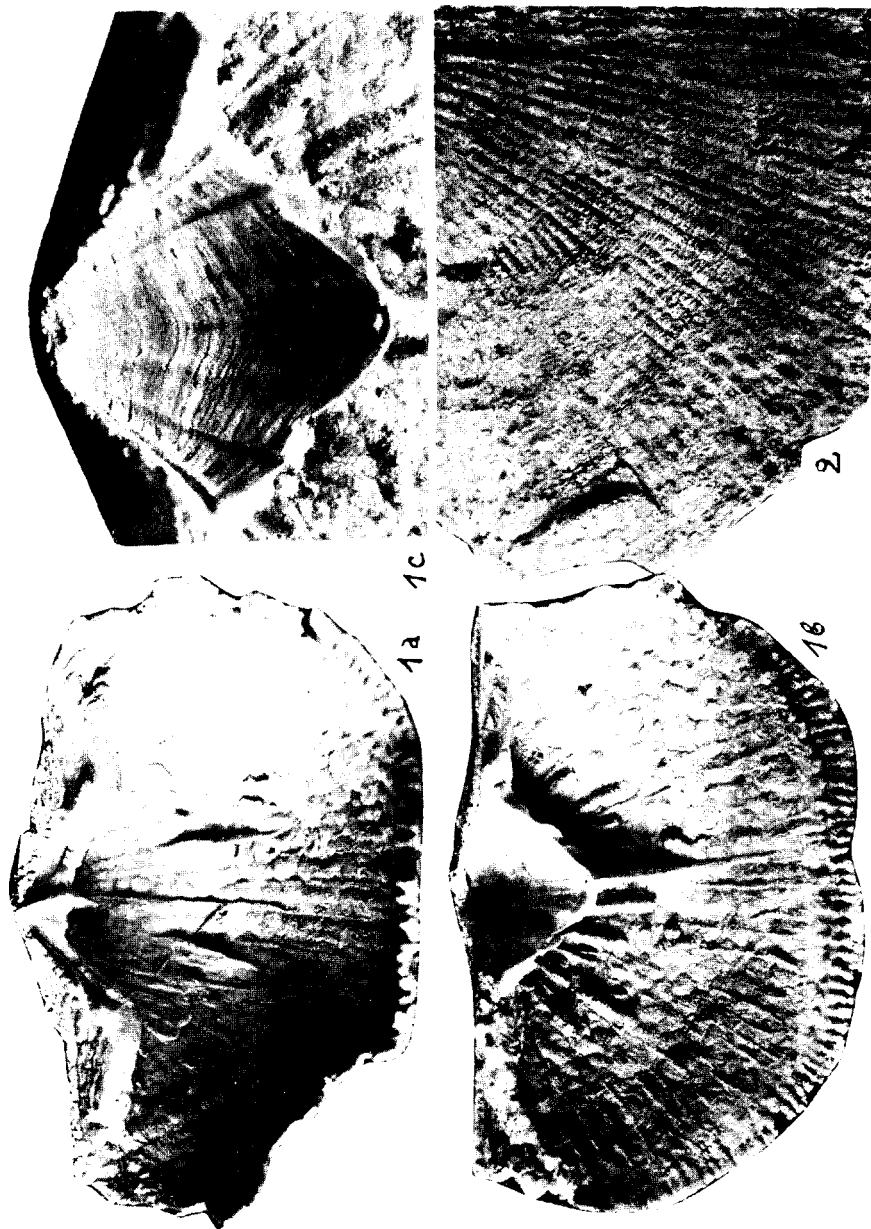
Abb. 48. Schema zum Anker von *Estlandia marginata*. ch — Chilidium; a' — mittlerer (Haupt-) Schlossfortsatz, a — Seitenleiste des Schlossfortsatzes; prt — chilidiale Protuberanz, welche später (Taf. XXII, Fig. 2 und 3) mit dem Seitenschlossfortsatz (a) verwächst; I — innere, II — äussere Öffnernarbe; c — Kruralwulst; vc — Wülste der vascula cruralia; ci — Brachialinsertion (Arminsertion), besonders gut bei Taf. XXII, Fig. 1, links sichtbar; np — nodus principalis; s — Mittelseptum; schwarz — Zahngruben. Vgl. auch Tafel XXI

Tafel XXIII.

Estandia pyron silicificata, aus dem D₁-Kalkstein von Aluvere S. 136

Fig. 1 a — 1 c. Ein vollständiges, allseitig auspräpariertes Exemplar. 1 a — dorsale und 1 b — ventrale Schale von innen, beide $\times 1,7$ der nat. Grösse; 1 c — das Spondylium, $\times 3,7$ der nat. Gr.

Fig. 2. Oberfläche einer anderen Schale, $\times 2,4$ der nat. Grösse, mit teilweise erhaltener Skulptur.



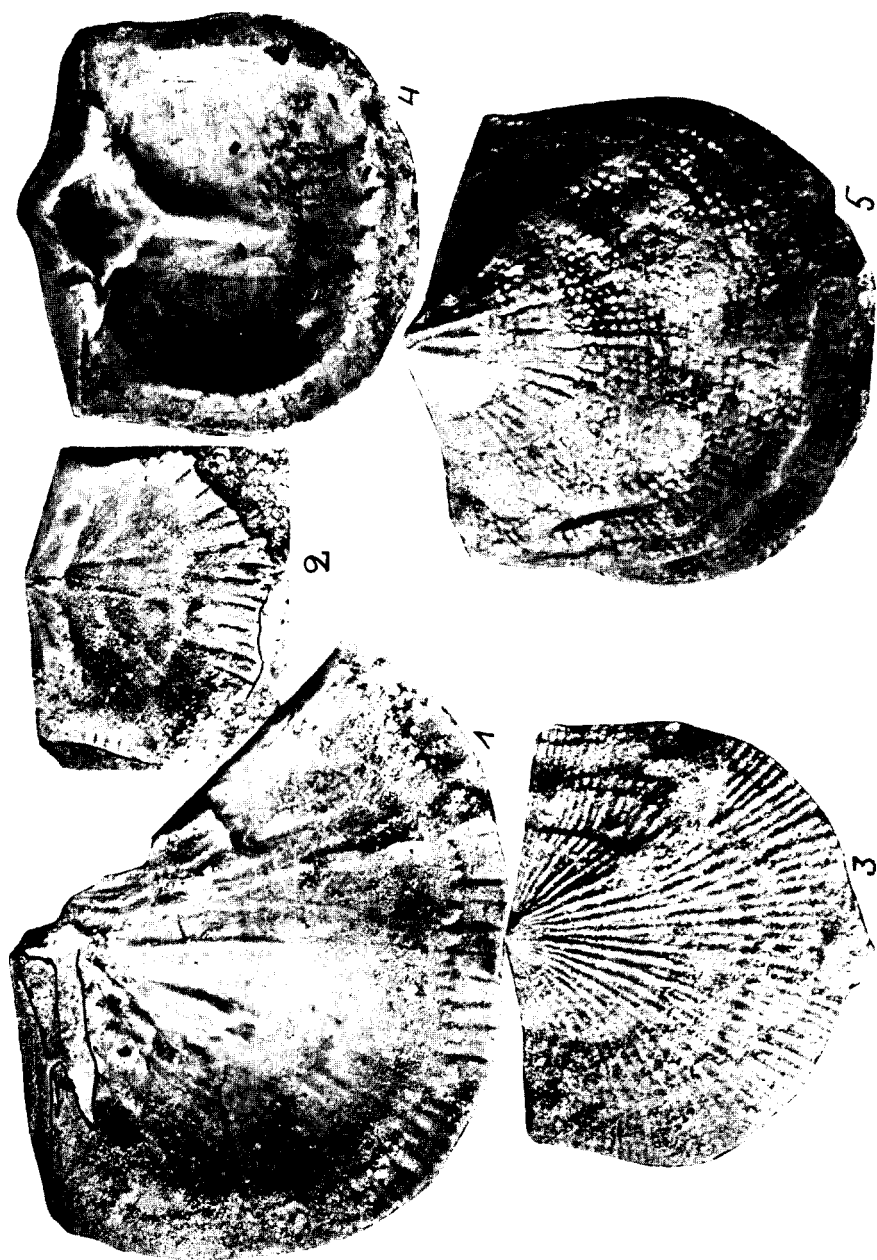


Photo A. Ö.

Tafel XXIV und Textabb. 49.

Fig. 1—3. *Progonambonites estonus* n. sp., aus dem Rogö-Kalksandstein (BIII) der Insel Klein-Rogö. Fig. 1. Innenfläche einer Brachialschale, $\times 3$ der nat. Grösse. — Fig. 2. Eine jugendliche Brachialschale, $\times 3,7$ der nat. Grösse. — Fig. 3. Aussenfläche einer dritten Brachialschale, $\times 3$ der nat. Grösse S. 139

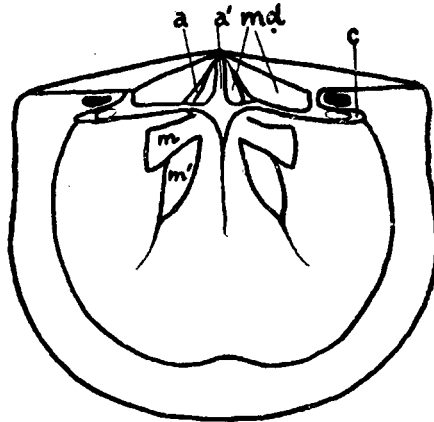


Abb. 49. Schema zur Brachialschale von *Progonambonites estonus*. m — hintere, m' — vordere Schliessmuskelnarben; md — Öffnernarben; a und a' — Schlossfortsätze; c — Armträger.

Fig. 4—5. *Progonambonites catellatus* n. sp., Innenansicht ($\times 3,7$) und Aussenansicht ($\times 4$) einer Pedikelschale. Vgl. Textabb. 6 F. S. 141

Tafel XXV und Textabbild. 50.

Fig. 1 a — 1 b. *Rauna venusta* nov. sp., eine Brachialschale (Holotyp) aus den B_{II}-Schichten von Wassilkowo. Koll. Mickwitz. 1 a (Innenseite) ist $\times 2,5$, 1 b (Aussenseite) — $\times 2$ der nat. Grösse. Dieselbe Schale Taf. XXVI, Fig. 1. Vgl. auch Taf. XXVII, Fig. 1 . . . S. 145

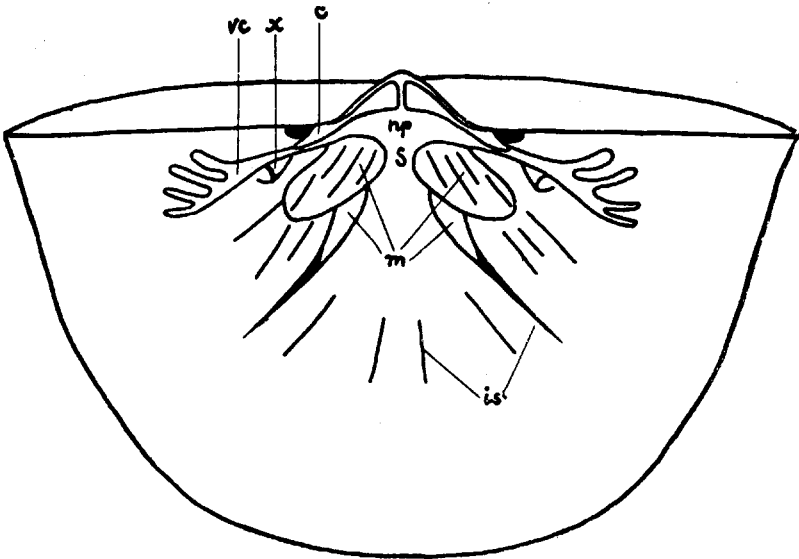
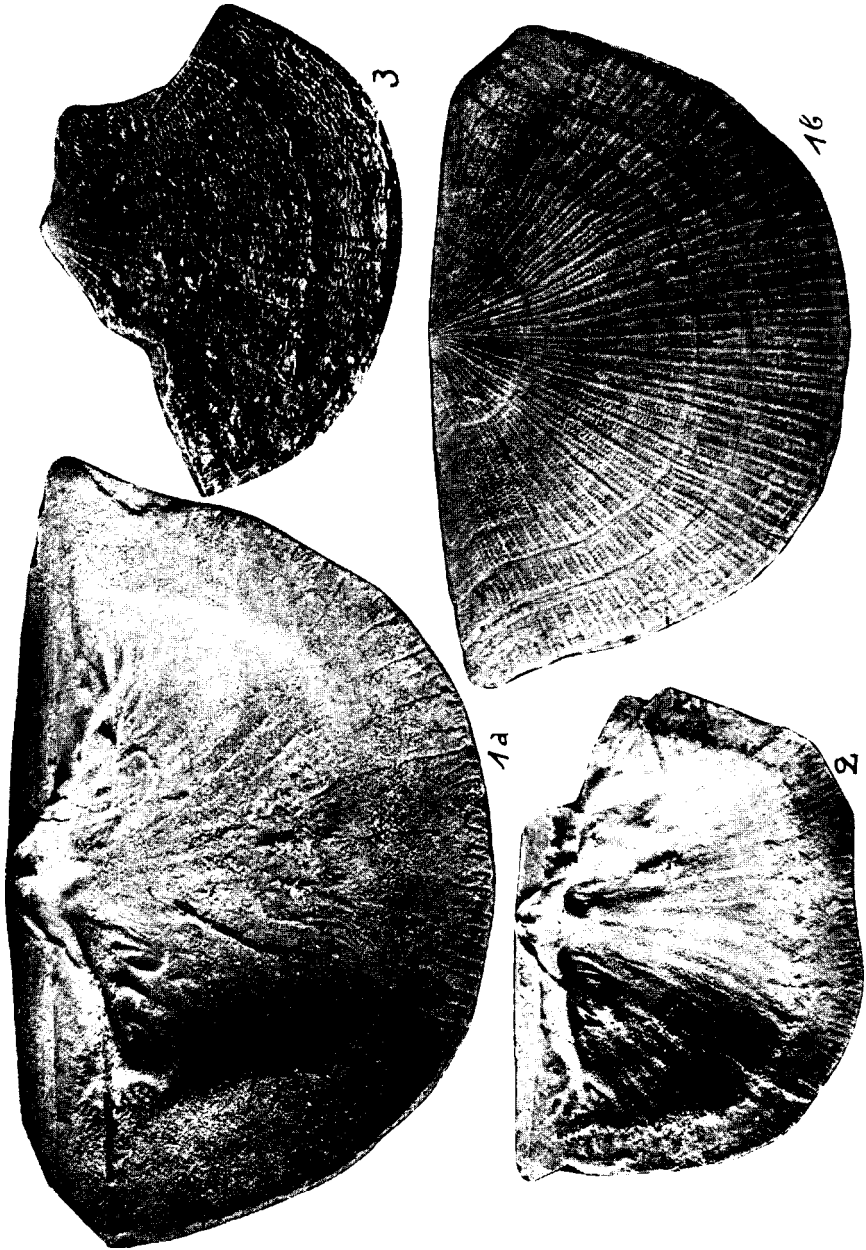
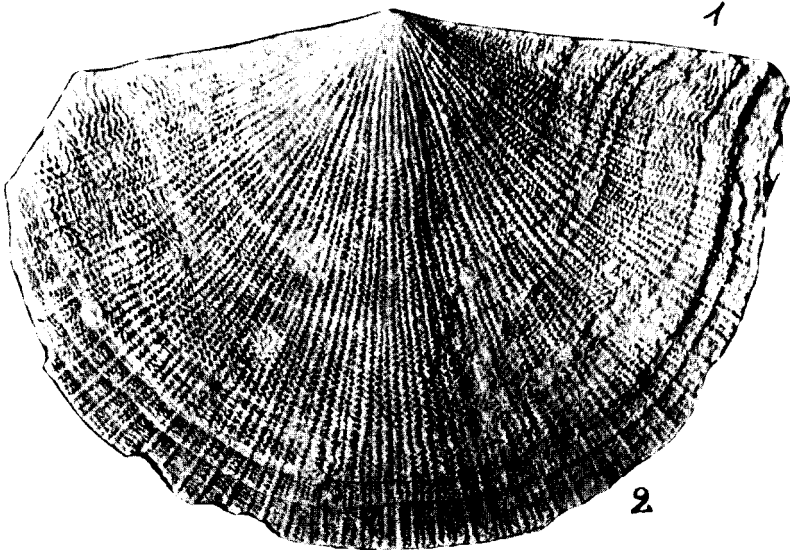
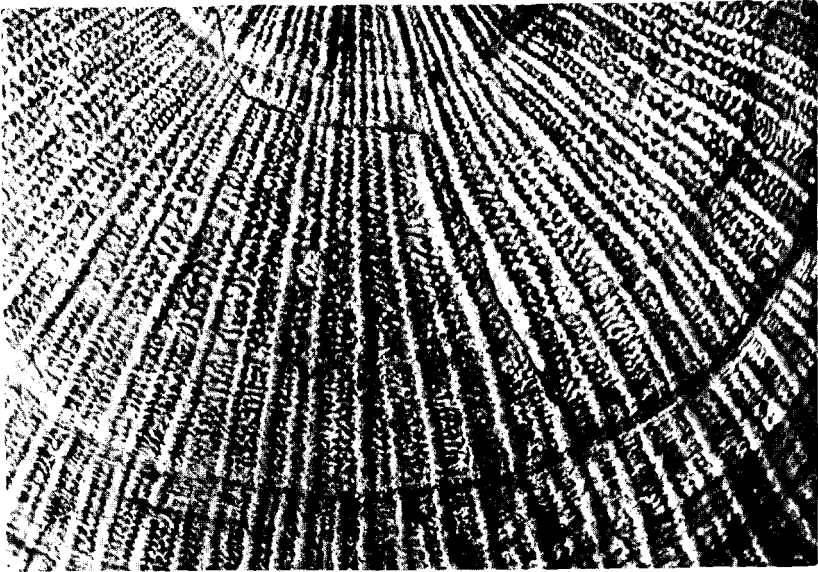


Abb. 50. Schema zur Brachialschale von *Rauna venusta*. vc — vascula cruralia, fingerartig verzweigt (vgl. *Estlandia*, Textabb. 14); c — Crura, resp. Armträger; np — nodus principalis; s — kaum angedeutetes medianes intervaskulares Septum; m — vordere und hintere Schliessmuskelnarben; is — intervaskulare Septen; x — laterale Kammer, wie sie auch bei *Estlandia pyron*, Taf. XLVI, Fig. 2 und manchmal bei *Antigonambonites* vorkommt. Vgl. auch S. 65 unten.

Fig. 2. *Rauna janischewskyi* (Lessnikow), eine Brachialschale aus Wassilkowo, B_{II} (Koll.?), $\times 2$ der nat. Grösse. Vgl. auch Taf. XXVII, Fig. 2 und Textabb. 341 S. 143

Fig. 3. *Rauna strophomenoides* n. sp., B_{II}γ Estlands, $\times 2,7$ der nat. Grösse. Original im Paläont. Institut der Univers. Berlin, dem Verfasser von Herrn Dr. W. Quenstedt freundlichst zur Verfügung gestellt. Dasselbe Textabb. 34 S. 146



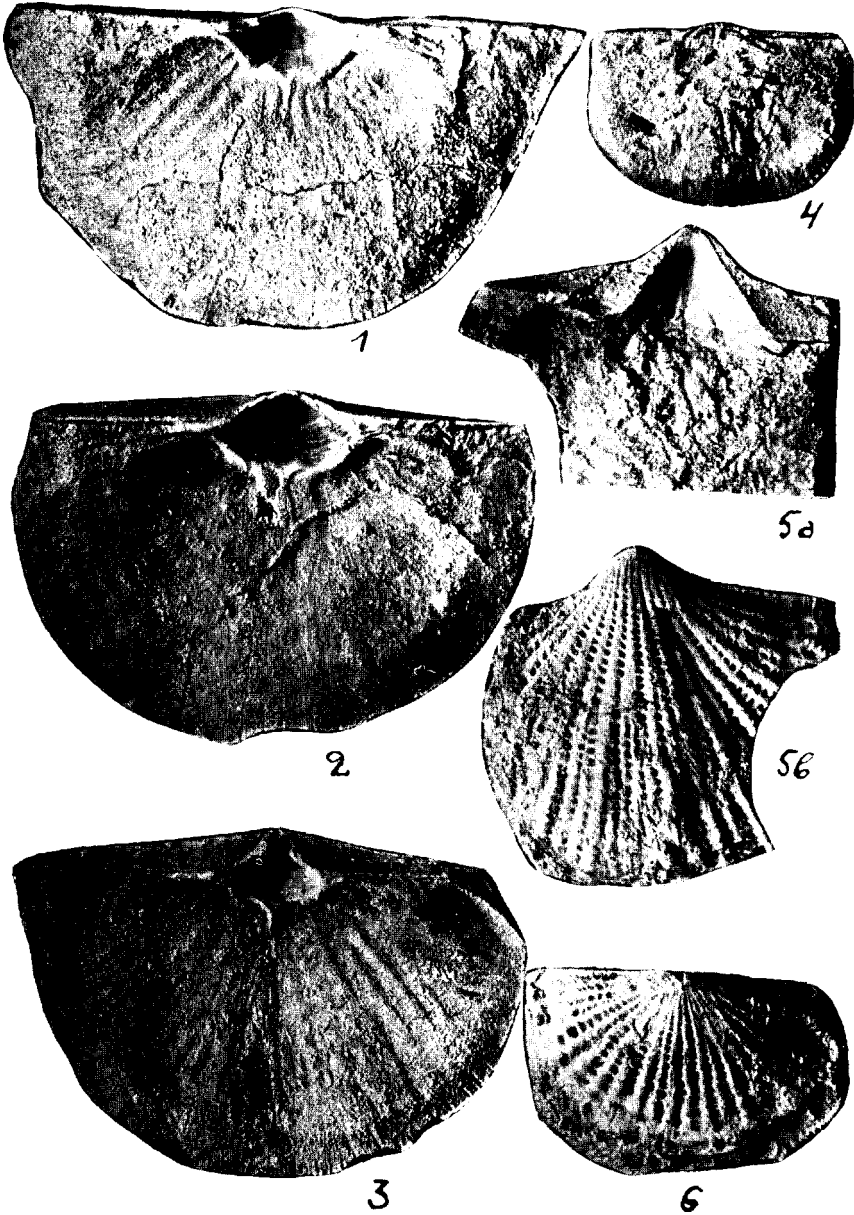


Tafel XXVI.

- Fig. 1. *Rauna venusta*, Oberfläche der Brachialschale Taf. XXV, Fig. 1, $\times 5,3$ der nat. Grösse S. 145
- Fig. 2. *Rauna wolchowiana* n. sp., Holotyp, $\times 4,4$ der nat. Grösse. Dieselbe Schale Taf. XXVII, Fig. 3. Megalaspiskalk (B11) von Wasilkowo (Koll.?) S. 146

Tafel XXVII.

- Fig. 1. *Rauna venusta*, Innenfläche einer Pedikelschale, $\times 2$ der nat. Grösse, B₂ (Megalaspiskalk) von Obuchowo (Koll.?). Vgl. Taf. XXV, Fig. 1 und Taf. XXVI, Fig. 1 S. 145
- Fig. 2. *Rauna janischewskyi*, eine Pedikelschale aus dem B_{II}-Kalkstein von Wassilkowo, Koll. A. Mickwitz, $\times 2$ der nat. Grösse. Der Schlossrand ist kreneliert S. 143
- Fig. 3. *Rauna wolchowiana*, Innenfläche der Pedikelschale Taf. XXVI, Fig. 2, $\times 2$ der nat. Grösse S. 146
- Fig. 4. *Lacunarites ornatus* (Eichwald), eine schlecht erhaltene Brachialschale, $\times 3$ der nat. Grösse. Unterordovizium des Ostbaltikums S. 176
- Fig. 5 a — 5 b. *Lacunarites ilmatar* nov. gen., n. sp., aus dem Rogö-Kalksandstein (B_{III}) der Insel Klein-Rogö, Koll. K. Orviku, $\times 2,8$ der nat. Grösse S. 175
- Fig. 6. *Lacunarites ilmatar*, eine Pedikelschale aus dem Rogö-Kalksandstein der Halbinsel Paldiski, Koll. Fr. Schmidt, $\times 2,8$ der nat. Grösse S. 175
Vgl. auch Taf. XXXVII, Fig. 3 a — 3 c.



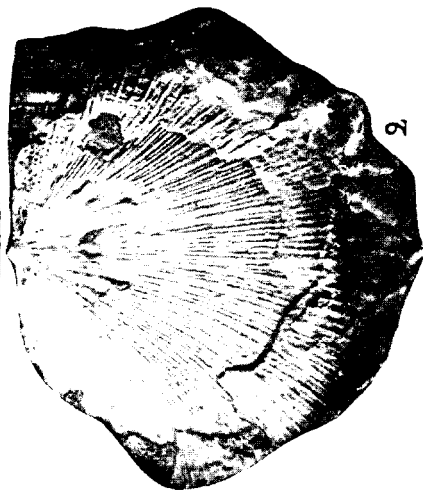
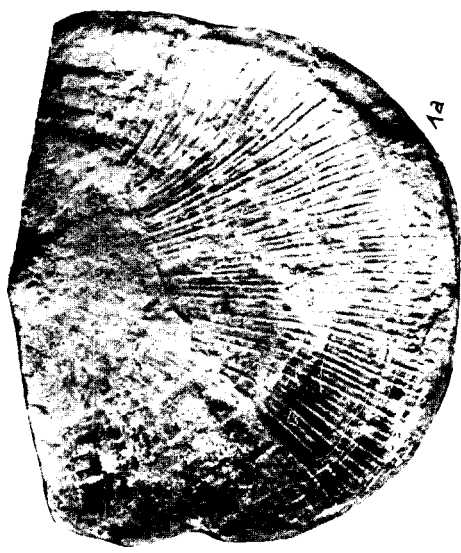


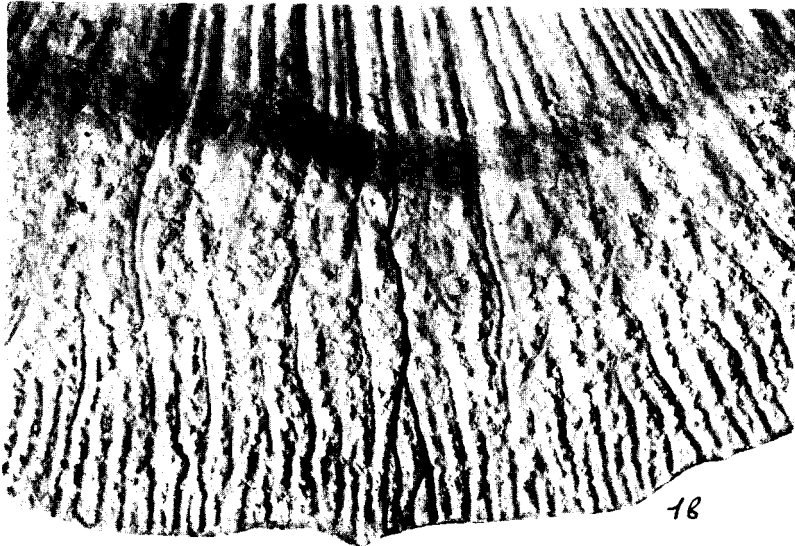
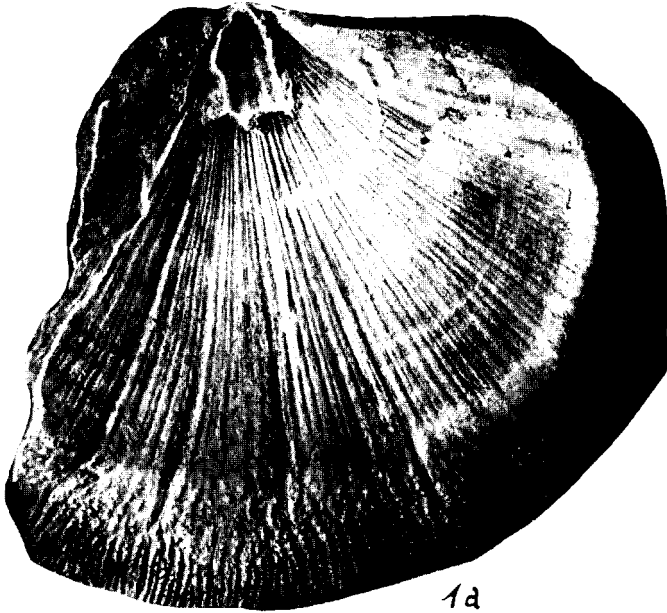
Photo A. Ö.

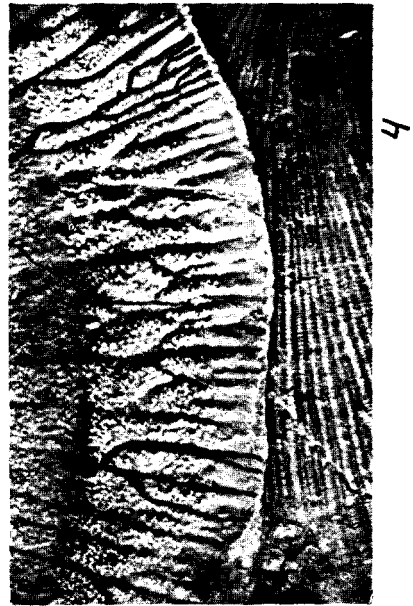
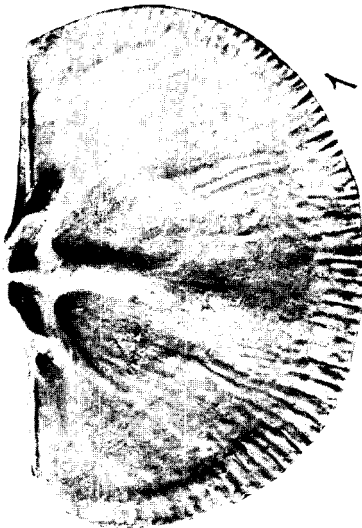
Tafel XXVIII.

- Antigonambonites aequistriatus* (G a g e l), aus dem Vaginatenkalk (BII) Estlands S. 156
- Fig. 1a—1b. Eine grosse Pedikelschale von aussen und innen, $\times 2$ der nat. Grösse. Glazialgeschiebe von Märjamaa. Koll. Naturforscher-Gesellschaft, Tartu. Vgl. Textabb. 6 G.
- Fig. 2. Steinkern einer Brachialschale, $\times 2$ der nat. Grösse. Märjamaa, dasselbe Geschiebe wie Fig. 1a—1b.
- Fig. 3. Innenfläche einer Brachialschale aus dem Rogö-Kalksandstein (BII) der Insel Klein-Rogö.
Vgl. auch Taf. XXIX.

Tafel XXIX.

Antigonambonites aequistriatus (G a g e l), Fragment einer Pedikelschale aus dem Vaginatenkalk von Tallinn (Koll. ?) S. 43, 156
Fig. 1 a. Totalansicht der Innenfläche, $\times 2$ der nat. Grösse;
Fig. 1 b. Schalenrand desselben Exemplars, $\times 5,5$ der nat. Grösse.
Ein Gefässkanal ist der Deutlichkeit wegen nachgezeichnet worden. Vgl. hierzu das Blockdiagramm Textabb. 9, sowie die Taf. XXVIII und Taf. XXX, Fig. 4 (*Strophomena*).





Tafel XXX.

- Fig. 1. *Vellamo oandoensis* n. sp., Innenfläche der Brachialschale Taf. XII, Fig. 14, $\times 3,2$ der nat. Grösse S. 113
- Fig. 2. *Vellamo wesenbergensis*, Aussenfläche der Brachialschale Taf. X, Fig. 9, $\times 2,7$ der nat. Grösse S. 118
- Fig. 3. *Vellamo oandoensis* n. sp., eine abweichende Brachialschale aus den D₃-Schichten von Rakvere, $\times 3,3$ der nat. Grösse. . . . S. 113
- Fig. 4. Schalenrand von *Strophomena (Actinomena) assmusi* (Verneuil) aus den D₂-Schichten von Rakvere, $\times 5$ der nat. Grösse. Mit *Antigonambonites aequistriatus*, Taf. XXXIX zu vergleichen. Einige der randlichen Gefässkanäle sind der Deutlichkeit halber nachgezeichnet S. 158

Tafel XXXI und Textabb. 51.

- Fig. 1a—1b. *Antigonambonites sulcatus* n. sp., Holotyp, aus dem Megalaspiskalk (BII β) von Mäeküla, $\times 3$ der nat. Grösse S. 155
- Fig. 2. *Antigonambonites planus* (Pander), eine gerontische Brachialschale aus dem Megalaspiskalk (BII β) von Paldiski (Koll. ?), $\times 2,5$ der nat. Grösse. Das Chilidium ist bis zur chilidialen Protuberanz zerstört. Die Protuberanz ist mit der Nebenleiste des Schlossfortsatzes verwachsen (vgl. *Estlandia*, Taf. XXII). S. 149
- Fig. 3a—3c. *Antigonambonites planus* (Pander), eine Pedikelschale aus dem Megalaspiskalk (BII) von Wassilkowo. Fig. 3a — $\times 2,5$ der nat. Grösse; Fig. 3b — $\times 3$ der nat. Grösse; Fig. 3c — $\times 8,5$ der nat. Grösse. Krenelierter Schlossrand. Vgl. Taf. XXXIV, Fig. 2 a, 2 b und Textabb. 34 III.

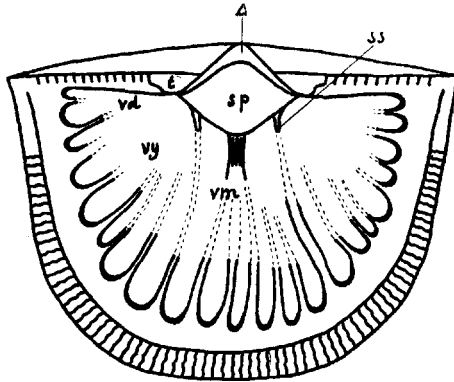
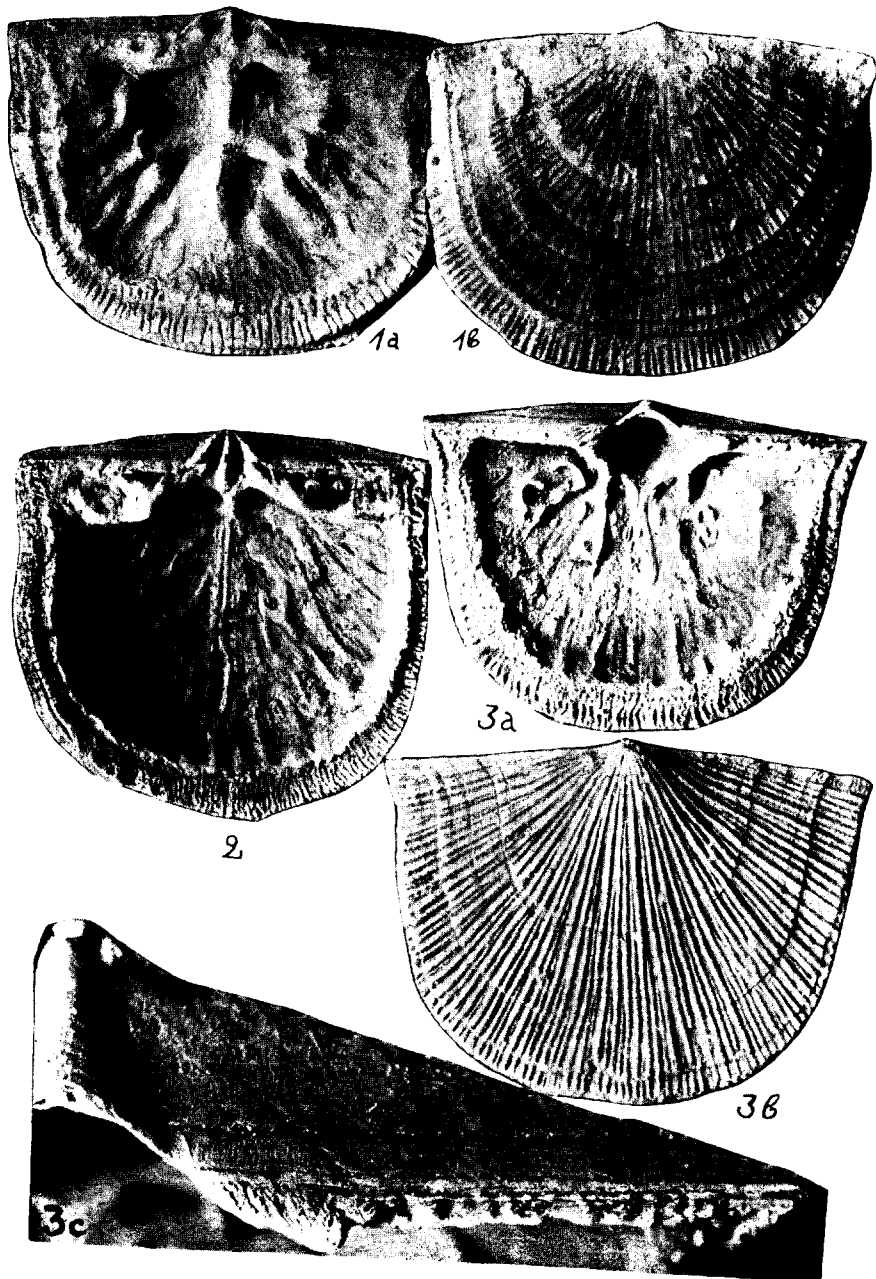


Abb. 51. Schema zur Pedikelschale von *Antigonambonites planus*, Taf. XXXI, Fig. 3 a. A — Deltidialplatte; sp — Spondylium; t — Schlosszahn; ss — Seitensstütze des Spondylium triplex; vd — vascula dentalia; vy — v. myaria (resp. spondyliaria); vm — vascula media.



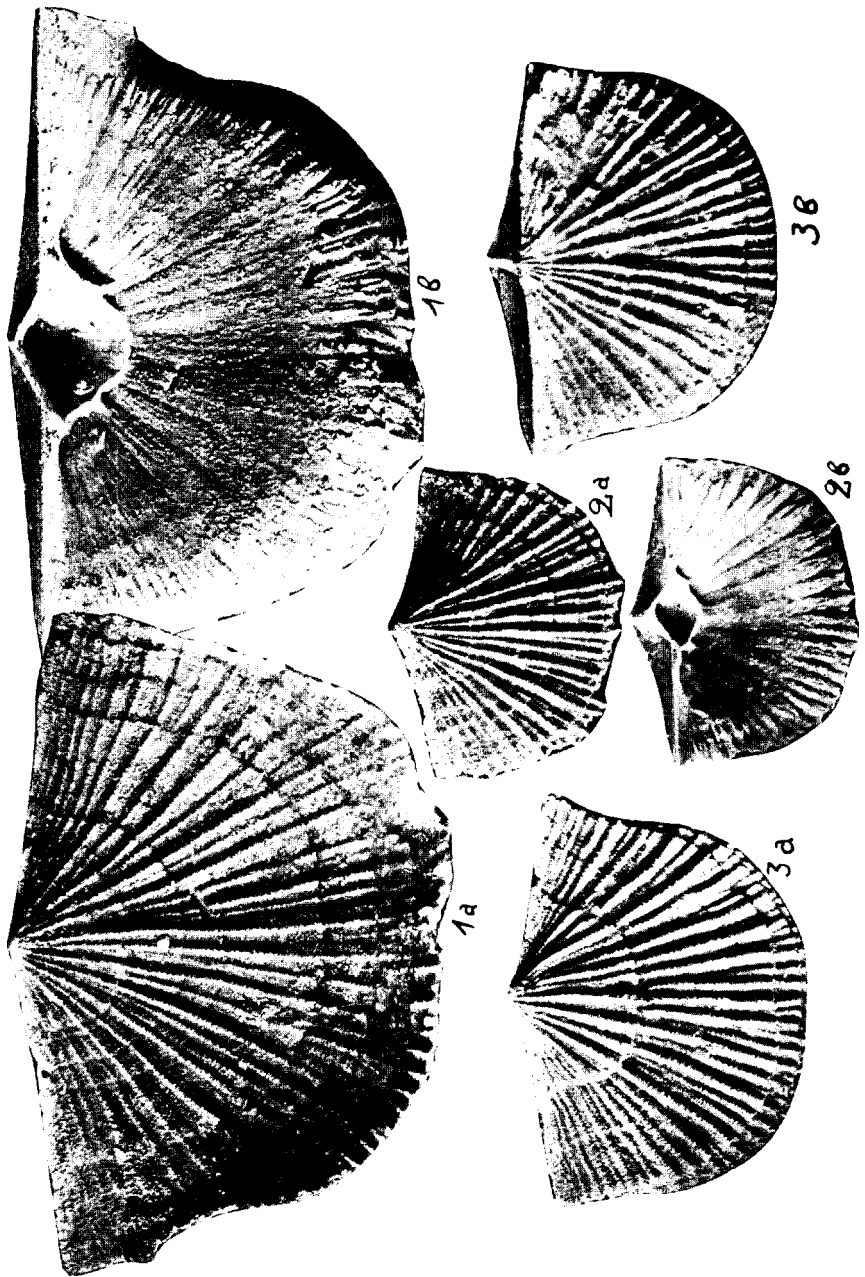


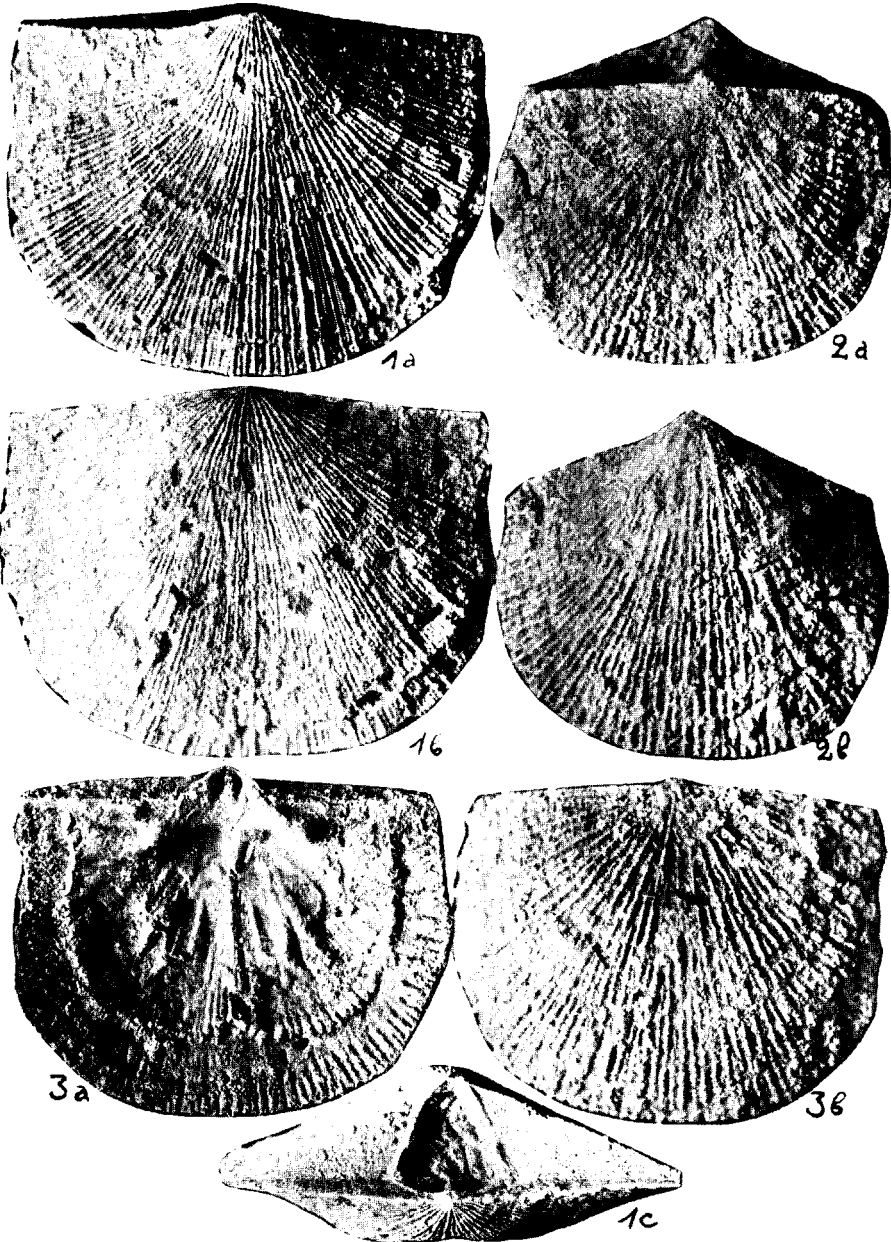
Photo A. Ö.

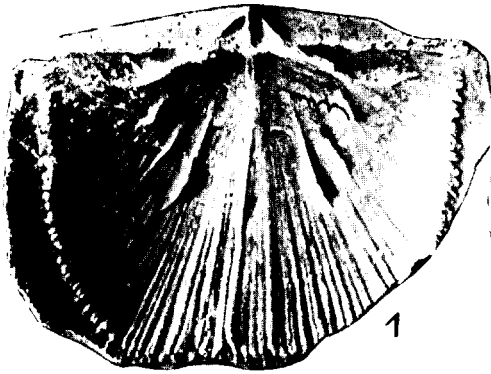
Tafel XXXII.

- Antigonambonites costatus* n. sp., aus dem Megalaspiskalk (B₁₁) des Ostbaltikums S. 156
- Fig. 1a—1b. Eine grosse, erwachsene Pedikelschale von Obuchowo (Koll.?),
× 3 der nat. Grösse. Dieselbe Schale Textabb. 34 IV.
- Fig. 2a—2b. Eine jugendliche Pedikelschale von Obuchowo, × 2,8 der nat.
Grösse.
- Fig. 3a—3b. Ein jugendliches, ganzes Exemplar von Wassilkowo an der
Lawa, Koll. A. Mickwitz, × 2,8 der nat. Gr.

Tafel XXXIII.

- Fig. 1 a—1 c. *Progonambonites volborthi* (Pahlen), aus dem Megalaspiskalk von Isvos, Koll. A. Mickwitz, $\times 3$ der nat. Grösse . . S. 141
- Fig. 2 a—3 b. *Antigonambonites soror* n. sp., aus dem Megalaspiskalk (Bn) des Ostbaltikums S. 161
- Fig. 2 a—2 b. Ein ganzes Exemplar aus Pawlowsk (Koll. ?), $\times 3$ der nat. Grösse. — Fig. 3 a—3 b. Eine isolierte Brachialschale aus Pawlowsk, $\times 3.8$ der nat. Grösse. Vgl. Textabb. 34 VI.

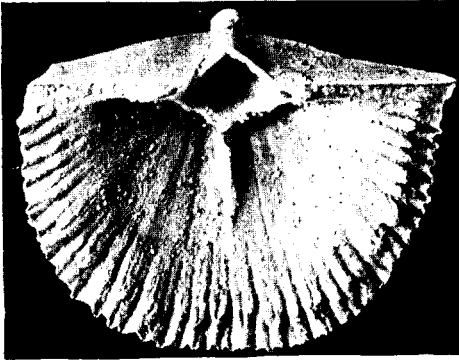




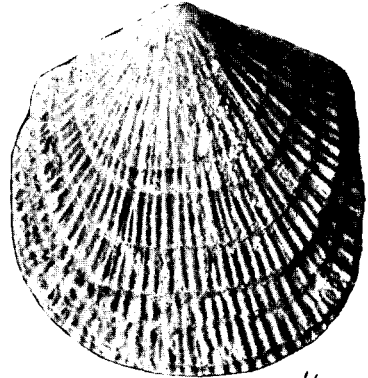
1



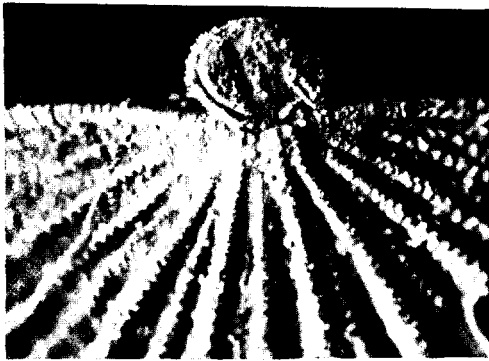
3



2a



4a



2b



4b

Tafel XXXIV.

- Fig. 1. *Antigonambonites anna*, eine Brachialschale aus dem Megalaspiskalk von Obuchowo, $\times 2$ der nat. Grösse. Vgl. Taf. XLI, Fig. 1, 2 und Textabb. 35. Der wellige Hinterrand der Öffnernarben ist nachgezeichnet S. 159
- Fig. 2 a—2 b. *Antigonambonites planus* (P a n d e r), eine jugendliche Pedikelschale aus dem Megalaspiskalk von Gadowo (Koll.?). Man beachte bei Fig. 2 das „verkorkte“ und in eine Haftscheibe umgewandelte Foramen. Der „Kork“ trägt noch den rinnenförmigen Abdruck des Substrats. Bei Fig. 2 a ist das Spondylium noch ganz frei vom Boden der Schale. Fig. 2 a ist $\times 5,8$, Fig. $\times 18$ der nat. Grösse S. 149
Vgl. hierzu Taf. III, Fig. 4; Taf. XXXI, Fig. 2—3 c.
- Fig. 3. *Antigonambonites mäekülaënsis* n. sp., eine Brachialschale aus Türisalu, Megalaspiskalk, $\times 3,5$ der nat. Grösse. Koll. Seidlitz, Naturforscher-Gesellschaft Tartu. Der Schlossrand ist z. T. zerstört S. 160
- Fig. 4 a—4 b. *Antigonambonites mäekülaënsis* n. sp., eine Pedikelschale aus dem Megalaspiskalk (B11 β) von Mäeküla, $\times 3,5$ der nat. Grösse. Vgl. Textabb. 34 V. Bei Fig. 4 b, im Inneren der Pedikelschale, reichen die Seitensepten des Spondyliums über die Schalenmitte hinaus S. 160

Tafel XXXV und Textabb. 51.

Fig. 1—5. *Kullervo panderi*, aus der Kukuruse-Stufe ($C_3\alpha$ -Schichten) Estlands. Die Fig. 1—3 und 5 stammen aus Kohtla S. 164
 Fig. 1. Innenfläche einer Brachialschale, $\times 4,8$ der nat. Grösse.
 — Fig. 2. Eine ältere Brachialschale, $\times 4,8$ der nat. Grösse, mit kräftigem randlichem Gefässnetz (vgl. Textabb. 52). — Fig. 3.

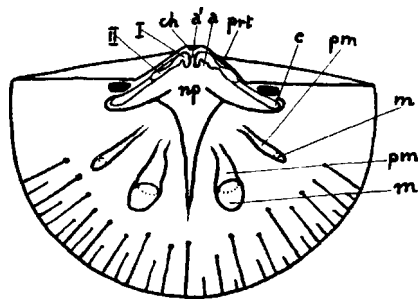
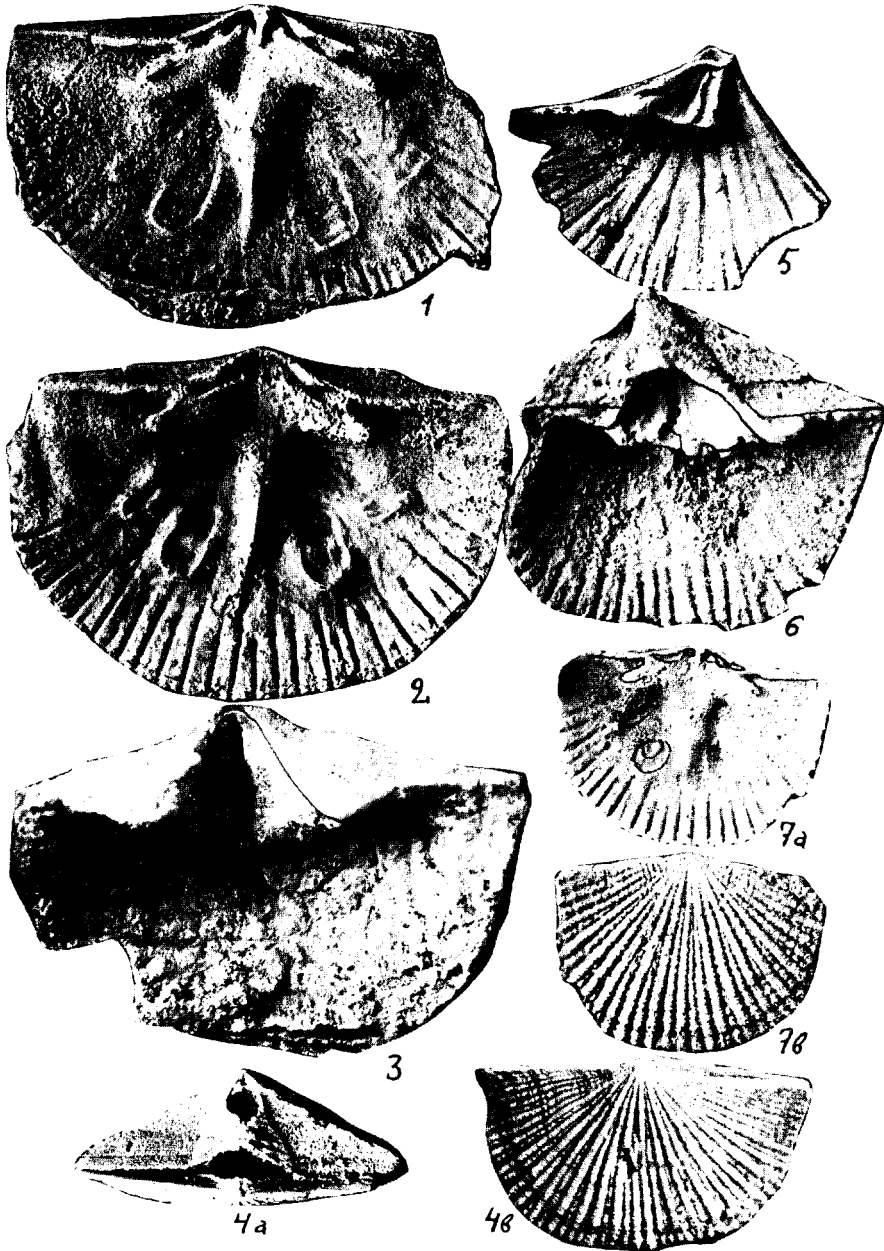


Abb. 52. Schema zur Brachialschale von *Kullervo panderi*, Taf. XXXV, Fig. 2. II — äussere und I — innere Insertion der Öffner (Ankernarben); a' — mittlerer, a — seitlicher Schlossfortsatz; prt — chilidiale Protuberanz; ch — Chilidium; c — Armträger; np — nodus principalis; m' — vordere Schliessernarbe und pm' — deren Positionsspur; m — hintere Schliessernarbe mit der entsprechenden Positionsspur (pm). Vgl. auch Textabb. 38.

Eine Pedikelschale von innen, mit erhaltener Hemisyrinx, $\times 4,4$ der nat. Grösse. — Fig. 4a — 4b. Ein ganzes Exemplar von Kukuruse, Paläont. Institut Berlin, $\times 2,6$ der nat. Grösse. Bei 4a ist am Chilidium die vertikale Strophomenidenfurche sichtbar. Dasselbe Exmpl. Te. tabb. 38 I. — Fig. 5. Fragment einer Pedikelschale, die Wurzel des Schlosszahns zeigend, $\times 4,8$ der nat. Grösse. — Vgl. auch Tafel XXXVIII, Fig. 2 und Textabb. 37—39.

Fig. 6—7b. *Kullervo intacta* n. sp., aus den $C_3\alpha$ -Schichten der Kukuruse-Stufe, Kohtla, alle Exemplare $\times 4,5$ der nat. Grösse . . S. 168
 Fig. 6 — eine Pedikelschale mit Hemisyrinx; 7a — 7b — eine Brachialschale. Vgl. auch Taf. XXXVII, Fig. 2a — 2b.



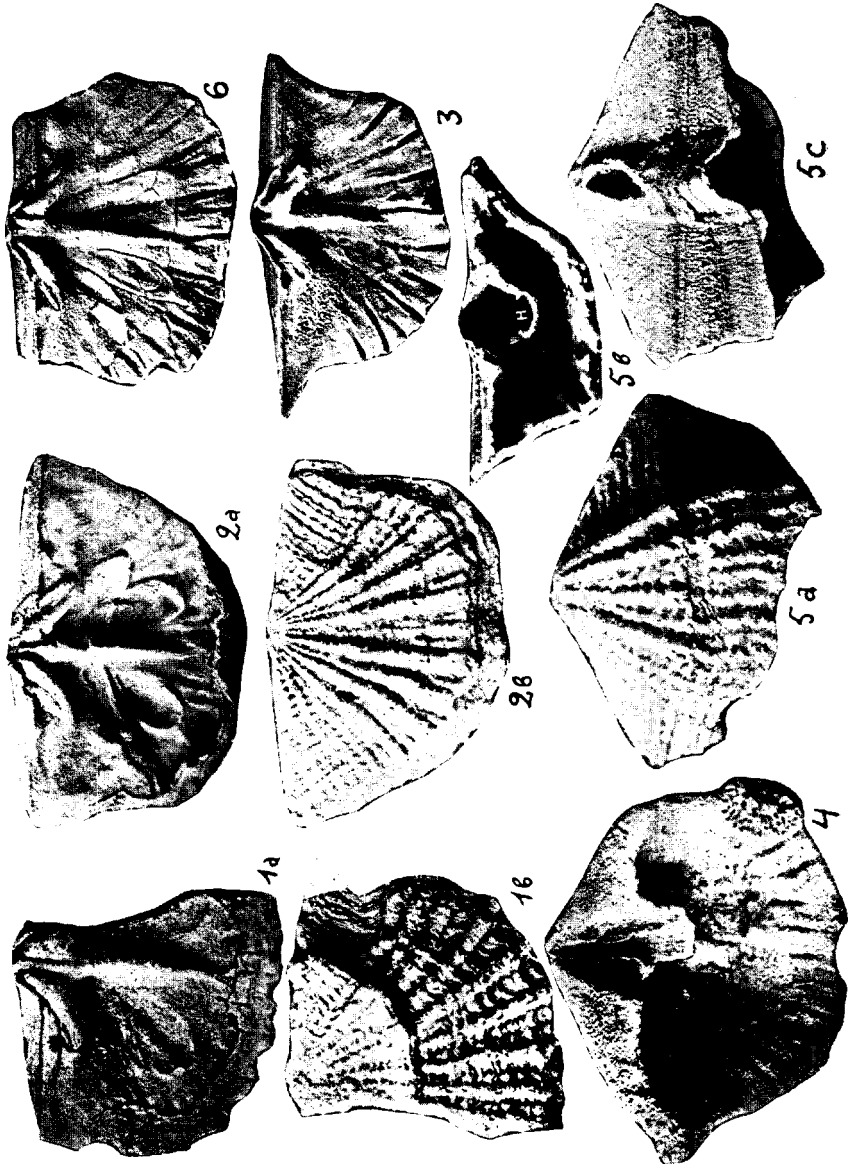


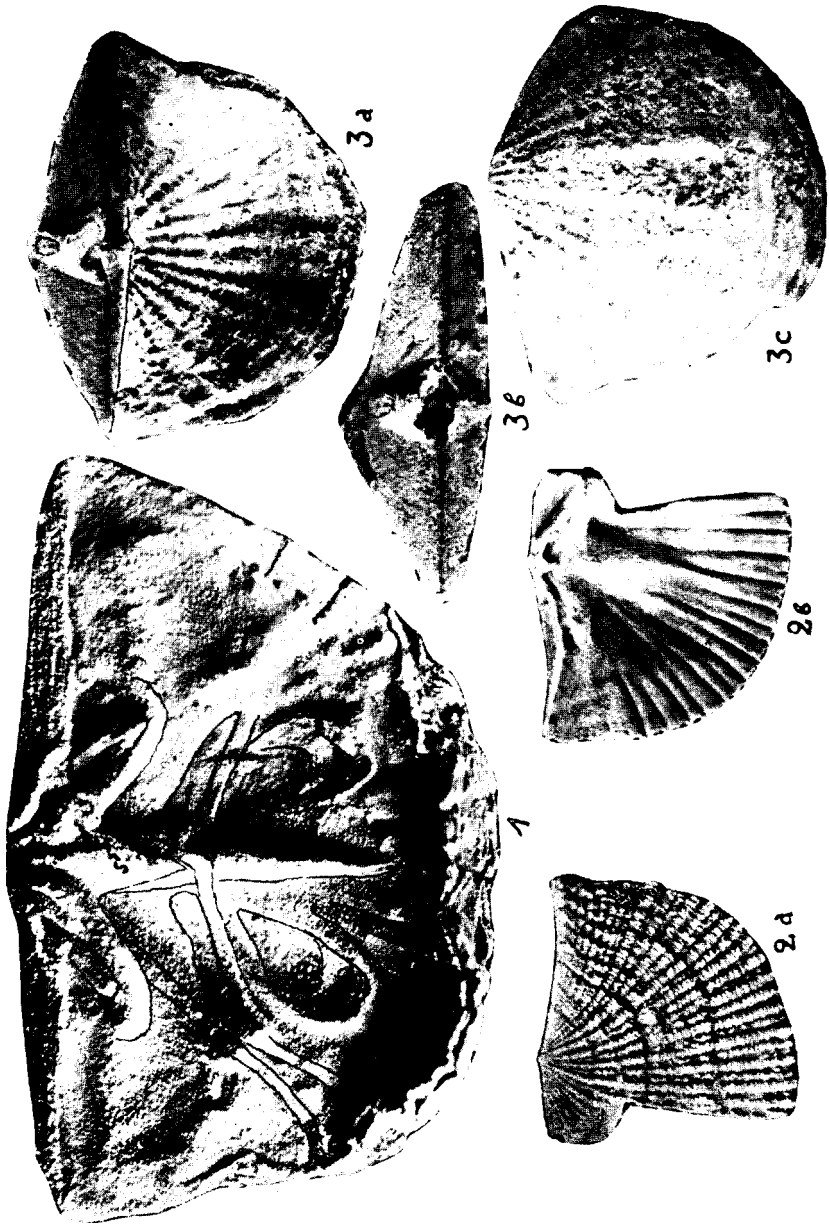
Photo A. Ö.

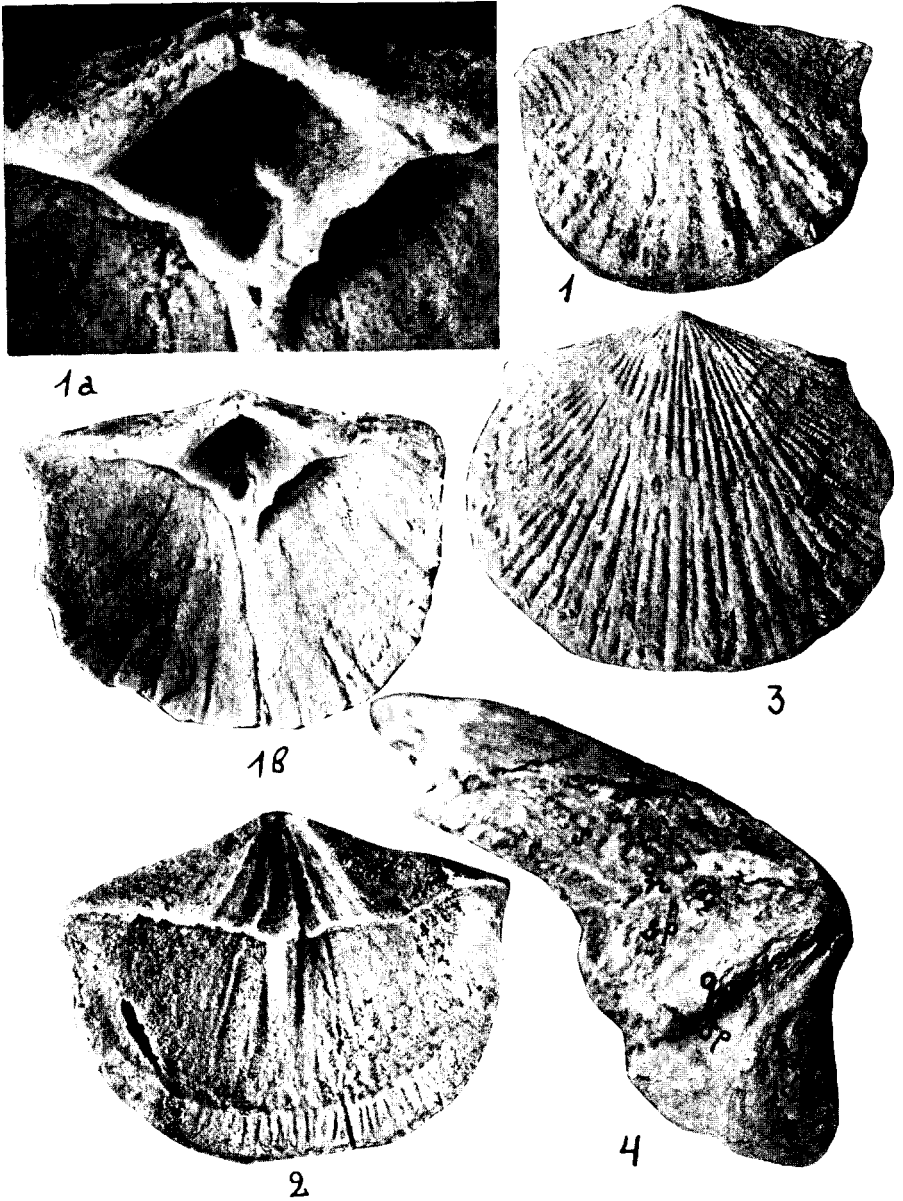
Tafel XXXVI.

- Kullervo lacunata* n. sp., aus den $C_3 \alpha$ -Schichten der Kukruse-Stufe, Kohtla.
 Alles $\times 4,5$ der nat. Grösse S. 169
 Fig. 1 a—1 b. Fragment einer gerontischen Brachialschale. Die Kruralwülste und die Nebenleisten des Schlossfortsatzes sind zu einheitlichen Wülsten verschmolzen. Bei 1 b ist der Flügel rekonstruiert. — Fig. 2 a — 2 b. Eine gerontische Brachialschale mit mächtig entwickelten Muskelnarben. Dieselbe: Taf. XXXVII, Fig. 1. — Fig. 3. Eine ephebische Brachialschale. Dieselbe: Textabb. 40, 41. — Fig. 4. Eine gerontische Pedikelschale mit erhaltener Hemisyrinx. — Fig. 5 a — 5 c. Eine Pedikelschale mit ungewöhnlich hoher Area. Fig. 5 b zeigt das breite distale Ende der Hemisyrinx (H). — Fig. 6. Eine in der Ausbildung der Muskelnarben vom Typus abweichende Brachialschale.

Tafel XXXVII.

- Fig. 1. *Kullervo lacunata*, die Brachialschale Taf. XXXVI, Fig. 2 a, $\times 9$ der nat. Grösse. Die Muskelnarben mit den Positionsspuren und einige Gefässabdrücke sind nachgezeichnet. s' — der hintere, unmittelbar mit dem nodus principalis verbundene Teil des Mittelseptums (vas principale). Der vordere, zugespitzte Teil des Septums ist als die mediane intervaskuläre Leiste aufzufassen. Die Innenfläche ist fein gekörnt. (Näheres auf S. 171 und 172 oben.) S. 169
- Fig. 2 a — 2 b. *Kullervo intacta* n. sp., eine fragmentäre Brachialschale aus Kohtla, C₃ a, $\times 4,5$ der nat. Grösse. Vgl. Tafel XXXV . . S. 168
- Fig. 3 a — 3 c. *Lacunarites ilmatar*, ein ganzes Exemplar (Holotyp) aus dem Rogö-Kalksandstein (Bm) von Paldiski, $\times 2,7$ der nat. Grösse (Koll. F r. S c h m i d t?). Bei 3 b sieht man hinter dem Chilidium den einfachen Schlossfortsatz. Dasselbe Exemplar Textabb. 26 VI. S. 175 Vgl. auch Taf. XXVII.





Tafel XXXVIII und Textabb. 52.

- Fig. 1—1b. *Kullervo aluverensis* n. sp., aus dem D₁-Kalkstein von Aluvere, Holotyp S. 172
 Fig. 1. Aussenseite, $\times 3$ der nat. Grösse. — Fig. 1 b. Innenseite, $\times 3,8$ der nat. Grösse. — Fig. 1 a. Das Spondylium mit der Hemisyrinx, $\times 9,3$ der nat. Grösse. — Vgl. Textabb. 39II und 53.

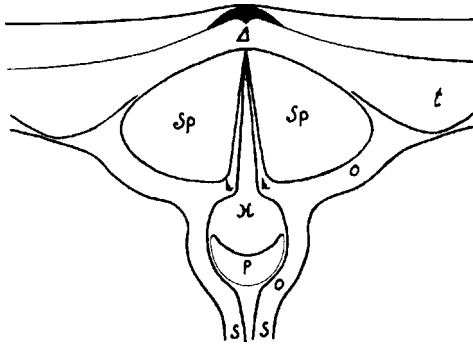
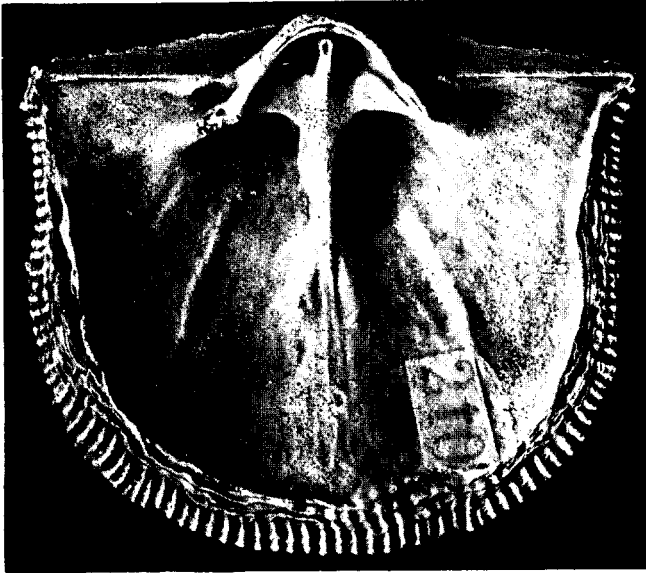


Abb. 53. Schema zum Spondylium von *Kullervo aluverensis*, Taf. XXXVIII, Fig. 1 a. Sp — Spondylium; Δ — die Deltidialplatte; t — Schlosszahn; H — Hohlraum der Hemisyrinx; h — Seitenleisten der Hemisyrinx; p — der pulvillusartige Boden der Hemisyrinx; o — Zahnstützen, resp. Seitenplatten des Spondyliums; S — das doppelte Mittelseptum. Vgl. auch Textabb. 5.

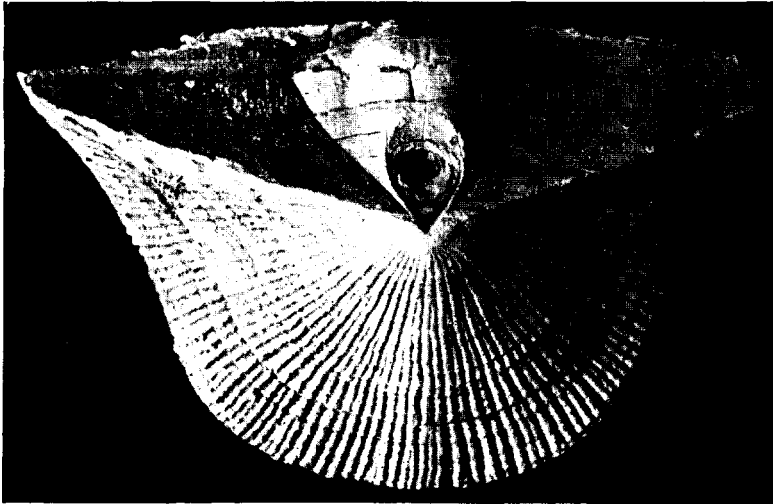
- Fig. 2. *Kullervo panderi*, eine vollständige Pedikelschale mit teilweise zerstörter Hemisyrinx, $\times 4$ der nat. Grösse. Kohtla, C_{3a}. Vgl. Taf. XXXV S. 164
 Fig. 3. *Progonambonites reclinatus* (Pander), ein ganzes Exemplar von Pawlowsk, $\times 3,3$ der nat. Grösse S. 140
 Fig. 4. *Clinambon anomalus* (Schlothheim), eine der Länge nach gespaltene Pedikelschale aus dem D₂-Kalkstein von Oando, $\times 3$ der nat. Grösse. S — Spaltfläche des Septums; n — die Naht des Septums mit dem Spondylium; Sp — Spondylium; q — die Einschnürung zwischen der vorderen und der hinteren Kammer des Spondyliums; Δ — die uneben gebrochene Deltidialplatte. Vgl. Taf. XVII S. 24, 122

Tafel XXXIX.

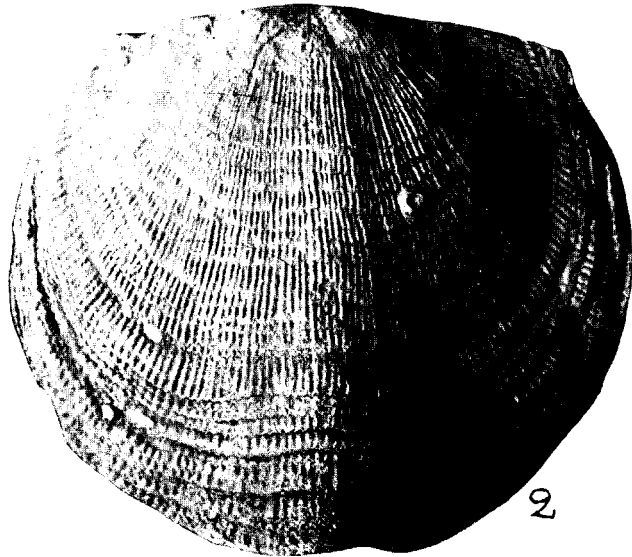
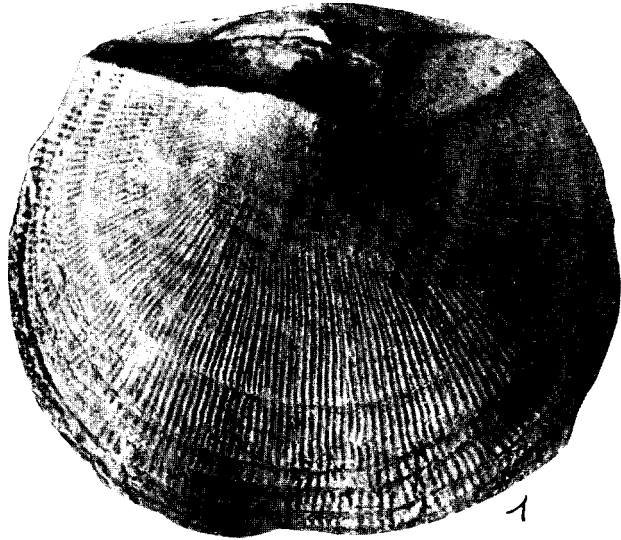
- Fig. 1. *Clitambonites squamatus devius* Ö., Holotyp [aus A. Öpik (1), Taf. XVIII, Fig. 210], $\times 3,6$ der nat. Grösse. Die Muskelnarben und das viszerale Gefässnetz sind schwach angedeutet; der Schlossfortsatz zeigt ein kleines Grübchen; an den Zahngruben sind die dorsalen Dentikeln [vgl. Schuchert & Cooper (2), S. 8] besonders schön zu sehen; der Schalenrand ist fächerartig entwickelt und zeigt zahlreiche übereinander liegende imbricate Lamellen (vgl. mit *Clitambonites schmidti epigonus*, Taf. VII, Fig. 1)... S. 82
- Fig. 2. *Clitambon anomalus* (Schlotheim), ein jugendliches ganzes Exemplar aus dem Keila-Kalkstein (D₂) von Rakvere, $\times 3,3$ der nat. Grösse. Das Foramen ist teilweise vernarbt. Vgl. Taf. XV... S. 14, 118



1



2

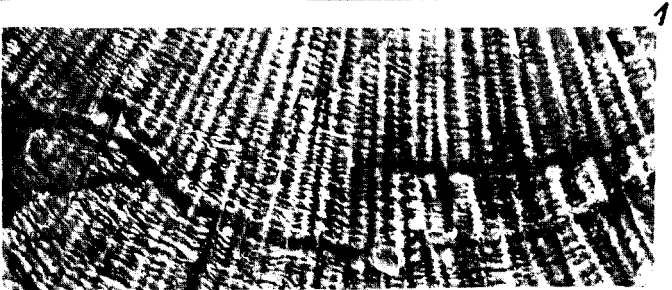
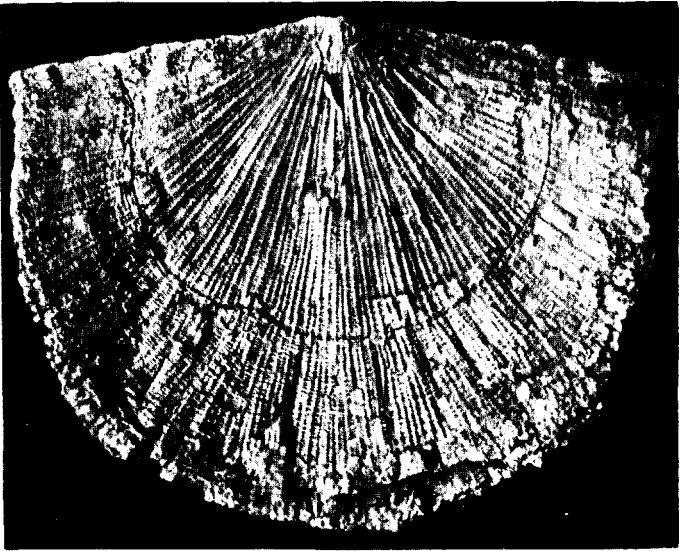


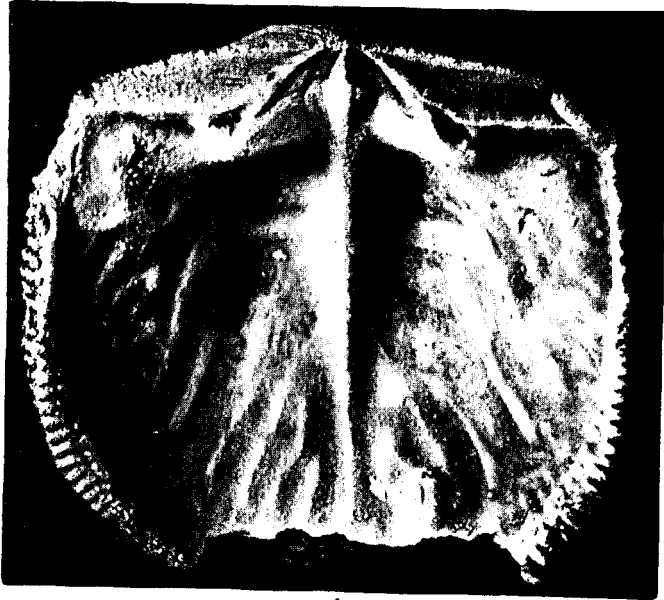
Tafel XL.

Ilmarinia dimorpha n. sp., ein ganzes Exemplar (Holotyp) aus den D₃-Schichten von Oando, Koll. K. Orviku, $\times 2,6$ der nat. Grösse. Bei Fig. 1 ist die gedrehte und daher unsymmetrische Pedikelarea und das grosse, offene Foramen, bei Fig. 2 — die schwachen imbrikaten Zuwachslamellen zu sehen. Dieselbe Schale Textabb. 26 VIII. S. 12 Vgl. auch Taf. XVIII.

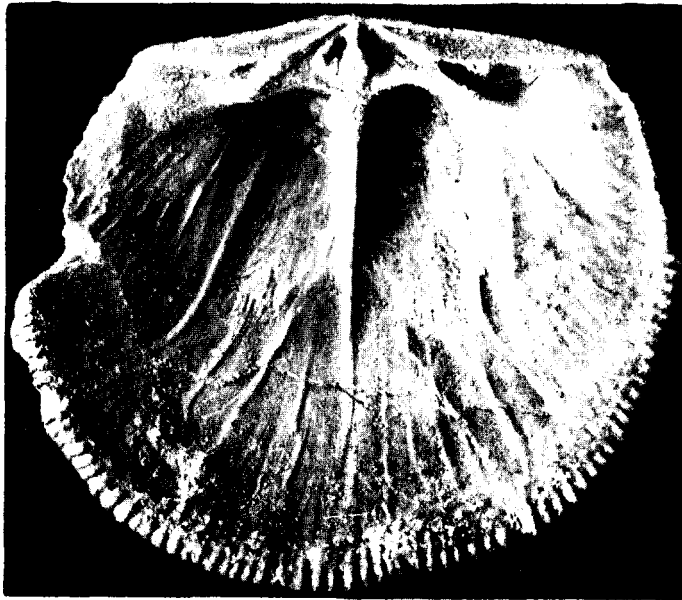
Tafel XLI.

- Fig. 1—2. *Antigonambonites anna* n. sp., eine Pedikelschale von Gornaja Scheldicha, Megalaspiskalk. Fig. 1 — $\times 2$, Fig. 2 — $\times 5$ der nat. Grösse. Vgl. Taf. XXXIV, Fig. 1 S. 159
- Fig. 3. *Vellamo ambisulcata* n. sp., eine Brachialschale aus dem Keila-Kalkstein (D₂) von Rakvere, $\times 5,2$ der nat. Grösse. Vgl. Textabb. 31. S. 112





1



2

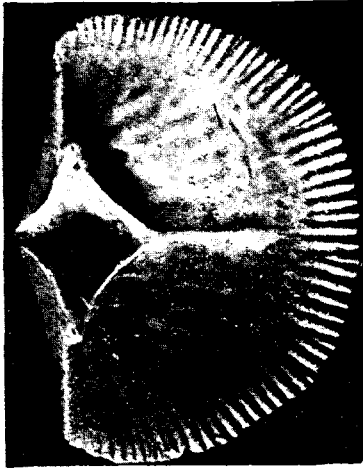
Tafel XLII.

Ladogiella imbricata n. sp. S. 96

Fig. 1. Eine gerontische Brachialschale von Gornaja Scheldicha, Vaginatenskalk, Holotyp, $\times 5$ der nat. Grösse. — Fig. 2. Eine ephe-
bische Brachialschale von Dubowiki, $\times 4,5$ der nat. Grösse. — Beide
Schalen zeigen deutlich die Netzzeichnung der Muskelnarben; bei Fig. 1 sind die intervaskularen Räume als Bänder, bei Fig. 2 —
als Septen ausgebildet. Bei Fig. 1 fallen die tiefen Rinnen der
Insertionen des Ankers und die fulkralplattenartigen Gebilde auf.
Vgl. Taf. XLIII und Textabb. 12, 13.

Tafel XLIII.

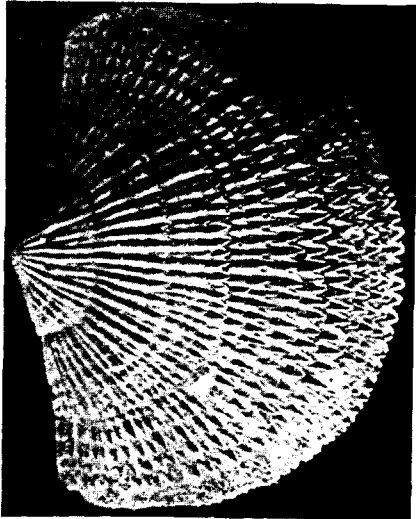
- Fig. 1 a — 1 b. *Ladogiella imbricata* n. sp., eine Pedikelschale von Wasilkowo (Koll.?). Fig. 1 a ist $\times 5,5$, Fig. 1 b — $\times 5$ der nat. Grösse. Vgl. Textabb. 13 und Taf. XLII S. 96
- Fig. 2. *Ladogiella imbricata*, eine etwas abgenutzte Brachialschale von Isvos am Wolchow, $\times 4,8$ der nat. Grösse. (Koll.?) S. 96
- Fig. 3. *Hemipronites famulus* n. sp., eine Brachialschale aus dem Rogö-Kalksandstein (B_{III}) von Paldiski, $\times 4,5$ der nat. Grösse. Vgl. Textabb. 28 I. S. 92



1a 18



2



3



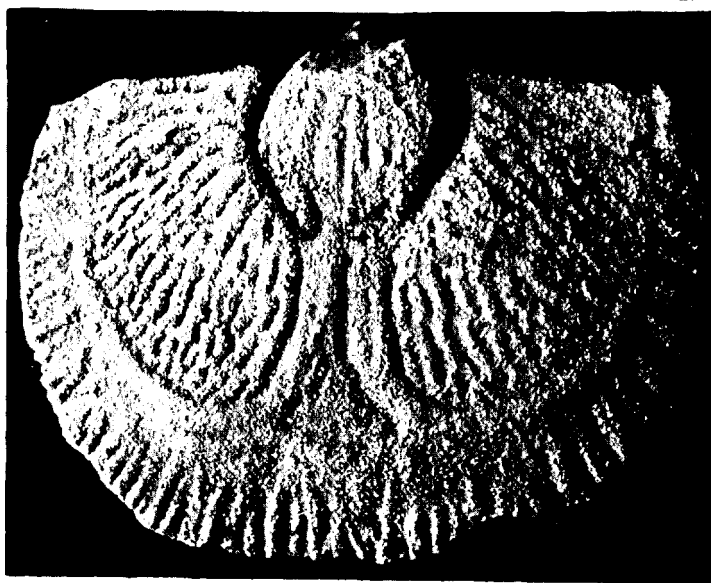
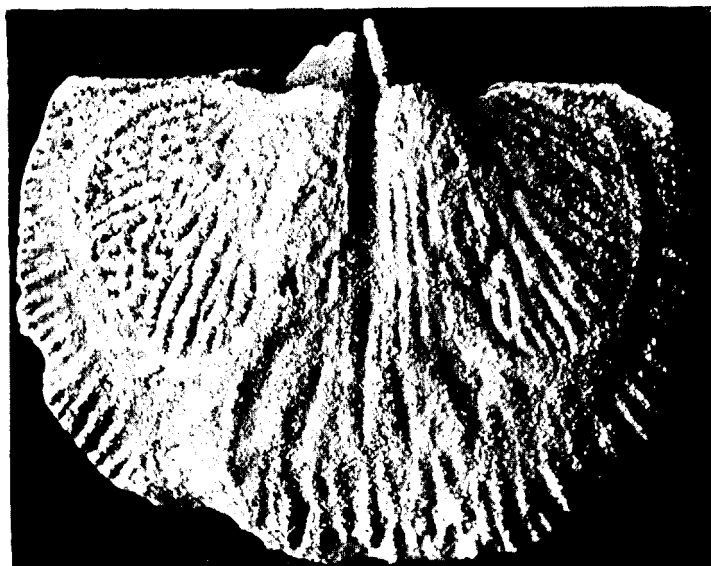


Photo A. Ö.

Tafel XLIV.

Ein vollständiger Steinkern von *Dolerorthis rustica osiliensis* (Schrenk).

× 3 der nat. Grösse. Ninasepank, Jaani-Stufe des Silurs von Saaremaa. Es ist dies wohl eins der von Fr. Schmidt (37), S. 213 beschriebenen Exemplare Schrenk's. Unten — ventrale, oben — dorsale Ansicht.

Vgl. Textabb. 17, 18 S. 46, 55, 56, 61, 180, 181, 190

Tafel XLV.

Cyrtototella kukersiana (Wysog.) S. 58, 181, 183

Fig. 1. Innenfläche einer Brachialschale [dieselbe bei A. Öpik (1), Taf. II, Fig. 15], $\times 3$ der nat. Grösse. Das erklärende Schema ist Textabb. 19 gegeben. Die *vascula arcuata* haben hier leider nur undeutliche Spuren hinterlassen. Die *vascula media* sind relativ schwach, ebenso die Fulkralplatten. Vgl. Taf. XLVI, Fig. 1 und Taf. XLVII.

Fig. 2. Randlicher, vorderer Teil des ventralen Mittelsektors, die Umbiegungsstelle der *vascula arcuata* (*arc*) und den Übergang der viszeralen Gefässe in das Randnetz zeigend, $\times 5$ der nat. Grösse. Es ist dies das Exemplar bei A. Öpik (1), Taf. II, Fig. 16. Vgl. auch Textabb. 20. Zur besseren Orientierung dient hier das folgende Schema (Textabb. 54).

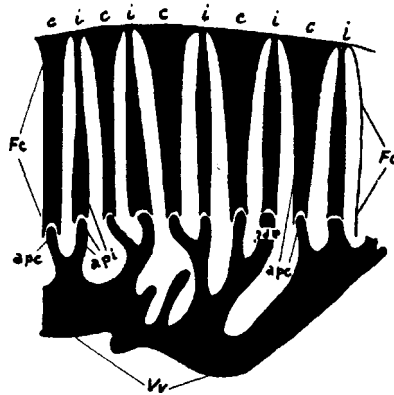
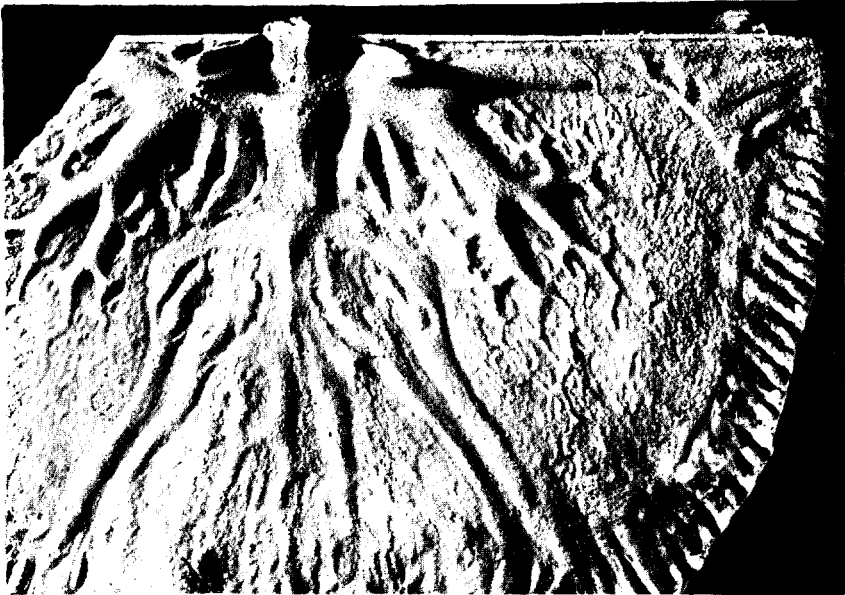
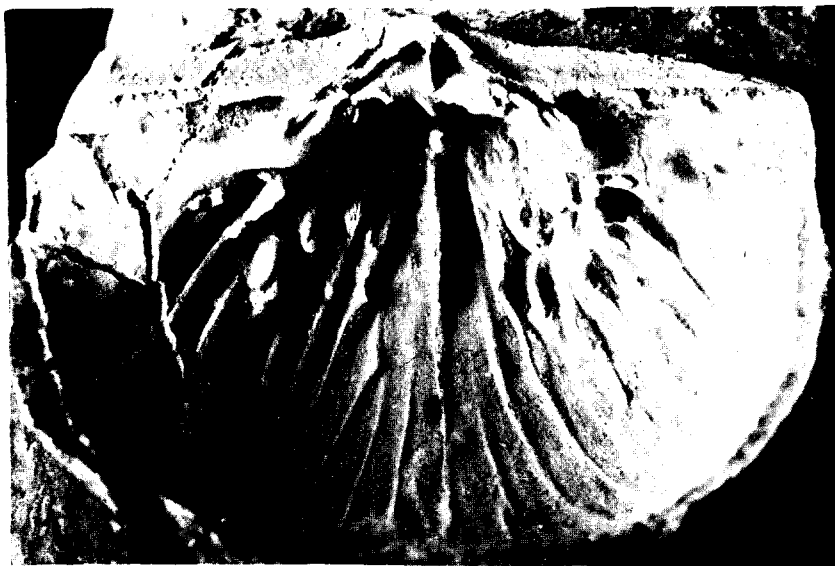
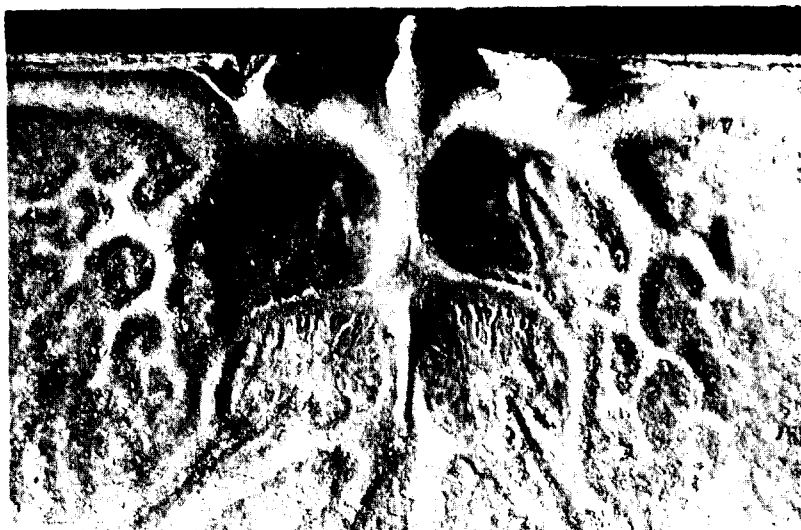


Abb. 54. Schema zum ventralen Gefässnetz von *Cyrtototella kukersiana* (Tafel XLV, Fig. 2). Es entspricht der rechten Seite der Taf. XLV, Fig. 2. Vv — viscerale Gefässe; apc — Rippenapophyse (Kostalapophyse); api — Interkostal-apophyse; Fc — randliches Gefässnetz; c — Rippe (*costa*); i — Rippenzwischenraum (*intercosta*). Vgl. S. 61, oben.





2

Tafel XLVI.

- Fig. 1. *Cyrtonotella kukersiana* (W y s o g.), Muskelnarbenfeld einer Brachialschale aus den C₂-Schichten von Käva [dasselbe Exemplar bei A. Ö p i k (24), Taf. 1, Fig. 6]. Die Muskelnarben sind vertieft und die Fulkrallplatten fein und deutlich entwickelt. Vgl. Taf. XLV und Textabb. 19 S. 58, 183
- Fig. 2. *Estlandia pyron* (E i c h w.) S. 51, 65, 136
 Es ist dies das Innere einer grossen Brachialschale mit kräftigen intervaskularen Leisten und den lateralen Kammern, wie diese bei *Rawna* (Taf. XXV) und bei *Clarkella* (vgl. S. 65, unten) zu beobachten sind. Dasselbe Exemplar ist schon früher bei A. Ö p i k (1), Taf. XX, Fig. 246 abgebildet worden. × 2,1 der nat. Grösse.

Tafel XLVII.

Cyrtotonotella kukersiana (W y s o g.), eine Brachialschale mit gut entwickeltem Netz der viszeralen Gefässe, Kohtla, C₂. Auch die *vascula arcuata* sind durch deutliche Wülste vertreten. Die Fulkrallplatten, zum Unterschied von den Exemplaren derselben Art Taf. XLV, Fig. 1 und Taf. XLVI, Fig. 1, fehlen fast ganz. $\times 4,5$ der nat. Grösse. Vgl. Textabb. 19 S. 58, 183





Photo A. Ö.

Tafel XLVIII und Textabb. 55.

Rechte Seite einer Brachialschale von *Cyrtototella kukersiana* aus C_2 von
Kohltla, $\times 4,5$ der nat. Grösse S. 59

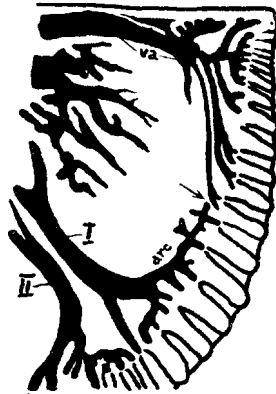


Abb. 55. Schema zur Brachialschale von *Cyrtototella kukersiana*, Taf. XLVIII.
va — vascula cardinalia; arc — vascula arcuata; I — vascula myaria; II — v.
antemyaria; der Pfeil zeigt auf die Stelle hin, wo die vascula arcuata und die
distalen Äste der vascula cruralia voneinander getrennt erscheinen. Das rand-
liche Netz ist hier nicht eingezeichnet worden, um die kostalen und inter-
kostalen, auf der Photographie sichtbaren, Apophysen besonders deutlich hervor-
treten zu lassen. Vgl. auch Taf. XLV—XLV,II und Textabb. 19 und 54.

**ÜBER DIE BEWEISBARKEIT
EINIGER ANORDNUNGSAUSSAGEN IN
GEOMETRISCHEN AXIOMENSYSTEMEN**

VON

ARNOLD TUDEBERG

TARTU 1934

Beim axiomatischen Aufbau einer Disziplin sollen die Grundaussagen zur Deduktion der übrigen Aussagen und die Grundbegriffe zur Definition der übrigen Begriffe hinreichend, dabei aber auch alle notwendig sein. Dieser letzteren (ökonomischen) Forderung gemäss darf also keine der Aussagen, die als Axiome (oder als deren Teile) in ein Axiomensystem aufgenommen sind, aus den übrigen Aussagen dieses Axiomensystems deduzierbar sein.

In seiner Untersuchung über die Grundlagen der Geometrie hat Herr Prof. J. Sarv sich unter anderem eben die Aufgabe gestellt die Anzahl der Grundbegriffe und Grundsätze zu reduzieren¹. Es ist aber bereits von Herrn Doz. J. Nuut gezeigt worden², dass das System der von Sarv benutzten Grundsätze einige überflüssige (d. h. beweisbare) Aussagen enthält: die Vierpunktaxiome (Grundsätze V bis VIII) sind nicht völlig voneinander und von den vorangehenden unabhängig; an Stelle dieser vier Axiome sind von Nuut zwei andere (*A* und *B*) vorgeschlagen und ihre Unabhängigkeit nachgewiesen worden. Es blieb nur die Frage offen, ob in dem so erhaltenen System alles durch diese zwei Sätze Postulierte noch von den drei weiteren (nichtlinearen) Axiomen unabhängig ist.

In den nachstehenden Zeilen möchte ich diese Frage beantworten. Die Prüfung der von Sarv aufgestellten linearen Axiome führt zu dem Ergebnis, dass die Vierpunktsätze aus gewissen Aussagen deduzierbar sind (§ 1), von denen man weiterhin zeigen kann, dass sie entweder nur Teilaussagen des Nuutschen Axioms *A* sind oder sich nach Hinzunahme der Sarvschen ebenen Axiome beweisen lassen (§ 2). Als Nebenresultat ergibt sich dabei die Möglichkeit einige Anordnungs-

¹ J. Sarv, *Geomeetria alused* (Die Grundlagen der Geometrie). *Acta et Commentationes Univ. Tartuensis* A XIX. 4, 1931.

² J. Nuut, Einige Bemerkungen über Vierpunktaxiome. *Ibid.* A XXIII. 4, 1932.

aussagen (Aussagen des Zwischenliegens und der Nichtidentität) im Veblenschen Axiomensystem³ zu streichen.

Es wird hierbei nötig sein, sämtliche Beweise vollständig, also in allen Einzelheiten, anzuführen, denn bei Erörterung der Frage, welche Aussagen in einem Axiomensystem in der Tat entbehrlich sind, kommt es ja gerade auf diese Einzelheiten an; um mich jedoch möglichst kurz zu fassen und einige Übersichtlichkeit der Beweisgänge zu erzielen, benutze ich die folgende verkürzte Ausdrucksweise:

- 1) eX für die Aussage „es existiert der Punkt X “,
- 2) $X \equiv Y$ für „der Punkt X ist identisch mit dem Punkt Y (X und Y sind ein und derselbe Punkt)“,
- 3) XYZ für „der Punkt Y liegt zwischen dem Punkt X und dem Punkt Z “,
- 4) \bar{p} für die Negation der Aussage p (ein Beispiel für das Überstreichen einer Aussage: \overline{XYZ} ; dies bedeutet also: „der Punkt Y liegt nicht zwischen dem Punkt X und dem Punkt Z “),
- 5) $p \rightarrow q$ für „wenn die Aussage p wahr ist, so ist auch die Aussage q wahr“,

$$6) \left\{ \begin{array}{l} p \\ q \\ \vdots \\ s \\ t \end{array} \text{ oder } \begin{array}{l} p \\ q \\ \vdots \\ s \\ t \end{array} \right\} \text{ für „die Aussagen } p, q, \dots, s \text{ und } t \text{ sind gleichzeitig gültig“},$$

$$7) \left\{ \begin{array}{l} p \\ q \\ \vdots \\ s \\ t \end{array} \text{ oder } \begin{array}{l} p \\ q \\ \vdots \\ s \\ t \end{array} \right\} \text{ für „es gilt mindestens eine der Aussagen } p, q, \dots, s \text{ und } t\text{“}.$$

Ferner schreibe ich $\langle XYZ \rangle$ als Abkürzung für die Aus-

sage $\begin{array}{l} XYZ \\ YZX \\ ZXY \end{array}$ und (XYZ) für $\begin{array}{l} \langle XYZ \rangle \\ X \equiv Y \\ Y \equiv Z \\ Z \equiv X \end{array}$. Wenn es irgend drei

³ O. Veblen, A System of Axioms for Geometry. *Transactions of the American Math. Soc.* 5 (1904), pag. 343–384. Dieses Axiomensystem weist nämlich mit dem Sarvschen System eine so tiefgehende Verwandtschaft auf, dass seine Grundbegriffe — *point* und *order-relation* — als völlig identisch mit denen des Sarvschen Systems — *Punkt* und *Beziehung des Zwischenliegens* — anzusehen sind.

Punkte gibt, die zueinander in der Beziehung $\langle XYZ \rangle$ stehen⁴, so sollen sie ein *echtes kollineares Punkttupel* heissen; drei Punkte, die der Bedingung (XYZ) genügen, nenne ich ein *allgemeines kollineares Punkttupel*. Das in den Beweisen öfters anzuwendende Adverbial „auf Grund der im Satze S gegebenen Vorschrift“ drücke ich kurz durch $[:S]$ aus.

Die Grundsätze I bis X von Sarv nehmen bei der oben erklärten Schreibweise folgende Gestalt an⁵:

- | | |
|---|---|
| <p>I. $eA \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} eB \\ B \equiv A \end{array} \right.$</p> | <p>V. $\left. \begin{array}{l} ACB \\ ABD \end{array} \right\} \rightarrow CBD$</p> |
| <p>II. $A \equiv B \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} eC \\ C \equiv A \\ C \equiv B \\ CBA \end{array} \right.$</p> | <p>VI. $\left. \begin{array}{l} CAB \\ ABD \end{array} \right\} \rightarrow CBD$</p> |
| <p>III. $ABC \rightarrow CBA$</p> | <p>VII. $\left. \begin{array}{l} ABC \\ ABD \\ C \equiv D \end{array} \right\} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} BCD \\ BDC \end{array} \right.$</p> |
| <p>IV. $ABC \rightarrow \overline{ACB}$</p> | <p>VIII. $\left. \begin{array}{l} ACB \\ ADB \\ C \equiv D \end{array} \right\} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} CDB \\ DCB \end{array} \right.$</p> |
| <p>IX. $\overline{A \equiv B} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} eC \\ (ABC) \end{array} \right.$</p> | |
| <p>X. $\left. \begin{array}{l} (ABC) \\ ABD \\ BEC \end{array} \right\} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} eF \\ AFC \\ \langle DEF \rangle \end{array} \right.$</p> | |

⁴ Ob es solche drei Punkte gibt, darüber sollen erst die Axiome Auskunft geben; ebenso bleibt zunächst dahingestellt, ob die Relationen XYZ , YZX , ZXY (resp. $\langle XYZ \rangle$ und $X \equiv Y$, $Y \equiv Z$, $Z \equiv X$) einander ausschliessen oder nicht. Jedenfalls folgt aus den obigen Erklärungen: $\langle XYZ \rangle \rightarrow \langle YZX \rangle$ und $(XYZ) \rightarrow (YZX)$.

⁵ Unter den Prämissen des zweiten Axioms (und der folgenden) brauchen die blossen Existentialaussagen (wie eA und eB) nicht noch gesondert aufgeführt zu werden; denn ein Punkt wird ja schon dadurch als existierend angenommen, dass man die sonstigen Prämissen als von ihm erfüllt voraussetzt. — Die Axiome VII und VIII von Sarv sind hier übrigens in einer etwas abgeschwächten Fassung wiedergegeben: anstatt „dann gilt eine u nur eine der Aussagen BCD, BDC“ ist bloss gesagt „dann gilt mindestens

§ 1.

Das System der Axiome II bis VIII.

Wie Nuut bemerkt hat, kann der Grundsatz VI, unter Beibehaltung der übrigen, durch das weniger aussagende Postulat

$$\text{VI}^*. \left. \begin{array}{l} CAB \\ ABD \end{array} \right\} \rightarrow \langle BCD \rangle$$

ersetzt werden; wenn man dies nicht tut, lässt sich der achte Grundsatz auf

$$\text{VIII}^*. \left. \begin{array}{l} ACB \\ ADB \\ \overline{C \equiv D} \end{array} \right\} \rightarrow \langle BCD \rangle$$

abschwächen.

Ich will nun eine andere Möglichkeit zeigen: man kann den Grundsatz VIII abstreichen (weil er beweisbar ist) und dazu noch entweder 1) den Grundsatz V durch eine schwächere Aussage ersetzen, oder 2) die Grundsätze VI und VII zu zwei einfacheren Postulaten zusammenziehen⁶. Ehe ich zu der Auseinandersetzung der erwähnten Möglichkeit übergehe, ziehe ich drei Folgerungen allein aus den Grundsätzen III und IV.

$$\text{Satz C. } \overline{ABC} \rightarrow \overline{CBA}.$$

Beweis. Wenn die Behauptung nicht allgemein zutrifft, so müsste es mindestens einmal derlei drei Punkte geben, dass die Bedingung $\left\{ \begin{array}{l} \overline{ABC} \\ \overline{CBA} \end{array} \right.$ erfüllt ist. Da aber $CBA \rightarrow ABC$ [: III], so kann es keine solchen Punkte geben, und die Behauptung ist bewiesen.

$$\text{Satz D. } ABC \rightarrow \overline{BAC}.$$

eine der Aussagen BCD, BDC ; dass dabei nur eine gelten kann, folgt ja schon aus IV.

Die Negation von „es gilt mindestens eine der Aussagen p, q, \dots, s und t “ lautet: „es gilt keine der Aussagen p, q, \dots, s und t “ oder „ $\bar{p}, \bar{q}, \dots, \bar{s}$ und \bar{t} sind gleichzeitig gültig“. (ABC) bedeutet also: die Aussagen $\overline{ABC}, \overline{BCA}, \overline{CAB}, \overline{A \equiv B}, \overline{B \equiv C}$ und $\overline{C \equiv A}$ sind gleichzeitig gültig.

⁶ Beidemal benutze ich noch anstatt II das weniger aussagende II''.

Beweis⁷. $ABC \rightarrow CBA$ [:III], $CBA \rightarrow \overline{CAB}$ [:IV],
 $\overline{CAB} \rightarrow \overline{BAC}$ [:C].

Satz E. $ABC \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \overline{A \equiv B} \\ \overline{B \equiv C} \end{array} \right.$

Beweis. Wäre der Satz falsch, so müsste mindestens ein
 Punkttupel A, B und C existieren, für welches die Relation $\left\{ \begin{array}{l} ABC \\ \overline{A \equiv B} \\ \overline{B \equiv C} \end{array} \right.$
 besteht. Aus $\left. \begin{array}{l} ABC \\ \overline{A \equiv B} \end{array} \right\} \rightarrow BAC$ und $ABC \rightarrow \overline{BAC}$ [:D]
 bzw. aus $\left. \begin{array}{l} ABC \\ \overline{B \equiv C} \end{array} \right\} \rightarrow ACB$ und $ABC \rightarrow \overline{ACB}$ [:IV]
 ersieht man, dass es kein solches Tripel geben kann.

Die erste Variante.

Ich setze die Gültigkeit der Aussagen

II⁻⁻⁻. $\overline{A \equiv B} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} eC \\ ABC \end{array} \right.$ und V⁻⁻⁻. $\left. \begin{array}{l} ACB \\ ABD \end{array} \right\} \rightarrow (BCD)$

und der Grundsätze III, IV, VI und VII voraus und deduziere
 die Sätze V und VIII.

Es ist leicht einzusehen, dass V⁻⁻⁻ sich sofort verschärfen
 lässt: $ACB \rightarrow \overline{C \equiv B}$ [:E], $ABD \rightarrow \overline{B \equiv D}$ [:E], ferner $\overline{C \equiv D}$
 (da sonst aus $\left. \begin{array}{l} \overline{C \equiv D} \\ ABD \end{array} \right\} \rightarrow ABC$ und $ABC \rightarrow \overline{ACB}$ [:IV] ein Wider-
 spruch gegen die Prämisse ACB folgen würde) und somit:

V⁻. $\left. \begin{array}{l} ACB \\ ABD \end{array} \right\} \rightarrow \langle BCD \rangle,$

weil per definitionem $\left. \begin{array}{l} (BCD) \\ \overline{B \equiv C} \\ \overline{C \equiv D} \\ \overline{D \equiv B} \end{array} \right\} \rightarrow \langle BCD \rangle.$

Hilfssatz F. $ABC \rightarrow \overline{A \equiv C}.$

⁷ Aus III, IV und D folgt übrigens: wenn $\langle XYZ \rangle$, so gilt eine und
 nur eine der Aussagen XYZ , YZX und ZXY ; und aus III allein:
 $\langle XYZ \rangle \rightarrow \langle ZYX \rangle.$

$$\text{Beweis}^8. \quad ABC \rightarrow B \equiv C \text{ [:E]}, \quad B \equiv C \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} eD \\ BCD \end{array} \right\} \text{ [:II}^{--}],$$

$$\left. \begin{array}{l} ABC \\ BCD \end{array} \right\} \rightarrow ACD \text{ [:VI]}, \quad ACD \rightarrow A \equiv C \text{ [:E]}.$$

Beweis von Satz V. Der Satz besagt, dass von den in V⁻ aufgezählten drei Fällen BCD , CDB und DBC der erste und der zweite auszuschliessen sind.

In der Tat, käme der erste Fall vor — gäbe es vier Punkte, die der Bedingung $\left\{ \begin{array}{l} ACB \\ ABD \\ BCD \end{array} \right\}$ genügen —, so würde folgen:

$$ACB \rightarrow BCA \text{ [:III]}, \quad ABD \rightarrow A \equiv D \text{ [:F]}, \quad \left. \begin{array}{l} BCA \\ BCD \\ A \equiv D \end{array} \right\} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} CAD \\ CDA \end{array} \right\} \text{ [:VII]}:$$

daraus müsste aber wegen

$$\left. \begin{array}{l} BCA \\ CAD \end{array} \right\} \rightarrow BAD \text{ [:VI]} \quad \text{und} \quad \left. \begin{array}{l} BCD \\ CDA \end{array} \right\} \rightarrow BDA \text{ [:VI]}$$

zwangsläufig $\left| \begin{array}{l} BAD \\ BDA \end{array} \right|$ hervorgehen. Durch

$BAD \rightarrow ABD \text{ [:D]}$ und $BDA \rightarrow ADB \text{ [:III]}$, $ADB \rightarrow ABD \text{ [:IV]}$ führt dies also zum Widerspruch gegen die Prämisse ABD ; folglich ist der erste Fall unmöglich.

Im zweiten Falle, $\left\{ \begin{array}{l} ACB \\ ABD \\ CDB \end{array} \right\}$, ergäbe sich aus

$$ABD \rightarrow DBA \text{ [:III]}, \quad \left. \begin{array}{l} CDB \\ DBA \end{array} \right\} \rightarrow CBA \text{ [:VI]},$$

$$CBA \rightarrow ABC \text{ [:III]}, \quad ABC \rightarrow ACB \text{ [:IV]}$$

ein Widerspruch gegen ACB . Damit ist der Satz bewiesen.

Beweis von Satz VIII. Zunächst kann man zu den Punkten A , B , C und D einen Punkt E folgendermassen hinzunehmen:

$$ACB \rightarrow A \equiv B \text{ [:F]}, \quad A \equiv B \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} eE \\ ABE \end{array} \right\} \text{ [:II}^{--}].$$

Es ergibt sich nun aus $\left. \begin{array}{l} ACB \\ ABE \end{array} \right\} \rightarrow CBE \text{ [:V]}$ und $\left. \begin{array}{l} ADB \\ ABE \end{array} \right\} \rightarrow DBE \text{ [:V]}$

notwendigerweise $\left\{ \begin{array}{l} CBE \\ DBE \end{array} \right\}$, also auch $\left\{ \begin{array}{l} EBC \\ EBD \end{array} \right\} \text{ [:III]}$. Darauf ist aber infolge der dritten Prämisse des Satzes das Axiom VII an-

wendbar: $\left. \begin{array}{l} EBC \\ EBD \\ C \equiv D \end{array} \right\} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} BCD \\ BDC \end{array} \right\} \text{ [:VII]}$. Mit Hilfe von III folgt sodann

die Behauptung $\left| \begin{array}{l} DCB \\ CDB \end{array} \right|$.

⁸ Nach den Sätzen E und F besteht jedes echte kollineare Punktripel aus drei voneinander verschiedenen Punkten. Die in den Grundsatz II aufgenommenen Aussagen $C \equiv B$ und $C \equiv A$ sind damit ebenfalls bewiesen.

Die zweite Variante.

Die drei Sätze VI, VII und VIII sind aus den Aussagen II⁻⁻⁻, III, IV, V,

$$F. \quad ABC \rightarrow \overline{A \equiv C}$$

und

$$P. \quad \left. \begin{array}{l} \overline{ABC} \\ \overline{CAB} \\ \overline{ABD} \end{array} \right\} \rightarrow (ACD)$$

deduzierbar.

$$\text{Hilfssatz G.} \quad \left. \begin{array}{l} \overline{ABC} \\ \overline{ABD} \\ \overline{C \equiv D} \end{array} \right\} \rightarrow \begin{array}{l} \overline{ACD} \\ \overline{ADC} \end{array}$$

Beweis. $ABC \rightarrow \overline{A \equiv C} [:F], ABD \rightarrow \overline{A \equiv D} [:F],$ also

$$\left. \begin{array}{l} \overline{ABC} \\ \overline{ABD} \\ \overline{C \equiv D} \end{array} \right\} \rightarrow \langle ACD \rangle [:P], \text{ weil per definitionem } \left. \begin{array}{l} \overline{ACD} \\ \overline{A \equiv C} \\ \overline{C \equiv D} \\ \overline{D \equiv A} \end{array} \right\} \rightarrow \langle ACD \rangle.$$

Der Satz behauptet nur noch, dass der in $\langle ACD \rangle$ enthaltene Fall DAC nie vorkommen kann; das muss bewiesen werden.

Angenommen, es sei einmal die Bedingung $\left\{ \begin{array}{l} \overline{ABC} \\ \overline{ABD} \\ \overline{DAC} \end{array} \right\}$ erfüllt;
dann erhielte man aus

$$ABD \rightarrow DBA [:III], \left. \begin{array}{l} \overline{DBA} \\ \overline{DAC} \end{array} \right\} \rightarrow BAC [:V] \text{ und } BAC \rightarrow \overline{ABC} [:D]$$

einen Widerspruch gegen die Annahme ABC .

Beweis von Satz VII. Aus den Prämissen des Satzes folgt $\left\{ \begin{array}{l} \overline{ACD} \\ \overline{ADC} \end{array} \right\} [:G]$. Im Falle ACD folgt nun $\left\{ \begin{array}{l} \overline{ABC} \\ \overline{ACD} \end{array} \right\} \rightarrow BCD [:V]$ und im Falle ADC bzw. $\left\{ \begin{array}{l} \overline{ABD} \\ \overline{ADC} \end{array} \right\} \rightarrow BDC [:V]$; es kann also tatsächlich, so wie der Satz behauptet, nur $\left\{ \begin{array}{l} \overline{BCD} \\ \overline{BDC} \end{array} \right\}$ gelten.

Beweis von Satz VIII verläuft Wort für Wort ebenso wie bei der ersten Variante.

Beweis von Satz VI. Es lässt sich zunächst feststellen, dass die Punkte C, B und D voneinander verschieden sind:

$$CAB \rightarrow \overline{C \equiv B} \text{ [:F]}, \quad ABD \rightarrow \overline{B \equiv D} \text{ [:E]},$$

und da nun $CAB \rightarrow \overline{CBA}$ [:IV], $CBA \rightarrow \overline{ABC}$ [:C],

so ferner $\left. \begin{array}{l} \overline{ABC} \\ \overline{ABD} \end{array} \right\} \rightarrow \overline{C \equiv D}$. Nach den einfachen Umformungen $CAB \rightarrow \overline{BAC}$ [:III] und $ABD \rightarrow \overline{DBA}$ [:III] lässt sich das Postulat **P** in verschärfter Form anwenden:

$$\left. \begin{array}{l} \overline{DBA} \\ \overline{BAC} \end{array} \right\} \rightarrow \langle BDC \rangle \text{ (weil ja definitionsgemäss } \left. \begin{array}{l} \overline{BDC} \\ \overline{B \equiv D} \\ \overline{D \equiv C} \\ \overline{C \equiv B} \end{array} \right\} \rightarrow \langle BDC \rangle).$$

Der Satz behauptet nur noch, dass von den drei Fällen BDC , DCB und CBD nur der dritte möglich ist.

1) Wären der Behauptung entgegen einmal solche vier Punkte A , B , C und D vorhanden, dass die Aussage $\left\{ \begin{array}{l} \overline{CAB} \\ \overline{ABD} \\ \overline{BDC} \end{array} \right\}$ gälte, so würde dies, wie folgt:

$$\overline{BDC} \rightarrow \overline{CDB} \text{ [:III]}, \quad \overline{ABD} \rightarrow \overline{A \equiv D} \text{ [:F]}, \quad \left. \begin{array}{l} \overline{CAB} \\ \overline{CDB} \\ \overline{A-D} \end{array} \right\} \rightarrow \left| \begin{array}{l} \overline{ADB} \\ \overline{DAB} \end{array} \right. \text{ [:VIII]},$$

zu \overline{ABD} führen (denn $\overline{ADB} \rightarrow \overline{ABD}$ [:IV] und auch

$\overline{DAB} \rightarrow \overline{DBA}$ [:VI], $\overline{DBA} \rightarrow \overline{ABD}$ [:C]) und somit einen Widerspruch gegen die Prämisse \overline{ABD} ergeben.

2) Gäbe es aber einmal solche vier Punkte, dass der zweite Fall vorläge, d. h. $\left\{ \begin{array}{l} \overline{CAB} \\ \overline{ABD} \\ \overline{DCB} \end{array} \right\}$, so ergäbe sich aus

$$\overline{ABD} \rightarrow \overline{DBA} \text{ [:III]}, \quad \left. \begin{array}{l} \overline{DCB} \\ \overline{DBA} \end{array} \right\} \rightarrow \overline{CBA} \text{ [:V]}, \quad \overline{CBA} \rightarrow \overline{CAB} \text{ [:IV]}$$

ein Widerspruch gegen die Prämisse \overline{CAB} . Damit ist der Satz bewiesen.

§ 2.

Das System der linearen und ebenen Axiome.

Ich will nun zeigen, dass das System der Axiome **II** bis **X** mit dem folgenden (verkürzten) System⁹ äquivalent ist:

⁹ Darin enthält **II**⁻ gegenüber **II** eine Nichtidentitätsaussage weniger, bzw. **X**⁻ gegenüber **X** drei solche weniger, die Vierpunktaxiome **V** bis **VIII** aber sind durch ein einziges Postulat **Q** ersetzt.

$$\begin{array}{l}
 \text{II}^- . \overline{A \equiv B} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} e C \\ \overline{C \equiv A} \\ ABC \end{array} \right. \quad \left. \begin{array}{l} \langle ABC \rangle \\ ABD \\ \text{Q. } \left. \begin{array}{l} BCA \\ BDA \\ DAB \end{array} \right\} \end{array} \right\} \rightarrow (ACD) \\
 \text{III. } ABC \rightarrow CBA \\
 \text{IV. } ABC \rightarrow \overline{ACB}
 \end{array}$$

$$\text{IX. } \overline{A \equiv B} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} e C \\ (ABC) \end{array} \right.$$

$$\text{X. } \left. \begin{array}{l} (\overline{ABC}) \\ ABD \\ BEC \end{array} \right\} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} e F \\ AFC. \\ (DEF) \end{array} \right.$$

Dazu muss ich einerseits die Aussagen II^- , Q und X^- aus dem System II bis X deduzieren können und andererseits imstande sein, von dem verkürzten System ausgehend die Sätze II , V bis VIII und X zu beweisen. Der erste Teil dieser Aufgabe ist leicht zu erledigen. Mit II ist ja II^- von selbst erfüllt; dasselbe gilt von X und X^- , da per definitionem $\langle DEF \rangle \rightarrow (DEF)$. Unter Anwendung von III und IV zerfallen die Voraussetzungen von Q in fünf einander ausschliessende Kombinationen, resp. der Satz Q in fünf Aussagen:

$$\begin{array}{l}
 \text{Q}_1. \left. \begin{array}{l} ABC \\ ABD \end{array} \right\} \rightarrow (ACD), \quad \text{Q}_2. \left. \begin{array}{l} BCA \\ ABD \end{array} \right\} \rightarrow (ACD), \quad \text{Q}_3. \left. \begin{array}{l} CAB \\ ABD \end{array} \right\} \rightarrow (ACD), \\
 \text{Q}_4. \left. \begin{array}{l} BCA \\ BDA \end{array} \right\} \rightarrow (ACD), \quad \text{Q}_5. \left. \begin{array}{l} BCA \\ DAB \end{array} \right\} \rightarrow (ACD).
 \end{array}$$

Diese Aussagen können folgendermassen deduziert werden ¹⁰:
 die fünfte — $\left. \begin{array}{l} BCA \\ BAD \end{array} \right\} \rightarrow CAD$ [:V]; die dritte — $\left. \begin{array}{l} DBA \\ BAC \end{array} \right\} \rightarrow DAC$ [:VI];
 die zweite — $\left. \begin{array}{l} ACB \\ ABD \end{array} \right\} \rightarrow CBD$ [:V], $\left. \begin{array}{l} DBC \\ BCA \end{array} \right\} \rightarrow DCA$ [:VI];
 die erste, im Falle $\overline{C \equiv D}$, —
 $\left. \begin{array}{l} ABC \\ ABD \\ \overline{C \equiv D} \end{array} \right\} \rightarrow \left. \begin{array}{l} BCD \\ BDC \end{array} \right\} \rightarrow ACD$ [:VII], $\left. \begin{array}{l} ABC \\ BCD \end{array} \right\} \rightarrow ACD$ [:VI], $\left. \begin{array}{l} ABD \\ BDC \end{array} \right\} \rightarrow ADC$ [:VI];
 die vierte, im Falle $\overline{C \equiv D}$, — $\left. \begin{array}{l} BCA \\ BDA \\ \overline{C \equiv D} \end{array} \right\} \rightarrow \left. \begin{array}{l} CDA \\ DCA \end{array} \right\} \rightarrow CDA$ [:VIII];
 und schliesslich — die erste und die vierte, im Falle $C \equiv D$, —
 $C \equiv D \rightarrow (ACD)$ [per definitionem].

¹⁰ Wo dabei das Axiom III zur Verwendung kommt, ist ohne jeweilige besondere Angabe klar.

Beweis der Sätze II, X und V bis VIII.

Wollen wir uns jetzt dem zweiten Teil der Aufgabe zuwenden. Da die Sätze C, D und E im vorigen Paragraphen nur aus den Axiomen III und IV deduziert wurden, so behalten sie ihre Gültigkeit; aus II⁻ und E folgt aber sofort II. Der Beweis von X stützt sich auf den folgenden

$$\text{Hilfssatz H. } \left. \begin{array}{l} \overline{(ABC)} \\ \langle ABK \rangle \\ BLC \end{array} \right\} \rightarrow \overline{K \equiv L}.$$

Beweis. Wäre die Behauptung falsch, so müsste es mindestens eine Möglichkeit des simultanen Bestehens der Prämissen und der Relation $K \equiv L$ geben; da aber $\langle ABK \rangle \left\{ \begin{array}{l} \overline{K \equiv L} \\ \end{array} \right\} \rightarrow \langle ABL \rangle$, $\langle ABL \rangle \rightarrow \langle BLA \rangle$ [per def.], $\langle BLA \rangle \left\{ \begin{array}{l} \overline{BLC} \\ \end{array} \right\} \rightarrow (BAC)$ [:Q_{1,2,3}] und $(BAC) \rightarrow (ABC)$, so kann es keine solche Möglichkeit geben, und der Satz ist bewiesen.

Beweis von Satz X. Für die fünf Punkte A, B, C, D und E , die den Prämissen des Satzes genügen, existiert nach X⁻ solch ein Punkt F , der die Bedingung $\left\{ \begin{array}{l} \overline{AFC} \\ \langle DEF \rangle \end{array} \right\}$ erfüllt. Da aber

$$\left. \begin{array}{l} \overline{(ABC)} \\ \overline{ABD} \\ \overline{BEC} \end{array} \right\} \rightarrow \overline{D \equiv E} \text{ [:H]}, \quad \left. \begin{array}{l} \overline{(BCA)} \\ \overline{CEB} \\ \overline{CFA} \end{array} \right\} \rightarrow \overline{E \equiv F} \text{ [:H]} \text{ und}$$

$$\left. \begin{array}{l} \overline{(BAC)} \\ \overline{DBA} \\ \overline{AFC} \end{array} \right\} \rightarrow \overline{D \equiv F} \text{ [:H]}, \text{ so folgt aus } \left. \begin{array}{l} \overline{(DEF)} \\ \overline{D \equiv E} \\ \overline{E \equiv F} \\ \overline{F \equiv D} \end{array} \right\} \rightarrow \langle DEF \rangle \text{ [per def.]},$$

dass von demselben Punkte F auch die Aussage $\left\{ \begin{array}{l} \overline{AFC} \\ \langle DEF \rangle \end{array} \right\}$ gilt.

Satz F. $ABC \rightarrow \overline{A \equiv C}$.

Beweis¹¹. Wenn die Behauptung des Satzes nicht allgemein zuträfe, so müsste mindestens ein Gegenbeispiel möglich sein. Nehmen wir also an, dass tatsächlich ein Punkttripel existiere, das der Bedingung $\left\{ \begin{array}{l} \overline{ABC} \\ \overline{A \equiv C} \end{array} \right\}$ genügt. Wollen wir zu-

¹¹ Axiom II⁻ besagt, dass es für jedes Paar voneinander verschiedener Punkte A und B mindestens einen solchen Punkt C gibt, der der Bedingung ABC genügt und dabei von A verschieden ist; der Satz behauptet nun, dass jeder Punkt C , der der Bedingung ABC genügt, von A verschieden sein müsse.

nächst von der Aussage $A \equiv C$ absehen; das Bestehen der Relation ABC gewährleistet jedenfalls — auf Grund unserer Axiome — die Existenz der Punkte D und E , die auf folgende Weise hinzugenommen werden:

$$ABC \rightarrow \overline{A \equiv B} \text{ [:E], } \overline{A \equiv B} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} e D \\ \overline{(ABD)} \end{array} \right. \text{ [:IX],}$$

$$\overline{(ABD)} \rightarrow \overline{B \equiv D} \text{ [per def.], } \overline{B \equiv D} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} e E \\ \overline{BDE} \end{array} \right. \text{ [:II''] .}$$

In betreff der Punkte A , B , D und E kann man einige Tatsachen feststellen:

1. A , B , D und E sind alle voneinander verschieden. A , B und D sind es wegen $\overline{(ABD)}$; $\overline{E \equiv B}$ war durch II'' gesichert; ferner $BDE \rightarrow \overline{D \equiv E} \text{ [:E]}$. Gälte aber $E \equiv A$, so würde BDE in BDA übergehen und mit $\overline{(ABD)}$ einen Widerspruch ergeben; daher auch $\overline{E \equiv A}$.

2. $\langle \overline{ABE} \rangle$. Denn ABE steht wegen $\left. \begin{array}{l} EDB \\ ABE \end{array} \right\} \rightarrow (BDA) \text{ [:Q}_5]$ im Widerspruch mit $\overline{(ABD)}$; dasselbe gilt von BEA wegen $\left. \begin{array}{l} EDB \\ BEA \end{array} \right\} \rightarrow (BDA) \text{ [:Q}_2]$, resp. von EAB wegen $\left. \begin{array}{l} EDB \\ EAB \end{array} \right\} \rightarrow (BDA) \text{ [:Q}_4]$.

3. $\overline{(ABE)}$. Folgt aus den beiden vorausgehenden Tatsachen.

4. $\langle \overline{ADE} \rangle$. Denn $\langle \overline{ADE} \rangle$ ergäbe durch $\left. \begin{array}{l} \langle \overline{EDA} \rangle \\ \overline{EDB} \end{array} \right\} \rightarrow (EAB) \text{ [:Q]}$ einen Widerspruch gegen die soeben bewiesene Aussage $\overline{(ABE)}$.

5. $\overline{(ADE)}$. Folgt aus 1. und 4.

Zu den Punkten A , B , C , D und E lässt sich noch ein Punkt F hinzunehmen:

$$\left. \begin{array}{l} \overline{(ABE)} \\ ABC \\ BDE \end{array} \right\} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} e F \\ AFE \\ \langle \overline{CDF} \rangle \end{array} \right. \text{ [:X].}$$

Erst jetzt wollen wir dem zweiten Teile unserer Bedingung Rechnung tragen, d. h. die Aussage $A \equiv C$ benutzen. Wenn also die Bedingung $\left\{ \begin{array}{l} ABC \\ A \equiv C \end{array} \right.$ erfüllt werden könnte, so wäre es sicherlich möglich, unter Benutzung unserer Axiome solche

Punkte A , D , E und F anzugeben, die der Bedingung $\left\{ \begin{array}{l} \overline{(ADE)} \\ \langle AFE \rangle \\ \langle ADF \rangle \end{array} \right\}$ genügen. Da aber $\langle \overline{AFD} \rangle \rightarrow (ADE) [:\mathbf{Q}]$, so kann die letztgenannte Bedingung keinesfalls erfüllt werden. Daher kann es auch kein Punkttupel A , B und C geben, das der Bedingung $\left\{ \begin{array}{l} \overline{ABC} \\ A \equiv C \end{array} \right\}$ genügt, und der Satz ist bewiesen.

Satz J. $\left\{ \begin{array}{l} \langle ABC \rangle \\ \langle ABD \rangle \end{array} \right\} \rightarrow (ACD)$.

Beweis. Der Satz zerfällt nach **III** und **IV** in neun Aussagen, deren fünf das Postulat \mathbf{Q} bilden. Von den übrigen vier:

$$\left. \begin{array}{l} ABC \\ BDA \end{array} \right\} \rightarrow (ACD), \quad \left. \begin{array}{l} CAB \\ BDA \end{array} \right\} \rightarrow (ACD), \quad \left. \begin{array}{l} ABC \\ DAB \end{array} \right\} \rightarrow (ACD), \quad \left. \begin{array}{l} CAB \\ DAB \end{array} \right\} \rightarrow (ACD)$$

folgen die erste, zweite und dritte entsprechend aus den Teilaussagen \mathbf{Q}_2 , \mathbf{Q}_5 und \mathbf{Q}_3 desselben, weil $(ADC) \rightarrow (ACD)$. Die vierte aber lässt sich auf folgende Weise verifizieren:

$$\left. \begin{array}{l} BAC \\ BAD \end{array} \right\} \rightarrow (BCD) [:\mathbf{Q}_1], \quad BAC \rightarrow \overline{B \equiv C} [:\mathbf{F}], \quad BAD \rightarrow \overline{B \equiv D} [:\mathbf{F}];$$

wenn nun noch $\overline{C \equiv D}$, so gilt $\langle BCD \rangle$, und daher folgt:

$$\left. \begin{array}{l} BCD \\ BAD \end{array} \right\} \rightarrow (DCA) [:\mathbf{Q}_4], \quad \left. \begin{array}{l} BAD \\ CDB \end{array} \right\} \rightarrow (DAC) [:\mathbf{Q}_5], \quad \left. \begin{array}{l} BAD \\ DBC \end{array} \right\} \rightarrow (DAC) [:\mathbf{Q}_2];$$

wenn dagegen $C \equiv D$, so gilt definitionsgemäss (ACD) .

Satz K. $\left. \begin{array}{l} \langle ABC \rangle \\ \langle ABD \rangle \\ \overline{C \equiv D} \end{array} \right\} \rightarrow \langle ACD \rangle$.

Beweis. Aus den beiden ersten Prämissen folgt nach Satz J zunächst (ACD) . Nach der dritten Prämisse und den Sätzen **E** und **F** (auf die erste und die zweite Prämisse angewandt) sind die Punkte A , C und D voneinander verschieden; dies verschärft (ACD) auf $\langle ACD \rangle$.

Satz L. $\left. \begin{array}{l} \overline{(ABC)} \\ (ABK) \\ (ACK) \end{array} \right\} \rightarrow K \equiv A$.

Beweis. Die Punkte A, B und C sind wegen $\overline{(ABC)}$ voneinander verschieden; ferner

$$\left. \begin{array}{l} \overline{(ABC)} \\ \overline{(ABK)} \end{array} \right\} \rightarrow \overline{K} \equiv \overline{C} \quad \text{und} \quad \left. \begin{array}{l} \overline{(ABC)} \\ \overline{(ACK)} \end{array} \right\} \rightarrow \overline{K} \equiv \overline{B}.$$

Wäre noch — der Behauptung entgegen — einmal $\overline{K} \equiv \overline{A}$, so würden die zweite und die dritte Prämisse entsprechend in $\langle ABK \rangle$ und $\langle ACK \rangle$ übergehen und durch $\left. \begin{array}{l} \langle ABK \rangle \\ \langle ACK \rangle \end{array} \right\} \rightarrow (ABC) [:\mathbf{J}]$ zum Widerspruch gegen die erste Prämisse führen.

Satz X+.
$$\left. \begin{array}{l} \overline{(ABC)} \\ ABD \\ BEC \end{array} \right\} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} e F \\ AFC \\ DEF \end{array} \right.$$

Beweis¹². Aus den Prämissen folgt nach Satz X, dass es einen Punkt F gibt, der der Bedingung $\left\{ \begin{array}{l} AFC \\ \langle DEF \rangle \end{array} \right\}$ genügt. Wollen wir zeigen, dass dieser Punkt F nur so beschaffen sein kann, dass die Aussage DEF gilt, so brauchen wir dazu nur festzustellen, dass jedes Gegenbeispiel unmöglich ist. Ein solches könnte bloss darin bestehen, dass einmal solche Punkte A, B, C, D, E und F vorhanden wären, die den Bedingungen $\overline{(ABC)}, ABD, BEC$ und AFC , ausserdem aber noch entweder EFD oder FDE Genüge leisten.

1) Es gelte nämlich von den beiden letztgenannten EFD . Man betrachte die drei Punkte B, E und D ; sie sind voneinander verschieden (dies folgt aus BEC, EFD und ABD nach **E** und **F**), ausserdem gilt noch $\langle BED \rangle$ — denn sonst folgt aus

$$\left. \begin{array}{l} \langle BED \rangle \\ BEC \\ \overline{C} \equiv \overline{D} \end{array} \right\} \rightarrow \langle BCD \rangle [:\mathbf{K}], \quad \left. \begin{array}{l} \langle BCD \rangle \\ ABD \end{array} \right\} \rightarrow (ABC) [:\mathbf{J}]$$

und der Prämisse $\overline{(ABC)}$ ein Widerspruch. Daher also $\overline{(BED)}$. Weiterhin verwende man die folgende Beweisführung:

$$\left. \begin{array}{l} \overline{(BED)} \\ BEC \\ EFD \end{array} \right\} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} e G \\ BGD \\ \langle CFG \rangle \end{array} \right\} [:\mathbf{X}], \quad \left. \begin{array}{l} \langle CFG \rangle \\ AFC \end{array} \right\} \rightarrow (ACG) [:\mathbf{J}], \quad \left. \begin{array}{l} BGD \\ ABD \end{array} \right\} \rightarrow (ABG) [:\mathbf{J}],$$

also $\left. \begin{array}{l} \overline{(ABC)} \\ (ABG) \\ (ACG) \end{array} \right\} \rightarrow G \equiv A [:\mathbf{L}]$, womit aus BGD folgt BAD .

Aber BAD widerspricht nun der Prämisse $ABD [:\mathbf{D}]$; also kann EFD keinesfalls gültig sein.

¹² Zu vergl. Sarv, loc. cit., pag. 9 und Veblen, loc. cit., pag. 355.

2) Es gelte FDE . Betrachtet man dann die Punkte C , E und F , so ergibt sich:

$$\overline{BEC} \rightarrow \overline{C \equiv E} [:\mathbf{E}], \quad \overline{FDE} \rightarrow \overline{E \equiv F} [:\mathbf{F}], \quad \overline{AFC} \rightarrow \overline{F \equiv C} [:\mathbf{E}];$$

ferner gilt noch $\langle \overline{CEF} \rangle$, weil sonst $\left. \begin{array}{l} \langle \overline{CEF} \rangle \\ \overline{AFC} \\ \overline{A \equiv E} \end{array} \right\} \rightarrow \langle \overline{ACE} \rangle [:\mathbf{K}]$

und $\langle \overline{ACE} \rangle \left. \begin{array}{l} \overline{BEC} \end{array} \right\} \rightarrow \langle \overline{ABC} \rangle [:\mathbf{J}]$ folgen würde. Daher $\langle \overline{CEF} \rangle$.

Nun erhält man aus

$$\left. \begin{array}{l} \langle \overline{CEF} \rangle \\ \overline{CEB} \\ \overline{EDF} \end{array} \right\} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \overline{CHF} \\ \langle \overline{BDH} \rangle \end{array} \right. [:\mathbf{X}], \quad \langle \overline{BDH} \rangle \left. \begin{array}{l} \overline{ABD} \end{array} \right\} \rightarrow \langle \overline{ABH} \rangle [:\mathbf{J}],$$

$$\left. \begin{array}{l} \overline{CHF} \\ \overline{AFC} \end{array} \right\} \rightarrow \langle \overline{ACH} \rangle [:\mathbf{J}] \quad \text{und} \quad \left. \begin{array}{l} \langle \overline{ABC} \rangle \\ \langle \overline{ABH} \rangle \\ \langle \overline{ACH} \rangle \end{array} \right\} \rightarrow \overline{H \equiv A} [:\mathbf{L}]$$

wegen CHF schliesslich CAF , was der Annahme AFC widerspricht: $\overline{CAF} \rightarrow \overline{CFA} [:\mathbf{IV}]$, $\overline{CFA} \rightarrow \overline{AFC} [:\mathbf{C}]$.

$$\text{Satz M.} \quad \left. \begin{array}{l} \langle \overline{ABC} \rangle \\ \overline{ALB} \\ \overline{BMC} \\ \overline{CNA} \end{array} \right\} \rightarrow \overline{LMN}.$$

Beweis¹³. Zunächst notiere man folgende Tatsachen:

1. Die Punkte A , B , C , L , M und N sind alle voneinander verschieden. A , B und C sind voneinander verschieden wegen $\langle \overline{ABC} \rangle$. Wendet man auf die Prämissen den Satz **H** an, so folgt, dass auch die Punkte L , M und N voneinander verschieden sind. Jeder von ihnen muss seinerseits von A , B und C verschieden sein; für L ergibt sich dies aus

$$\overline{ALB} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \overline{A \equiv L} \\ \overline{L \equiv B} \end{array} \right. [:\mathbf{E}], \quad \langle \overline{ACB} \rangle \left. \begin{array}{l} \overline{ALB} \end{array} \right\} \rightarrow \overline{C \equiv L},$$

für M und N entsprechend aus $\left\{ \begin{array}{l} \overline{BMC} \\ \overline{BAC} \end{array} \right.$ und $\left\{ \begin{array}{l} \overline{CNA} \\ \overline{CBA} \end{array} \right.$.

2. $\langle \overline{ALN} \rangle$, $\langle \overline{BML} \rangle$, $\langle \overline{CNM} \rangle$. Denn $\langle \overline{ALN} \rangle$ würde mit $\left\{ \begin{array}{l} \overline{ALB} \\ \overline{CNA} \end{array} \right.$ zum Widerspruch gegen die erste Prämisse führen:

$$\left. \begin{array}{l} \langle \overline{ALN} \rangle \\ \overline{ALB} \\ \overline{N \equiv B} \end{array} \right\} \rightarrow \langle \overline{ANB} \rangle [:\mathbf{K}], \quad \langle \overline{ANB} \rangle \left. \begin{array}{l} \overline{CNA} \end{array} \right\} \rightarrow \langle \overline{ABC} \rangle [:\mathbf{J}].$$

Auf $\langle \overline{BML} \rangle$ mit $\left\{ \begin{array}{l} \overline{BMC} \\ \overline{ALB} \end{array} \right.$, bzw. auf $\langle \overline{CNM} \rangle$ mit $\left\{ \begin{array}{l} \overline{CNA} \\ \overline{BMC} \end{array} \right.$, ist genau dieselbe Schlussweise anwendbar.

¹³ Vgl. Veblen, loc. cit., pag. 356.

3. (\overline{ALN}) , (\overline{BML}) , (\overline{CNM}) . Folgen aus 1. und 2.

Nun kann man untersuchen, ob es möglich wäre, die Behauptung des Satzes durch ein Gegenbeispiel zu widerlegen. Bei einem solchen Gegenbeispiel müsste alles Bisherige gültig sein (weil die Prämissen unbedingt erfüllt sein müssten), ausserdem müsste der Behauptung entgegen (LMN) gelten; wegen der Tatsache 1 kann dabei nur $\langle LMN \rangle$ in Frage kommen.

Wäre dies LMN , so würde folgen:

$$\left. \begin{array}{l} (\overline{ALN}) \\ ALB \\ LMN \end{array} \right\} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} eP \\ APN \\ BMP \end{array} \right\} [: X^+]$$

und ferner, wegen

$$\left. \begin{array}{l} APN \\ CNA \end{array} \right\} \rightarrow (CAP) [: J], \quad \left. \begin{array}{l} BMP \\ BMC \end{array} \right\} \rightarrow (CBP) [: J] \quad \text{und} \quad \left. \begin{array}{l} (\overline{CAB}) \\ (CAP) \\ (CBP) \end{array} \right\} \rightarrow P \equiv C [: L],$$

aus APN notwendigerweise ACN . Aber ACN widerspricht der Prämisse CNA , daher ist LMN ausgeschlossen.

Genau dieselbe Schlussweise lässt sich für MNL mit $\left\{ \begin{array}{l} (\overline{BML}) \\ BMC \end{array} \right\}$, bzw. für NLM mit $\left\{ \begin{array}{l} (\overline{CNM}) \\ CNA \end{array} \right\}$, verwenden und führt zum Widerspruch gegen ALB , bzw. gegen BMC . Es kann also keine der Aussagen LMN , MNL und NLM richtig sein, folglich kann kein Gegenbeispiel erbracht werden, und der Satz ist bewiesen.

Satz N.
$$\left. \begin{array}{l} ACB \\ ABD \end{array} \right\} \rightarrow ACD.$$

Beweis. Man nehme zunächst zwei Punkte (E und F) hinzu, wie folgt:

$$ACB \rightarrow \overline{A \equiv B} [: F], \quad \overline{A \equiv B} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} eE \\ (\overline{ABE}) \end{array} \right\} [: IX], \quad \overline{E \equiv A} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} eF \\ \overline{F \equiv E} \\ EAF \end{array} \right\} [: II].$$

Ferner gewährleistet der Satz X^+ die Existenz zweier weiterer Punkte G und H folgendermassen:

$$\left. \begin{array}{l} (\overline{EAB}) \\ EAF \\ ACB \end{array} \right\} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} eG \\ EGB \\ FCG \end{array} \right\} [: X^+], \quad \left. \begin{array}{l} (\overline{ABE}) \\ ABD \\ BGE \end{array} \right\} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} eH \\ AHE \\ DGH \end{array} \right\} [: X^+];$$

die Punkte G und H genügen dabei der Bedingung (\overline{CGH}) , wie

man aus
$$\left. \begin{array}{l} (\overline{ABE}) \\ ACB \\ BGE \\ EHA \end{array} \right\} \rightarrow (\overline{CGH}) [: M]$$
 ersieht.

Nun betrachte man die Punkte H , G und F ; sie sind voneinander verschieden — $DGH \rightarrow H \equiv G$ [:E], $FCG \rightarrow F \equiv G$ [:F], $\overline{F} \equiv \overline{H}$ wegen $\left\{ \begin{array}{l} EAF \\ EHA \end{array} \right\}$ [:IV]. Ausserdem gilt $\langle \overline{HGF} \rangle$, da widrigenfalls $\langle HGF \rangle$ zu $\langle \overline{HGF} \rangle$ $\left\{ \begin{array}{l} HGF \\ FCG \end{array} \right\} \rightarrow (CGH)$ [:J] führen würde. So erhält man $\langle \overline{HGF} \rangle$ und kann auf folgende Weise vorgehen:

$$\left\{ \begin{array}{l} \overline{HGF} \\ HGD \\ GCF \end{array} \right\} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} eJ \\ HJF \\ DCJ \end{array} \right\} [:X^+].$$

Weiterhin lässt sich noch zeigen, dass der Punkt J mit A identisch sein muss: aus $\left\{ \begin{array}{l} \overline{ABE} \\ ACB \\ EHA \end{array} \right\}$ folgt $\langle \overline{ACH} \rangle$ genau nach demselben Gedankengang, wie die Tatsachen 3 beim Beweise des vorausgehenden Satzes; ferner

$$\left\{ \begin{array}{l} ACB \\ ABD \end{array} \right\} \rightarrow \overline{C} \equiv \overline{D} \text{ wegen IV, somit } \left\{ \begin{array}{l} ACB \\ ABD \\ \overline{C} \equiv \overline{D} \end{array} \right\} \rightarrow \langle ACD \rangle [:K],$$

resp. $\left\{ \begin{array}{l} EAF \\ EHA \end{array} \right\} \rightarrow \overline{F} \equiv \overline{H}$ wegen IV, somit $\left\{ \begin{array}{l} EAF \\ EHA \\ \overline{F} \equiv \overline{H} \end{array} \right\} \rightarrow \langle AHF \rangle [:K],$

folglich $\left\{ \begin{array}{l} HJF \\ \langle AHF \rangle \end{array} \right\} \rightarrow (AHJ)$ [:J], $\left\{ \begin{array}{l} DCJ \\ \langle ACD \rangle \end{array} \right\} \rightarrow (ACJ)$ [:J],

also, wie gesagt, $\left\{ \begin{array}{l} \overline{ACH} \\ (ACJ) \\ (AHJ) \end{array} \right\} \rightarrow J \equiv A$ [:L].

Dadurch geht DCJ in DCA , also nach III in ACD über, und der Satz ist bewiesen.

Satz V. $\left\{ \begin{array}{l} ACB \\ ABD \end{array} \right\} \rightarrow CBD.$

Beweis. Wäre die Behauptung des Satzes falsch, so müsste es mindestens ein Gegenbeispiel geben, also solche Punkte A , B , C und D , dass die Relation $\left\{ \begin{array}{l} ACB \\ ABD \\ \overline{CBD} \end{array} \right\}$ bestünde. Da aber $\left\{ \begin{array}{l} ACB \\ ABD \end{array} \right\} \rightarrow \overline{C} \equiv \overline{D}$ wegen IV und daher $\left\{ \begin{array}{l} ACB \\ ABD \end{array} \right\} \rightarrow \langle CBD \rangle$ [:K], so könnte bei diesem Gegenbeispiel nur entweder BDC oder DCB gelten.

1) BDC führt durch $\left\{ \begin{array}{l} BDC \\ BCA \end{array} \right\} \rightarrow BDA$ [:N] zum Widerspruch gegen die Prämisse ABD .

2) Es bleibt nur noch die Aussage DCB zu prüfen. Die Punkte E und F können hinzugenommen werden, ebenso wie beim Beweise des vorangehenden Satzes:

$$ABD \rightarrow \overline{A \equiv B} [:\text{E}], \overline{A \equiv B} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} e E \\ \overline{(ABE)} \end{array} \right\} [:\text{IX}], \text{ also } \overline{E \equiv A}, \text{ mithin} \\ \overline{E \equiv A} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} e F \\ \overline{E \equiv E} [:\text{II}^-] \\ EAF \end{array} \right\}.$$

Es zeigt sich nun, dass dabei $\overline{(EAD)}$ und $\overline{(BDE)}$ gelten müssen; in der Tat, die Punkte A, B, D und E sind voneinander verschieden — A, B und E sind es wegen $\overline{(ABE)}$, D ist von A und B verschieden wegen ABD , und schliesslich D von E verschieden wegen $\left\{ \begin{array}{l} \overline{(ABE)} \\ ABD \end{array} \right\}$ —, dass aber $\langle EAD \rangle$ und $\langle BDE \rangle$ sicherlich unmöglich sind, ersieht man entsprechend aus $\langle \overline{EAD} \rangle \rightarrow (ABE) [:\text{J}]$ und $\langle \overline{BDE} \rangle \rightarrow (ABE) [:\text{J}]$.

Beachtet man noch, dass $\overline{ACB} \rightarrow ACD [:\text{N}]$, so ergibt sich einerseits:

$$\left\{ \begin{array}{l} \overline{(EAB)} \\ EAF \\ ACB \end{array} \right\} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} e G \\ \overline{EGB} [:\text{X}^+] \\ FCG \end{array} \right\}, \left\{ \begin{array}{l} \overline{(EAD)} \\ EAF \\ ACD \end{array} \right\} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} e H \\ \overline{EHD} [:\text{X}^+] \\ FCH \end{array} \right\}, \left\{ \begin{array}{l} FCH \\ FCG \end{array} \right\} \rightarrow (CHG) [:\text{J}],$$

und andererseits:
$$\left\{ \begin{array}{l} \overline{(BDE)} \\ BCD \\ DHE \\ EGB \end{array} \right\} \rightarrow \overline{(CHG)} [:\text{M}].$$

Somit ist man zu folgendem Ergebnis gelangt: wenn es solche Punkte A, B, C und D gäbe, die der Bedingung $\left\{ \begin{array}{l} ACB \\ ABD \\ DCB \end{array} \right\}$ genügten, so könnte man sofort solche Punkte H und G angeben, dass die Bedingung $\left\{ \begin{array}{l} (CHG) \\ (CHG) \end{array} \right\}$ erfüllt wäre; folglich kann die Relation $\left\{ \begin{array}{l} ACB \\ ABD \\ DCB \end{array} \right\}$ nie bestehen, und der Satz ist bewiesen.

Die übrigen drei Sätze VI, VII und VIII können nun Wort für Wort so bewiesen werden, wie es im vorigen Paragraphen bei der zweiten Variante geschah¹⁴; denn alles,

¹⁴ Man könnte aber ebensogut anstatt der Sätze N und V die Sätze VI und VII beweisen und dann zu der ersten Variante übergehen. Die Beweise von VI und VII, die man z. B. bei Veblen, loc. cit., pag. 356 & seq. (Lemmata 1 und 2 von Theorem 9) findet, lassen sich auch hier mit geringen Änderungen verwenden, obwohl sie dort von einem anderen Axiomensystem ausgehend geführt worden sind.

was bei diesen Beweisen benutzt wurde, hat man auch jetzt: **F** und **V** sind deduziert worden, das Axiom \mathbf{II}^- gewährleistet die Gültigkeit der Aussage \mathbf{II}^{--} und das Axiom **Q** diejenige von **P**. Damit ist der zweite Teil der gestellten Aufgabe erledigt und die Äquivalenz des verkürzten Axiomensystems mit dem Sarv'schen System erwiesen.

Aus der eben besprochenen Verkürzungsmöglichkeit folgt sehr einfach noch eine andere, die ich hier angeben will. Es geht nämlich das am Anfang dieses Paragraphen aufgestellte Axiomensystem \mathbf{II}^- , **III**, **IV**, **Q**, **IX** und \mathbf{X}^- in ein äquivalentes System über, wenn man \mathbf{II}^- durch

$$\mathbf{II}^{--}. \overline{A \equiv B} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} e C \\ ABC \end{array} \right.$$

und gleichzeitig **Q** durch

$$\mathbf{R}. \left\{ \begin{array}{l} \langle ABC \rangle \\ \langle ABD \rangle \end{array} \right\} \rightarrow (CDA)$$

$$[\text{oder durch } \mathbf{R}'. \left. \left. \left. \begin{array}{l} ABC \\ BCA \\ \langle ABD \rangle \end{array} \right\} \rightarrow (CDA) \text{ oder } \mathbf{R}'' . \left. \left. \left. \begin{array}{l} BCA \\ \langle ABD \rangle \\ ABC \\ ABD \\ DAB \end{array} \right\} \right\} \rightarrow (CDA)]$$

ersetzt; das System \mathbf{II}^{--} , **III**, **IV**, **R**, **IX** und \mathbf{X}^- ist also ebenfalls mit dem System der Grundsätze **II** bis **X** von Sarv äquivalent.

Zum Nachweis, dass die Sätze \mathbf{II}^{--} und **R**, bezogen auf das System \mathbf{II}^- , **III**, **IV**, **Q**, **IX** und \mathbf{X}^- , richtige, also beweisbare Sätze sind, genügt folgendes zu bemerken: \mathbf{II}^{--} ist eine Folge von \mathbf{II}^- allein; die Behauptung $\left\{ \begin{array}{l} \langle ABC \rangle \\ \langle ABD \rangle \end{array} \right\} \rightarrow (ACD)$ ist bereits als Satz **J** bewiesen worden, die Relation (ABD) an sich enthält aber ausser $\langle ABD \rangle$ noch die Fälle $A \equiv B$, $B \equiv D$ und $D \equiv A$; von diesen fällt der erste nach den Sätzen **E** und **F** wegen der Prämisse $\langle ABC \rangle$ weg, im dritten Falle ergibt sich (CDA) trivialerweise aus der Definition und im zweiten Falle aus der Prämisse $\langle ABC \rangle$ unter Anwendung von **III**:

$$\left\{ \begin{array}{l} \langle ABC \rangle \\ B \equiv D \end{array} \right\} \rightarrow \langle ADC \rangle, \langle ADC \rangle \rightarrow \langle CDA \rangle [:\mathbf{III}], \langle CDA \rangle \rightarrow (CDA) [\text{per def.}].$$

Andererseits habe ich zu zeigen, dass die Sätze \mathbf{II}^{--} und **Q** aus \mathbf{II}^- , **R** und den übrigen Axiomen deduzierbar sind.

Q ist, wie leicht ersichtlich, eine Folge von **R** allein. Was aber den Satz **II**⁻ anbelangt, so gilt er als bewiesen, sobald man den Satz **F** verifiziert hat. Der folgende

Beweis von Satz **F**. $ABC \rightarrow \overline{A} \equiv C$ stützt sich nur auf die Axiome **IV**, **R** und **IX**. Bei jedem Gegenbeispiel $\left\{ \begin{matrix} LMN \\ L=N \end{matrix} \right\}$ würde folgen für einen beliebigen Punkt X :

$$L \equiv N \rightarrow (NLX) \text{ [per def.], } LMN \rightarrow \langle NLM \rangle \text{ [per def.],}$$

$$\left\{ \begin{matrix} \langle NLM \rangle \\ (NLX) \end{matrix} \right\} \rightarrow (MXN) \text{ [:R], } (MXN) \rightarrow (NMX) \text{ [per def.].}$$

Da aber andererseits

$$LMN \rightarrow \overline{N} \equiv M \text{ wegen IV, und } N \equiv M \rightarrow \left\{ \begin{matrix} e P \\ (\overline{NMP}) \end{matrix} \right\} \text{ [:IX],}$$

so kann (NMX) schon für $X = P$ nicht mehr gelten; somit ist jedes Gegenbeispiel unmöglich und der Satz **F** bewiesen.

Dass die Aussagen **R'** und **R''**, an Stelle von **R** gesetzt, wiederum zu äquivalenten Systemen führen, ersieht man daraus, dass 1) **R'** eine Folge von **R** bzw. **R''** eine Folge von **R'** allein ist und 2) **R** aus **R'** und **III** bzw. **R'** aus **R''**, **III** und **IV** deduziert werden kann, wie im nachstehenden gezeigt wird.

Für den einzigen in **R'** fehlenden, aber in **R** enthaltenen Fall $\left\{ \begin{matrix} CAB \\ (ABD) \end{matrix} \right\}$ ergibt sich (CDA) aus **R'** mit Hilfe von **III** allein:

$$CAB \rightarrow BAC \text{ [:III], } (ABD) \rightarrow (DBA) \text{ [:III], } (DBA) \rightarrow (BAD) \text{ [per def.],}$$

$$\left\{ \begin{matrix} BAC \\ (BAD) \end{matrix} \right\} \rightarrow (CDB) \text{ [:R'], } (CDB) \rightarrow (BDC) \text{ [:III], } (BDC) \rightarrow (CBD) \text{ [per def.],}$$

$$\left\{ \begin{matrix} BAC \\ (CBD) \end{matrix} \right\} \rightarrow (ADC) \text{ [:R'], } (ADC) \rightarrow (CDA) \text{ [:III].}$$

Und schliesslich sind es nur die vier Fälle

$$\left\{ \begin{matrix} ABC \\ BDA \end{matrix} \right\}, \left\{ \begin{matrix} ABC \\ A \equiv B \end{matrix} \right\}, \left\{ \begin{matrix} ABC \\ B \equiv D \end{matrix} \right\} \text{ und } \left\{ \begin{matrix} ABC \\ D \equiv A \end{matrix} \right\},$$

die in **R'** mitgezählt sind, aber in **R''** fehlen; von diesen fällt der zweite wegen der Axiome **III** und **IV** weg; im ersten Falle erhält man (CDA) mit Hilfe von **R''** und **III**:

$$\left\{ \begin{matrix} BDA \\ ABC \end{matrix} \right\} \rightarrow (DCA) \text{ [:R''], } (DCA) \rightarrow (ACD) \text{ [:III], } (ACD) \rightarrow (CDA) \text{ [per def.],}$$

und im dritten Falle aus **III** allein:

$$\left\{ \begin{matrix} ABC \\ B=D \end{matrix} \right\} \rightarrow ADC, ADC \rightarrow CDA \text{ [:III], } CDA \rightarrow (CDA) \text{ [per def.];}$$

der vierte Fall aber ist trivial:

$$D \equiv A \rightarrow (CDA) \text{ [per def.].}$$

Schlussbemerkungen.

Die in betreff des Sarvschen Systems erhaltenen Ergebnisse lauten:

1) der Grundsatz **VIII** ist aus seinen übrigen Grundsätzen deduzierbar;

2) im System der linearen Grundsätze enthält ausserdem noch der fünfte Grundsatz einige beweisbare Aussagen;

3) im System der linearen und ebenen Axiome sind die Grundsätze **II** und **X** schon in einer schwächeren Fassung hinreichend; zudem können die vier Grundsätze **V**, **VI**, **VII** und **VIII** durch ein einziges Axiom ersetzt werden¹⁵.

Über die von Nuut vorgeschlagenen Axiome *A* und *B* kann man daher sagen:

1) sein Axiom *A* bedarf der Einschränkung $\overline{c \equiv d}$, sonst ist es nicht allgemein gültig¹⁶; dies Axiom zerfällt eigentlich (gemäss der von Nuut benutzten Definition des kollinearen Punktripels) in 36 Aussagen, von denen 31 aus den übrigen fünf (ohne Benutzung des Axioms *B*) deduzierbar sind; der von Nuut erbrachte Unabhängigkeitsbeweis¹⁷ gilt für *A* als für eine Aussagengruppe in bezug auf die Aussagen **II**, **III**, **IV** und *B*;

¹⁵ Der bei Sarv — op. cit., pag. 3 (Zeilen 6 bis 8 von oben im Text) — gesperrt gedruckte Satz „Wenn unter vier Punkten zwei Tripel so beschaffen sind, dass in beiden je ein Punkt zwischen zwei anderen liegt, so sieht man, dass dort die übrigen Tripel von derselben Beschaffenheit sind“, als Postulat aufgenommen, vermag die Vierpunktaxiome **V** bis **VIII** schon völlig zu ersetzen, enthält aber selber noch beweisbare Behauptungen.

¹⁶ Dass die Benutzung des Axioms *A* im Falle $\overline{c \equiv d}$ nicht statthaft ist, ersieht man aus folgendem: im Beweise von Satz **F** (pag. 13 u. 14) kann man das Axiom **Q** ohne weiteres durch *A* ersetzen, aus *A* folgt aber schon mit Hilfe der Sätze **E** und **F** notwendigerweise $\overline{c \equiv d}$.

¹⁷ Derselbe Gedankengang lässt sich natürlich auch auf das Postulat **Q** resp. **R** übertragen.

2) N u u t s Axiom B ist aus den übrigbleibenden fünf Aussagen von A und den Axiomen **II**, **III**, **IV**, **IX** und **X** beweisbar¹⁸;

3) die erwähnten Umstände vermindern keineswegs den Wert von A (mit der Einschränkung $c \equiv d$) und B als von zwei kurz formulierbaren, leicht memorierbaren und bequem verwendbaren Sätzen (die sehr häufige Verwendbarkeit von A ist ja durch die grosse Anzahl der darin enthaltenen Aussagen bedingt).

Das Veblen'sche Axiomensystem betreffend möchte ich noch folgendes bemerken:

1) das Axiom V von Veblen bedarf nur einer kleinen Ergänzung (wodurch es in das als **II**⁻ bezeichnete Axiom der vorliegenden Abhandlung übergeht), um sein Axiom IV beweisbar zu machen¹⁹; sein Axiom VI, das in unserer Ausdrucksweise und gemäss unseren Definitionen folgendermassen lautet:

$$\left. \begin{array}{l} \overline{A \equiv B} \\ (ABC) \\ (ABD) \\ \overline{C \equiv D} \end{array} \right\} \rightarrow (CDA),$$

besteht (ausser den sechs trivialen Fällen $C \equiv A$, $C \equiv B$, $D \equiv A$, $D \equiv B$, $\left\{ \begin{array}{l} C \equiv A \\ D \equiv B \end{array} \right.$ und $\left\{ \begin{array}{l} C \equiv B \\ D \equiv A \end{array} \right.$) aus neun Aussagen, von denen vier beweisbar, also überflüssig sind²⁰;

2) wenn man aber sein Axiom VI durch das einfacher formulierbare Postulat **R** ersetzt, auch dann wird sein Axiom IV beweisbar und kann (und muss folglich) weggelassen werden.

Durch die angeführten Erwägungen hat sich also herausgestellt, dass ein kürzeres System von linearen und planaren Axiomen als das Sarv'sche (**I** bis **X**) bzw. das Veblen'sche (**I** bis **VIII**), welches dabei mit den beiden äquivalent ist und

¹⁸ Dass die Sarv'schen Vierpunktsätze aus den genannten Postulaten deduzierbar sind, haben wir gesehen; wie sich der Nuut'sche Satz B seinerseits aus den Vierpunktsätzen deduzieren lässt, das findet man bei Nuut, op. cit., pag. 9.

¹⁹ Näheres dazu in Fussnote 14.

²⁰ Das Axiomensystem von Veblen tritt in einer etwas modifizierten Form bei O. Veblen and J. W. Young auf: Projective Geometry, vol. II, Boston 1918, pag. 60. Die obige Bemerkung kann ebenfalls auf dies spätere System bezogen werden, und zwar betrifft sie die dortigen Axiome I, III und V.

ebenso einfach zu handhaben wie das letztgenannte, etwa folgendermassen lauten könnte²¹:

$$\begin{array}{ll}
 1. \quad e A \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} e B \\ \overline{A \equiv B} \end{array} \right. & 5.^{22} \quad \left\{ \begin{array}{l} \langle ABC \rangle \\ (ABD) \end{array} \right\} \rightarrow (CDA) \\
 2. \quad \overline{A \equiv B} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} e C \\ ABC \end{array} \right. & 6.^{23} \quad \overline{A \equiv B} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} e C \\ (ABC) \end{array} \right. \\
 3. \quad ABC \rightarrow CBA & 7. \quad \left\{ \begin{array}{l} (ABC) \\ ABD \\ BEC \end{array} \right\} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} e F \\ AFC. \\ (DEF) \end{array} \right. \\
 4. \quad ABC \rightarrow ACB &
 \end{array}$$

²¹ Wegen der Definitionen sei auf die Einleitung hingewiesen.

²² Die im letzten Absatz von § 2 erörterten Fälle, die durch 5 und die vorangehenden Axiome (3 und 4) doppelt bestimmt sind (worüber man sich allerdings klar sein soll!), ebenso wie einige unnötige triviale Fälle können aus diesem Axiom beseitigt werden — jedoch auf Kosten der Kürze und Übersichtlichkeit der Formulierung.

²³ Dass das Axiom 6 mit dem Axiom VII von Veblen völlig äquivalent, im Gebrauch aber viel bequemer ist, lässt sich fast unmittelbar einsehen; die Äquivalenz der beiden hat übrigens R. L. Moore gezeigt: *Transactions of the American Math. Soc.* **13** (1912), pag. 75.

Eelmiste köidete sisu. — Contenu des volumes précédents.

A I (1921). **1.** A. Paldrock. Ein Beitrag zur Statistik der Geschlechtskrankheiten in Dorpat während der Jahre 1909—1918. — **2.** K. Väisälä. Verallgemeinerung des Begriffes der Dirichletschen Reihen. — **3.** C. Schlossmann. Hapete mõju kolloiidide peale ja selle tähtsus patoloogias. (L'action des acides sur les colloïdes et son rôle dans la pathologie.) — **4.** K. Regel. Statistische und physiognomische Studien an Wiesen. Ein Beitrag zur Methodik der Wiesenuntersuchung. — **5.** H. Reichenbach. Notes sur les microorganismes trouvés dans les pêches planctoniques des environs de Covda (gouv. d'Archangel) en été 1917. — **Misc.** F. Bucholtz. Der gegenwärtige Zustand des Botanischen Gartens zu Dorpat und Richtlinien für die Zukunft.

A II (1921). **1.** H. Bekker. The Kuckers stage of the ordovician rocks of NE Estonia. — **2.** C. Schlossmann. Über die Darmspirochäten beim Menschen. — **3.** J. Letzmann. Die Höhe der Schneedecke im Ostbaltischen Gebiet. — **4.** H. Kaho. Neutraalsoolade mõjust ultramaximum-temperatuuri peale *Tradescantia zebrina* juures. (Über den Einfluss der Neutralsalze auf die Temperatur des Ultramaximums bei *Tradescantia zebrina*.)

A III (1922). **1.** J. Narbutt. Von den Kurven für die freie und die innere Energie bei Schmelz- und Umwandlungsvorgängen. — **2.** A. Томсонъ (A. Thomson). Значение аммонійныхъ солей для питания высшихъ культурныхъ растений. (Der Wert der Ammonsalze für die Ernährung der höheren Kulturpflanzen.) — **3.** E. Blessig. Ophthalmologische Bibliographie Russlands 1870—1920. I. Hälfte (S. I—VII und 1—96). — **4.** A. Lüüs. Ein Beitrag zum Studium der Wirkung künstlicher Wildunger Helenenquellensalze auf die Diurese nierenkranker Kinder. — **5.** E. Öpik. A statistical method of counting shooting stars and its application to the Perseid shower of 1920. — **6.** P. N. Kogerman. The chemical composition of the Estonian M.-Ordovician oil-bearing mineral „Kukersite“. — **7.** M. Wittlich und S. Weshnjakow. Beitrag zur Kenntnis des estländischen Ölschiefers, genannt Kukersit. — **Misc.** J. Letzmann. Die Trombe von Odenpäh am 10. Mai 1920.

A IV (1922). **1.** E. Blessig. Ophthalmologische Bibliographie Russlands 1870—1920. II. Hälfte (S. 97—188). — **2.** A. Valdes. Glükogeeni hulka vähendavate tegurite mõju üle südame spetsiifilise lihassüsteemi glükogeeni peale. (Über den Einfluss der die Glykogenmenge vermindernden Faktoren auf das Glykogen des spezifischen Muskelsystems des Herzens.) — **3.** E. Öpik. Notes on stellar statistics and stellar evolution. — **4.** H. Kaho. Raskemetallsoolade kihvtisusest taimeplasma kohta. (Über die Schwermetallgiftwirkung in bezug auf das Pflanzenplasma.) — **5.** J. Piiper und M. Härms. Der Kiefernkreuzschnabel der Insel Ösel *Loxia pityopsittacus estiae* subsp. nov. — **6.** L. Poska-Teiss. Zur Frage über die vielkernigen Zellen des einschichtigen Plattenepithels.

A V (1924). 1. E. Öpik. Photographic observations of the brightness of Neptune. Method and preliminary results. — 2. A. L ü ü s. Ergebnisse der Krüppelkinder-Statistik in Eesti. — 3. C. Sch loss m a n n. Culture in vitro des protozoaires de l'intestin humain. — 4. H. K a h o. Über die physiologische Wirkung der Neutralsalze auf das Pflanzenplasma. — 5. Y. K a u k o. Beiträge zur Kenntnis der Torfzersetzung und Vertorfung. — 6. A. T a m m e k a n n. Eesti diktüoneema-kihi uurimine tema tekkimise, vanaduse ja levimise kohta. (Untersuchung des Dictyonema-Schiefers in Estland nach Entstehung, Alter und Verbreitung.) — 7. Y. K a u k o. Zur Bestimmung des Veriorfungsgrades. — 8. N. W e i d e r p a s s. Eesti piparmündi-öli (*Oleum menthe esthicum*). (Das estnische Pfefferminzöl.)

A VI (1924). 1. H. Bekker. Mõned uued andmed Kukruse lademe stratigraafia ja faunast. (Stratigraphical and paleontological supplements on the Kukruse stage of the ordovician rocks of Eesti (Estonia).) — 2. J. Wilip. Experimentelle Studien über die Bestimmung von Isothermen und kritischen Konstanten. — 3. J. Letzmann. Das Bewegungsfeld im Fuss einer fortschreitenden Wind- oder Wasserhose. — 4. H. Scupin. Die Grundlagen paläogeographischer Karten. — 5. E. Öpik. Photometric measures on the moon and the earth-shine. — 6. Y. K a u k o. Über die Vertorfungswärme. — 7. Y. K a u k o. Eigentümlichkeiten der H_2O - und CO_2 -Gehalte bei der unvollständigen Verbrennung. — 8. M. Tilzen und Y. K a u k o. Die wirtschaftlichen Möglichkeiten der Anwendung von Spiritus als Brennstoff. — 9. M. Wittlich. Beitrag zur Untersuchung des Öles aus estländischem Ölschiefer. — 10. J. Wilip. Emergenzwinkel, Unstetigkeitsflächen, Laufzeit. — 11. H. Scupin. Zur Petroleumfrage in den baltischen Ländern. — 12. H. Richter. Zwei Grundgesetze (Funktion- und Strukturprinzip) der lebendigen Masse.

A VII (1925). 1. J. Vilms. Kõhreglükogeeni püsivusest mõneste suguste glükogeeni vähendavate tegurite puhul. (Über die Stabilität des Knorpelglykogens unter verschiedenen das Glykogen zum Verschwinden bringenden Umständen.) — 2. E. Blessig. Ophthalmologische Bibliographie Russlands 1870—1920. Nachtrag. — 3. O. Kuriks. Trachoma Eestis (eriti Tartus) möödunud ajal ja praegu. (Das Trachom in Estland (insbesondere in Dorpat) einst und jetzt.) — 4. A. Brandt. Sexualität. Eine biologische Studie. — 5. M. Haltenberger. Gehört das Baltikum zu Ost-, Nord- oder zu Mitteleuropa? — 6. M. Haltenberger. Recent geographical work in Estonia.

A VIII (1925). 1. H. Jaakson. Sur certains types de systèmes d'équations linéaires à une infinité d'inconnues. Sur l'interpolation. — 2. K. Frisch. Die Temperaturabweichungen in Tartu (Dorpat) und ihre Bedeutung für die Witterungsprognose. — 3. O. Kuriks Muutused leeprahaigete silmas Eesti leprosooriumide haigete läbivaatamise põhjal. (Die Lepra des Auges.) — 4. A. Paldrock. Die Senkungsreaktion und ihr praktischer Wert. — 5. A. Öpik. Beiträge zur Kenntnis der Kukruse- (C_2) -Stufe in Eesti. I. — 6. M. Wittlich. Einiges über den Schwefel im estländischen Ölschiefer (Kukersit)

und dessen Verschmelgungsprodukten. — 7. H. Kaho. Orientierende Versuche über die stimulierende Wirkung einiger Salze auf das Wachstum der Getreidepflanzen. I.

A IX (1926). 1. E. Krahn. Über Minimaleigenschaften der Kugel in drei und mehr Dimensionen. — 2. A. Mieler. Ein Beitrag zur Frage des Vorrückens des Peipus an der Embachmündung und auf der Peipusinsel Pirisaar in dem Zeitraum von 1682 bis 1900. — 3. M. Haltenberger. Der wirtschaftsgeographische Charakter der Städte der Republik Eesti. — 4. J. Rumma. Die Heimatforschung in Eesti. — 5. M. Haltenberger. Der Stand des Aufnahme- und Kartenwesens in Eesti. — 6. M. Haltenberger. Landeskunde von Eesti. I. — 7. A. Tammekann. Die Oberflächengestaltung des nordostestländischen Küstentafellandes. — 8. K. Frisch. Ein Versuch das Embachhochwasser im Frühling für Tartu (Dorpat) vorherzubestimmen.

A X (1926). 1. M. Haltenberger. Landeskunde von Eesti. II—III. — 2. H. Scupin. Alter und Herkunft der ostbaltischen Solquellen und ihre Bedeutung für die Frage nach dem Vorkommen von Steinsalz im baltischen Obersilur. — 3. Th. Lippmaa. Floristische Notizen aus dem Nord-Altai nebst Beschreibung einer neuen *Cardamine*-Art aus der Sektion *Dentaria*. — 4. Th. Lippmaa. Pigmenttypen bei Pteridophyta und Anthophyta. I. Allgemeiner Teil. — 5. E. Pipenberg. Eine städtemorphographische Skizze der estländischen Hafentstadt Pärnu (Pernau). — 6. E. Spohr. Über das Vorkommen von *Sium erectum* Huds. und *Lemna gibba* L. in Estland und über deren nordöstliche Verbreitungsgrenzen in Europa. — 7. J. Wilip. On new precision-seismographs.

A XI (1927). 1. Th. Lippmaa. Pigmenttypen bei Pteridophyta und Anthophyta. II. Spezieller Teil. — 2. M. Haltenberger. Landeskunde von Eesti. IV—V. — 3. H. Scupin. Epirogenese und Orogenese im Ostbaltikum. — 4. K. Schlossmann. Mikroorganismide kui bioloogiliste reaktiivide tähtsusest keemias. (Le rôle des ferments microbiens dans la chimie.) — 5. J. Sarv. Ahmese geometrilised joonised. (Die geometrischen Figuren des Ahmes.) — 6. K. Jaanson-Orviku. Beiträge zur Kenntnis der Aseri- und der Tallinna-Stufe in Eesti. I.

A XII (1927). 1. E. Reinwaldt. Beiträge zur Muriden-Fauna Estlands mit Berücksichtigung der Nachbargebiete. — 2. A. Öpik. Die Inseln Odensholm und Rogö. Ein Beitrag zur Geologie von NW-Estland. — 3. A. Öpik. Beiträge zur Kenntnis der Kukruse-(C₂-)Stufe in Eesti. II. — 4. Th. Lippmaa. Beobachtungen über durch Pilzinfektion verursachte Anthocyaninbildung. — 5. A. Laur. Die Titration des Ammoniumhydrosulfides mit Ferricyankalium. — 6. N. King. Über die rhythmischen Niederschläge von PbJ₂, Ag₂CrO₄ und AgCl im kapillaren Raume. — 7. P. N. Kogerman and J. Kranig. Physical constants of some alkyl carbonates. — 8. E. Spohr. Über brunsterzeugende Stoffe im Pflanzenreich. Vorläufige Mitteilung.

A XIII (1928). 1. J. Sarw. Zum Beweis des Vierfarbensatzes. — 2. H. Scupin. Die stratigraphische Stellung der Devonschichten im Südosten Estlands. — 3. H. Perlitz. On the parallelism between

the rate of change in electric resistance at fusion and the degree of closeness of packing of metallic atoms in crystals. — 4. K. Frisch. Zur Frage der Luftdruckperioden. — 5. J. Port. Untersuchungen über die Plasmakoagulation von *Paramaecium caudatum*. — 6. J. Sarw. Direkte Herleitung der Lichtgeschwindigkeitsformeln. — 7. K. Frisch. Zur Frage des Temperaturanstiegens im Winter. — 8. E. Spohr. Über die Verbreitung einiger bemerkenswerter und schutzbedürftiger Pflanzen im Ostbaltischen Gebiet. — 9. N. Rägo. Beiträge zur Kenntnis des estländischen Dictyonemaschiefers. — 10. C. Schlossmann. Études sur le rôle de la barrière hémato-encéphalique dans la genèse et le traitement des maladies infectieuses. — 11. A. Öpik. Beiträge zur Kenntnis der Kukruse-(C₂-C₃-)Stufe in Eesti. III.

A XIV (1929). 1. J. Rives. Über die histopathologischen Veränderungen im Zentralnervensystem bei experimenteller Nebenniereninsuffizienz. — 2. W. Wadi. Kopsutuberkuloosi areng ja kliinilised vormid. (Der Entwicklungsgang und die klinischen Formen der Lungentuberkulose.) — 3. E. Markus. Die Grenzverschiebung des Waldes und des Moores in Alatskivi. — 4. K. Frisch. Zur Frage über die Beziehung zwischen der Getreideernte und einigen meteorologischen Faktoren in Eesti.

A XV (1929). 1. A. Nõmmik. The influence of ground limestone on acid soils and on the availability of nitrogen from several mineral nitrogenous fertilizers. — 2. A. Öpik. Studien über das estnische Unterkambrium (Estonium). I—IV. — 3. J. Nuut. Über die Anzahl der Lösungen der Vierfarbenaufgabe. — 4. J. Nuut. Über die Vierfarbenformel. — 5. J. Nuut. Topologische Grundlagen des Zahlbegriffs. — 6. Th. Lippmaa. Pflanzenökologische Untersuchungen aus Norwegisch- und Finnisch-Lappland unter besonderer Berücksichtigung der Lichtfrage.

A XVI (1930). 1. A. Paris. Über die Hydratation der Terpene des Terpentins zu Terpinhydrat durch Einwirkung von Mineralsäuren. — 2. A. Laur. Die Anwendung der Umschlagselektroden bei der potentiometrischen Massanalyse. Die potentiometrische Bestimmung des Kaliums. — 3. A. Paris. Zur Theorie der Strömungsdoppelbrechung. — 4. O. Kuriks. Pisarate toimest silma mikrofloorasse. (Über die Wirkung der Tränen auf die Mikroflora des Auges.) — 5. K. Orviku. Keskevoni põhikihid Eestis. (Die untersten Schichten des Mitteldevons in Eesti.) — 6. J. Kopwille. Über die thermale Zersetzung von estländischem Ölschiefer Kukersit.

A XVII (1930). 1. A. Öpik. Brachiopoda Protremata der estländischen ordovizischen Kukruse-Stufe. — 2. P. W. Thomson. Die regionale Entwicklungsgeschichte der Wälder Estlands.

A XVIII (1930). 1. G. Vilberg. Erneuerung der Loodvegetation durch Keimlinge in Ost-Harrien (Estland). — 2. A. Parts. Über die Neutralsalzwirkung auf die Geschwindigkeit der Ionenreaktionen. — 3. Ch. R. Schlossmann. On two strains of yeast-like organisms cultured from diseased human throats. — 4. H. Richter. Die Relation zwischen Form und Funktion und das teleologische Prinzip in den Naturphänomenen. — 5. H. Arro. Die Metalloxyde als photo-

chemische Sensibilatoren beim Bleichen von Methyleneblaulösung. — **6.** A. Luha. Über Ergebnisse stratigraphischer Untersuchungen im Gebiete der Saaremaa-(Ösel-)Schichten in Eesti (Unterösel und Eurypteruschichten). — **7.** K. Frisch. Zur Frage der Zyklonenvertiefung. — **8.** E. Markus. Naturkomplexe von Alatskivi.

A XIX (1931). **1.** J. Udelt. Über das Blutbild Trachomkranker. — **2.** A. Öpik. Beiträge zur Kenntnis der Kukruse-(C₂-C₃-)Stufe in Eesti. IV. — **3.** H. Liedemann. Über die Sonnenscheindauer und Bewölkung in Eesti. — **4.** J. Sarw. Geometria alused. (Die Grundlagen der Geometrie.)

A XX (1931). **1.** J. Kuusk. Glüaufschliessung der Phosphorite mit Kieselsäure zwecks Gewinnung eines citrallöslichen Düngmittels. — **2.** U. Karell. Zur Behandlung und Prognose der Luxationsbrüche des Hüftgelenks. — **3.** A. Laur. Beiträge zur Kenntnis der Reaktion des Zinks mit Kaliumferrocyanid. I. — **4.** J. Kuusk. Beitrag zur Kalisalzgewinnung beim Zementbrennen mit besonderer Berücksichtigung der estländischen K-Mineralien. — **5.** L. Rinne. Über die Tiefe der Eisbildung und das Auftauen des Eises im Niedermoor. — **6.** J. Wilip. A galvanometrically registering vertical seismograph with temperature compensation. — **7.** J. Nuut. Eine arithmetische Analyse des Vierfarbenproblems. — **8.** G. Barkan. Dorpats Bedeutung für die Pharmakologie. — **9.** K. Schlossmann. Vanaduse ja surma mõistetest ajakohaste bioloogiliste andmete alusel. (Über die Begriffe Alter und Tod auf Grund der modernen biologischen Forschung.)

A XXI (1931). **1.** N. Kwaschnin-Ssamarin. Studien über die Herkunft des osteuropäischen Pferdes. — **2.** U. Karell. Beitrag zur Ätiologie der arteriellen Thrombosen. — **3.** E. Krahn. Über Eigenschwingungszahlen freier Platten. — **4.** A. Öpik. Über einige Karbonatgesteine im Glazialgeschiebe NW-Estlands. — **5.** A. Thomson. Wasserkulturversuche mit organischen Stickstoffverbindungen, angestellt zur Ermittlung der Assimilation ihres Stickstoffs von seiten der höheren grünen Pflanze.

A XXII (1932). **1.** U. Karell. An observation on a peculiarity of the cardiac opening reflex in operated cases of cardiospasmus. — **2.** E. Krahn. Die Wahrscheinlichkeit der Richtigkeit des Vierfarbensatzes. — **3.** A. Audova. Der wirkliche Kampf ums Dasein. — **4.** H. Perlitz. Abstandsänderungen nächster Nachbaratome in einigen Elementen und Legierungen bei Umordnung aus der kubischen flächenzentrierten Anordnung in die kubische raumzentrierte oder die hexagonale dichteste Anordnung.

A XXIII (1932). **1.** J. Port. Untersuchungen über die Wirkung der Neutralsalze auf das Keimlingswachstum bezüglich der Abhängigkeit von ihrer Konzentration. — **2.** E. Markus. Chorogenese und Grenzverschiebung. — **3.** A. Öpik. Über die Plectellinen. — **4.** J. Nuut. Einige Bemerkungen über Vierpunktaxiome. — **5.** K. Frisch. Die Veränderungen der klimatischen Elemente nach den meteorologischen Beobachtungen von Tartu 1866—1930.

A XXIV (1933). **1.** M. Gross. In der Butter vorkommende Sprosspilze und deren Einwirkung auf die Butter. — **2.** H. Perlitz. Bemerkungen zu den Regeln über Valenzelektronenkonzentrationen in

binären intermetallischen Legierungen. — 3. A. Öpik. Über *Scolithus* aus Estland. — 4. T. Lippmaa. Aperçu général sur la végétation autochtone du Lautaret (Hautes-Alpes). — 5. E. Markus. Die süd-östliche Moorbucht von Lauge. — 6. A. Sprantsman. Über Herstellung makroskopischer Thalliumkristalle durch Elektrolyse. — 7. A. Öpik. Über Plectamboniten.

A XXV (1933). 1. A. Öpik. Über einige Dalmanellacea aus Estland. — 2. H. Richter. Ergänzungen zu: „Die Relation zwischen Form und Funktion und das teleologische Prinzip in den Naturphänomenen“. Die Rolle, welche „Spirale“ und „Wirbel“ in den biologischen Phänomenen spielt, besonders auch in bezug auf die feinere Struktur des lebendigen Protoplasmas. — 3. T. Lippmaa ja K. Eichwald. Eesti taimed I (1—50). (Estonian plants.) — 4. E. Piipenberg. Die Stadt Stadt Petseri in Estland. — 5. A. Miljan. Vegetationsuntersuchungen an Naturwiesen und Seen im Otepääschen Moränengebiet Estlands. I. — 6. R. Livländer. On the colour of Mars. — 7. A. Tudeberg. Über die Theorie und die Anwendungsmethoden der Quadraturreihen.

B I (1921). 1. M. Vasmer. Studien zur albanesischen Wortforschung. I. — 2. A. v. Bulmerincq. Einleitung in das Buch des Propheten Maleachi. 1. — 3. M. Vasmer. Osteuropäische Ortsnamen. — 4. W. Anderson. Der Schwank von Kaiser und Abt bei den Minsker Juden. — 5. J. Bergman. Quaestiunculac Horatianae.

B II (1922). 1. J. Bergman. Aurelius Prudentius Clemens, der grösste christliche Dichter des Altertums. I. — 2. L. Kettunen. Lõunavepsa häälik-ajalugu. I. Konsonandid. (Südwepsische Lautgeschichte. I. Konsonantismus.) — 3. W. Wiget. Altgermanische Lautuntersuchungen.

B III (1922). 1. A. v. Bulmerincq. Einleitung in das Buch des Propheten Maleachi. 2. — 2. M. A. Курчинский (M. A. Kurtschinsky). Социальный законъ, случай и свобода. (Das soziale Gesetz, Zufall und Freiheit.) — 3. A. R. Cederberg. Die Erstlinge der estländischen Zeitungsliteratur. — 4. L. Kettunen. Lõunavepsa häälik-ajalugu. II. Vokaalid. (Südwepsische Lautgeschichte. II. Vokalismus.) — 5. E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. [I.] — 6. A. M. Tallgren. Zur Archäologie Eestis. I.

B IV (1923). 1. E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. II. — 2. A. v. Bulmerincq. Einleitung in das Buch des Propheten Maleachi. 3. — 3. W. Anderson. Nordasiatische Flutsagen. — 4. A. M. Tallgren. L'ethnographie préhistorique de la Russie du nord et des États Baltiques du nord. — 5. R. Gutmann. Eine unklare Stelle in der Oxforder Handschrift des Rolandsliedes.

B V (1924). 1. H. Mutschmann. Milton's eyesight and the chronology of his works. — 2. A. Pridik. Mut-em-wija, die Mutter Amenhotep's (Amenophis') III. — 3. A. Pridik. Der Mitregent des Königs Ptolemaios II Philadelphos. — 4. G. Suess. De Graecorum fa-

bulis satyricis. — 5. A. Berendts und K. Grass. Flavius Josephus: Vom jüdischen Kriege, Buch I—IV, nach der slavischen Übersetzung deutsch herausgegeben und mit dem griechischen Text verglichen. I. Lief. (S. 1—160). — 6. H. Mutschmann. Studies concerning the origin of „Paradise Lost“.

B VI (1925). 1. A. Saareste. Leksikaalseist vahekordadest eesti murretes. I. Analüüs. (Du sectionnement lexicologique dans les patois estoniens. I. Analyse.) — 2. A. Bjerre. Zur Psychologie des Mordes.

B VII (1926). 1. A. v. Bulmerincq. Einleitung in das Buch des Propheten Maleachi. 4. — 2. W. Anderson. Der Chalifenmünzfund von Kochtel. (Mit Beiträgen von R. Vasmer.) — 3. J. Mägiste. Rosona (Eesti Ingeri) murde pääjooned. (Die Hauptzüge der Mundart von Rosona). — 4. M. A. Курчинский (M. A. Kurtshinsky). Европейский хаосъ. Экономическія послѣдствія великой войны. (Das europäische Chaos.)

B VIII (1926). 1. A. M. Tallgren. Zur Archäologie Eestis. II. — 2. H. Mutschmann. The secret of John Milton. — 3. L. Kettunen. Untersuchung über die livische Sprache. I. Phonetische Einführung. Sprachproben.

B IX (1926). 1. N. Maim. Parlamentarismist Prantsuse restauratsioonajal (1814—1830). (Du parlementarisme en France pendant la Restauration.) — 2. S. v. Csekey. Die Quellen des estnischen Verwaltungsrechts. I. Teil (S. 1—102). — 3. A. Berendts und K. Grass. Flavius Josephus: Vom jüdischen Kriege, Buch I—IV, nach der slavischen Übersetzung deutsch herausgegeben und mit dem griechischen Text verglichen. II. Lief. (S. 161—288). — 4. G. Suess. De eo quem dicunt inesse Trimalchionis cenae sermone vulgari. — 5. E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. III. — 6. C. Vilhelmson. De ostraco quod Revaliae in museo provinciali servatur.

B X (1927). 1. H. B. Rahamägi. Eesti Evangeeliumi Luteri usu vaba rahvakirik vabas Eestis. (Die evangelisch-lutherische freie Volkskirche im freien Eesti. Anhang: Das Gesetz betreffend die religiösen Gemeinschaften und ihre Verbände.) — 2. E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. IV. — 3. A. Berendts und K. Grass. Flavius Josephus: Vom jüdischen Kriege, Buch I—IV, nach der slavischen Übersetzung deutsch herausgegeben und mit dem griechischen Text verglichen. III. Lief. (S. 289—416). — 4. W. Schmied-Kowarzik. Die Objektivation des Geistigen. (Der objektive Geist und seine Formen.) — 5. W. Anderson. Novelline popolari sammarinesi. I.

B XI (1927). 1. O. Loorits. Liivi rahva usund. (Der Volksglaube der Liven.) I. — 2. A. Berendts und K. Grass. Flavius Josephus: Vom jüdischen Kriege, Buch I—IV, nach der slavischen Übersetzung deutsch herausgegeben und mit dem griechischen Text verglichen. IV. Lief. (S. 417—512). — 3. E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. V.

B XII (1928). 1. O. Loorits. Liivi rahva usund. (Der Volksglaube der Liven.) II. — 2. J. Mägiste. *oi-*, *ei-*deminutiivid läänemesoome keelis. (Die *oi-*, *ei-*Deminutiva der ostseefinnischen Sprachen.)

B XIII (1928). **1.** G. S u e s s. Petronii imitatio sermonis plebei qua necessitate coniungatur cum grammatica illius aetatis doctrina. — **2.** С. Шт е й н (S. v. Stein). Пушкин и Гофман. (Puschkin und E. T. A. Hoffmann.) — **3.** A. V. K ö r v. V ä r s i m ö ö t Veske „Besti rahvalauludes“. (Le mètre des „Chansons populaires estoniennes“ de Veske.)

B XIV (1929). **1.** Н. Майм (N. Maim). Парламентаризм и суверенное государство. (Der Parlamentarismus und der souveräne Staat.) — **2.** S. v. C s e k e y. Die Quellen des estnischen Verwaltungsrechts. II. Teil (S. 103—134). — **3.** E. Virányi. Thalès Bernard, littérateur français, et ses relations avec la poésie populaire estonienne et finnoise.

B XV (1929). **1.** A. v. Bulmerincq. Kommentar zum Buche des Propheten Maleachi. 1 (1, 2—11). — **2.** W. E. Peters. Benito Mussolini und Leo Tolstoi. Eine Studie über europäische Menschheitstypen. — **3.** W. E. Peters. Die stimmanalytische Methode. — **4.** W. Freymann. Platons Suchen nach einer Grundlegung aller Philosophie.

B XVI (1929). **1.** O. L o o r i t s. Liivi rahva usund. (Der Volksglaube der Liven.) III. — **2.** W. Süss. Karl Morgenstern (1770—1852). I. Teil (S. 1—160).

B XVII (1930). **1.** A. R. Cederberg. Heinrich Fick. Ein Beitrag zur russischen Geschichte des XVIII. Jahrhunderts. — **2.** E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. VI. — **3.** W. E. Peters. Wilson, Roosevelt, Taft und Harding. Eine Studie über nordamerikanisch-englische Menschheitstypen nach stimmanalytischer Methode. — **4.** N. Maim. Parlamentarism ja fašism. (Parliamentarism and fascism.)

B XVIII (1930). **1.** J. V a s a r. Taani püüded Eestimaa taasvallutamiseks 1411—1422. (Dänemarks Bemühungen Estland zurückzugewinnen 1411—1422.) — **2.** L. Leesment. Über die livländischen Gerichtssachen im Reichskammergericht und im Reichshofrat. — **3.** А. И. Стендер-Петерсен (A. d. Stender-Petersen). О пережиточных следах аориста в славянских языках, преимущественно в русском. (Über rudimentäre Reste des Aorists in den slavischen Sprachen, vorzüglich im Russischen.) — **4.** М. Курчинский (M. K o u r t c h i n s k y). Соединенные Штаты Европы. (Les États-Unis de l'Europe.) — **5.** K. Wilhelmson. Zum römischen Fiskalkauf in Ägypten.

B XIX (1930). **1.** A. v. Bulmerincq. Kommentar zum Buche des Propheten Maleachi. 2 (1, 11—2, 9). — **2.** W. Süss. Karl Morgenstern (1770—1852). II. Teil (S. 161—330). — **3.** W. Anderson. Novelline popolari sammarinesi. II.

B XX (1930). **1.** A. O r a s. Milton's editors and commentators from Patrick Hume to Henry John Todd (1695—1801). I. — **2.** J. V a s a r. Die grosse livländische Güterreduktion. Die Entstehung des Konflikts zwischen Karl XI. und der livländischen Ritter- und Landschaft 1678—1684. Teil I (S. 1—176). — **3.** S. v. C s e k e y. Die Quellen des estnischen Verwaltungsrechts. III. Teil (S. 135—150).

B XXI (1931). **1.** W. Anderson. Der Schwank vom alten Hildebrand. Teil I (S. 1—176). — **2.** A. Oras. Milton's editors and commentators from Patrick Hume to Henry John Todd (1695—1801). II. — **3.** W. Anderson. Über P. Jensens Methode der vergleichenden Sagenforschung.

B XXII (1931). **1.** E. Tennmann. G. Teichmüllers Philosophie des Christentums. — **2.** J. Vasar. Die grosse livländische Güterreduktion. Die Entstehung des Konflikts zwischen Karl XI. und der livländischen Ritter- und Landschaft 1678—1684. Teil II (S. I—XXVII. 177—400).

B XXIII (1931). **1.** W. Anderson. Der Schwank vom alten Hildebrand. Teil II (S. I—XIV. 177—329). — **2.** A. v. Bulmerincq. Kommentar zum Buche des Propheten Maleachi. 3 (2, 10—3, 3). — **3.** P. Arumaa. Litauische mundartliche Texte 'aus der Wilnaer Gegend. — **4.** H. Mutschmann. A glossary of americanisms.

B XXIV (1931). **1.** L. Leesment. Die Verbrechen des Diebstahls und des Raubes nach den Rechten Livlands im Mittelalter. — **2.** N. Maim. Völkerbund und Staat. Teil I (S. 1—176).

B XXV (1931). **1.** Ad. Stender-Petersen. Tragoediae Sacrae. Materialien und Beiträge zur Geschichte der polnisch-lateinischen Jesuitendramatik der Frühzeit. — **2.** W. Anderson. Beiträge zur Topographie der „Promessi Sposi“. — **3.** E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. VII.

B XXVI (1932). **1.** A. v. Bulmerincq. Kommentar zum Buche des Propheten Maleachi. 4 (3, 3—12). — **2.** A. Pridik. Wer war Mütewija? — **3.** N. Maim. Völkerbund und Staat. Teil II S. I—III. 177—356).

B XXVII (1932). **1.** K. Schreinert. Johann Bernhard Hermann. Briefe an Albrecht Otto und Jean Paul (aus Jean Pauls Nachlass). I. Teil (S. 1—128). — **2.** A. v. Bulmerincq. Kommentar zum Buche des Propheten Maleachi. 5 (3, 12—24). — **3.** M. J. Eisen. Kevadised pühad. (Frühlingsfeste.) — **4.** E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. VIII.

B XXVIII (1932). **1.** P. Pöld. Üldine kasvatusõpetus. (Allgemeine Erziehungslehre.) Redigeerinud (redigiert von) J. Tork. — **2.** W. Wiget. Eine unbekannte Fassung von Klingers Zwillingen. — **3.** A. Oras. The critical ideas of T. S. Eliot.

B XXIX (1933). **1.** L. Leesment. Saaremaa halduskonna finantsid 1618/19. aastal. (Die Finanzen der Provinz Ösel im Jahre 1618/19.) — **2.** L. Rudrauf. Un tableau disparu de Charles Le Brun. — **3.** P. Ariste. Eesti-rootsi laensõnad eesti keeles. (Die estlandschwedischen Lehnwörter in der estnischen Sprache.) — **4.** W. Süß. Studien zur lateinischen Bibel. I. Augustins Locutiones und das Problem der lateinischen Bibelsprache. — **5.** M. Kurtschinsky. Zur Frage des Kapitalprofits.

B XXX (1933). **1.** A. Pridik. König Ptolemaios I und die Philosophen. — **2.** K. Schreinert. Johann Bernhard Hermann. Briefe

an Albrecht Otto und Jean Paul (aus Jean Pauls Nachlass). II. Teil (S. I—XLII + 129—221). — 3. D. Grimm. Zur Frage über den Begriff der Societas im klassischen römischen Rechte. — 4. E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. IX.

B XXXI (1934). 1. E. Päss. Eesti liulaul. (Das estnische Rodellied.) — 2. W. Anderson. Novelline popolari sammarinesi. III. — 3. A. Kurlents. „Vanemate vara“. Monograafia ühest joomalaulust. („Der Eltern Schatz“. Monographie über ein Trinklied.) — 4. E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. X.

C I—III (1929). **I 1.** Ettelugemiste kava 1921. aasta I poolaastal. — **I 2.** Ettelugemiste kava 1921 aasta II poolaastal. — **I 3.** Dante pidu 14. IX. 1921. (Dantefeier 14. IX. 1921.) R. Gutmann. Dante Alighieri. W. Schmied-Kowarzik. Dantes Weltanschauung. — **II 1.** Ettelugemiste kava 1922. aasta I poolaastal. — **II 2.** Ettelugemiste kava 1922. aasta II poolaastal. — **III 1.** Ettelugemiste kava 1923. aasta I poolaastal. — **III 2.** Ettelugemiste kava 1923. aasta II poolaastal.

C IV—VI (1929). **IV 1.** Ettelugemiste kava 1924. aasta I poolaastal. — **IV 2.** Ettelugemiste kava 1924. aasta II poolaastal. — **V 1.** Ettelugemiste kava 1925. aasta I poolaastal. — **V 2.** Ettelugemiste kava 1925. aasta II poolaastal. — **VI 1.** Ettelugemiste kava 1926. aasta I poolaastal. — **VI 2.** Ettelugemiste kava 1926. aasta II poolaastal.

C VII—IX (1929). **VII 1.** Ettelugemiste kava 1927. aasta I poolaastal. — **VII 2.** Ettelugemiste kava 1927. aasta II poolaastal. — **VIII 1.** Loengute ja praktiliste tööde kava 1928. aasta I poolaastal. — **VIII 2.** Loengute ja praktiliste tööde kava 1928. aasta II poolaastal. — **IX 1.** Loengute ja praktiliste tööde kava 1929. aasta I poolaastal. — **IX 2.** Loengute ja praktiliste tööde kava 1929. aasta II poolaastal. — **IX 3.** Eesti Vabariigi Tartu Ülikooli isiklik koosseis 1. detsembril 1929.

C X (1929). Eesti Vabariigi Tartu Ülikool 1919—1929.

C XI—XIII (1934). **XI 1.** Loengute ja praktiliste tööde kava 1930. aasta I poolaastal. — **XI 2.** Loengute ja praktiliste tööde kava 1930. aasta II poolaastal. — **XI 3.** Eesti Vabariigi Tartu Ülikooli isiklik koosseis 1. detsembril 1930. — **XII 1.** Loengute ja praktiliste tööde kava 1931. aasta I poolaastal. — **XII 2.** Loengute ja praktiliste tööde kava 1931. aasta II poolaastal. — **XII 3.** Eesti Vabariigi Tartu Ülikooli isiklik koosseis 1. detsembril 1931. — **XIII 1.** Loengute ja praktiliste tööde kava 1932. aasta I poolaastal. — **XIII 2.** Loengute ja praktiliste tööde kava 1932. aasta II poolaastal. — **XIII 3.** Eesti Vabariigi Tartu Ülikooli isiklik koosseis 1. detsembril 1932. — **XIII 4.** K. Schreinert. Goethes letzte Wandlung. Festrede. — **XIII 5.** R. Mark. Dotsent Theodor Korssakov †. Nekroloog.

C XIV (1932). Tartu Ülikooli ajaloo allikaid. I. Academia Gustaviana. a) Ürikuid ja dokumente. (Quellen zur Geschichte der Universität Tartu (Dorpat). I. Academia Gustaviana. a) Urkunden und Dokumente). Koostanud (herausgegeben von) J. Vasar.

C XV (1932). L. Villecourt. L'Université de Tartu 1919—1932.

7. aprillil 1932. a. „Toimetuste“ toimkond on otsustanud, et kõigi tööde tiitellehtedel ilmumiskoht peab esinema eesti keeles.

Le 7 avril 1932, le Comité de rédaction a décidé que dorénavant sur les frontispices de tous les ouvrages publiés dans les „Acta et Commentationes“ le lieu d'impression doit être donné en estonien.

TARTU ÜLIKOOLI TOIMETUSED ilmuvad kolmes seerias:

A: Mathematica, physica, medica. (Matemaatika-loodusteaduskonna, arstiteaduskonna, loomaarstiteaduskonna ja põllumajandusteaduskonna tööd.)

B: Humaniora. (Usuteaduskonna, filosoofiateaduskonna ja õigusteaduskonna tööd.)

C: Annales. (Aastaruanded.)

Ladu: Ülikooli Raamatukogus, Tartus.

LES PUBLICATIONS DE L'UNIVERSITÉ DE TARTU (DORPAT) se font en trois séries:

A: Mathematica, physica, medica. (Mathématiques, sciences naturelles, médecine, sciences vétérinaires, agronomie.)

B: Humaniora. (Théologie, philosophie, philologie, histoire, jurisprudence.)

C: Annales.

Dépôt: La Bibliothèque de l'Université de Tartu, Estonie.
