EESTI VABARIIGI TARTU ÜLIKOOLI

TOIMETUSED

ACTA ET COMMENTATIONES

UNIVERSITATIS TARTUENSIS

(DORPATENSIS)

A

MATHEMATICA, PHYSICA, MEDICA

XII

TARTU 1927

Berichtigung.

In H. Scupins Arbeit „Epirogenese und Orogenese im Ostbaltikum“ (Acta A XI. 3) ist auf S. 19 Zeile 19 statt „Orogenese“ zu lesen „Epirogenese“.

EESTI VABARIIGI TARTU ÜLIKOOLI

TOIMETUSED

ACTA ET COMMENTATIONES

UNIVERSITATIS TARTUENSIS

(DORPATENSIS)

A

MATHEMATICA, PHYSICA, MEDICA

XII

TARTU 1927

K. Mattiesen, Tartu.

Sisukord. — Contenta.

1. **Edwin 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-(C_2-)Stufe in Eesti. II.
4. **Theodor Lippmaa.** Beobachtungen über durch Pilzinfektion verursachte Anthocyaninbildung.
5. **Ants Laur.** Die Titration des Ammoniumhydrosulfides mit Ferricyankalium.
6. **N. King.** Über die rhythmischen Niederschläge von PbJ_2, Ag_2CrO_4 und AgCl im kapillaren Raume.
7. **P. N. Kogerman** and **J. Kranig.** Physical constants of some alkyl carbonates.
8. **Edm. Spohr.** Über brunsterzeugende Stoffe im Pflanzenreich. Vorläufige Mitteilung.

C. Mattiesen, Tartu (Dorpat).

Die *Muridae* Estlands werden schon von einigen Autoren des XVIII. Jahrhunderts erwähnt. Aber so interessant diese alten Daten in mancher Hinsicht auch sein mögen, ihr wissenschaftlicher Wert ist heute doch recht gering, und wir müssen schon zu Arbeiten des laufenden Jahrhunderts greifen, wenn wir speziellere Auskünfte über diesen Teil unserer Fauna erhalten wollen.

Von neueren Autoren sind vor allem P. Wasmuth und C. Grevé zu nennen. Ersterer (6) gibt in tabellarischer Form eine Übersicht der Säugetiere, und somit auch der *Muridae*, Estlands. Grevé (7) hat über den hier zu besprechenden Stoff reichliche Daten und ein vorbildliches Literaturverzeichnis zusammengetragen.

Ein Verzeichnis der Wirbeltiere, und mit ihnen auch der *Muridae*, der Insel Ösel (Saaremaa) ist von L. v. Mierzejewski (9) zusammengestellt worden.

Kürzere Notizen über einige *Muridae* Estlands sind von Grevé und mir im Korrespondenzbl. d. N.-V. z. Riga (12, 21) veröffentlicht worden.

Eine streng wissenschaftliche Arbeit lieferte schliesslich Martin A. C. Hinton (30), als Resultat einer Untersuchung des estländischen *Evotomys glareolus*.

Nach obiger Aufzählung der Literatur könnte es vielleicht als überflüssig erscheinen, hier wieder auf dieses Thema zurückzukommen. Ich tue dieses trotzdem, und zwar weil ich von der Notwendigkeit das Thema noch einmal zu behandeln überzeugt bin.

Denn die Arbeiten Wasmuth's und Grevé's enthalten trotz all ihrer Vorzüge doch in Hinsicht auf die *Muridae* viel Verallgemeinerungen der westeuropäischen Verhältnisse. Ausserdem stützen sich alle oben erwähnten Autoren, Hinton ausgenommen, auf die vor Miller's „Catalogue" erschienene, also veraltete, Literatur, und das bei völlig fehlendem oder sehr geringem Vergleichsmaterial.

Aus allen diesen Gründen und in der Hoffnung, für unser Gebiet neue Tatsachen anführen zu können, habe ich mich zu vorliegender Arbeit veranlasst gesehen. Zugleich sollte sich hier auch Gelegenheit bieten, bei Behandlung einer Säugetiergruppe eines kleinen Gebiets einige allgemeine Fragen der Säugetierforschung zu berühren.

Leider hat die wissenschaftliche Zoologie die Säugetierforschung nur zu oft als Stiefkind behandelt und die Bearbeitung derselben häufig dem Liebhaber überlassen. Dadurch sind die Schwierigkeiten beträchtlich vergrössert worden, mit denen der Forscher heute zu kämpfen hat, wenn er irgendwelche Fragen der diesbezüglichen Systematik einwandfrei und objektiv entscheiden will. So muss er zum Beispiel hier nicht nur die einschlägige wissenschaftliche Literatur beherrschen, sondern auch eine Menge der verschiedensten mehr oder weniger populär gehaltenen Zeitschriften usw. durchstöbern und hier vom Unbrauchbaren das wirklich Brauchbare für seine Arbeit zu scheiden suchen.

Noch mehr wird die Arbeit erschwert, wenn es sich um das Studium der Kleinsäugetiere, und besonders der zu ihnen gehörenden Nagetiere handelt. Schon Tullberg (4), Nehring (3), Heck (29) und andere namhafte Forscher betonen letzteren Umstand, und mit Recht. Denn erstens besitzen wir in der Literatur nur ganz vereinzelte Arbeiten, welche den Stoff zusammenfassend und einheitlich behandeln, und dann sind auch diese Werke eigentlich nur in Verbindung mit einer reichhaltigeren Sammlung von Belegexemplaren zu benutzen. Leider wird diese Tatsache nicht immer genügend beachtet und im Drang nach möglichst schneller Veröffentlichung an die Aufstellung neuer Formen geschritten, ohne genügende Bearbeitung des Materials. Zudem fehlt die nötige Einheitlichkeit in den Arbeitsmethoden wie auch in der Darstellung der Resultate. So wird, um Beispiele zu nennen, der Tatsache, dass die Färbung des Felles der Tiere mit den Jahreszeiten wechseln kann, nicht immer Beachtung geschenkt, die eine Form im Winter-, die andere im Sommerpelz beschrieben, ohne diesen Umstand zu erwähnen, was zu irrtümlicher Aufstellung von neuen Formen führen kann. — Wir erfahren häufig nicht, auf welch eine Jahreszeit sich eine Beschreibung bezieht und in welch einem Zustande das bearbeitete Material sich befunden hat. Und doch können hier Jahreszeit und Bedingungen der Präparation von Wichtigkeit sein.

Um meinerseits diesen und anderen Fehlerquellen nach Möglichkeit zu entgehen und für unser Gebiet massgebende ökologische Daten zu erhalten, habe ich das von mir benutzte Belegmaterial selbst gesammelt, in allen Fällen frisch gemessen und die Anfertigung der Bälge selbst ausgeführt. Letzteres nach Grundsätzen, welche ich andernorts (38) besprochen habe.

Ferner habe ich, um einerseits ein grösseres Material zu erhalten, andererseits die verschiedenen Grade der Häufigkeit des Vorkommens in vergleichbarer Form darstellen zu können, versucht, eine Art mechanischer Massenfänge in Anwendung zu bringen. Ich habe darüber an anderer Stelle (32) schon ausführlicher berichtet; hier will ich nur erwähnen, dass ich mit Hülfe einer grösseren Zahl von Fallen in den verschiedenen Geländearten Fänge ausgeführt und das Verhältnis der Anzahl der jedesmal erbeuteten Exemplare einer Art zur Zahl der gestellten Fallen — als absolute, das Verhältnis der Anzahl der erbeuteten Individuen einer Art zur Zahl der Exemplare der ganzen Beute — als relative Häufigkeit des Vorkommens einer Form bezeichnet habe.

Weiter unten führe ich nach Möglichkeit für jede Form einige dieser Grössen in Prozenten an.

Als Vergleichsmaterial hatte ich das Glück, mich der in liebenswürdigster Weise mir zur Verfügung gestellten reichhaltigen Sammlungen des Br. Mus.[1]) bedienen zu dürfen. Da dieselben von G. S. Miller bei Bearbeitung der westeuropäischen Säugetiere weitgehend als Basis benutzt worden sind, so war es von vornherein verständlich, dass Miller's „Catalogue of the Mammals of Western Europe" mir als hauptsächliche Literaturgrundlage gedient hat. — Wenn Miller's Werk auch nicht als in allen Beziehungen unbedingt einwandfrei angesehen werden kann, so ist es doch das beste, welches wir eben auf diesem Gebiet besitzen, und es wird noch auf einige Zeit hinaus die Grundlage der Säugetierforschung bleiben müssen.

Die Messungen sind, wo nicht ausdrücklich anders vermerkt, an frischen Objekten gemacht worden. Dabei habe ich Methoden angewandt, welche von O. Thomas im Laufe der Zeit ausgearbeitet und auch von Miller, Hinton und anderen gebraucht worden sind. Ob alle diese Messungen genügend

1) Britisches Museum.

zweckentsprechend sind, lasse ich dahingestellt sein. Ich habe sie in manchen Fällen nur aus dem Wunsch nach Vereinheitlichung ausgeführt.

Zur möglichst exakten Farbenbestimmung habe ich die Ridgway'schen Farbenskalen[1]) herangezogen. Diese Methode erscheint freilich in der Theorie besser, als bei der praktischen Anwendung, ist eben aber das einzige Mittel, um überhaupt etwas annähernd Brauchbares zu erzielen.

Da die allgemeine Färbung von der Präparation abhängig sein kann, habe ich bei der Beschreibung versucht, die Farben der einzelnen Haartypen festzustellen, um so in jedem Fall die Ausführung von späteren Vergleichen zu ermöglichen.

Das Alter der Objekte (Tiere) habe ich nach dem Zustande des Gebisses und der Schädelknochen beurteilt.

Unter Formenkreis verstehe ich den Inbegriff aller Subspecies im Sinne O. Kleinschmidt's.

Wenn ich hier versucht habe, bei der Arbeit neueren Gesichtspunkten Rechnung zu tragen, so habe ich bei der Aufstellung neuer Formen doch eine gewisse Zurückhaltung gezeigt, indem ich denselben nur die Rechte von Unterarten eingeräumt habe, — auch dann, wenn sie nach den heutzutage vielfach geltenden Anschauungen als selbständige Arten bezeichnet werden könnten. Ich halte dieses für zweckmässig, weil einerseits dadurch die Übersichtlichkeit des Stoffes gewahrt wird, und weil ja doch andererseits bei der grossen Unvollkommenheit, welche fast überall in der Erforschung der Kleinsäugetiere eben noch herrscht, die Lösung ähnlicher Fragen nicht nur dem Taktgefühl des einzelnen Forschers, sondern auch dem Zufall überlassen ist. Erst wenn wir nicht mehr auf einzelne Belegstücke von weitzerstreuten Fundorten angewiesen sein werden, wird es an der Zeit sein, zu beurteilen, als was wir die verschiedenen Formen anzusehen haben.

---

1) 1912, Ridgway, Color Standards and Nomenclature.

Die Unterfamilie der *Microtinae.*

Nach dem heutigen Stande der Forschungsergebnisse lassen sich für die Fauna Estlands 4 Formenkreise der *Microtinae* anführen, nämlich: *Evotomys glareolus*, *Microtus agrestis*, *M. arvalis* und *Arvicola terrestris*. Zu erwarten wäre in Estland noch das Vorhandensein von *Microtus ratticeps*, es ist aber bis jetzt nicht gelungen, ihn hier nachzuweisen.

Als weitgehend an eine unterirdische Lebensweise angepasste und hauptsächlich an Pflanzennahrung gebundene Tiere, finden wir die *Microtinae* in enger Abhängigkeit von Bodengestaltung und Flora des Landes. Deshalb und infolge ihrer Unabhängigkeit vom Menschen und dessen Kultur haben wir in den *Microtinae* im allgemeinen eine in zoogeographischer Hinsicht wichtige Tiergruppe zu sehen, welche bei uns durch Formenbestand und Verteilung im Gelände für das Gebiet durchaus charakteristisch ist.

Der geomorphologischen Gestaltung unseres Gebiets haben wir es wohl auch, wenigstens zum Teil, zuzuschreiben, dass *Microtus arvalis*, welcher andernorts oftmals durch ungewöhnlich starke Vermehrung die sogen. „Mäusejahre" verursacht, bei uns noch nie eine derartige Erscheinung hervorgerufen hat. Bei uns fallen, besonders im nördlichen und mittleren Teil des Landes, *arvalis* und auch ein Teil der übrigen *Microtinae* im Frühjahr bei der Schneeschmelze fraglos in grossen Mengen dem Schmelzwasser zum Opfer. In Bezug auf *arvalis* könnte auch noch der Umstand von Wichtigkeit sein, dass diese Art mit vorwiegend südlicherer Verbreitung bei uns durch klimatische Bedingungen in ihrer Vermehrung mehr als anderswo eingeschränkt wird.

Die vielfach in Estland vertretene Ansicht, dass die oft zu beobachtenden starken Schwankungen der Grösse des Bestandes von *Arvicola terrestris* durch ungewöhnlich kalte Winter hervorgerufen werden, ist wohl kaum begründet, denn es handelt sich

hier einerseits um ein Tier von nördlicher Verbreitung, andererseits hauptsächlich um einen Vertreter unserer Inselfauna, welcher ein Klima mit relativ mildem Winter zur Verfügung steht. Es mag sich hier teilweise um Wanderungen handeln. Sicher ist jedenfalls, dass unsere *Microtus*-Arten im Zusammenhang mit den Jahreszeiten ihren Wohnort wechseln, so zum Winter und Frühjahr Bodenerhöhungen aufsuchen, um dadurch der Gefahr des Schmelzwassers zu entgehen.

Der Formenkreis *Evotomys glareolus* Schreber.

1909 *Hypudaeus glareolus*, Grevé, Säuget. Kur-, Liv-, Estlands, p. 119.
1915 *Evotomys glareolus istericus*, Reinwaldt, Korresp. d. Naturf.-Ver. Riga, Bd. LVII, p. 133.
1921 *Evotomys glareolus reinwaldti*, Hinton, Ann. and Mag. Nat. Hist., Ser. 9, Vol. VIII, p. 128.
1923 *Evotomys glareolus subsp.*, Reinwaldt, „Zool. pal.", I, p. 165.

Die Waldwühlmaus war bis 1908 nur für das damalige Gouvernement Livland festgestellt. Im genannten Jahr fand ich sie auch im westlichen Teile des Gouv. Estland, sowie 1921 auf der Insel Vormsi, 1922 auf den Inseln Hiiumaa [1]) und Saaremaa, und 1924 auf Abruka.

Auf dem Festlande fand ich sie in grossen Mengen in der Umgebung der Stadt Haapsalu, sowie unweit der Eisenbahnstation und des Fleckens Antsla. Ihr Vorkommen bei Tartu beweisen — für Elistvere Museumsexemplare, für Tähtvere und Ilmatsalu von mir selbst erbeutete Stücke.

Wir finden *glareolus* mit Baumwuchs eng verknüpft. Lichte Wälder, besonders mit Unterholz und Moos, dichtes Gestrüpp, Gehölzwiesen, sowie an obige Geländearten grenzende Obst- und Gemüsegärten bilden seinen Lieblingsaufenthalt. Er meidet, wie schon Grevé richtig hervorhebt (7), geschlossene Kiefernbestände — oder ist dort jedenfalls selten —, sowie überhaupt Waldbestände auf trocknem Sand- oder zu feuchtem Boden. Auf unseren Mooren ist er scheinbar nicht zu finden, wie er überhaupt die freien Flächen meidet. Mit Moos bewachsene Steinzäune und Grabenwälle bilden in entsprechendem Gelände die ergiebigsten Fundorte für diese Art.

Auf dem flachen Lande besucht unsere Waldwühlmaus in

1) Die in der Arbeit vorkommenden Ortsnamen sind im Anhange in ihrer deutschen Form resp. Schreibart aufgeführt.

der kalten Jahreszeit mitunter die menschlichen Wohnräume und Vorratskammern, wo sie bis zum Sommer bleiben, ja manchmal diesen hier verbringen kann.

Für die Häufigkeit des Vorkommens dieser Maus in einigen Geländearten Estlands erhalte ich bei Benutzung der von mir im Anfang dieser Arbeit (p. 5) erwähnten Errechnungsmethode folgende Daten:

	Absol. Häufigk. in %.	Relat. Häufigk. in %.
Jede Art von nicht zu dichtem, feuchtem Walde mit wenigstens einigem Unterholz und Moos .	bis 20	bis 100
Obst- und Gemüsegärten auf dem Lande	bis 17	bis 88
Feuchte Gehölzwiesen	bis 10	bis 80
Gelegentlich in Kellerräumen auf dem Lande	bis 17	bis 71

Unser *glareolus* benutzt häufig zu seinem Aufenthalt allerlei Schlupfwinkel, welche durch die Tätigkeit anderer Tiere oder des Menschen entstanden sind. Alte Maulwurfsgänge, Mauerwerk und Zäune werden von ihm bewohnt und möglichst auch bei der Anlage des Nestes benutzt.

Grevé berichtet über den Schaden, welchen er in Schonungen anrichtet; fraglos richtet er jedoch auch in Obstgärten Schaden an. Nebenbei vertilgt er aber in grösseren Mengen Insekten, frisst dieselben jedenfalls in der Gefangenschaft sehr gern.

Die Fortpflanzungszeit fällt in die Monate Mai — August. Die Zahl der Embryonen scheint im Frühjahr am grössten zu sein. Als Maximum fand ich 8 Stück.

Evotomys glareolus reinwaldti Hinton.

Benutztes Material — etwa 90 Exemplare aus der Umgegend der Stadt Haapsalu.

Diese Unterart stellt Martin A. C. Hinton auf Grund von mir bei Haapsalu (Kirimäe Saar) gefundener Exemplare auf. Sie wird von ihm folgendermassen beschrieben (30).

„Most like *E. g. suecicus* in general character, but colour much darker. Upper parts clothed with a fine mixture of dark reddish-brown and dusky hair-tips, the general effect produced, where brightest (as between ears and on nape), being no brighter

than the „chestnut“ of Ridgway; darkest on rump, where the elimination of rufous hair-tips leaves the colour dark slaty-gray. Rufous tinge traceable far back towards rump and far down flanks. Underparts silvery grey, much darkened by the slaty bases of the hairs. Ears dusky. Tail dusky above; its lower surface, together with the hands and feet, dirty white.“

Obige Beschreibung bezieht sich auf ein Exemplar aus dem Monat August, der Jahreszeit, wo die Färbung der Dorsalseite infolge des starken Vorherrschens schwarzgespitzter Grannenhaare die dunkelste ist, was zum Teil auch noch dadurch hervorgerufen wird, dass bei dem zu dieser Zeit undichten Pelz die schwarzgrauen Basalteile der Haare merklich durchscheinen.

Zum Herbst zu macht sich ein Erscheinen neuer Haare mit rostfarbenen Endteilen bemerkbar, wodurch der Pelz eine lebhafter braune Färbung annimmt, welche — allerdings schwach ausgeprägt — sich auch auf die Seiten erstreckt.

Im Laufe des Winters setzt sich das Wachstum der rostfarbenen Haare fort, wodurch die schwarzen Grannenhaare weniger zur Geltung kommen; zugleich ist der Pelz dichter geworden, und die früher durchscheinenden dunklen Basalteile der Haare vermögen nicht mehr die jetzt hellere Färbung zu beeinträchtigen.

Im Frühjahr beginnt der Haarwechsel mit dem Ausfallen der schwarzgespitzten Grannenhaare, wodurch die Färbung einen noch helleren Ton annimmt. Etwa im Mai ist sie am hellsten. Um diese Zeit ist sie lebhaft rostbraun, cranialwärts und an den Seiten mit einem gelblichen Anfluge.

Mit dem fortschreitenden Undichterwerden des Pelzes und dem dadurch bedingten Durchscheinen der Basalteile der Haare, sowie dem allmählichen Heranwachsen schwarzgespitzter Grannenhaare, entsteht die für den August beschriebene Färbung.

Die Ventralseite ist, je nach dem Grad des Durchscheinens der dunkleren Basalteile der Haare, mehr oder weniger rein weiss, in etwa der Hälfte der Fälle mit deutlich gelblichem Anfluge.

Die jungen Tiere sind weniger lebhaft gefärbt, zeigen aber auf der Dorsalseite immer schon sehr früh die braune Färbung.

Den Schädel und das Gebiss charakterisiert Hinton folgendermassen: „Scull very similar to that of *E. g. suecicus* in size and general appearance; zygomatic arches slightly less

expanded; bullae slightly smaller and less inflated. Teeth normal; m^3 without a third re-entrant fold on inner side in any of the three specimens examined."

Masse von *Evotomys glareolus reinwaldti* Hinton, in mm.

Fortl. №	№ meiner Samml.	Datum	Fundort	Geschl.	Länge v. Rumpf u. Kopf	Länge d. Schwanzes	Länge des Hinterfusses	Ohr	Gewicht in Gramm	Bemerkungen
1.	252	17/VI 1920	Kirimäe Saar	♂	105	47	17	14	—	
2.	253	„ „	b. Haapsalu	♀	100	48	17·25	14·5	—	Im Uterus 5 Embryonen
3.	254	„ „	„ „	♂	105	44	17·5	13	—	
4.	310	11/VIII „	„ „	♀	103	48	17	13	—	
5.	312	13/VIII „	„ „	„	105	49	17	14	—	Im Uterus 5 Embryonen
6.	313	„ „	„ „	♂	100	49	18	14	—	
7.	334	30/VIII „	„ „	♀	100	46	17·5	14	—	
8.	397	11/VII 1921	„ „	„	111	53·5	17·5	14·5	—	Im Uterus 4 Embryonen
9.	407	25/VII „	„ „	„	105	54	18	13·	—	Im Uterus 5 Embryonen
10.	408	„ „	„ „	„	107	50	17	13	—	
11.	450	12/VII 1922	„ „	„	114	50	17·5	13	27·12	
12.	476	3/IX „	„ „	♂	109	43	17·5	14	26	
13.	522	29/XII 1923	„ „	„	102	42	17·25	13	—	

Schädelmasse von *Evotomys glareolus reinwaldti* Hinton.

Fundort	№ meiner Sammlung	Geschlecht	Condylo-basale Länge	Occipito-nasale Länge	Grösste Breite an den Jochbogen	Geringste Interorbitalbreite	Länge der Nasalia	Grösste Breite beider Nasalia zusammen	Diastemale Länge	Länge der oberen Zahnreihe (an der Alveole gem.)	Länge der unteren Zahnreihe (an der Alveole gemessen)	Postmolare Länge	Unterkiefer
Kirimäe Saar b. Haapsalu	254	♂	23·3	24·1	13·0	4·2	7·0	2.5	7.2	5·0	4·8	10·2	13·9
„	397	♀	—	—	—	4·0	6·9	3·2	7·6	5·0	5·0	—	—
„	407	„	24·0	24·7	13·3	3·9	7·2	3·1	7·8	5·0	4·9	10·7	14·7
„	408	„	—	—	13.2	4·0	6·9	3·2	7·2	4·5	4·7	—	14·2
„	450	„	24·4	25·2	13·0	3·7	7·8	3·0	7·8	4·9	4·9	10·9	14·9

Wenn Hinton hierzu weiter bemerkt: „in *E. g. suecicus*, Miller (Catalogue", p. 31) [1]) found this fold to be present in about one-third of the individuals," und auch damit glaubt die

1) Muss heissen: („Catalogue", p. 631).

Aufstellung der neuen Unterart stützen zu können, so muss ich gestehen, dass ich bei unserer Form, ganz wie Miller bei der Unterart *suecicus*, bei etwa $^1/_3$ der Exemplare besagte Schmelzfalte gefunden habe. Hinton lagen bei der Beschreibung drei Exemplare vor, von welchen zufälligerweise keines diese besass.

Hinsichtlich des Zahnbaues verweise ich hier auch auf das von mir schon früher einmal (21) Angeführte.

Für Lebensweise, Fortpflanzung usw. gelten die oben für den Formenkreis *Evotomys glareolus* gemachten Angaben.

Von Ectoparasiten des *E. g. reinw.* bestimmte Prof. A. Dampf einen Floh als *Ctenophthalmus agyrtes* (Heller).

E. g. reinw. tritt in der Umgebung der Stadt Haapsalu im entsprechenden Gelände massenhaft auf.

Evotomys glareolus subspecies novae?

Exemplare der Waldwühlmaus, welche einerseits bei Antsla, andererseits auf der Insel Saaremaa gefunden wurden, unterscheiden sich in der Färbung von der oben besprochenen Unterart. Augenblicklich ist aber das zur Verfügung stehende Material noch zu klein, um in dieser Frage sichere Schlüsse ziehen zu können.

Für Finnland gibt Miller (13) *Evotomys glareolus suecicus* M. an. Als *Hypudaeus glareolus* (Schreber) führt I. Hildén (24) die Waldwühlmaus für Karelien auf. Andere Autoren nennen sie für ganz Finnland oder Teile davon *Evotomys glareolus* Schreber (22, 16).

Der Formenkreis *Microtus agrestis* L.

1909 *Agricola agrestis*, Grevé, Säugetiere Kur-, Liv-, Estl. p. 122.
1923 *Microtus agrestis subsp.*, Reinwaldt, „Zoolog. palae.“, I, p. 166.

Die Erdmaus war in den Grenzen des Staates Estland bis 1908 nur für Hellenurme festgestellt. Im genannten Jahr fing ich ein Exemplar und im Winter 1912/13 weitere dieser Art in der Umgegend der Stadt Haapsalu; womit *agrestis* auch für den nördlichen Teil Estlands nachgewiesen war. Nachher habe ich diese Maus auf dem Festlande noch in Ilmatsalu bei Tartu, östlich der Eisenbahnstation Rake und südlich der Mündung des Emajõgi-Flusses gefunden. Auf unseren Inseln stellte ich sie fest: 1920 für Vilsandi, 1922 für Hiiumaa und 1924 für Abruka.

Der estländische *agrestis* ist in erster Linie als typischer Bewohner der feuchten Strandwiesen des Meeres und der

Binnenseen zu betrachten. Damit wird Grevé's Behauptung (7), dass diese Art Wiesen meide, von vornherein umgestossen. Offenbar ist Grevé durch Verallgemeinerung der in Westeuropa gemachten Beobachtungen zu diesem falschen Schluss gelangt.

Auf Getreidefeldern kann diese Art bei uns zur Erntezeit angetroffen werden, sie hält sich daselbst aber nicht dauernd auf. Am nordwestlichen Strande des Festlandes bewohnt sie gern Grabenwälle, welche die Wiesen durchziehen, kommt aber auch in Obst- und Gemüsegärten vor. Südlich der Mündung des Emajõgi findet man sie auf sumpfigen Wiesen. Hier, wo man selbst im Sommer häufig bis an die Knöchel im nassen Boden versinkt, legt sie ihr Nest in den Bulten an, und von einer zur anderen ziehen sich die Grasgänge. Für die absolute Häufigkeit von *agrestis* fand ich hier 30%, für die relative bis 100.

Entsprechend dem oft recht dürftigen Milieu muss auch die Erdmaus in Hinsicht ihrer Nahrung recht genügsam sein. Wenn sie in Schonungen sich von Baumrinde nähren soll, so dienen ihr auf den Strandwiesen wohl hauptsächlich verschiedene Grasarten zum Futter, denn man findet hier bei gefangenen Exemplaren häufig zerkleinerte Grasteile im Maul.

Die Fortpflanzungszeit scheint sich über alle Monate der warmen Jahreszeit zu erstrecken. Grevé hat im März trächtige Weibchen festgestellt. Ich habe in den Uteri von Juni bis August Embryonen gefunden.

Die Zahl der Jungen kann bei unserem *agrestis* bis 9 betragen.

Microtus agrestis estiae subsp. nov.

Untersucht über 16 Exemplare von den Inseln Vilsandi und Abruka.

Der *agrestis* der westlichen Inseln Estlands unterscheidet sich, besonders im Bau des Schädels, dermassen von allen bisher beschriebenen *agrestis*-Formen, dass er wenigstens als selbständige Unterart angesehen werden muss. Das vom Festlande Estlands stammende Material ist noch nicht genügend einwandfrei, so dass ich seine endgültige Bearbeitung auf die Zukunft verlegen muss.

Ich nenne die hier zu beschreibende neue Form *Microtus agrestis estiae* und sehe als Typus ein in meiner Sammlung unter № 561 (♂, 6/VI, 1924) befindliches und von der Insel Abruka stammendes Exemplar an.

Die Färbung des erwachsenen Tieres im Anfang Juni ist folgende: Scheitel und Vorderrücken gelblich-graubraun, zwischen „Dresden brown“ und „Brussels brown“. Alle Haare sind hier im Basalteil grauschwarz, in den übrigen Teilen entweder — die stärksten Haare — schwarz, oder mehr oder weniger ausgedehnt „Cinnamon-buff“, nach den Spitzen zu dunkler, bis schwarz. Die zweifarbigen Haare sind hier vorherrschend. Die Basalteile scheinen wenig durch. Der Vorderrücken ist gleichmässiger als der Kopf gefärbt. Die Wangen sind reiner grau, hier sind die zweifarbigen Haare mit helleren Endteilen und die Spitzen in kleiner Ausdehnung dunkel. Die übrige Dorsalseite ist gleichmässig dunkel-graubraun: zwischen „Prout's brown“ und „Mummy brown“. Hier finden sich relativ wenig zweifarbige Haare und das dunkle Unterfell scheint stärker durch. Nach den Seiten zu wird die Färbung allmählich heller, reiner gelblichgrau, etwa „Saccardo's Umber“, und geht schliesslich in die helle silbergraue — „Pale mouse gray“ — Ventralseite über. Wir finden an den Seiten vorwiegend zweifarbige Haare, deren Endteile ventralwärts in einen falben und sehliesslich weissen Ton übergehen. Die verschieden starken Haare der Unterseite sind im Basalteil grau, zwischen „Deep mouse gray“ und „Dark mouse gray“, ihre Endteile weiss. Die Füsse sind oben „Mouse gray“, an den Seiten weisslich. Der Schwanz oben braunschwarz, an der Ventralseite silbergrau.

Um diese Jahreszeit finden wir an Kopf und Vorderrücken zwischen den Basalteilen der ausgewachsenen Haare einen starken Nachwuchs gelbbrauner und schwarzer jüngerer Haare. Das lässt auf einen um diese Jahreszeit beginnenden Haarwechsel schliessen, welcher in cranio-caudaler Richtung vor sich geht.

Bei jungen Tieren scheinen die grauschwarzen Basalteile der Haare stärker durch, so dass hier im allgemeinen eine dunkle Färbung entsteht.

Mit skandinavischen Exemplaren verglichen (Material des Br. Mus.), ist die Dorsalseite von *M. a. estiae* im Sommer etwas weniger lebhaft gefärbt als bei ersteren aus derselben Jahreszeit. Die Ventralseite ist verhältnismässig hell und kommt annähernd der Ventralseite von im Winter in Norwegen gesammelten Tieren gleich.

Der Schädel von *M. a. estiae* (Fig. 1) unterscheidet sich in der Grösse nicht wesentlich von dem Schädel des *M. agr. agr.*,

wohl aber in der Form: was besonders in der Profillinie deutlich zutage tritt.

Das Rostrum ist stärker nach unten gebogen. Die Nasalia bilden mit dem Frontale im Profil einen schärferen Winkel (nach Miller's Zeichnung Fig. 129 verglichen), als es bei *M. a. a.* der Fall ist. Der Winkel gleicht etwa dem, welchen die Suturlinie zwischen Nasale und Intermaxillare mit dem Frontale bei *M. a. a.*, im Profil gesehen, bildet. Die Jugalia verlaufen im hinteren Teil gerade, nach vorn zu etwas konvergierend. Die Verbindungsstelle des Jugale mit dem Processus zygomaticus squamosi bildet in der Aussenlinie einen deutlichen Winkel. Die Hirnkapsel ist höher, besonders im Bereiche der Sutura sagittalis, wo die Höhe, vom Basisphenoideum bis zur Mitte der Sutura sagittalis (von aussen) gemessen, bei einer condylo-basalen Länge des Schädels von 27·1 mm., 7·9 mm. betragen kann.

Das Interparietale ist verhältnismässig lang und sein Hinterrand stark konvex. Die Länge verhält sich zur Breite wie 1:2. Die Bulla erscheint nach vorn zu abgerundeter, voller, als bei *M. a. a.* Die Hirnkapsel macht einen plumperen Eindruck.

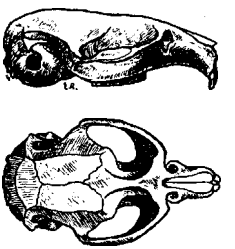


Fig. 1. Schädel von *Microtus agrestis estiae.* Nat. Grösse.

Wenn wir die Schädel der skandinavischen und finnländischen *agrestis*-Formen mit dem Schädel von *M. a. estiae* vergleichen, so erhalten wir eine ziemlich kontinuierliche Reihe von Schädelformen. — Als Extrem eines flachen Schädels finden wir den der — meines Wissens noch nicht beschriebenen — lappländischen Form (beurteilt nach einem Schädel des Br. Mus. vom „Litsa River"); deutlich höher ist er bei *M. a. agrestis* aus Norwegen und Schweden, während er bei finnländischen Exemplaren noch höher und bei *M. a. estiae* am höchsten ist.

Das Gebiss von *M. a. estiae* scheint keine auffallenden Besonderheiten aufzuweisen.

Der oben beschriebene *agrestis* bewohnt hauptsächlich die Wiesen der Strandzone einiger westlichen Inseln Estlands, meist an und unter Wanderblöcken so nahe vom Wasser, dass dieses beim Steigen vielfach die Nester überflutet. Sonst ist er, wiewohl seltner, auf Waldlichtungen anzutreffen. Auf Strandwiesen

habe ich für seine absolute Häufigkeit gewöhnlich etwa 30%, für die relative aber 100 gefunden; d. h. er tritt häufig als einziger Repräsentant seiner Familie auf, was mit der Eigenart der ihm zusagenden Lebensbedingungen im Zusammenhange stehen mag.

Im Sommer 1920 war er auf einer Strandwiese Vilsandis eine gewöhnliche Erscheinung; 1922 hatte er aber dort dem *terrestris* weichen müssen. 1924 gab es auf dieser Wiese weder *agrestis* noch *terrestris*.

Das Nest wird auf den Strandwiesen häufig an oder unter Steinen angelegt. Anfang Juni 1924 fand ich auf Abruka ein Weibchen, welches 6 Jungen mit noch geschlossenen Augen säugte und selbst schon wieder mit 7 Embryonen trächtig war.

Microtus agrestis estiae ist von mir auf Vilsandi und Abruka gefunden worden.

Masse von *Microtus agrestis estiae*, in mm.

Fortlauf. №	№ meiner Samml.	Datum	Fundort	Geschl.	Länge von Rumpf u. Kopf	Länge des Schwanzes	Länge des Hinterfusses	Ohröffnung	Gewicht in Gramm	Bemerkungen
1.	289	26/VII 1920	Vilsandi	♀	113	31	17	12·5	—	
2.	290	„ „	„	♂	115	32	17	13	—	
3.	291	„ „	„	♂	117	35	18	13	—	
4.	292	27/VII „	„	♂	123	40	18	13	—	
5.	463	20/VIII 1922	„	♀	97	29	17	12·5	22·1	
6.	561	6/VI 1924	Abruka	♀♂	131	32	18·5	13·5	—	
7.	565	„ „	„	♀♂	115	32	18·5	14	—	Im Uterus 7 Embryonen.
8.	566	10/VI „	„	♂	103	30.5	17·5	12	—	

Schädelmasse von *Microtus agrestis estiae*.

Fundort	№ meiner Samml.	Geschlecht	Condylo-basale Länge	Occipito-nasale Länge	Grösste Breite an d. Jochbogen	Geringste Interorbitalbreite	Länge der Nasalia	Grösste Breite bei der Nasalia	Diastemale Länge	Länge d. oberen Zahnreihe (Alveol.)	Länge d. unteren Zahnreihe (Alveol.)	Postmolare Länge	Unterkiefer	Bemerkungen
Vilsandi	463	♀	23·2	23·7	14·8	3·9	6·8	3·0	6·8	5·9	—	9·8	—	
Abruka	561	♀♂	27·1	27·5	15·8	3·6	7·6	3·2	8·2	6·6	6·3	11·3	17·3	
„	565	♀	25·7	26·4	15·3	3·6	7·6	3·2	7·9	6·2	6·1	10·0	16·4	

In Hinsicht der Nachbargebiete stehen mir betreffs *agrestis* keine Angaben zur Verfügung, welche ein spezielleres Eingehen auf diesen Gegenstand ermöglichen könnten. Miller (13) nennt die Stammform [1]) für Finnland; I. Hildén (24) hat für Karelien *Agricola agrestis* (L.) festgestellt.

Der Formenkreis *Microtus arvalis* Pallas.

1908 *Arvicola arvalis,* Wasmuth, Tabell. Naturg. d. S., p. 32.
1909 *Arvicola arvalis,* Grevé, Säug. Kur-, Liv-, Estl., p. 122.
1910 *Arvicola arvalis,* v. Mierzejewski, Verh. d. k.-k. zool.-bot. Ges. in Wien, LX, p. 339.
1923 *Microtus arvalis,* Reinwaldt, „Zoolog. palaear.", I, p. 166.

Material: über 50 Exemplare aus Estland.

Fundorte: Kirimäe Saar und Võnnu Saar bei Haapsalu, Seewald bei Tallinn, Tähtvere b. Tartu, Umgegend von Valga und den Eisenbahnst. Antsla und Irboska, Inseln Vormsi und Saaremaa.

Arvalis — die Feldmaus — ist schon von älteren Autoren für unser Land angeführt worden, doch lässt es sich nicht mit Sicherheit nachweisen, dass hierbei nicht mitunter auch eine Verwechslung mit *agrestis* stattgefunden hat.

Die systematische Stellung unseres *arvalis* oder seiner Formen ist bis heute noch nicht festgestellt. Da Prof. Matschie, welchem ja doch das umfangreichste Material an mitteleuropäischen *arvalis*-Arten zur Verfügung stand, in einem Brief an mich sich ablehnend zu der von Miller versuchten Lösung dieser Frage aussprach, andererseits ich im Br. Mus. das diesbezügliche Material lückenhaft fand und mich dort zugleich von der in dieser Sache herrschenden Unklarheit überzeugen konnte, so unterlasse ich vorläufig den Versuch, den estländischen *arvalis* zu identifizieren. Das könnte meines Erachtens erst nach einer allgemeinen Revision der mitteleuropäischen *arvalis*-Formen geschehen.

Unser *arvalis* erscheint im erwachsenen Zustande auf der Dorsalseite gelblichgrau, im Juli etwa „Saccardo's umber", was bedingt ist durch das Vorhandensein von stärkeren Haaren, welche entweder ganz schwarz oder schwarz und mit weisslichgelben bis braunen Endhälften versehen sind, sowie von schwäche-

1) Das Wort Stammform wird von mir in vorliegender Arbeit als mit Nominatform gleichbedeutend gebraucht.

ren schwarzen Haaren mit braunen Spitzen. Die schwarzen Basalteile der Haare scheinen mehr oder weniger stark durch.

Durch den Haarwechsel und das dadurch bedingte verschieden starke Auftreten von falb bis gelblichbraun gespitzten und von schwarzen Haaren, sowie durch die verschiedene Dichte des Felles und das infolgedessen mehr oder weniger starke Durchscheinen der dunklen Basalteile der Haare entsteht ein deutlicher Wechsel der Färbung der Dorsalseite im Laufe des Jahres. Im Winter, etwa bis zum April, ist sie am lebhaftesten, gelblichbraun mit schwärzlichem Anfluge, gegen Mitte des Sommers stärker mit Grau untermischt und daher düster erscheinend.

An den Seiten nehmen alle Haare allmählich weissliche Spitzen an, und auf der Ventralseite sind die stärkeren Haare nur an der Basis, die schwächeren in der proximalen Hälfte schwärzlich, im übrigen Teil weiss.

Die Ventralseite erscheint im Juli „Pale mouse gray"-farben.

Der Winterpelz ist dichter, wodurch die dunklen Basalteile der Haare weniger durchscheinen und die Ventralseite heller, bis rein weiss, erscheint.

Junge Tiere sind auf der Dorsalseite weniger lebhaft, auf der Ventralseite grau gezeichnet.

Bei uns findet man *arvalis* in sehr verschiedenen Lebensbedingungen. Diese Art fehlt hauptsächlich dort, wo bei Fehlen von Ackerland stärkerer Baumwuchs vorhanden ist. Sie meidet Wald und Gebüsch. An die Bodenverhältnisse stellt sie keine hohen Anforderungen: man findet sie auf dem Festlande und auf den Inseln auch auf Lehm- und Sandboden. Nur scheinen ihr steinige Felder, wie sie am nordwestlichen Strande des Festlandes und auf den westlichen Inseln vielfach anzutreffen sind, wenig zuzusagen. Auf der Insel Saaremaa kann man nach dem Getreideschnitt mancherorts grosse Feldkomplexe durchwandern, ohne auf Spuren von *arvalis* zu stossen.

Wir finden sie sonst auf den verschiedensten Feldern und Wiesen; zuweilen an hohen, trocknen Stellen, wo der Pflanzenwuchs ein recht spärlicher ist, oder auf feuchtem Grunde an Bächen, wo sie ähnlich der Art *terrestris* lebt.

Auf der Insel Vormsi, wo *arvalis* recht zahlreich vertreten ist, findet man ihn, trotz Vorhandenseins von Feldern, doch mitunter weit von diesen entfernt und auf unfruchtbarem Boden, dicht am Meere im Bereiche des Hochwassers, im sandigen

Uferwall oder unter Wanderblöcken, oder aber auf trocknen *Juniperus*-Triften der Insel.

Für die Häufigkeit von *arvalis* in verschiedenen Geländearten habe ich folgende Daten erhalten [1]):

	Absolute Häufigk. in %	Relat. Häufigk. in %
Bachufer einer Wiese	—	100
Strandwiese am Meere	12	83—100
Obst- und Gemüsegarten	—	20— 33
Wirtschaftskeller (im Dezbr.) auf d. Lande	—	33
Getreidefeld	—	100
„ auf d. Insel Saaremaa .	—	50
Strandwiese auf d. Insel Vormsi . .	16	38
„ „ „ „ „ unter Wanderblöcken	12	100

Wie wir aus obigem ersehen, kann diese Art im Winter bis in die Häuser vordringen.

Ihre Nahrung wird, entsprechend der wechselnden Umgebung, auch verschieden sein müssen. Anscheinend spielt bei ihr die Fleischnahrung keine ganz untergeordnete Rolle. In der Freiheit scheint sie nicht nur die Kadaver von ihresgleichen der Pflanzenkost vorzuziehen, sondern verschmäht auch Fische nicht.

Die Fortpflanzungszeit erstreckt sich anscheinend vom März bis zum August. Als Maximum habe ich 8 Embryonen im Uterus gefunden. — Die Nester werden je nach den Bodenverhältnissen verschieden tief angelegt. Auf übermässig feuchtem Boden können sie oberirdisch (im Winter unter Schnee) angelegt werden.

Arvalis ist, wie schon die Fundortsangaben des eingangs angeführten Materials ergeben, bei einigermassen entsprechendem Gelände allerorts anzutreffen.

Infolge der schon eingangs erwähnten Unsicherheit, welche in Hinsicht der *arvalis*-Formen im allgemeinen zu herrschen scheint, ist es begreiflich, dass sich auch in Bezug auf die Nachbargebiete Estlands nichts Sicheres anführen lässt, sobald wir auf die einzelnen Formen zu sprechen kommen. Als interes-

1) Auf dem Festlande, wo nicht anders vermerkt.

sante Tatsache sei hier nur daran erinnert, dass jetzt auch für Finnland durch V. A. Korvenkontio (28) *arvalis* festgestellt worden ist.

Masse von *Microtus arvalis subsp.* aus Estland, in mm.

Fortl. №	№ meiner Samml.	Datum	Fundort	Geschl.	Länge v. Rumpf u. Kopf	Länge des Schwanzes [1]	Länge des Hinterfusses	Ohr	Gewicht in Gramm	Bemerkungen
1.	202	6/X 1919	Eis. St. Irboska	♂	120	35	15·5	11	—	
2.	210	19/IV 1920	b. Valga	♀	100	38	15	11·5	—	Im Uterus 6 Embryonen
3.	211	20/IV „	„ „	♂	115	34	16·5	12·5	—	
4.	214	30/IV „	Eis.St. Antsla	♀	100	33	16	11	—	Im Uterus 6 Embryonen
5.	215	7/V „	„ „ „	„	105	35	15	10	—	Im Uterus 7 Embryonen
6.	216	8/V „	„ „ „	♂	110	33	15	11	—	
7.	221	10/V „	„ „ „	„	100	35	15·5	12	—	
8.	222	„ „	„ „ „	♀	87	27	15	10	—	Im Uterus 8 Embryonen
9.	293	29/VII „	Saarem., Rootsik.	„	102	32	16	11	—	Im Uterus 7 Embryonen
10.	321	22/VIII „	b. Haapsalu	♂	90	30	15·5	10·5	—	
11.	340	„ „	Tähtvere b. Tartu	♀	92	28	15	10	—	
12.	345	27/XI „	„ „ „	„	102	34	15·5	10·5	—	
13.	347	„ „	„ „ „	♂	104	35·5	15·75	11	—	
14.	391	3/VII 1921	b. Haapsalu	„	112	37·75	17·5	12	—	
15.	392	„ „	„ „	„	118	38	18	11·25	—	
16.	393	„ „	„ „	♀	98	32·5	16·5	11·25	—	
17.	404	22/VII „	„ „	♂	123	38	17	12	—	
18.	410	26/VII „	„ „	„	117	38	17	11·25	—	
19.	411	30/VII „	„ „	♀	96	29	15	11·25	—	Im Uterus 8 Embryonen
20.	418	12/VIII „	Vormsi	„	116	38	17	11·75	—	
21.	419	„ „	„	♂	111	38	16	11·75	—	
22.	420	„ „	„	♀	123	36	16	12	—	
23.	421	„ „	„	„	104	35	16	11·5	—	
24.	422	„ „	„	♂	92	33·5	16	11	—	
25.	425	23/VIII „	„	♀	101	31	16·75	12	—	Im Uterus 6 Embryonen
26.	426	„ „	„	„	110	34	16·75	13	—	
27.	428	„ „	„	„	101	31	16·75	12	—	Im Uterus 6 Embryonen
28.	429	30/VIII „	b. Haapsalu	„	90	24	15·5	11	—	
29.	431	„ „	„ „	♂	95	32	17	10·25	—	
30.	433	3/IX „	„ „	„	113	31	17	11·5	—	
31.	473	1/IX „	„ „	„	92	27	15·5	10·5	15.5	
32.	482	30/XII „	„ „	„	91	28	16	9·5	19·3	

1) Bis 293 incl. mit den Endhaaren zusammen gemessen.

Schädelmasse von *Microtus arvalis subsp.* aus Estland.

Fundort	№ meiner Sammlung	Geschlecht	Condylo-basale Länge	Occipito-nasale Länge	Grösste Breite an den Jochbogen	Geringste Interorbitalbreite	Länge der Nasalia	Grösste Breite beider Nasalia zusammen	Diastemale Länge	Länge d. oberen Zahnreihe (an d. Alveole gemessen)	Länge d. unteren Zahnreihe (an d. Alveole gemessen)	Postmolare Länge	Unterkiefer	Bemerkungen
Tähtvere b. Tartu	339	♀	21·9	21·7	12·3	3·1	6·1	2·3	6·7	5·6	5·7	9·2	13·9	
„	345	„	24·1	—	14.1	3·1	7·0	2·9	7·7	5·9	5·8	9·9	15·5	
„	346	„	22·0	22·2	12·5	3·3	6·2	2·9	6·5	5·7	5·8	9·0	14·3	
„	347	♂	23·7	23·7	13·4	3·2	7·0	2·9	7·3	6·0	6·0	9·8	15·2	
b. Haapsalu	391	„	25·8	25·6	14·4	3·4	7·0	3·0	8·0	6·0	5·8	10·9	16·0	
„	392	„	25·1	24·9	13·7	3·4	7·0	3·0	7·5	5·7	5·6	10·9	15·3	
„	404	„	26·9	26·4	15·0	3·4	8·0	3·2	9·0	6·8	6·7	10·4	16·6	
„	410	„	—	—	—	—	7·0	2·9	7·8	6·1	6·0	—	—	
„	411	♀	22·3	22·3	12·2	3·2	6·0	2·9	6·9	5·6	5·4	9·0	14·0	
„	429	„	21·3	21·9	12·1	3·1	6.3	2·7	6·5	5·4	5·3	8·3	13·6	
„	431	♂	22·9	23·0	12·9	3·6	6·5	2·9	6·9	5·8	5·7	9·2	14·9	
„	433	„	24·6	—	13·8	3·3	7·2	3·0	7·8	6·0	5·9	9·8	15·8	
Vormsi	418	♀	25·0	25·0	14·8	3·7	6·8	3·0	7·9	5·7	5·8	10·0	15·7	
„	428	„	25·6	—	14.6	3·6	7·5	2·6	7·9	6·2	6·0	11·0	16·0	
b. Haapsalu	482	♂	23·0	22·7	12·7	3·4	6·6	2·6	6·9	6·0	5·6	9·5	14·8	

Der Formenkreis *Arvicola terrestris* L.

1908 *Arvicola amphibius,* Wasmuth, Tabell. Naturg. d. Säugetiere d. Ostseepr., p. 32.

1909 *Paludicola amphibius,* Grevé, Säugetiere Kur-, Liv-, Estl., p. 120.

1910 *Paludicola amphibius,* v. Mierzejewski, Verh. d. k.-k. zool.-bot. Ges. in Wien, LX, p. 339.

Die Wasserratte wird vielfach schon von den älteren Autoren genannt; man kennt sie in Estland schon seit langer Zeit, auf dem Festlande wie auch auf den Inseln. Sie stellt aber an das Milieu eine Reihe bestimmter Anforderungen, so dass sie durchaus nicht so häufig anzutreffen ist, wie man vielleicht im allgemeinen geneigt wäre anzunehmen. Sie ist wohl nicht unbedingt an das Vorhandensein von Wasser gebunden, findet aber in der Nähe desselben wohl am leichtesten die entsprechende Nahrung. Sie bewohnt Strandwiesen am Meere oder an Seen und Bächen, ist aber auch auf sumpfigen Gehölzwiesen anzutreffen, selbst auf feuchten Waldlichtungen, wenn auch nicht häufig. Auf den Inseln (Loonalaid, Abruka) bewohnt sie auch Getreidefelder. Sie bevorzugt Grabenwälle und Dämme. Sehr empfindlich zeigt sie sich anscheinend gegen das Betreten ihrer

Aufenthaltsorte durch Viehherden, welche offenbar ihre Gänge zerstören. Schon aus diesem Grunde fehlt die Wasserratte auf allen Viehweiden und meidet nach Möglichkeit auch die Wiesen, welche im Herbst nach der Heuernte beweidet werden. Schon deshalb bilden für die Wasserratte bei uns den idealsten Aufenthaltsort die isolierten Inseln des Meeresstrandes, wo sie wirklich massenweise auftreten kann, und dadurch wohl der einzige Nager ist, welcher bei uns zur rechten Plage wird. Die Vermehrung wird auf den Inseln wohl auch durch die geringe Zahl ihrer Feinde begünstigt.

Wenn ich auf Strandwiesen, welche zeitweiliger Beweidung unterlagen, im günstigsten Falle für die absolute Häufigkeit von *A. terrestris* 28% erhielt, so ergaben isolierte Inselchen regelmässig bis 100%.

Wie vielfach in der Literatur angegeben, wechselt auch bei uns diese Art mitunter mit den Jahreszeiten periodisch ihren Standort, anscheinend im Zusammenhang mit Veränderungen der Nahrungsverhältnisse. So kann man sie häufig in der ersten Hälfte des Sommers auf Wiesen in der Nähe des Wassers finden; im Herbst ist sie von dort verschwunden, macht sich aber in den anliegenden Gemüsegärten bemerkbar. Sie dringt im Winter, besonders auf unseren Inseln (Saaremaa, Hiiumaa, Abruka), sogar in die Kartoffelkeller, ja wird sogar in den Wohnräumen zur Plage des Menschen (Insel Loonalaid). — Andererseits lassen sich bei uns auch periodische Wechsel des Standortes von viel grösserer zeitlicher Ausdehnung feststellen, indem die Wasserratte mehrere Jahre hindurch in grösserer Zahl ein Gelände bewohnt, um dann plötzlich von dort auf Jahre völlig zu verschwinden. Die Gründe, welche in diesem Falle massgebend sein könnten, sind nicht genügend sicher festgestellt.

Es leuchtet ein, dass die Wasserratte beim massenhaften Auftreten auch bei uns wirtschaftlich empfindlichen Schaden verursachen kann, sei es nun durch ihre Wühltätigkeit oder durch Beschädigen und Vernichten von Kultur- und anderen Pflanzen. Geht sie hierin doch so weit, dass sie bei Nahrungsmangel sogar die Stämme von Wacholder benagt, wie ich es auf der Insel Loonalaid beobachten konnte.

Für die Art der Anlage des Nestes gelten auch für unser Gebiet die in der Literatur schon verzeichneten Angaben. Nahrungsvorräte (zerkleinerte Melde usw.) werden in den Sommer-

monaten in den mit Nestjungen besetzten Bauten unseres *terrestris* gefunden.

Trächtige Weibchen habe ich von Juni bis August angetroffen. Doch beginnt die Fortpflanzungszeit schon im Frühjahr, denn im Juni sind schon grosse Junge zu sehen.

Von Ectoparasiten besitzt der estländische *terrestris* den Floh *Ctenophthalmus agyrtes* (Heller).

Für das estländische Festland liegt mir zu wenig brauchbares Material vor, um die Frage über die systematische Stellung der hier vorkommenden *Arvicola*-Formen sicher lösen zu können. Eben ist dieses nur für die westlich vom Festlande gelegenen Inseln möglich.

Arvicola terrestris abrukensis subsp. nov.

Material — über 70 Exemplare von den Inseln Vilsandi, Abruka, Lauri-Maa, Loonalaid und Notamaa.

Die auf den westlichen Inseln Estlands vorkommende Wasserratte unterscheidet sich in mehrfacher Hinsicht von der bis hierher beschriebenen Form *Arvicola terrestris terrestris* L. Skandinaviens. Ich sehe in ihr eine noch nicht beschriebene Unterart und zähle sie zur *terrestris*-Gruppe, finde aber, dass sie der *amphibius*-Gruppe recht nahesteht. Als Typus sehe ich № 571 (♂ 13/VI, 1924) meiner Sammlung — von der Insel Abruka stammend — an, und benenne diese Form: *Arvicola terrestris abrukensis.*

Unterschiede finden sich schon in der Grösse. *Arv. terr. terr.* L. zeigt [1]): Länge von Rumpf mit Kopf bis 187 und des Schwanzes bis 105 mm., während die entsprechenden Masse bei *Arv. terr. abr.* 215 und 117 betragen.

Die Färbung ausgewachsener Exemplare von *Arv. terr. abrukensis* ist Anfang Juni folgende: Der Kopf oben schwärzlichbraun — zwischen „Mummy brown" und „Clove brown", bedingt durch Vorhandensein von stärkeren schwarzen und schwächeren grauschwarzen Haaren, sowie solchen mit gelblichbraunen Spitzen oder gelblichen — „Warm buff" — Endteilen und schwarzen Spitzen. Die Wangen sowie die Umgebung der Ohren heller — „Prout's brown". Die Basalteile der Haare schiefergrau. Die sonst schwarzen Haare treten mehr gegen

1) Nach G. S. Miller und Material des Br. Mus.

solche mit gelblichgrauen und rostbraunen Endteilen und Spitzen zurück. Die Lippen sind weiss, die Spürhaare schwarz. Die Färbung des Kopfes geht allmählich in eine mehr „Sepia"-farbene Zeichnung des Vorderrückens über. Hier tritt die Zahl der schwarzen Haare zurück, und wir finden vorwiegend solche mit hellen Endteilen. Caudalwärts nimmt die Färbung des Rückens an Dunkelheit zu und erscheint in der lumbalen Gegend schwärzlichbraun, weniger lebhaft als der Kopf gefärbt. An diesem Teile des Rückens sind kräftige schwarze Haare stark vertreten, sowie schwächere schwarzgraue, dagegen verhältnismässig spärlich schwarzgraue mit gelblichbraunen und rostfarbenen Endteilen. Die Färbung des Rückens, nach den Seiten zu allmählich heller werdend, ist „Saccardo's umber", weniger lebhaft als die der Wangen. Auf der Ventralseite des Körpers sind alle Haare im Basalteil hell schiefergrau, zur Spitze zu in verschiedener Ausdehnung falb bis rostfarben, wodurch die ganze Unterseite hellgrau mit in der Medianlinie besonders stark ausgeprägtem Anfluge — hier zwischen „Saccardo's umber" und „Tawny olive" — erscheint. Die Vorderbrust ist reiner grau. Der Schwanz schwärzlichbraun, auf der Ventralseite mit falbem Anfluge, besonders an seiner Basis.

Die jungen Tiere sind infolge des Vorherrschens schwärzlichgrauer Haare eintönig grauschwarz mit leichtem rostfarbigem Anfluge, auf der Ventralseite heller gefärbt. Die Umgebung von Ohren und Maul unterscheidet sich anfangs noch wenig in der Färbung von den übrigen Teilen. — Mit dem weiteren Wachstum beginnt in cranio-caudaler und ventro-dorsaler Richtung eine braune Färbung vorzudringen, welche sich von den Seiten auf den Rücken erstreckt und schliesslich das ganze Tier deutlich rostfarbig erscheinen lässt. Erst darauf beginnen sich stärkere schwarze Haare auf der Dorsalseite immer mehr zu entwickeln, so dass letztere schliesslich zum Herbst schwarzbraun erscheint und dunkler ist, als die eingangs beschriebene Färbung vom Frühling resp. Sommer. Letzteres gilt auch für die ausgewachsenen Exemplare.

Wir haben hier denselben Fall, welcher sich analog auch bei unseren anderen Muriden feststellen lässt: im Frühling die hellste, im Herbst die dunkelste Färbung.

Der Schädel von *Arv. terr. abrukensis* (Fig. 2) zeigt, mit solchen von skandinavischen Exemplaren (Material des Br. Mus.),

also *Arv. terr. terr.*, verglichen, folgende Unterschiede: Die condylobasale Länge des Schädels von *abrukensis* ist grösser, und zwar beträgt sie bis 42'2 gegen 39 mm., was hauptsächlich der bedeutenderen diastemalen Länge zuzuschreiben ist. Ebenso ist auch die

Masse von *Arvicola terrestris abrukensis*, in mm.

Fortl. №	№ meiner Samml.	Datum	Fundort.	Geschl.	Länge v. Rumpf m. Kopf	Länge d. Schwanzes	Länge des Hinterfusses	Ohröffnung	Gewicht in Gramm	Bemerkungen
1.	458	19/VIII 1922	Vilsandi	♂	195	—	28·5	16·5	205	
2.	464	23/VIII „	Saaremaa, Lauri-Maa	„	193	105	28	14	171	
3.	564	6/VI 1924	Abruka	♀	185	105	28	15	—	Im Uterus 7 Embryonen
4.	567	10/VI „	„	♂	203	114	29	14	—	
5.	571	13/VI „	„	„	202	116	29	16	—	
6.	572	„ „	„	♀	197	116	29·5	17	—	Im Uterus 9 Embryonen
7.	573	„ „	„	„	190	117	30	16	—	Im Uterus 5 Embryonen
8.	580	19/VIII „	Saaremaa Lauri-Maa	♂	196	99	28	15·5	179·5	
9.	581	24/VIII „	„	♀	191	109	28·25	14·75	172·5	
10.	584	25/VIII „	„	„	192	109	28	14	189	
11.	613	17/VII 1926	Loonalaid	♂♀	211	111	31	—	—	
12.	617	29/VII „	Notamaa	♀	201	102	28	16·6	—	
13.	618	30/VII „	„	♂♀	215	106	31	18	—	

Schädelmasse von *Arvicola terrestris abrukensis*.

Fundort	№ meiner Sammlung	Geschlecht	Condylo-basale Länge	Occipito-nasale Länge	Grösste Breite an den Jochbogen	Geringste Interorbitalbreite	Länge der Nasalia	Grösste Breite beider Nasalia	Diastemale Länge	Länge d. oberen Zahnreihe (Alveole)	Länge d. unteren Zahnreihe (Alveole)	Postmolare Länge	Unterkiefer	Bemerkungen
Vilsandi	458	♂	40·7	37·1	24·5	5.3	11·7	4·7	14·3	9·6	9·5	15·6	26·4	
Saaremaa	464	„	37·9	35·8	23·6	5·0	11·0	4·9	12·0	9·4	9·5	13·9	25·5	
Abruka	571	„ ♀	40·2	37·6	24·2	5·2	11·1	4·1	14·0	9·5	9·5	15·2	26·7	
„	572	„ ♀	40·0	36·4	23·5	5·1	10·6	4·0	14·0	9·5	9·4	15·0	26·6	
„	573	„ ♀	39·3	35·5	23·2	5·1	10·0	4·1	14·1	9·5	9·6	15·0	27·2	
Saaremaa	580	„ ♂	38·5	36·0	23·2	5·0	10·6	4·9	13·1	9·6	9·4	13·7	25·5	
„	581	„ ♀	38·4	35·1	23·9	5·0	10·0	4·8	13·5	9·4	9·5	13·8	25·8	
„	584	„ ♀	38·6	35·2	23·1	5·0	11·0	4·6	13·5	9·7	10·0	13·6	26·0	
Notamaa	617	„ ♀	39·5	36·6	24·1	5·0	10·7	4·1	14·0	9·8	9·6	14·3	26·6	
„	618	„ ♂	41·4	38·0	25·9	5·0	10·7	4·5	15·0	9·7	9·6	15·5	28·2	
Loonalaid	613	„	42·2	38·8	25·7	5·0	11·2	4·6	15·4	9·0	9·1	16·4	28·5	

Breite an den Jochbogen bei *abrukensis* grösser und die Hirnkapsel (Parietalia und Interparietale) breiter. Mit der von Miller für *terr. terrestris* gegebenen Zeichnung (13) verglichen, unterscheidet sich bei *abrukensis* auch die Fossa mesopterygoidea durch das abgerundetere vordere Ende von jener der Form *terrestris*. Die Schneidezähne sind mehr nach vorn gerichtet, als bei letzterer Unterart.

Der Unterkiefer ist infolge der Verlängerung des vor den Backenzähnen gelegenen Teiles länger als bei *terr. terrestris*. Wie beim Oberkiefer, so sind auch hier die Schneidezähne mehr nach vorn gerichtet.

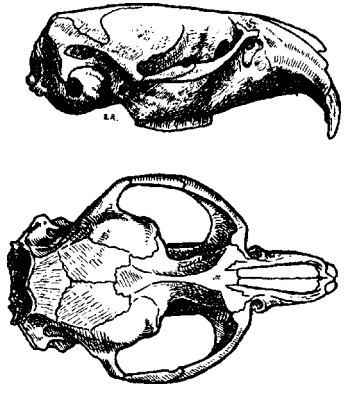


Fig. 2. Schädel von *Arvicola terrestris abrukensis*. Nat. Grösse.

In Hinsicht der Lebensweise gilt das oben für den Formenkreis Angeführte. — Bei einem trächtigen Weibchen von *abrukensis* habe ich 9 Embryonen im Uterus gefunden.

Arv. terr. abr. ist ein typischer Vertreter der Fauna unserer westlichen Inseln und Inselchen.

In Hinsicht der Nachbargebiete haben wir nach Ognev (33) für das Petersburger Gouvernement und Finnland *Arvicola terrestris* L., d. h. wohl *A. terrestris terrestris* L., anzunehmen. Über die *Arvicola*-Arten und deren Formen in dem südlich von Estland gelegenen Gebiet liegt mir weder Material noch Literatur vor, auf Grund dessen ich die dort vorkommenden Formen nennen resp. feststellen könnte.

Die Unterfamilie der *Murinae*.

Von den *Murinae* sind bis hierzu für Estland folgende Formenkreise nachgewiesen worden: *Apodemus flavicollis*, *A. agrarius*, *Micromys minutus*, *Rattus rattus*, *R. norvegicus* und *Mus spicilegus*. Möglich ist das Vorkommen von *Apodemus sylvaticus L.* und wahrscheinlich das von *Mus musculus L.* hierselbst. Letztere Art wird sicher aus Westeuropa verschleppt worden sein, doch sind mir bis hierzu keine Belegexemplare vor Augen gekommen.

Im Zusammenhang mit ihrer Lebensweise finden wir die *Murinae* weniger eng mit einem bestimmten Milieu verknüpft. Nur haben sie als Tiere, welchen wir wohl grösstenteils eine südliche Herkunft zuschreiben müssen, sich in unseren Breiten enger an den Menschen und dessen Kultur schliessen müssen, als das in südlicheren Gegenden der Fall ist.

Infolgedessen erscheint die Umgebung der menschlichen Niederlassung als ergiebigster Fundort, was Formenreichtum und Individuenzahl betrifft.

Im Zusammenhang mit ihrem Schmarotzertum unterliegen die *Murinae* in höherem Masse der Verschleppung durch den Menschen und kommen daher als zoogeographischer Faktor weniger in Betracht.

Der Formenkreis *Apodemus flavicollis* (Melchior).

1909 *Mus sylvaticus*, Grevé, Säugetiere Kur-, Liv-, Estlands, p. 115.
1911 *Mus sylvaticus wintoni*, Grevé, Korresp. d. Nat.-Ver. z. Riga, LIV, p. 31.
1915 *Mus sylvaticus wintoni*, Reinwaldt, Korresp. d. Nat.-Ver. z. Riga, LVII, p. 113.
1923 *Apodemus flavicollis subsp.*, Reinwaldt, Zoologica palaearctica, I, p. 116.

Untersucht über 45 Exemplare. Fundorte: Stadt Haapsalu und Umgegend, Stadt Tartu und Umgegend, Pühajärv, Inseln Hiiumaa und Saaremaa.

Die Gelbhalsmaus [1]) war bis 1908 nur von älteren Autoren (zuletzt Petri 1809) als Waldmaus für das einstige Gouvernement Estland angeführt. 1908 fing ich mehrere Exemplare bei Haapsalu, von welchen auch Grevé berichtet (7). Für Saaremaa stellte ich sie 1920 in Rootsiküla (36) und 1924 auf Sõrve fest. Im Sommer 1922 fand ich sie auf Hiiumaa.

Bei Durchsicht der Diagnosen, welche wir für diesen Formenkreis und die einzelnen Glieder desselben besitzen, müssen wir uns leider von der Unzulänglichkeit der Beschreibungen überzeugen. Während ein Teil der *sylvaticus*-Formen, hauptsächlich durch englische Forscher, eine eingehende Bearbeitung erfahren hat, können wir dieses hier eigentlich nur von dem englischen *flavicollis wintoni* B.-H. sagen. *Flavicollis flavicollis* Melch.

1) Ich finde die Bezeichnung „Gelbhalsmaus" von Heck (29) für *sylvaticus wintoni* Bar.-H. angeführt und benutze meinerseits diesen Namen für den ganzen Formenkreis *Apodemus flavicollis* (Melchior).

und weitere zu demselben Formenkreise mehr oder weniger wahrscheinlich gehörende Formen sind zum grössten Teil so schattenhaft gezeichnet, dass ein Vergleich auf Grund von Literaturangaben oft ganz problematisch erscheinen muss. Daher verzichte ich hier auf die endgültige Entscheidung der Frage nach der Zugehörigkeit unseres *flavicollis* zu einer der schon beschriebenen Formen und bin bestrebt, eine möglichst brauchbare Diagnose der estländischen Form zu geben, wobei ich hauptsächlich Exemplare aus der Umgegend Haapsalus zur Grundlage nehme.

Solche erreichen im ausgewachsenen Zustande eine Länge von: Körper mit Kopf 111—130 mm., der Schwanz 116—123 mm., der Hinterfuss 23'75—27 mm., das Ohr 18'5—19 mm. Das Maximalgewicht der Männchen erreicht 49'5, der Weibchen (trächtig) 65'5 Gramm.

Die Färbung unseres *flavicollis* ist während des Jahres deutlichen Veränderungen unterworfen.

In der ersten Hälfte des Sommers (Juni bis Anfang Juli) ist die Dorsalseite am hellsten, etwa „Tawny-olive"; zur Medianlinie des Rückens dunkler, hier etwa „Prout's brown" entsprechend (als dunkelster Gesamtton in kleiner Ausdehnung). Die Färbung der Ventralseite ist von der Dorsalseite scharf abgesetzt, sie erscheint annähernd „Pale smoke gray" bis „Smoke gray". Der Schwanz ist oben braunschwarz, unten weiss behaart; hier haben in seltenen Fällen die weissen Haare braunschwarze Basalteile. Die Wangen und die Seiten an der Übergangslinie zum Grau der Unterseite sowie die Brustbinde sind von rein „Clay color" bis „Tawny olive".

Obige Färbungen werden durch das Zusammenwirken folgendermassen gefärbter Haare hervorgerufen:

Die Basalteile aller Haare sind grau gefärbt, und zwar mit vielen Übergängen von „Pale mouse gray" zu „Olive gray" bis „Dark mouse gray". In der Gesamtheit ergibt das Unterfell etwa eine „Deep mouse gray"-Färbung. Längs der Mittellinie des Rückens finden wir schwache Haare, welche basalwärts und über die Mitte hinaus die allgemeine graue Färbung des Unterfelles besitzen, im distalen Endteil aber falb — „Ochraceous-buff" — und mit schwärzlichen Spitzen versehen sind. Ferner finden wir hier stärkere Haare, welche, zum Teil über Weiss, in der distalen Hälfte in Braun — „Raw sienna" — übergehen und

schwärzliche Spitzen tragen. Die stärksten Haare sind im Basalteil grau, distalwärts schwarz.

Nach den Seiten zu ist die Färbung heller, was sich durch das schwächere Auftreten der mit Schwarz gezeichneten Haare erklärt. Ihre Stelle vertreten hier gleichfalls starke Haare, welche in den Distalteilen von „Ochraceous-buff" bis „Raw sienna" gefärbt sind.

Auf der Ventralseite sind alle Haare im Distalteil weiss, die stärkeren etwa zu $^1/_4$, die schwächeren zu $^2/_3$ im Basalteil grau. Durch das hier relativ starke Durchscheinen der Unterwolle entsteht das oben angeführte „Pale smoke gray" bis „Smoke gray" der Unterseite.

Zum Herbst zu (in der zweiten Hälfte des August) finden wir die Dorsalseite in grösserer Ausdehnung „Prout's brown", welche Färbung medianwärts in etwa „Mummy brown" übergeht und in der Lumbalregion noch dunkler ist. Die Seiten sind mehr mit Grau untermischt, als bei Exemplaren aus der ersten Hälfte des Sommers; sie erscheinen etwa „Buffy brown".

Die Ventralseite entspricht zumeist „Smoke gray". Die Unterwolle scheint noch mehr durch als zu Beginn des Sommers.

Die einzelnen Haare entsprechen in ihrer Färbung der oben gegebenen Beschreibung, nur sind auf der Dorsalseite die starken, im Distalteil schwarz gefärbten Haare reichlicher vertreten. An den Seiten ist das Fell, wie auf der Ventralseite, undichter geworden, und infolgedessen scheinen die dunklen Basalteile mehr durch.

Im Winter (Dezember) ist die Behaarung der Dorsalseite noch stärker mit schwarzen resp. schwarzgespitzten Haaren durchsetzt, so dass wir die dunkelsten Farbtöne, welche wir zu Ende des Sommers resp. im Herbst beobachteten, jetzt noch ausgedehnter finden. Die Seiten erscheinen annähernd in gleicher Farbe, wie in der zweiten Hälfte des Sommers, nur ist die mit Grau untermischt erscheinende Färbung schon nicht mehr durch die Undichtigkeit des Pelzes bedingt, sondern durch nachgewachsene schwarzspitzige Haare. Infolge der grossen Dichte des Pelzes erscheint die Ventralseite zu dieser Jahreszeit weiss.

Wir sehen somit zu Anfang des Sommers einen Teil der Haare ausfallen, wodurch die helle Dorsal- und graue Ventralseite entstehen. Mehr zum Ende des Sommers werden die ausgefallenen starken, zum grossen Teil schwarzen, Haare der Dor-

salseite durch neue ersetzt, wodurch eine düstere Färbung entsteht.

Diese geht dann während des Winters infolge des Nachwachsens der schwächeren braungespitzten Haare in eine lebhaftere bräunliche Färbung über, welche ihrerseits von der schon oben angeführten hellbraunen des Frühsommers abgelöst wird.

Bei dem *flavicollis* unserer Inseln vollzieht sich die mit der Saison in Zusammenhang stehende Veränderung der Färbung später im Jahr als auf dem Festlande, was durch klimatische Unterschiede zu erklären sein wird.

Die jungen Tiere nehmen anscheinend erst im folgenden Jahre die definitive Färbung an. Sie sind noch im Frühjahr des folgenden Jahres auf der Dorsalseite düster braungrau — „Clove brown" — gefärbt in der Medianregion des Rückens, etwa „Hair brown" nach den Seiten zu. Die Brustbinde und der Übergang von der Färbung der Dorsalseite zur mehr oder weniger rein weissen Ventralseite (ein schmaler Streifen) sind etwa „Clay color". Da jüngere Exemplare, als die oben beschriebenen, vom Anfang des Sommers eine bräunlichere Färbung aufweisen, so scheint der Übergang von den jüngsten zu den definitiven Stadien nicht in allen Fällen der gleiche zu sein.

Die braune Brustzeichnung ist bis auf wenige Ausnahmen als wohlentwickeltes Band vorhanden. Letzteres ist relativ schmal bei Exemplaren von Saaremaa und Hiiumaa, zieht sich aber bei solchen des Festlandes nicht selten in Form eines Streifens in der Medianlinie des Bauches caudalwärts fort, worauf schon an anderer Stelle hingewiesen worden ist (12, 21).

Der Schädel unseres *flavicollis* erreicht eine condylo-basale Länge von 28'2 und condylo-nasale von 30'5 mm. (auf Saaremaa 28'4 resp. 30'4 mm.). Das von Hinton (19) angeführte Merkmal des Verhältnisses der Länge des Foramen incisivum zur condylo-basalen Länge, als Unterschied zwischen *sylvaticus* und *flavicollis* (*wintoni* B.-H.), findet sich auch bei dem mir vorliegenden estländischen Material bestätigt. Hinton gibt für obiges Verhältnis an: *sylvaticus* 21'9—25'5 % und *flavicollis wintoni* B.-H. 19'3—21 %. Bei 9 Schädeln von ausgewachsenen Exemplaren meines Materials stellt die Länge des Foramen incisivum 18'0—21'3 % der condylo-basalen Länge dar. Der Durchschnitt beträgt 20'6 %. Wir können dieses Merkmal also auch für die estländischen Repräsentanten des Formenkreises *flavicollis* und

vielleicht für den ganzen Formenkreis gelten lassen. — In der Form des Schädels finden sich innerhalb des Materials offensichtliche Unterschiede; trotzdem lassen sich eben daraus noch keine weiteren Schlüsse ziehen, da der Schädel von *flavicollis* gewissen Variationen unterworfen zu sein scheint. So schwankt das Verhältnis der postmolaren zur condylo-basalen Länge und ist die obere Profillinie verschieden stark gebogen. In letzterer Hinsicht lassen sich zwei Schädeltypen unterscheiden, zwischen denen die Übergänge bis hierzu nicht vorliegen. Jedenfalls scheint aber auf Grund dieses Merkmals eine Trennung einer Festlandsform von einer insularen nicht möglich zu sein.

Hinsichtlich der Schädelmasse verweise ich auf die beigefügte Tabelle.

Die Gelbhalsmaus ist bei uns eine der häufigsten Vertreterinnen der *Murinae*. Wenn verschiedene Autoren bei Besprechung der morphologischen Merkmale eine grosse Plastizität hinsichtlich der Bildung von abweichenden Formen beim Genus *Apodemus* feststellen, so können wir diese Eigenschaft gewissermassen auch in ökologischer Hinsicht für den Formenkreis *flavicollis* anführen. Wir erhalten, im Durchschnitt gerechnet, folgende Daten für die Häufigkeit des Vorkommens obiger Maus in verschiedenem Milieu in Estland:

	absolute Häufigk. in %	relat. Häufigk. in %
Wirtschaftskeller auf d. Lande . .	50	89
Obst- und Gemüsegarten auf d. Lande	—	70
Rand von Getreidefeldern	10	66'5
Gebäude (unbew. Erdgeschoss) . .	40	69'7
Gutspark	bis 31	bis 100
Gehölzwiese	7'5	41'6

Apodemus flavicollis verfügt also bei uns über die Gabe, sich recht verschiedenen Verhältnissen anzupassen, vor allem sich die menschliche Kultur weitgehend nutzbar machen zu können. Wie in Westeuropa, so geht diese Art auch bei uns bis in die Städte (für Tartu und Haapsalu nachgewiesen), und bei der Grösse dieser Maus lässt sich voraussehen, dass sie im Daseinskampf in dieser Richtung auf Erfolg rechnen kann.

Die Nahrung von *flavicollis* ist in gewisser Hinsicht vom Aufenthaltsort abhängig. Im Walde besteht sie wohl zum guten Teil aus tierischer Kost, im Obstgarten geht diese Art mitunter

an Fallobst. Wir könnten den estländischen *flavicollis* eigentlich recht treffend als „Gartenmaus" bezeichnen.

An Ectoparasiten sind auf dem estländischen *flavicollis* (15) von Prof. Dampf folgende Flöhe festgestellt worden: *Ceratopsyllus fasciatus* Bose, *Ceratops. mustelae* (Dale), *Ctenophthalmus agyrtes* (Heller) und *Hystrichopsylla talpae* (Curt.).

Wenn wir das Tatsachenmaterial durchmustern, welches über den obigen Formenkreis in Hinsicht unserer Nachbargebiete vorliegt, so stossen wir vielerorts auf Unklarheiten und ungelöste Fragen. G. S. Miller zählt zum Formenkreise *flavicollis* ausser dem englischen *wintoni* B.-H. den kontinental-europäischen *flavicollis flavicollis* (Melch.); auch die von Fischer 1866 als *Mus cellarius* beschriebene Maus des Petersburger Gouvernements soll nach ihm hierher gehören.

Als Verbreitungsgebiet von *flavicollis flavicollis* nennt Miller das zentrale Europa, von Finnland und Schweden bis zu den Pyrenäen, Alpen und Griechenland, und von Grossbritannien bis zu Rumänien und dem westlichen Russland. Vergleichsmaterial aus Russland scheint Miller nicht vorgelegen zu haben.

Miller's Diagnosen sind in mancher Hinsicht unvollständig. Mit seinen Daten verglichen, unterscheidet sich der estländische *flavicollis* von seinem *flavicollis flavicollis* durch bedeutendere Grösse (130 gegen 120 mm.). Ausserdem trifft für unsere Exemplare nicht zu, was Miller (13) in Hinsicht der Brustzeichnung sagt, nämlich: „chest spot frequently not forming complete collar". Bei meinem Material ist das Umgekehrte der Fall. In diesem Zusammenhange ist beachtenswert, was Hinton (19) schreibt: „Collett says that in the form living in southern Norway the reddish-yellow pectoral belt is seldom wanting, and that it is often prolonged in a short point down towards the belly; this race would thus appear to make a closer approach towards the British form than do the specimens from Central Europe." Die norwegische Form ähnelt somit der englischen und unsere der norwegischen: eine Tatsache, auf welche ich noch weiter unten zurückkommen werde.

Hilzheimer beschreibt (11) als *Mus sylvaticus fennicus* aus Finnland (Kirchspiel Sääksmäki) eine ohne Zweifel zum Formenkreise *flavicollis* gehörende Form. Obwohl die 5 ihm vorliegenden Exemplare aus den Monaten August und März stammen, findet er sie gleich gefärbt. Da ich oben gezeigt

habe, dass die Färbung des estländischen *flavicollis* mit den Jahreszeiten wechselt und zwischen Herbst- und Frühjahrsfell ein deutlicher Unterschied besteht, so liegt hier entweder eine Ungenauigkeit von seiten Hilzheimer's vor, oder der estländi-

Masse von *Apodemus flavicollis subsp.* aus Estland, in mm.

Fortlauf. №	№ meiner Samml.	Datum	Fundort	Geschl.	Länge von Körper u. Kopf	Länge des Schwanzes	Länge des Hinterfusses	Ohr	Gewicht in Gramm	Bemerkungen
1.	229	31/V 1920	Kirimäe Saar b. Haapsalu	♀	130	123	27	18·5	—	
2.	240	13/VI „	„ „	„	118	111	24·5	16·75	—	
3.	241	14/VI „	„ „	„	105	104	25·5	17·0	—	
4.	251	17/VI „	„ „	♂	100	97	25·0	17·0	—	
5.	263	2/VII „	„ „	♂♀	110	110	24·5	17·0	—	
6.	266	14/VII „	Rootsik. Saarem.	♂	125	—	25·0	18·75	—	
7.	267	„ „	„ „	♀	113	—	25·0	18·0	—	
8.	270	16/VII „	„ „	♂	120	—	26·0	17·0	—	
9.	283	24/VII „	„ „	„	105	—	24·5	16·5	—	
10.	284	„ „	„ „	„	100	91	24·5	16·5	—	
11.	311	13/VIII „	Kirimäe Saar b. Haapsalu	„	110	115	27·0	17·0	—	
12.	318	18/VIII „	„ „	„	110	105	25·0	16·75	—	
13.	335	30/VIII „	„ „	„	115	123	25·5	18·0	—	
14.	351	10/I 1921	Haapsalu	♀	102	95	23·75	16·5	—	
15.	354	25/I „	„ „	„	111	—	23·75	18·5	—	
16.	368	29/III „	„ „	♂	122	117	25·5	18·75	—	
17.	439	5/X „	Kirimäe Saar b. Haapsalu	—	128	120	24·0	18·0	—	
18.	441	26/I 1922	Tartu (Dorpat) Stadt	♀	110	100	24·0	14·0	—	
19.	446	5/VII „	Hiiumaa	♂	122	96	24·5	18·0	42·7	
20.	448	6/VII „	„ „	„	108	94	23·5	16·0	27·3	
21.	470	30/VIII „	Kirimäe Saar b. Haapsalu	♀	108	101	25·5	17·25	31·5	
22.	474	1/IX „	„ „	♂	128	116	26·5	18·0	49·5	
23.	475	2/IX „	„ „	„	122	122	27.0	17·5	46·5	
24.	500	22/VIII 1923	„ „	♀	117	115	24·5	16·4	62·5	Im Uterus 7 Embryonen.
25.	508	23/IX „	Pühajärv	♂	109	110	25·0	16·25	—	
26.	509	„ „	„	♀	107	111	25·0	17·5	—	
27.	510	„ „	„	♂	110	107	25·0	17·5	—	
28.	511	„ „	„	„	113	105	25·0	17·25	—	
29.	523	29/XII „	Kirimäe Saar b. Haapsalu	„	118	107	24·5	18·0	—	
30.	537	19/IV 1924	„ „	„	120	116	26·0	18·5	—	
31.	540	„ „	„ „	„	110	109	27·0	18·5	—	
32.	541	„ „	„ „	„	120	—	25·0	19·0	—	
33.	547	21/IV „	„ „	♀	109	108	24·0	17·75	—	
34.	552	4/V „	Tähtvere b. Tartu (Dorpat)	„	100	98·5	24·0	17·0	28·5	
35.	577	25/VI „	Mõntu, Saarem.	„	110	98·0	24·25	18·0		

sche *flavicollis* unterscheidet sich wenigstens in dieser Beziehung von dem finnländischen. Da Hilzheimer's Angaben zu dürftig sind, um zu einem Vergleich herangezogen werden zu können, und schon ältere Forscher, wie z. B. Fatio, einen mit den Jahreszeiten im Zusammenhang stehenden Farbenwechsel bei der „Waldmaus" festgestellt haben, so bleibt wohl die Frage, ob *flavicollis fennicus* eine selbständige Form sei und wie sich der estländische *flavicollis* zu dieser verhalte, einstweilen am besten offen.

S. I. Ognev (33) hat einen *flavicollis mosquensis* aufgestellt, dessen Beschreibung mir leider nicht vorliegt. Der *flavicollis samariensis* (33) desselben Autors bedarf hier aus verschiedenen Gründen keiner eingehenderen Erörterung.

Grevé (12) bezeichnet in Anlehnung an Trouessart's Arbeit (10) die lettländische (aus der Umgegend Rigas stammende) „Waldmaus" zusammen mit der estländischen als *sylvaticus wintoni* B.-H. Obwohl Grevé hier seine früheren Angaben vervollständigt, so behandelt er die Frage doch nicht genügend eingehend, da er sich zu sehr auf das Trouessart'sche Werk verlässt. Wir können immerhin seinen Ausführungen soviel

Schädelmasse von *Apodemus flavicollis subsp.*

Fundort	№ meiner Sammlung	Geschlecht	Condylo-basale Länge	Occipito-nasale Länge	Grösste Breite an d. Jochbogen	Geringste Interorbitalbreite	Länge der Nasalia	Grösste Breite beider Nasalia zusammen	Diastemale Länge	Länge d. oberen Zahnreihe (Alveol.)	Länge d. unteren Zahnreihe (Alveol.)	Postmolare Länge	Unterkiefer	Bemerkungen
b. Haapsalu	229	♀	28·2	30·5	—	4·6	11·4	3·5	8·5	4·7	4·3	13·2	17·6	Gebiss sehr stark abgen.
„	241	„	25·1	27·5	13·6	4·5	10·3	3·3	7·6	4·5	4·2	11·4	15·5	
Saaremaa	266	♂	28·3	—	15·6	4·5	11·7	3·5	8·6	4·1	4·1	13·1	17·3	Gebiss stark abgenutzt
„	267	♀	—	—	15·0	4·6	11·4	3·5	7·9	4·3	4·2	—	16·4	„ „ „
„	270	♂	28·4	30·4	—	4·8	10·9	3·7	8·8	4·6	4·1	13·1	17·4	
b. Haapsalu	311	„	25·4	—	14·0	4·5	10·0	3·0	7·5	4·1	4·0	11·9	15·4	Gebiss mässig abgen.
„	322	„	25·3	28·0	13·9	4·3	9·0	3·4	8·5	4·3	4·2	12·1	15·4	
Haapsalu	351	♀	25·0	27·3	14·0	4·3	9·5	3·0	7·4	4·2	4·2	11·5	15·7	
„	354	„	25·5	27·8	14·5	4·5	10·2	3·5	7·3	4·4	4·3	12·1	15·7	Gebiss ziemlich stark abgenutzt
„	368	♀♂	—	—	—	—	11·2	3·6	8·1	4·3	4·2	—	16·5	Gebiss mässig abgen.
b. Haapsalu	500	♀♂	26·7	29·5	—	4·4	11·1	3·0	7·9	4·2	4·2	12·9	16·4	„ „ „
„	523	♂	26·2	28·2	14·5	—	—	—	8·1	4·1	4·0	12·5	16·5	„ „ „
„	537	„	27·0	—	14·9	4·3	11·0	3·2	8·5	4·0	4·2	12·7	16·9	Gebiss sehr stark abgen.
„	541	„	—	—	15·3	4·8	10·0	3·6	8·2	4·3	4·1	—	17·0	Gebiss stark abgenutzt
„	547	♀	25·5	28·1	14·1	4·2	10·3	3·0	7·8	4·3	4·1	12·0	16·0	Gebiss + stark abgenutzt
Saaremaa	577	„	25·6	28·0	14·0	4·2	10·0	3·2	7·6	4·1	4·1	11·5	15·8	Gebiss mässig abgenutzt

mit Sicherheit entnehmen, dass das ihm aus der Umgegend Rigas vorgelegene Material dem Formenkreise *flavicollis* angehörte.

Der Formenkreis *Apodemus agrarius* Pallas.

1908 *Mus agrarius*, P. Wasmuth, Tabellarische Naturg. d. Säugetiere d. Ostseeprovinzen, p. 42.
1909 *Mus agrarius*, Grevé, Säugetiere Kur-Liv-Estlands, p. 114.
1923 *Apodemus agrarius*, Reinwaldt, Zoologica palaearctica, I, p. 166.

Das estländische Material bestand aus mehr als 20 Exemplaren, aus der Umgegend von Haapsalu, Valga, Irboska, vom westlichen Ufer des Peipsijärv, von den Inseln Saaremaa und Vormsi.

Die Brandmaus wird schon von älteren Autoren für unser ganzes Gebiet genannt. Beweise für ihr Vorkommen fehlten nur noch für die estländischen Inseln. Im Sommer 1920 stellte ich diese Art für Saaremaa und im Herbst 1924 für Vormsi fest.

Ich finde eben keine Veranlassung, unseren *agrarius* in irgendwelche gesonderte Formen zu zerspalten. Vielleicht, dass in Zukunft einmal dazu die Notwendigkeit entstehen wird. Eben behandle ich das mir aus Estland vorliegende Material einheitlich.

Wenn ich als Kriterium des Alters der Tiere den Zustand ihres Gebisses heranziehe und für erwachsen die ansehe, welche ein wenigstens ziemlich stark abgenutztes Gebiss besitzen, so gestaltet sich die Diagnose unseres *agrarius* folgendermassen:

Bei ausgewachsenen Exemplaren —

Länge des Körpers mit Kopf 99—115 mm.
„ des Schwanzes 69—80 mm.
„ des Hinterfusses 17'5—19'5 mm.
„ des Ohres 11—13 mm.

Im Durchschnitt ergeben sich für mein Material folgende Grössen: 105'7, 74'8, 18'4 und 12'1 mm.

In der Färbung lässt sich bei unserem *agrarius* im Laufe des Jahres ein deutlicher Wechsel unterscheiden, welcher, wie wir weiter unten sehen werden, sich durch Haarwechsel und Verfärben erklären lässt.

Zur Illustrierung der Verhältnisse soll hier die Beschreibung der Färbung in vier verschiedenen Stadien gegeben werden: 1) die Färbung im Frühjahr vor Beginn des Haarwechsels, 2) die Färbung in der ersten Hälfte, 3) die Färbung in der zweiten Hälfte des Haarwechsels und 4) die Färbung im Winter.

Im ersten Fall, im April, ist die Färbung folgende: Auf der Dorsalseite — der Oberkopf „Saccardo's umber", mit „Sepia" untermischt; der Vorderrücken reineres „Saccardo's umber"; der Hinterrücken zur medianen Linie hin „Russet", zu den Seiten hin etwa „Sayal brown", am Übergange zur Färbung der Ventralseite an den hellsten Stellen „Warm buff". Die Ventralseite ist ungleichmässig weiss bis „Pale smoke gray".

Im Juli [1]) findet der Haarwechsel statt, der in cranio-caudaler Richtung vor sich geht. Hierbei kann die Grenze zwischen altem und neuem Fell entweder undeutlich wahrnehmbar oder sehr scharf ausgeprägt sein. Wir finden in der ersten Hälfte des Haarwechsels folgende Färbung: Oberkopf und Vorderrücken „Drab" mit Schwarz untermischt, der übrige Rücken in der Lumbalgegend — etwa „Saccardo's umber", wie auch weiter caudalwärts. Hier ist die schwärzliche Beimischung wenig bemerkbar, nur das dunkelgraue Unterfell etwas durchscheinend. Wir sehen den schwarzen Rückenstreifen auf dem Vorderrücken undeutlich, auf dem Hinterrücken deutlich begrenzt. Die Unterseite ist von „Pale smoke gray" bis „Smoke gray" gefärbt. Obige Farbentöne entstehen durch das Zusammenwirken folgendermassen gefärbter einzelner Haare: Vorderrücken (neue Haare): starke graue Haare, im Distalteil schwarz; ebenso starke Haare, proximalwärts zu $^2/_3$ grau, distalwärts „Light buff" und an der Spitze über „Buckthorn brown" und „Mummy brown" in Schwarz übergehend; etwas schwächere schwarze Haare und noch schwächere Haare in den oben angeführten Färbungen. — Hinterrücken (altes Fell): wenige ganz schwarze Haare, die übrigen im Distalteil „Ochraceous-tawny". Das Unterfell der Dorsalseite ist etwa „Deep mouse gray", auf der Ventralseite „Mouse gray". Der Unterschied zwischen den Haaren des alten und neuen Fells zeigt uns, dass ersteres grösstenteils durch Ausfallen der schwarzen Haare und Bleichen der schwarzen Spitzen der mehrfarbigen Haare entstanden sein muss.

Zum Ende des Haarwechsels — im August — ist die Dorsalseite cranialwärts „Saccardo's umber" mit Schwarz untermischt, caudalwärts infolge teilweisen Vorhandenseins der alten Haare stellenweise „Rood's brown". Der schwarze Streif tritt im

1) Diese Zeit gilt für die Inseln und kann Schwankungen unterworfen sein.

ganzen Verlaufe wenig hervor und ist undeutlich begrenzt. Die Unterseite ist infolge stärkeren Durchscheinens der grauen Basalteile der Haare dunkler als im Juli.

Im Dezember ist die Färbung am gleichmässigsten: die Dorsalseite etwa „Snuff brown", cranialwärts etwas mehr grau; der Oberkopf stärker mit Schwarz untermischt. Die Dorsalseite ist zu den Seiten hin mehr mit „Clay-color" untermischt, dabei das Unterfell durchscheinend, so dass sich im Resultat „Tawny-olive" ergibt. Die Unterseite ist mehr oder weniger rein weiss, in der Medianlinie mit gelblichem Anfluge.

Junge Exemplare sind grau.

Wir haben somit, wie aus obigem zu ersehen, bei unserem *agrarius* zwei extreme Färbungen zu unterscheiden: die Färbung vor dem Haarwechsel und die nach demselben. Erstere ist lebhaft rotbraun und lässt die dunkle Rückenlinie deutlich hervortreten.

Die zweite Färbung geht während des Winters allmählich in die erstere über, während der Übergang von ersterer in letztere im Sommer erfolgt, von relativ kurzer Dauer ist und beide Extreme zugleich an ein und demselben Tier feststellen lässt; alles Tatsachen, auf welche noch weiter unten zurückgekommen werden muss.

Für den Schädel unseres *agrarius* lässt sich für ausgewachsene Exemplare eine condylo-basale Länge von 22'0—23'5 mm. feststellen. In Betreff der übrigen Masse sei auf die beigefügte Tabelle verwiesen.

Apodemus agrarius bewohnt auch bei uns hauptsächlich die Getreidefelder; besonders scheint diese Art die Ränder derselben zu bevorzugen, wo sie sich entweder im Rasen Baue anlegt oder in Steinzäunen lebt, wie man sie besonders auf unseren westlichen Inseln und im nordwestlichen Teil des estländischen Festlandes findet. Sie hat sich vielfach dem Ackerbau angeschlossen und ist überall dort zu finden, wo dieser und Gartenbau getrieben werden. Daher darf es uns auch nicht verwundern, wenn diese Maus zur kalten Jahreszeit in die menschlichen Siedelungen dringt und mitunter in unseren Vorstädten (in Tartu nachgewiesen) gefunden wird. Unabhängig von menschlicher Kultur tritt *agrarius* bei uns hauptsächlich im freien Gelände auf; besonders sind es hier die Strandwiesen, wo er geeignete Standorte, oft dicht am Wasser, bewohnt.

Für die Häufigkeit des Vorkommens von *agrarius* an einigen Standorten haben meine Fänge für Estland folgende Daten (im Durchschnitt) ergeben:

	Absol. Häufigk. in %	Relat. Häufigk. in %
Getreidefelder, resp. deren Ränder . .	—	85
Obst- und Gemüsegärten	—	83
Strandwiesen . . . . . bis 10		85
In Gebäuden auf d. Lande, im Herbst .	—	14

Die Frage über den Schaden und Nutzen von *agrarius* ist im Zusammenhang mit seinem Auftreten an verschiedenen Örtlichkeiten zu beurteilen. Wird er dem Menschen an dessen Kulturstätten lästig, so ist andererseits doch anzunehmen, dass er in freier Natur durch Vertilgen von Insekten, welche er jedenfalls in der Gefangenschaft gern frisst, auch wieder von Nutzen sein kann.

Die Fortpflanzungszeit erstreckt sich wohl über den ganzen Sommer bis in den Herbst hinein, denn im September habe ich noch mehrfach trächtige Weibchen gefunden. Die Höchstzahl der Embryonen betrug 8.

Apod. agr. ist bei Vorhandensein entsprechender Lebensbedingungen bei uns allerorts anzutreffen. Beachtenswert ist wohl die Tatsache, dass diese Art nach Norden zu, nach den bisherigen Erfahrungen zu urteilen, seltner wird und im nördlichen Estland nur zerstreut aufzutreten scheint.

Indem wir zur Frage des Vorkommens von *agrarius* in den Nachbargebieten übergehen, müssen wir von vornherein an die Besprechung der einzigen von der Stammform abgetrennten Unterart herantreten.

Miller (13) nennt nur die Stammform. Die von ihm gegebene Beschreibung ist leider weder erschöpfend noch genau; auch die Daten über die Verbreitung sind ganz allgemein gehalten, so dass wir aus ihnen weder für unser Gebiet noch für die Nachbargebiete irgendwelche Schlüsse ziehen können.

Ehrström (18) beschreibt zwei in Finnland gefundene Exemplare von *agrarius* und vergleicht sie mit Beschreibungen von Pallas (1778), Dehne (1841) und Winge (1908). Das eine, als erwachsen bezeichnete, Exemplar ist vom 3/VII, das andere, als jung bezeichnete, vom 23/IX.

Ehrström schreibt: „Die Farbe des erwachsenen Exem-

plars ist graubraun, dunkler auf dem Rücken, so dass der charakteristische, schwarze Längsstreifen, der vom Scheitel bis zur Schwanzwurzel reicht, recht undeutlich hervortritt", und weiter: „Auffallend ist das Fehlen der braunroten Färbung bei dem erwachsenen Exemplare. Bei dem jungen Ex. tritt die genannte Farbe allerdings etwas deutlicher hervor. . ."

Auf Grund dieser Merkmale sowie der abweichenden Länge des Schwanzes und der abweichenden Anzahl der Schuppenringe äussert Ehrström die Vermutung, dass es sich hier um eine neue Form von *agrarius* handeln könnte, welcher der Name „*karelicus*" beizulegen wäre.

Später kommt Hildén (35) auf diesen Gegenstand zurück und versucht die von Ehrström als abweichende Form vermutete Maus als selbständige Unterart, *Mus agrarius karelicus* Ehrstr., zu begründen.

Hildén verfügt über die von Ehrström benutzten Exemplare und ausserdem noch über reichlicheres Material aus den Monaten Oktober — Dezember. Er zieht zum Vergleich die Hennings'schen Angaben (8) heran.

Hildén schreibt: „Nach Hennings (3) betragen die entsprechenden Masse bei der Stammform in Deutschland: Körperlänge 100 mm., Schwanzlänge 80 mm. (Differenz also 20 mm.) . . . . . Ausser den obengenannten Massunterschieden gibt es noch eine weitere deutliche Abweichung. Bei den mitteleuropäischen Tieren soll der Rücken braunrot sein — daher der deutsche Name „Brandmaus" — während er bei den finnländischen gelbgraubraun ist."

Ehrström und Hildén finden hauptsächlich in zweifacher Hinsicht einen Unterschied zwischen der mitteleuropäischen und der finnländischen Form: erstens soll die Farbe abweichen, d. h. bei den finnländischen Exemplaren nicht der einer „Brandmaus" entsprechen, und zweitens soll bei ihnen der Schwanz im Verhältnis zum Körper kürzer sein als bei den mitteleuropäischen Exemplaren.

Da alle den beiden Autoren aus Finnland vorliegenden Exemplare aus der zweiten Hälfte des Sommers, aus dem Herbst und der ersten Hälfte des Winters stammen, so werden wir auf Grund der von mir oben geschilderten Veränderung, welche die Färbung von *Apodemus agrarius* im Laufe des Jahres erfährt, annehmen können, dass es sich bei dem finnländischen Material

um Exemplare gehandelt hat, welche den Haarwechsel durchgemacht haben und daher in der Färbung wirklich mehr graubraun sind, als man das nach den üblichen Beschreibungen der „Brandmaus" erwarten könnte. Damit würde die finnländische Form in dieser Hinsicht der estländischen gleichkommen, und somit vielleicht der Stammform. Leider liegt mir zu wenig diesbezügliches Material aus dem übrigen Europa vor, und die Beschreibungen sind, soweit mir zugänglich, zur endgültigen Entscheidung dieser Frage unbrauchbar.

Als Differenz zwischen Körper- und Schwanzlänge führt Hildén für das finnländische Material einen Durchschnitt von 28'1 mm. an. Da er zum Vergleich nur die populär gehaltenen Angaben von Hennings (8) heranzieht, so entsteht die Möglichkeit, diesen Punkt zu widerlegen.

Miller (13) führt zum Beispiel u. a. für deutsches Material

Masse von *Apodemus agrarius* Pallas aus Estland, in mm.

Fortl. №	№ meiner Samml.	Datum	Fundort	Geschl.	Länge v. Rumpf u. Kopf	Länge d. Schwanzes [1]	Länge des Hinterfusses	Ohr	Bemerkungen
1.	201	24/IX 1919	Eisenb. St. Irboska	♀	105	70	17·5	11	Im Uterus Embryonen
2.	203	13/IV 1920	b. Eisenb. St. Valga	„	87·5	57	16·5	11· 5	
3.	204	„ „	„	♂	90	60	16	—	
4.	205	14/IV „	„	„	98	70	17·5	12	
5.	206	„ „	„	„	96	67	17·5	11· 5	
6.	208	16/IV „	„	„	100	—	18	12	
7.	269	16/VII „	Saaremaa	♀	103	73	17·5	12· 5	
8.	280	22/VII „	„	♂	85	66	18	11·75	
9.	281	„ „	„	„	105	75	19	12·75	
10.	294	29/VII „	„	♀	115	77	18	13	Im Uterus 8 Embryonen
11.	297	1/VIII „	„	♂	107	80	19	13	
12.	299	2/VIII „	„	„	105	80	19·5	12	
13.	302	10/VIII „	b. Haapsalu	„	101	72	19	11· 5	
14.	315	14/VIII „	„	„	80	51	16	10	
15.	317	15/VIII „	„	♀	104	75	18·5	11· 5	Im Uterus 7 Embryonen
16.	324	22/VIII „	„	♂	107	75	18	12	
17.	331	28/VIII „	„	„	98	65	18	12	
18.	524	29/XII 1923	„	„	99	69	18	11	
19.	586	3/IX 1924	Vormsi	♀	111	71	18·25	12· 5	Im Uterus 3 Embryonen

1) Bis 299 incl. mit den Endhaaren gemessen, weiter ohne dieselben.

einen entsprechenden Durchschnitt [1]) von 31'4 mm. an. Auch wenn wir hier die Länge der äussersten Schwanzhaare (nach Hildén 2—4 mm.), welche Miller sicher nicht mitgerechnet hat, abziehen, bleiben noch 27'4—29'4 mm. als Rest übrig. Dadurch ist dieses Argument hinfällig geworden.

Wir sehen somit, dass wir erst einmal die Stammform von *agrarius* werden endgültig fixieren müssen und erst dann an die Erforschung des Formenkreises als eines solchen werden herantreten können, denn es ist wohl kaum zu bezweifeln, dass wir es zuguterletzt auch hier mit einem Formenkreise im weiteren Sinne zu tun haben werden.

Schädelmasse von *Apodemus agrarius* Pallas.

Fundort	№ meiner Sammlung	Geschlecht	Condylo-basale Länge	Occipito-nasale Länge	Grösste Breite an den Jochbogen	Geringste Interorbitalbreite	Länge der Nasalia	Grösste Breite beider Nasalia zusammen	Diastemale Länge	Länge der unteren Zahnreihe (an der Alveole)	Länge der oberen Zahnreihe (an der Alveole)	Postmolare Länge	Unterkiefer	Bemerkungen
aremaa	269	♀	23·4	—	12·4	4·6	10·1	2·7	7·1	4·0	3·8	10·8	13·9	
„	280	♂	20·8	23·0	11·1	4·4	8·1	2·3	5·8	3·8	3·8	9·7	12·5	
„	297	„	—	—	—	4·3	9·6	2·7	7·7	3·7	4·0	—	14·5	Gebiss sehr stark abgen.
Haapsalu	302	„	22·0	24·2	11·6	4·2	9·1	2·5	6·4	3·6	3·7	10·3	13·2	
„	331	„	22·5	—	11·6	4·3	9·6	2·7	6·5	4·0	3·7	10·7	13·3	
„	524	„	22·0	24·3	11·7	4·2	9·4	2·5	6·5	3·7	3·6	10·2	13·2	Gebiss ziemlich stark abgenutzt
Vormsi	586	♀	23·5	24·9	12·6	4·4	9·4	2·5	7·3	3·5	3·6	11·0	14·1	Gebiss sehr stark abgen.

Der Formenkreis *Micromys minutus* Pallas.

1908 *Mus minutus*, Wasmuth, Tabellar. Naturg. d. Säuget. d. Osts., p. 32.
1909 *Mus minutus*, Grevé, Säuget. Kur-, Liv-, Estl., p. 116.

Untersucht Exemplare aus der Umgegend Haapsalus, v. d. Pljussabrücke bei Narva und der Umgegend Rakes.

Minutus wird von Wasmuth und Grevé für unser Gebiet angeführt. Ich selbst habe ihn an den oben angeführten Örtlichkeiten gefunden.

Da das mir vorliegende Material nicht geeignet ist, zu einer wirklich brauchbaren Diagnose verwandt zu werden, so verzichte

1) Von mir nach den von Miller für Körper mit Kopf und Schwanz gegebenen mittleren Massen errechnet.

ich auf eine nähere morphologische Besprechung und berühre nur kurz einige ökologische Fragen.

Micromys minutus tritt bei uns, wie auch andernorts, einerseits als Bewohner der nächsten Nähe des Wassers und überhaupt feuchten Geländes auf, wo er im Schilf oder Geäst von Sträuchern sein Nest anlegt, oder auf Getreidefeldern. Da diese Art im letzteren Falle ihr Nest zwischen Getreidehalmen baut, so setzt ihre Existenz daselbst einen genügend üppigen Getreidewuchs voraus. Damit mag es im Zusammenhange stehen, dass *minutus* im nordwestlichen Estland, wo der Getreidewuchs mancherorts ein relativ dürftiger ist, hauptsächlich in mit Schilf bewachsenem Gelände und nur zerstreut anzutreffen ist, während man ihn im südöstlichen Estland, besonders auf Getreidefeldern, mancherorts recht häufig beobachten kann. Ähnliche Gründe mögen es auch erklären, dass *minutus* bis hierzu auf unseren Inseln noch nicht nachgewiesen werden konnte.

Der von *Micromys minutus* verursachte Schaden mag leicht überschätzt werden. Wir finden das Tier wohl, wie schon oben gesagt, auf Getreidefeldern, wo es im Herbst sich im angehäuften Getreide einnistet und schliesslich mit diesem zusammen in die menschlichen Siedelungen eingeführt wird. Wenn es sich auch hier wie dort vom Getreide nährt, so frisst es nebenbei auch in grösseren Mengen die Samen von Unkräutern, wodurch es dem Landwirt von Nutzen ist.

Als eine Form von *Micromys minutus*, mit welcher unser *minutus* in Beziehung stehen könnte, müssen wir nach Miller wohl *M. m. soricinus* Hermann nennen, welche Form Miller als für Westeuropa typisch nennt und welche östlich noch in Königsberg vorkommen soll. Bei ihr sind Schulter, Nacken und Kopf nie deutlich gräulich gefärbt. Miller beschreibt Sommer- und Winterfell. Er schreibt: „Summer pelage (Germany): upper parts noticeably darker and duller than in winter, approaching the russet oft Ridgway, but with a tinge of rufous; sides dull cinnamon . . . .“ [1])

Als zweite Form nennt Miller *Micromys minutus pratensis* Ockskay, für Ungarn und Rumänien, bei welcher (Jahreszeit nicht angegeben) Kopf und craniale Hälfte des Körpers deutlich

1) Leider kann ich das von Miller benutzte Material nicht beurteilen, da sich ein Teil desselben in Amerika befindet.

gräulich gefärbt sind. Im Br. Mus. konnte ich mich davon überzeugen, dass das von Miller bei Beschreibung dieser Form benutzte Material alles aus dem Monat August stammt.

Ich selbst fand von 7 Exemplaren des Br. Mus., welche Miller bei seiner Arbeit nicht benutzt haben kann — aus Csehteletz (Frau S. von Wertheimstein) stammend — und welche in der Zeit vom 27/X—18/XI gefangen sind, 3 in der Färbung mehr oder weniger genau *M. m. soricinus* entsprechend, während 4 dem *pratensis* glichen.

Hilzheimer beschreibt (11) endlich als *Mus minutus fenniae* eine neue Form aus Finnland. Als Material dienen ihm bei der Aufstellung derselben 4 Exemplare, vom September bis zum 9. Dezember stammend, und ein Exemplar ohne Datumangabe.

Da das von Hilzheimer zum Vergleich herangezogene Material ungenügend ist, er sich ausserdem auf Trouessart beruft und Trouessart's Ergebnisse in Bezug auf *M. minutus* auf Grund genaueren Studiums durch Miller völlständig umgestaltet werden mussten, so ist es von vornherein schwierig, die von Hilzheimer aufgestellte Form richtig zu beurteilen. Ausserdem ist eigentlich nur ein einziger Farbenunterschied der alleinige triftige Grund, auf welchen hin Hilzheimer hier die neue Unterart aufstellt. Hilzheimer findet seine Form dem *Mus minutus minimus* White von Trouessart am ähnlichsten, nur soll bei *fenniae* die Oberseite nicht „roux orangé" sein. Dagegen lässt sich anführen, dass Trouessart diese Farbe ausdrücklich für den Sommerpelz nennt, während er andererseits sagt: „Pelage d' hiver moins brillant..." Hilzheimer's Material stammt, wie oben angeführt, aus dem Herbst und der ersten Hälfte des Winters. Wenn wir die von mir für andere Formenkreise in vorliegender Arbeit angeführten Tatsachen in Betreff der Saisonfärbung als Parallele heranziehen, so muss uns das von Hilzheimer angeführte Argument zur Aufstellung einer neuen Unterart als ungenügend erscheinen. Sahen wir doch bei der Besprechung der Formenkreise *Apodemus flavicollis* und *Ap. agrarius*, dass die Färbung der Dorsalseite im Herbst und der ersten Hälfte des Winters dunkel resp. am dunkelsten, zu Ende des Winters, im Frühjahr und in der ersten Hälfte des Sommers dagegen am hellsten ist.

Diese Tatsache werden wir auch für *Micromys minutus* voraussetzen müssen. Und so erscheint es denn begreiflich, dass

die Hilzheimer vorgelegenen Exemplare relativ dunkel waren und nur wenig oder überhaupt kein „roux orangé“ aufwiesen.

Aus all den dargelegten Gründen verzichte ich darauf, meinerseits mit ungenügendem Material und schlecht begründeten Vermutungen diese Frage noch verwickelter zu machen.

Der Formenkreis *Rattus rattus* L.

1908 *Mus rattus*, Wasmuth, Tabell. Naturg. d. Säuget. d. Ostseeprov., p. 32.
1909 *Epimys rattus*, Grevé, Säugetiere Kur-, Liv-, Estlands, p. 111.
1910 *Epimys rattus*, Mierzejewski, Verz. d. Wirbelt. d. Ins. Ösel, Verh. d. k.-k. zool.-bot. Ges. Wien LX, p. 338.
1924 *Epimys rattus*, Reinwaldt, Die *Epimys*-Arten in Estland, „Pallasia“ II, p. 87.

Untersucht über 20 Exemplare aus Tartu und Valga.

Rattus rattus ist als Hausratte schon unseren ältesten Autoren bekannt. In späterer Zeit nennen sie Wasmuth, Grevé und Mierzejewski für unser Gebiet. Trotz reichlicher Literatur über diesen Gegenstand und der grossen Bedeutung, welche diesem Tiere im menschlichen Haushalte zukommt, harrt unser doch auch hier noch manch ungelöste Frage.

Wir haben für Europa nur drei Formen von *Rattus rattus* zu verzeichnen, von welchen zwei in unserem Gebiet anzutreffen sind.

Da sich im allgemeinen kaum etwas für unser Gebiet Charakteristisches in dieser Hinsicht nennen lässt, so gehe ich sogleich zur Besprechung unserer Formen über.

Rattus rattus rattus L.

Wasmuth sagt von dieser Form (6) in Bezug auf das ehemalige Gouvernement Estland: „So gut wie gänzlich ausgerottet, nur manchmal noch mit Schiffen, wahrscheinlich aus deutschen Hafenstädten, hierher verschleppt.“

Grevé (7) nimmt an, dass sie im südlichen Teile des jetzigen Estland im Verschwinden sei. Dass die Meinungen beider Autoren einer Berichtigung bedürfen, habe ich schon andernorts zu beweisen versucht (37). Danach haben wir *R. r. rattus* als für das südöstliche Estland charakteristisch anzusehen, während er im nordwestlichen selten ist und dorthin wohl nicht unbedingt durch ausländische Schiffe verschleppt zu

werden braucht, sondern eher aus dem Inneren unseres Landes stammen wird.

Rattus rattus alexandrinus Geoffroy.

Diese Form konnte ich erstmalig 1921 für Estland feststellen. Sie ist in der Stadt Tartu zu finden, wo ich sie bis hierzu nur vom linken Emajõgiufer erhalten habe. Sie tritt jedenfalls bei uns in kleinerem Umfange als die vorhergehende Form auf.

Im Uterus eines trächtigen Weibchens habe ich 10 Embryonen gefunden. Übergänge von *alexandrinus* zu *rattus* liegen mir nicht vor.

Da die *Rattus*-Formen zweifellos befähigt sind, sich relativ schnell aktiv über grössere Gebiete auszubreiten und ausserdem der Verschleppung in hohem Masse unterliegen, so werden wir beide oben genannten Formen auch in unseren Nachbargebieten zu vermuten haben. Ausführlichere Angaben liegen darüber nur für Lettland vor, wo *rattus rattus* vielerorts, *rattus alexandrinus* in vereinzelten Fällen nachgewiesen worden ist.

Über die Beziehungen von *rattus rattus* zu *rattus alexandrinus* und dieser beiden zum südeuropäischen *rattus frugivorus* Raf. scheinen die Akten noch nicht geschlossen zu sein.

Auf Grund des reichhaltigen Materials, welches ich im Br. Mus. selbst gesehen, schliesse ich mich der Meinung derjenigen Autoren an, welche diese drei Formen als gesondert und wohlbegründet ansehen.

Der Formenkreis *Rattus norvegicus* Erxleben.

1908 *Mus decumanus*, Wasmuth, Tabell. Naturg. d. Säuget. d. Ostseepr., p. 32.
1909 *Epimys decumanus*, Grevé, Säuget. Kur-, Liv-, Estlands, p. 110.
1910 *Epimys decumanus*, Mierzejewski, Verz. d. Wirbelt. d. Ins. Ösel, Verh. d. k.-k. zool.-bot. Ges. Wien LX, p. 338.
1924 *Epimys norvegicus*, Reinwaldt, Die *Epimys*-Arten in Estland, „Pallasia" II, p. 87.

Für unser Gebiet finden wir die Wanderratte aus dem Anfang des vorigen Jahrhunderts angeführt. Wie wir weiter unten sehen werden, kann es sich in diesen Fällen nur um die einzige bis hierzu in Europa nachgewiesene Form handeln, nämlich um:

Rattus norvegicus norvegicus Erxleben.

Die weitgehende Anpassung dieser Form an die menschliche Kultur hat sie ziemlich gleichmässig über die von Menschen belebten Länder verteilt und ermöglicht sicher eine fortgesetzte Verschiebung und Vermischung der Individuen untereinander, welchem ausgleichenden Faktor wir wohl die relative Konstanz der Form in Europa in morphologischer und ökologischer Hinsicht werden zuschreiben können. So gleicht auch unser *norvegicus* demjenigen des übrigen Europa.

Es seien daher nur einige Worte über die geographische Verbreitung dieser Form in unserem Gebiet gesagt.

Neuere Untersuchungen haben in dieser Hinsicht gezeigt, dass die Verbreitung der Wanderratte in Estland nicht mehr den Angaben Grevé's entspricht. Sie bewohnt eben hauptsächlich den nördlichen Teil Estlands und ist südlich durch andere Formen vertreten. Grevé führt (7) noch für Dorpat (Tartu) als Verhältnis der Wanderratte zur Hausratte 6 : 4 an. Eben macht es Schwierigkeiten, erstere Art überhaupt für Tartu nachzuweisen. Ob sich dieser Unterschied allein durch Verschwinden der Wanderratte aus den südlichen Teilen Estlands erklären lässt, muss dahingestellt bleiben. Eine Verwechslung von *Rattus norvegicus* mit *rattus alexandrinus* mag in früheren Zeiten immerhin stattgefunden haben.

R. n. norvegicus wird für Ösel (Insel Saaremaa) von Mierzejewski (9) genannt; ich selbst habe ihn daselbst auf der Halbinsel Sõrve gefunden. Nach etlichen Angaben ist er in einige Teile der Insel während des Weltkrieges verschleppt worden.

Die Wanderratte ist in allen Nachbargebieten Estlands nachgewiesen worden.

Interessant wäre es festzustellen, welche Veränderungen der Weltkrieg bei uns und unseren Nachbarn im Bestande des *Rattus norvegicus* hervorgerufen hat. Bekanntlich stellte Kastschenko (14) seinerzeit ein Vordringen der Wanderratte von Westen nach Osten längs den Eisenbahnen im westlichen Sibirien während des russisch-japanischen Krieges fest, und andererseits die Verschleppung des ostsibirischen *Rattus norvegicus primarius* Kas. von Osten nach Westen. Der intensive Eisenbahnverkehr während des Weltkrieges zwischen dem euro-

päischen und sibirischen Russland einerseits und im Inneren des europäischen Russland andererseits kann mit weiteren Verschiebungen der *norvegicus*-Formen verbunden gewesen sein. Ob nicht *primarius* eben schon in Europa zu finden sein wird?

Masse von *Rattus rattus* L., in mm.

Fortlauf. №	№ meiner Sammlung	Datum	Fundort	Geschl.	Länge von Rumpf u. Kopf	Länge des Schwanzes	Länge des Hinterfusses	Ohr	Bemerkungen
			Rattus rattus rattus L.						
1.	209	17/IV 1920	Stadt Valga	♀	190	200	34·0	23·5	
2.	342	15/XI „	Tartu	♂	225	223	35·0	25·0	
3.	343	„ „	„	♀	191	208	34·0	24·75	
4.	344	20/XI „	„	♂	210	210	34·5	25·0	
5.	348	29/XI „	„	„	185	191	33·5	24·5	
6.	374	23/V 1921	„	„	192	—	34·0	27·0	
7.	480	29/XI 1922	„	„	200	230	34·0	26·0	
8.	481	4/XII „	„	♀	200	227	32·5	24·5	
			Rattus rattus alexandrinus Geoffroy.						
1.	362	3/III 1921	Tartu	♀	167	172	30·5	22·5	
2.	363	8/III „	„	♂	193	222	35·5	24·0	
3.	366	18/III „	„	♀	194	191	30·5	23·0	
4.	370	8/IV „	„	„	183	—	34·0	22·5	Im Uterus 10 Embryonen

Masse von *Rattus norvegicus norvegicus* Erxleben, in mm.

Fortlauf. №	№ meiner Sammlung	Datum	Fundort	Geschl.	Länge von Rumpf u. Kopf	Länge des Schwanzes	Länge des Hintenfusses	Ohr	Bemerkungen
1.	412	3/VIII 1921	Haapsalu	—	205	165	36·0	20·0	
2.	423	18/VIII „	„	♂	200	167	38·5	19·0	
3.	424	„ „	„	♀	230	176	37·0	—	Im Uterus 6 Embryonen
4.	436	12/IX „	„	„	210	177	37·0	19·0	
5.	529	2/II 1924	„	„	205	170	37·0	19·0	
6.	578	25/VI „	Saaremaa	♂	182	130	36·0	17·5	

Schädelmasse von *Rattus rattus*.

Fundort	№ meiner Samml.	Geschlecht	Condylo-basale Länge	Occipito-nasale Länge	Grösste Breite an den Jochbogen	Geringste Interorbitalbreite	Länge der Nasalia	Grösste Breite beider Nasalia	Diastemale Länge	Länge der oberen Zahnreihe	Länge der unteren Zahnreihe	Postmolare Länge	Unterkiefer	Bemerkungen
Rattus rattus rattus L.														
Tartu	342	♂	46·2	47·2	22·8	7·0	17·7	4·7	13·8	6·9	7·0	22·2	27·3	
„	343	♀	39·2	41·0	19·7	5·9	16·7	4·0	11·8	6 2	6·4	18·3	23·5	
„	344	♂	42·6	44·0	20·8	6·5	16·2	4·0	12·8	6·7	6·5	20·3	25·5	
„	348	„	39·0	40·8	19·5	6·1	14·7	4·0	11·4	6·2	6·1	18·3	23·2	
„	367	„	41·2	43·1	21·0	6·5	16·5	4·5	12·0	6·7	6·5	19·8	23·0	
„	481	♀	40·0	41·9	20·0	6·8	15·5	4·0	11·5	6·2	6·4	18·7	23·1	
Rattus rattus alexandrinus Geof.														
Tartu	363	♂	42·8	—	—	6·5	—	—	11·9	7·0	6·8	21·0	25·3	
„	366	♀	39·2	41·5	19·3	6·0	16·5	4·0	11·3	6·0	6·1	19·0	23·1	
„	370	„	38·3	40·5	19·9	5·8	14·1	4·0	10·8	6·3	6·2	18·3	23·6	

Schädelmasse von *Rattus norvegicus norvegicus* Erxleben.

Fundort	№ meiner Samml.	Geschlecht	Condylo-basale Länge	Occipito-nasale Länge	Grösste Breite an den Jochbogen	Geringste Interorbitalbreite	Länge der Nasalia	Grösste Breite beider Nasalia	Diastemale Länge	Länge der oberen Zahnreihe	Länge der unteren Zahnreihe	Postmolare Länge	Unterkiefer	Bemerkungen
Haapsalu	424	♀	45·8	46·2	—	6·8	17·7	5·0	14·6	7·5	6·8	20·5	28·7	Gebiss stark abgen.
„	436	„	42·4	42·7	—	6·5	15·9	4·5	13·0	7·0	6·9	19·8	25·6	Gebiss mässig abgenutzt

Der Formenkreis *Mus spicilegus* Petényi.

1908 *Mus musculus*, Wasmuth, Tabellarische Naturgesch. d. Säugetiere d. Ostseeprov., p. 32.

1909 *Mus musculus*, C. Grevé, Säuget. Kur-, Liv-, Estlands, p. 114.

1910 *Mus musculus*, L. v. Mierzejewski, Verz. d. Wirbeltiere d. Insel Ösel, Verh. d. k.-k. zool.-bot. Ges. Wien LX, p. 338.

1923 *Mus spicilegus subsp.*, Reinwaldt, Mechan. Massenf., „Zool. pal." I, p. 166.

1923/24 *Mus spicilegus heroldi*, Herold, Über Vorkommen u. Lebensw. v. *Mus spic.*, „Zool. pal." I, p. 170.

Estländisches Material — über 80 Exemplare. Fundorte: Valga, Tartu und Umgegend, Maarja-Magdaleena, Käru b. Rake, Haapsalu, Kirimäe Saar b. Haapsalu, Tallinn und die Inseln Ruhnu, Saaremaa, Hiiumaa, Vormsi.

Die Ährenmaus wurde bei uns bis vor kurzem allgemein verkannt und für *Mus musculus L.* angesehen. Mir selbst lagen bis 1921 nur Exemplare aus dem nordwestlichen Estland vor, welche grösstenteils, wie aus der weiter unten gegebenen Beschreibung zu ersehen, ihrer Färbung nach an *Mus musculus* erinnern. Immerhin war ich mir schon damals bewusst, keinen typischen *musculus* in den Händen zu haben, und als ich 1920 von Konservator F. E. Stoll aus Lettland die Anfrage (Brief v. 29/XII) erhielt, ob in Estland der echte *Mus musculus L.* vorkomme, musste ich gestehen, diese Form bei uns noch nicht gefunden zu haben. Ich hatte zu dieser Zeit noch keine Stücke gesehen, welche der zwei Jahre später als *Mus spicilegus heroldi* beschriebenen Form entsprochen hätten. Stoll dagegen schrieb mir schon damals im oben erwähnten Brief von einer weissbäuchigen Maus, welche in Lettland (Kurland) die Hausmaus vertrete. Stoll's Beschreibung entspricht vollständig der später für *Mus spicilegus heroldi* gegebenen. Da ich während des Krieges mein sämtliches Material und den grössten Teil meiner Bücher eingebüsst hatte, so fehlte mir damals die Möglichkeit, diese Frage befriedigend zu lösen. Erst im Laufe der letzten 4 Jahre gelang es mir festzustellen, dass wir es bei uns mit der Ährenmaus zu tun haben, und dass diese bei uns in verschiedenen, mehr oder weniger deutlich charakterisierbaren Formen vertreten ist.

Unter anderem stellte ich *Mus spicilegus* fest für: Saaremaa (1920), Vormsi (1921), Hiiumaa (1922) und Ruhnu (1922).

Wir haben innerhalb unserer Fauna folgende Formen von *Mus spic.* zu unterscheiden:

Mus spicilegus heroldi Krausse.

Diese Form ist von Krausse aufgestellt (31), und zwar für Swinemünde und Umgegend. Zwei aus Tartu stammende Exemplare wurden von Krausse als mit *M. spic. heroldi* identisch erklärt (schriftliche Mitteilung Krausse's an mich).

Ausser dem typisch gefärbten *heroldi* findet man in Estland auch Exemplare, bei welchen die Unterseite einen mehr oder weniger falben Anflug besitzt, wodurch die Kehl- resp. Brust-

zeichnung undeutlich wird und schliesslich verschwinden kann. Auch eine graue Färbung der Unterseite kann beobachtet werden, doch entsteht diese infolge von Durchscheinen der grauen Basalteile und nicht durch ausgedehntere graue Färbung der einzelnen Haare.

In Estland ist der Hauptfundort von *spicilegus heroldi* bisher die Stadt Tartu gewesen. Diese Form ist wohl hauptsächlich als Bewohnerin des südlichen Estlands anzusehen, doch ist ihr Vorhandensein in den übrigen Teilen des Landes nicht ausgeschlossen.

Mus spicilegus hapsaliensis subsp. nov.

Die hier zu beschreibende Form ist von mir bis 1922 als *Mus musculus L.* angesehen worden, was sich, wie wir weiter unten sehen werden, zum grössten Teil durch das *musculus*-ähnliche Aussehen erklären lässt. Erst in dem genannten Jahre veranlasste mich eine mündliche Mitteilung Prof. A. Dampf's über das Vorkommen der Ährenmaus in Deutschland, meine Kollektion einer eingehenderen Revision zu unterziehen und durch südestländisches Material zu vervollständigen. Dieses führte zur Auffindung von *spicilegus heroldi* in Tartu, und zeigte schliesslich, dass wir in Estland mehrere Formen von *spicilegus* zu unterscheiden haben.

Die im Nordwesten Estlands heimische Form unterscheidet sich stark von *spic. heroldi* und stimmt mit den für *spic. spicilegus* Pet. und *spic. germanicus* Noack gegebenen Beschreibungen — so verschieden diese auch in mancher Hinsicht sind — keineswegs überein, so dass wir in ihr wohl eine selbständige Form werden erblicken müssen.

Die bisherigen Fundorte sind: die Stadt Haapsalu, Kirimäe Saar b. Haapsalu, sowie die Stadt Tallinn.

Nach ersterem Fundort nenne ich diese neue Form *Mus spicilegus hapsaliensis*.

Wir haben in dieser Maus eine relativ grosse Form vor uns. Die Masse für erwachsene Exemplare (mit stark und sehr stark abgenutztem Gebiss) sind folgende: Länge von Körper mit Kopf 93—99 mm, der Schwanz 74—83 mm, der Hinterfuss 16—18 mm und das Ohr 12'25—14'0 mm.

Der Durchschnitt der Masse von sieben Exemplaren ergibt: 96, 78, 17 und 13 mm.

Die Färbung von *Mus spic. hapsal.* ist folgende:

Im April: auf der Dorsalseite — Kopf und Vorderrücken grau mit schwachem bräunlichem Anfluge, wobei die Nackengegend am dunkelsten, etwa „Fuscous", ist. Diese Färbung geht allmählich in die bräunlichgraue — „Saccardo's umber" — des übrigen Rückens über. Die Dorsalseite zeigt in der Medianlinie keine dunklere Färbung. Sie geht an den Seiten allmählich in eine gelblichere — „Isabella color" — über, und weiter ebenso allmählich in das Grau der Ventralseite. Letztere ist am Halse und in der Medianlinie des Bauches etwa „Light drap", geht an den Seiten in „Light grayish olive" und schliesslich „Smoke gray" über. Die Oberlippen sind am hellsten, mit weissen Haaren versehen.

Die oben angeführten Farben werden durch das Zusammenwirken folgendermassen gefärbter Einzelhaare hervorgerufen:

Die Basalteile aller Haare sind grau. Auf der Dorsalseite ergeben sie ein etwa „Hair brown"-farbenes Unterfell; hier sind auf Mittel- und Hinterrücken die stärksten Haare im Distalteil schwarz und gehen allmählich ins allgemeine Grau der Unterwolle über. Hauptsächlich diese Haare und die schwach durchscheinende graue Farbe der Basalteile verleihen der Färbung einen düsteren Ton. — Weiter finden wir hier gleichfalls starke Haare, welche im Distalteil falb — „Pinkish buff" — sind und zum Teil schwarze Spitzen aufweisen. Drittens finden sich hier noch schwache, im Distalteil gleichfalls „Pinkish buff" gefärbte Haare.

Im Nacken sind die schwarzendigen Haare zahlreicher, die falbendigen fast alle mit schwarzen Spitzen und das Falbe mehr weiss, woraus einerseits die dunklere, andererseits die reiner graue Farbe resultiert.

An den Seiten sitzen vorwiegend starke, falbe Haare in verschiedenen Tönen, zum Teil schwarz gespitzt, und nur wenige im ganzen Distalteil schwarze Haare.

Das Unterfell der Ventralseite ist etwa „Light grayish olive" gefärbt; die Haare sind mehr oder weniger falb gespitzt.

Im August zeigt die Dorsalseite etwas mehr Schwarz und an den Seiten scheint das graue Unterfell mehr durch.

Im Dezember ist die Dorsalseite noch dunkler, mehr grau, resp. weniger braun.

Ein Exemplar aus Tallinn zeigt auf der Ventralseite keinen falben Ton, sondern ist rein grau.

Im April scheint die Färbung am hellsten zu sein; mit Beginn des Winters ist das Erscheinen der im Distalteil schwarzen Haare zu bemerken.

Der Schädel von *Mus spic. hapsaliensis* unterscheidet sich von demjenigen von *Mus spic. heroldi* durch die flachere Schädeldecke, besonders in der Sagittallinie der Frontal- und Parietalgegend.

Die condylo-basale Länge beträgt bei ausgewachsenen Exemplaren 20'3—21'5 mm. Hinsichtlich der übrigen Masse verweise ich auf die entsprechende Tabelle.

Als Typus sehe ich № 550, ♀, 24/IV 1924, Haapsalu, meiner Kollektion an.

Obige Form ist nur in menschlichen Siedelungen gefunden worden, wo sie im nordwestlichen Estland *Mus musculus L.* vertritt. Letzterem gleicht sie, soweit bis hierzu festgestellt, auch in der Lebensweise, so dass sich ein näheres Eingehen darauf wohl erübrigt.

Mus spicilegus subsp.

Ausser den vorhin genannten Formen der Ährenmaus habe ich auf den estländischen Inseln noch einige weitere gefunden, welche mit keiner der bisher beschriebenen ganz übereinstimmen. Da aber letztere noch nicht genügend sicher umgrenzt sind, so sehe ich hier von einer Aufstellung neuer Formen ab und will die Frage nur kurz behandeln.

1) Auf der Insel Vormsi fand ich 1921 und 1924 einen *spicilegus* mit folgenden Merkmalen: Die Dorsalseite etwas dunkler als bei den Festlandsformen und ausgesprochen bräunlich. Die Ventralseite rein weiss. Keine dunkle Binde an der Kehle resp. Brust, sondern ein in der Medianlinie strichartig verlängerter Fleck von falber Farbe, unregelmässig und undeutlich begrenzt. — Die Schädel der Exemplare von Vormsi haben mit *heroldi* verglichen eine höhere Wölbung in der Gegend der Frontalia. Der Schädel ist an den Jochbogen breiter, diese kräftiger; das Foramen magnum ist weiter, die postmolare Länge kleiner; das Hinterhaupt gedrungener, abgerundeter erscheinend. — Diese Form ist bis hierzu von mir als Bewohnerin einer Strandwiese auf Vormsi festgestellt worden. Der Fundort liegt etwa 2 km von menschlichen Siedelungen entfernt am Meeresufer und ist bei Hochwasser vom übrigen Teil der Insel abgetrennt. Die absolute Häufigkeit dieser Maus erreicht hier

16'5 %, die relative 45'5 %. Diese Form ist hier zusammen mit *Microtus arvalis* und *Apodemus agrarius* anzutreffen.

2) Exemplare aus dem westlichen Teil von Saaremaa sind auf der Dorsalseite lebhafter, mehr mit Gelblichbraun untermischt gefärbt als die des Festlandes. Die Ventralseite ist schmutzigweiss bis grau, in der medianen Bauchlinie und nach den Seiten zu mit Gelb untermischt. — Das Material ist zu wenig umfangreich, um sichere Schlüsse ziehen zu können.

Als ein allen Formen unserer Ährenmaus zukommendes morphologisches Merkmal will ich hier eine Eigentümlichkeit des Gebisses nicht unerwähnt lassen. Bei dem estländischen *spicilegus* weist nämlich der letzte obere Backenzahn immer einen wohlentwickelten hinteren Höcker auf (Fig. 3) und ähnelt dadurch dem Zahn der Gattung *Rattus*.

Ob diese Eigentümlichkeit auch den ausserestländischen *spicilegus*-Formen zukommt, kann ich leider nicht entscheiden, da das mir hierzu zur Verfügung stehende Material von Exemplaren mit zu stark abgenutztem Gebiss stammt. Wenn aber dieses Merkmal sich bei allen *spicilegus*-Formen nachweisen lassen sollte, so hätten wir darin ein Mittel, mit dessen Hilfe wir sicherer als bis hierzu *spicilegus* von *musculus* scheiden könnten, vorausgesetzt, dass das Gebiss von *musculus* wirklich der von Miller gegebenen (13) und später auch von anderen Autoren (19) benutzten Abbildung entspricht. Leider weist auch das mir zur Verfügung stehende *musculus*-Material den schon vorhin genannten Mangel auf (als was diese Tatsache in diesem Fall bezeichnet werden kann), so dass mir obige Abbildung als einziges Kriterium dienen muss.

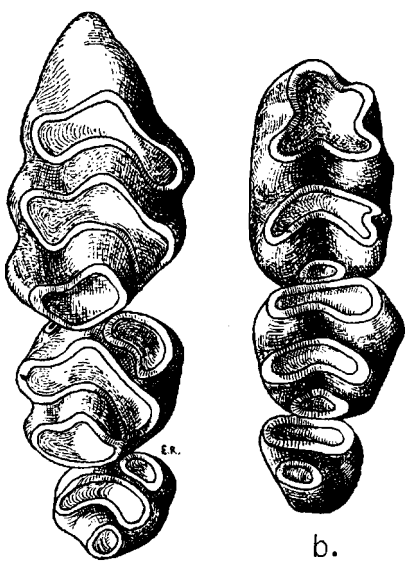


Fig. 3. a — rechte obere, b — rechte untere Backenzahnreihe von *Mus spicilegus heroldi* Krausse. 22 × vergrössert.

Die Ährenmaus ist, wie schon mehrfach hervorgehoben,

bei uns zur echten „Hausmaus" geworden. Sie belebt allerorts die Städte und Siedelungen, wohin sie aber nicht nur zum Winter geht, sondern wo sie das ganze Jahr hindurch anzutreffen ist. Sie ist jedoch auch eines der Charaktertiere unserer Gärten und ist auf den Getreidefeldern zu finden, wo sie mancherorts selbst den Winter über bleiben kann. Ein Teil wandert von dort allerdings zur kalten Jahreszeit in die menschlichen Niederlassungen, selbst in die Städte, wie ich das in Tartu einmal im Herbst beobachten konnte, wo ich an einem Abend mehrere Ährenmäuse vom Felde über die Strasse stadteinwärts wandern sah.

Für die Häufigkeit des Vorkommens der Ährenmaus an verschiedenen Standorten habe ich im Durchschnitt folgende Daten erhalten:

	Absol. Häuf. in %	Rel. Häuf. in %
Vorratsräume.	—	78
Obst- u. Gemüsegärten a. d. Lande	31'5	76'6
Wohnhäuser	—	81
Heuscheune a. Gehölzwiese. . . .	—	bis 100

Wir finden die Ährenmaus bei uns nicht selten mit der Brandmaus denselben Standort teilend; zu ihnen kann sich in entsprechendem Gelände noch die Feldmaus gesellen.

Je nach dem Standort wird der durch die Ährenmaus dem Menschen zugefügte Schaden verschieden sein. Besonders fühlbar wird er in der menschlichen Siedelung, recht unbedeutend wohl mancherorts in der freien Natur.

In Anpassung an die jeweilige Lebensweise kann die Fortpflanzungszeit auch verschieden sein, mitunter auch in die Wintermonate fallen.

Als Maximum habe ich mehrfach 8 Embryonen festgestellt.

An Ectoparasiten habe ich auf unserer Ährenmaus Flöhe gefunden, welche Prof. A. Dampf (15) als *Ctenopsyllus musculi* (Dug.) bestimmt hat.

Auf die Verbreitung der Ährenmaus in den Grenzen Estlands ist schon bei Besprechung der einzelnen Formen näher hingewiesen worden.

Wenn wir die *spicilegus*-Formen der Nachbargebiete Estlands feststellen wollen, so stossen wir bei Durchsicht der Literatur auf grosse Lücken unserer Kenntnis über deren Verbreitung und vielfache Widersprüche in den Beschreibungen der Formen. Es lässt sich dabei jedenfalls mit einiger Sicherheit feststellen, dass

wir die einzelnen bis hierzu beschriebenen Formen weder als genügend morphologisch erforscht, noch ihre Verbreitung als befriedigend festgestellt ansehen können. Vielerorts ist *spicilegus* als solcher sicher überhaupt noch nicht erkannt worden. Wir werden daher am zweckmässigsten hier alle bisher festgestellten mitteleuropäischen Formen in unseren Betrachtungskreis ziehen.

Die Stammform wird von Petényi (1), später Trouessart (10), Miller (13) und Noack (25) beschrieben. Es dürfte von einigem Interesse sein, hier Teile dieser Beschreibungen im Auszuge parallel anzuführen. Wir erhalten dabei folgende Übersicht:

Petényi.	Trouessart.	Miller.	Noack.
Mus spicilegus.	*Mus spicilegus* Pet.	*Mus spic. spic.* Pet.	*Mus spicilegus* Pet.
„Notaeo: luridae fusco-cinereo, nigricante, in adultioribus aestate magis rubello, hyeme flavicante	„le dessus d'un gris franc uniforme (et non „gris de souris")	„Upper parts a clear greyish brown without decided yellowish or russet suffusion.	„Oberseite ein klares gelbliches Graubraun, ...
Gastraeo, pedibus ungviculisque albis, priore hyeme paululum rubicante.	le dessous blanc ou flave pâle.	Underparts rather sharply defined buffy white or pale cream-buff, the slate-grey bases of the hairs producing a slight greyish cast.	Die Unterseite weissgrau, nur hinter den Vorderbeinen und an der Grenze der Unterseite mehr weiss mit gelblichem Anfluge.
	. . . .; les pieds blancs.	Feet and under surface of tail essentially concolor with belly, ...“	Beine nicht weiss, sondern hell falb.
Longitudo a rostro usque apicem caudae ad summum 6 poll. 3 lin.; capitis 1 poll., trunci 2 poll., caudae 2 poll.“	tête et corps 76 à 78, queue 57 à 65 mm.“	NB. Millers Material: Körper & Kopf 81—96 mm. Schwanz 60—77 mm. Hinterfuss 15'4—17'4 mm. Ohr 12 mm.	Körper 60; Schwanz 60; Hinterfuss 11.“

Das Verbreitungsgebiet des obigen *Mus spic. spicilegus* Pet. soll sich auf Ungarn beschränken. Zur Lebensweise dieser Form schreibt Trouessart: „dans les bois et les jardins, et non dans les maisons“, was Miller bestätigt, dagegen Krausse widerlegt (34), indem er über einige Exemplare dieser Maus berichtet, welche in der Stadt Budapest gefangen worden sind.

Als eine weitere Form stellt Noack (25) *Mus spicilegus germanicus* auf. Leider macht er bei seiner Beschreibung keine Angaben über das Alter der untersuchten Exemplare. Die Diagnose ist so allgemein gehalten, dass sich danach nichts Sicheres feststellen lässt. Er zieht zum Vergleich zwei Exemplare aus Budapest — also *spic. spic.* — heran, über deren Alter usw. auch nichts Genaueres gesagt ist. Ganz bestimmt irrt aber Noack, wie aus dem oben Mitgeteilten hervorgeht, wenn er hinsichtlich des von ihm aufgestellten *spic. germanicus* sagt: „Die Exemplare von Eberswalde unterscheiden sich auch in der Lebensweise so erheblich von den beiden Mäusen aus Budapest, dass für sie eine neue Subspecies aufgestellt werden muss."

Als Verbreitungsgebiet dieses zweiten mitteleuropäischen *spicilegus* finden wir Eberswalde angegeben, ausserdem Stettin.

Mit letzterer Örtlichkeit beginnt schon das Verbreitungsgebiet von *Mus spicilegus heroldi* Krausse, welches sich, nach den schon oben angeführten, von F. E. Stoll gemachten Beobachtungen zu urteilen, von dort ununterbrochen längs der Ostseeküste bis zum mittleren Estland zu erstrecken scheint. Ausser *heroldi* kommen in diesem Gebiet — wenigstens in Estland — auch Exemplare vor, welche Übergänge zum *germanicus* darstellen könnten. Diese Frage bedarf noch einer gründlicheren Erforschung.

Welche Formen wir im Osten und Nordosten von uns zu suchen hätten, ist mir vorläufig unbekannt. Dass aber dort die Ährenmaus fehlen sollte, ist nicht gut anzunehmen.

Obige Mitteilungen haben uns gezeigt, dass es im Laufe der letzten Jahre gelungen ist, manche Lücke unserer Kenntnis der Verbreitung und des Vorkommens der *Muridae* in Estland auszufüllen und manche Tatsache zur Klärung verschiedener hiermit im Zusammenhang stehender Fragen festzustellen. Es konnte vor allen Dingen auf Grund eingehenderen Studiums manche Zurechtstellung in Hinsicht des Formenbestandes unserer Fauna vorgenommen werden. Wir haben erstens Formen gefunden, welche frühere Autoren für dieses Gebiet nicht genannt hatten; zweitens aber auch solche, welche für unsere Fauna charakteristisch sind und bis hierzu noch nicht beschrieben waren: so sind in vorliegender Arbeit *M. agrestis estiae*, *A. terrestris abrukensis* und *M. spicilegus hapsaliensis* beschrieben worden.

Masse von *Mus spicilegus* Pet., in mm.

Fortl. №	№ meiner Sammlung	Datum	Fundort	Geschl.	Länge: v. Körper u. Kopf	Länge: d. Schwanz.	Länge: d. Hinterfusses	Länge: d. Ohres	Gewicht in Gramm	Bemerkungen
			Mus spicilegus hapsaliensis subsp. nov.							
1.	435	7/IX 1921	Kirimäe Saar b. Haapsalu	♀	94·0	76·0	16·0	12·25	—	
2.	499	19/VIII 1923	„ „	„	93·0	74·0	17·0	12. 8	22·0	Im Uterus 5 Embryonen
3.	526	30/XII „	„ „	„	84·0	71·0	17·0	13· 5	—	
4.	528	31/XII „	Tallinn	„	99·0	76·0	17·0	14· 0	—	Im Uterus 3 Embryonen
5.	548	24/IV 1924	Haapsalu	♂	96·0	83·0	17·5	14· 0	—	
6.	549	„ „	„	♀	97·0	77·0	18·0	13· 0	—	
7.	550	„ „	„	„	95·0	79·0	16·5	13· 0	—	
8.	551	„ „	„	♂	97·0	79·0	18·0	13· 0	—	
			Mus spicilegus heroldi Krausse.							
1.	504	12/IX 1923	Tartu	♀	90·0	74· 0	16· 5	13· 0	20· 8	
2.	506	20/IX „	„	„	114·0	83· 0	17·75	14·75	27· 6	
3.	516	24/X „	„	„	99·0	64. 0	16· 0	13·75	28·75	Im Uterus 4 Embryonen
4.	520	31/X „	„	„	88·0	79· 5	16· 5	14· 0	19· 6	Im Uterus 3 Embryonen
5.	596	8/XI 1924	„	„	94·0	70· 0	15· 5	13· 0	22· 5	Im Uterus 5 Embryonen
6.	598	21/I 1925	„	♂	99.5	69·75	17· 5	13· 5	—	
			Mus spicilegus subsp. von Vormsi.							
1.	417	11/VIII 1921	Insel Vormsi	♂	100	72· 0	18· 0	15· 0	—	
2.	427	23/VIII „	„ „	„	85	72· 5	17· 0	13· 0	—	
3.	585	5/IX 1924	„ „	„	88	78· 5	18· 0	14· 5	—	
4.	590	4/IX „	„ „	♀	92	75· 0	17· 0	13· 0	—	
			Mus spicilegus subsp. von Saaremaa.							
1.	264	14/VII 1923	Rootsiküla, Saaremaa	♂	92·0	76· 0	17· 0	13· 5	—	
2.	265	„ „	„	♀	93·0	72· 0	16· 5	12· 0	—	
3.	277	20/VII „	„	„	93·0	67· 0	17· 0	12· 5	—	

Für Estland im allgemeinen wurden festgestellt: *R. rattus alexandrinus* Geof. und der Formenkreis *M. spicilegus* Pet.; ferner für alle oder einige der grösseren westlichen Inseln Estlands als neu die Formenkreise *E. glareolus* Schreb., *M. agrestis*

Schädelmasse von *Mus spicilegus* Pet.

Fundort	№ meiner Sammlung	Geschlecht	Condylo-basale Länge	Occipito-nasale Länge	Grösste Breite an den Jochbogen	Geringste Interorbitalbreite	Länge der Nasalia	Grösste Breite beider Nasalia zusammen	Diastemale Länge	Länge d. oberen Zahnreihe (Alveol.)	Länge d. unteren Zahnreihe (Alveol.)	Postmolare Länge	Unterkiefer	Bemerkungen
Mus spicilegus hapsaliensis subsp. nov.														
b. Haapsalu	435	♀	20·3	21·3	11·2	3·7	8·0	2·3	5·7	3·1	2·8	10·1	11·6	Gebiss stark abgenutzt
„ „	499	„	20·5	21·4	11·3	3·7	7·6	2·2	5·7	3·5	3·0	9·8	11·4	Gebiss sehr stark abgen.
Haapsalu	548	♂	21·5	23·0	11·8	3·8	7·3	2·2	6·3	3·1	2·2	10·1	12·6	Gebiss stark abgenutzt
„	549	♀	21·0	22·3	12·1	3·9	8·0	2·3	5·9	3·3	3·0	10·0	12·2	Gebiss ziemlich stark abgenutzt
„	550	„	21·0	22·3	12·0	3·7	8·0	2·3	6·0	3·2	2·8	10·2	12·3	Gebiss sehr stark abgen.
„	551	♀	21·3	22·5	12·0	3·7	8·3	2·2	6·0	3·3	2·9	10·1	12·2	Gebiss mässig abgenutzt
Mus spicilegus heroldi Krausse.														
Tartu	504	♀	20·3	21·9	11·1	3·7	7·5	2·3	5·4	3·2	3·1	10·2	11·6	Gebiss mässig abgenutzt
„	506	„	21·9	23·0	11·8	3·9	8·4	2·3	5·9	3·4	3·2	11·0	12·4	Gebiss stark abgenutzt
„	520	„	19·2	21·0	11·2	3·6	7·6	2·1	5·2	3·1	2·9	9·7	11·2	„ „ „
„	598	♂	20·4	21·9	11·0	3·7	7·6	2·2	5·6	3·2	3.0	10·0	11·6	Gebiss recht mässig abgenutzt
Mus spicilegus subsp. von der Insel Vormsi.														
Insel Vormsi	417	♂	21.9	23·0	12·3	3·7	7·9	2·3	6·0	3·7	3·1	10·6	12·2	Gebiss sehr stark abgen.
„ „	427	„	—	—	11·3	3·7	7·2	2·0	5·5	3·3	3·0	—	11·4	Gebiss stark abgenutzt
„ „	585	„	21·0	22·3	11·8	3·9	7·8	2·1	5·7	3·2	3·0	10·4	12·0	Gebiss recht mässig abgenutzt
„ „	590	♀	20·7	22·0	11·7	3·8	7·6	2·2	5·6	3·3	2·8	10·2	12·3	Gebiss recht mässig abgenutzt
Mus spicilegus subsp. von Saaremaa.														
Saaremaa	264	♂	21·0	22·5	11·7	3·9	8·4	2·4	6·1	3·4	3·1	10·0	11·9	Gebiss sehr stark abgen.
„	265	♀	20·3	21·6	11·5	3·6	7·8	2·4	5·7	3·5	3·0	9·6	12·1	Gebiss stark abgenutzt

L., *M. arvalis* L., *A. agrarius* Pall., *A. flavicollis* Mel. und *M. spicilegus* Pet.

Hieraus ergibt sich eine wenigstens teilweise Bestätigung der seinerzeit von Prof. P. Matschie (s. 7 p. 167) ausgesprochenen Vermutung, dass die einstmaligen russischen Ostseeprovinzen ein selbständiges Faunengebiet darstellen, was Grevé damals nicht zu bestätigen vermochte.

Da die nächstliegenden Teile der Nachbarstaaten grössten-

teils einer entsprechenden Bearbeitung ihrer Faunen entbehren, so lässt sich die Begrenzung der estländischen Formen eben nicht gut ausführen. Zudem sind die Verhältnisse im Lande selbst noch nicht genügend geklärt. So hat es in manchen Fällen den Anschein, als ob dieses Gebiet auf Grund geographischer Formen noch in einzelne Untergebiete eingeteilt werden könnte. Es erscheint hiermit die von Prof. P. Matschie in einem Brief des vorvergangenen Jahres an mich gerichtete Frage nach dem Vorhandensein einzelner Faunengebiete in Estland (im Zusammenhange mit den Flusssystemen) als begründet. Nur würde die endgültige Beantwortung derselben ein viel grösseres Belegmaterial und mehrere Jahre Arbeit erfordern.

Eben können wir die oben besprochenen Formen nur mit denen von Skandinavien einerseits und denen des zentralen resp. westlichen Europas andererseits vergleichen. Vom Standpunkt der Systematik ausgehend sehen wir, dass, wie bei der Besprechung des estländischen *Evot. glareolus reinwaldti* mehrmals angedeutet, dieser in verschiedenen Beziehungen Ähnlichkeit mit dem skandinavischen *suecicus* zeigt. Wir sahen ferner, dass die estländische Erdmaus *Micr. agrestis estiae* im Bau des Schädels sozusagen die Fortsetzung der skandinavischen Formen darstellt. Auch unser *flavicollis* besitzt gemeinschaftliche Züge mit der Form Skandinaviens. Dass er zugleich auch Beziehungen zum englischen *flavicollis* zeigt, bestätigt zusammen mit der Tatsache, dass unser *terrestris* dem englischen *amphibius* sehr nahe zu stehen scheint, nur die schon von meinem geschätzten Lehrer W. Petersen (39) auf Grund der lepidoptereologischen Untersuchungen festgestellte Tatsache der „sehr stark ausgesprochenen Beziehungen" unserer Fauna wie auch der skandinavischen zu England resp. Schottland.

Andererseits finden wir in unserer Fauna auch wieder Charakterzüge, welche sie mit Zentraleuropa vereinigt. So zeigt, rein faunistisch genommen, in Hinsicht des *spicilegus* der südliche Teil Estlands Anklänge an die südlich von hier gelegenen und sich bis ins östliche Deutschland erstreckenden Gebiete.

Wir werden die estländischen *Muridae* wohl als Bindeglied zwischen den skandinavischen und den zentraleuropäischen Formen ansehen können.

Wenn wir uns weiter spezieller der ökologischen Seite der oben dargestellten Tatsachen zuwenden, so sehen wir, dass be-

sonders die einzelnen Arten unserer *Microtinae* in enger Beziehung mit den Geländeformen auftreten. Bodenverhältnisse und Flora sind hier in hohem Grade massgebend. Wir sehen, dass einige Formen in dieser Beziehung recht wählerisch sind, andere sich den verschiedensten Verhältnissen weitgehend anzupassen wissen.

Als beachtenswert muss uns in dieser Hinsicht die Tatsache erscheinen, dass der estländische *agrestis* in seiner Lebensweise von dem zentraleuropäischen abweicht, indem er als Bewohner der Fläche auftritt, während die Autoren für den zentraleuropäischen betonen, dass er Flächen meide.

Auch das kann als skandinavischer Charakterzug angesehen werden, denn in Skandinavien, wo die Feldmaus fehlt, tritt an ihre Stelle *agrestis*.

Wahrscheinlich ist das Vorkommen von *arvalis* an dem mit erratischen Blöcken besetzten Meeresufer unserer Inseln ein für Estland charakteristisches Merkmal.

Bei Betrachtung der eben dargestellen Tatsachen sehen wir vor allem zwei Probleme vor uns auftauchen.

Der Vergleich unserer *Muridae* mit denjenigen Skandinaviens und des zentralen Europas führt uns zur Frage der Verwandtschaftsverhältnisse der Faunen dieser Länder, und die Behandlung dieser Frage muss ein gewisses Licht auf das Problem der einstmaligen postglazialen Einwanderung der Tiere nach Skandinavien werfen. Weiter kann die Lösung dieser Frage ihrerseits berufen sein, Schlüsse zuzulassen über die Möglichkeit der Existenz einer einstmaligen postglazialen direkten Verbindung zwischen Skandinavien und Zentraleuropa.

Das Vorhandensein aller bisher auf dem Festlande Estlands nachgewiesenen *Microtinae* und fast aller *Murinae* auch auf den westlichen Inseln (Saaremaa, Hiiumaa usw.) Estlands führt uns in analoger Weise auf die Frage nach der postglazialen Einwanderung auf jene Inseln und der Möglichkeit des einstmaligen Zusammenhanges letzterer mit dem Festlande.

Nehring (3) bezeichnet die *Microtinae* als Glieder der postglazialen Steppenfauna. Wir hätten in ihnen also sehr frühe Einwanderer unseres Gebiets zu sehen. Wenn wir jetzt finden, dass die skandinavischen *Microtinae* mit den zentraleuropäischen nicht über Südskandinavien, sondern über die Länder des östlichen Ostseestrandes im Zusammenhange stehen, so werden wir vermuten müssen, dass schon in jener Zeit eine direkte Landbrücke

zwischen Skandinavien und Zentraleuropa gefehlt hat und die Einwanderung nach Skandinavien ausschliesslich von Südosten her stattgefunden hat. Das würde völlig mit dem übereinstimmen, was W. Petersen seinerzeit für die Lepidopteren-Fauna Skandinaviens gefunden (2) und auf Grund seiner Untersuchung des schwedischen *Parnassius apollo* kürzlich nochmals bestätigt hat (39). Diese Vermutung wird ja auch noch dadurch bestärkt, dass der Feldhase, *Lepus europaeus* Pall., welcher nach Nehring auch zur postglazialen Steppenfauna gehört, vor seiner Verschleppung durch den Menschen in Skandinavien fehlte, und erst jetzt zusammen mit *Apodemus agrarius*, *Microtus arvalis* und anderen Tieren über Karelien und Finnland in der Einwanderung begriffen ist.

Auf die westlichen Inseln Estlands könnte die Einwanderung der *Muridae* wohl in zweierlei Weise stattgefunden haben.

Die Tiere könnten im Winter über die Eisdecke dorthin gelangt sein, was dann wohl von Osten her stattgefunden hat. Für diese Möglichkeit spricht die Tatsache, dass ich auf der Halbinsel Noarootsi im Winter oftmals Spuren von Wühlmäusen auf dem Eise der Uferzone gefunden habe. Wenn solche Wanderer durch Verfolgung oder aus anderen Gründen weiter verschlagen wurden, so konnte es schon geschehen, dass sie über das Eis hin bis zur nächsten Insel und weiter gelangten.

Da wir nicht gut annehmen können, dass all diese Tiere kilometerweite Strecken des Meeres durchschwommen haben, so müssen wir, um zu einer anderen Lösung der Frage zu gelangen, annehmen, dass die Inseln einmal mit dem Festlande in näherer Beziehung gestanden haben. Ein Blick auf die Karte der Meerestiefen lehrt uns, dass eine relativ kleine Hebung des betreffenden Niveaus eine von einem schmalen Wasserarm durchzogene Landbrücke zwischen der Halbinsel Sörve und dem Festlande entstehen lassen würde. Die Verbreiterung der anfänglich schmalen Verbindung zwischen der Ostsee und dem Rigaer Meerbusen könnte durch Erosion entstanden sein.

Letzteres können wir um so mehr annehmen, als im Laufe der Postglazialzeit Perioden stärkerer Niederschläge und infolgedessen stärkeren Abflusses der in den Rigaer Meerbusen einmündenden Gewässer vorgekommen sein müssen.

Für die Notwendigkeit einer näheren Verbindung beim Zustandekommen einer Besiedelung erwähnter Inseln durch die *Muridae* spricht auch folgende Tatsache.

Südwestlich von der Insel Vilsandi und etwa in 4 km Entfernung von der Insel Saaremaa liegt die aus den Inseln Loonalaid, Notamaa und Salava bestehende Inselgruppe, der am weitesten westlich liegende Teil Estlands. Trotz des Vorhandenseins fast aller *Muridae* Estlands auf Saaremaa und der relativ kleinen Entfernung der genannten Inselgruppe von dieser, fehlen doch auf Loonalaid, Notamaa und Salava alle *Muridae* ausser *Arvicola terrestris,* obwohl hier auch für manche andere Art die erforderlichen Lebensbedingungen vorhanden sind.

Wir sehen somit, dass bei der Erforschung der *Muridae* als eines Gliedes der Fauna Estlands Probleme grösserer Tragweite entstehen. Leider konnte hier nur der Bestand und die Verbreitung der rezenten *Muridae* Estlands behandelt werden: denn die prähistorischen Reste, welche wir als Beweise für das einstmalige Vorkommen der *Muridae* im baltischen Gebiet bezw. Estland besitzen, sind äusserst dürftig. Bekannt sind die diesbezüglichen Funde aus den Dolomitspalten von Klauenstein in Lettland (5), welche nicht genau bestimmbar, oder jedenfalls nicht näher bestimmt worden sind. Ganz kürzlich fand und erhielt ich Reste von Wirbeltieren, welche aus den steinzeitlichen Gräbern vom Kahalajärv (Estland) stammen. Ein halber Unterkiefer erwies sich als von *Evotomys glareolus*, zwei andere halbe als von *Arvicola* stammend. Dieses Matertal hat eben nur ein ganz lokales Interesse und ist noch zu unvollständig, um weitgehendere Schlüsse zuzulassen.

Wenn vorliegende Arbeit nur den augenblicklichen Stand eines Teiles der estländischen Säugetierforschung darstellt, so sei es künftigen Zeiten überlassen, die bisher erlangten Resultate zu vervollständigen, die Erforschung der ganzen Fauna intensiver durchzuführen und eine Lösung der dabei entstandenen und in Zukunft gewiss noch entstehenden Fragen zu versuchen. Selbstverständlich kann das nur im engsten Zusammenhange mit der Erforschung des übrigen Europas geschehen. Dass es auch dort noch vieler Arbeit bedarf, um unserem diesbezüglichen Wissen eine solide Grundlage zu schaffen, glaube ich in vorliegender Arbeit mehrfach und zur Genüge gezeigt zu haben. Es lässt sich wohl kaum abstreiten, dass unsere bisher erlangten Ergebnisse in vielen Fällen einer Revision, die im allgemeinen bisher gebrauchten Arbeitsmethoden einer Vervollkommnung bedürfen.

Unwillkürlich müssen wir da an die von Prof. Méhely mit

so hervorragendem Erfolge angewandte Methode der Berücksichtigung der Kopulationsorgane bei Bearbeitung der Kleinsäugetiere (17) denken [1]). Sollte es nicht an der Zeit sein, die Berücksichtigung dieser Methode in allen Fällen als selbstverständlich vorauszusetzen? Dass dadurch ein vielleicht von manchem als schwierig empfundenes Verfahren zur Anwendung kommen muss, kann für das Gedeihen der Wissenschaft eigentlich nur von Vorteil sein. Soviel scheint aber eben schon sicher, dass die planmässige Durchführung der Kleinsäugetierforschung uns nicht nur die Entdeckung zoologisch interessanter Tatsachen verspricht, sondern auch auf manche Frage anderer Wissensgebiete Licht werfen könnte.

Im Zusammenhang mit obiger Arbeit ist es mir eine angenehme Pflicht, Mr. Martin A. C. Hinton und Mr. Oldfield Thomas, durch welche mir die Sammlungen des Br. Mus. in liberalster Weise zur Verfügung gestellt wurden, meinen ergebensten Dank auszusprechen. Mr. Hinton hat mich ausserdem zur Reise nach London und zur Ausführung manch lohnender Untersuchung veranlasst. Prof. A. Dampf bin ich für das Bestimmen der Flöhe zu grossem Dank verpflichtet. Nur dadurch wurde es möglich, für unser Gebiet wirklich massgebende Daten anzuführen. Mein hochgeschätzter Lehrer Dir. W. Petersen hat durch seine Forschungen sowohl wie auch im direkten Gedankenaustausch stets ausserordentlich befruchtend auf meine Arbeit gewirkt, was ich hier dankend hervorheben will. Durch die Freigebigkeit meines Bruders William wurde meine Arbeit überall da, wo sie mit grösseren Unkosten verbunden war, weitgehend unterstützt. Ihm und Herrn Prof. J. Piiper, welcher als Direktor des Zoologischen Instituts der Universität Tartu mit seinem stets regen Interesse meine Arbeit gefördert hat, sage ich auch an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank.

Die Verwaltung der Universität Tartu bewilligte mir 1924 eine Subsidie zur Fahrt auf die Inseln, welche die Feststellung der neuen Formen *Microtus agrestis estiae* und *Arvicola terrestris abrukensis* zur Folge hatte.

1) Ausserdem ist sie meines Wissens nur noch in England, und zwar von Martin A. C. Hinton u. a., angewandt worden.

Angeführte Literatur.

1) 1881 Chyzer Cornél, Reliquiae Petenianae, Természetrajzi Füzetek, Budapest 1882.
2) 1887 Petersen, W., Die Lepidopteren-Fauna des arktischen Gebietes von Europa und die Eiszeit, p. 41.
3) 1890 Nehring, A., Über Tundren und Steppen der Jetzt- und Vorzeit.
4) 1899/1900 Tullberg, Tycho, Über das System der Nagetiere.
5) 1907 Doss, Br., Über ein postglaziales Massengrab usw., Korr. d. Naturf.-Ver. z. Riga L.
6) 1908 Wasmuth, P., Tabellarische Naturg. d. Säugetiere d. Ostseeprovinzen.
7) 1909 Grevé, K., Säugetiere Kur-, Liv-, Estlands.
8) 1909 Hennings, C., Die Säugetiere Deutschlands.
9) 1910 Mierzejewski, L. v., Verzeichnis d. Wirbeltiere d. Insel Ösel, Verh. d. zool.-bot. Ges. Wien LX.
10) 1910 Trouessart, E., Faune des Mammifères d'Europe.
11) 1911 Hilzheimer, M., Über *Mus sylvaticus* L., *Mus wagneri* Eversm. und *Mus minutus* Pall., A. Soc. pro Fauna et Fl. Fenn. 34.
12) 1911 Grevé, K., Unsere Waldmaus, Korr. d. Nat.-Ver. z. Riga LIV.
13) 1912 Miller, G. S., Catalogue of the Mammals of Western Europe.
14) 1912 Кащенко, Крысы и замѣстители ихъ въ Западн. Сиб. и Туркест., Еж. Зоол. М. СПБ., т. XVII.
15) 1912 Grevé, K., Korrespondenzblatt d. Nat.-Ver. zu Riga LV, p. 25.
16) 1912—13 Meddelanden af Soc. pro Fauna et Fl. Fennica, p. 242.
17) 1913 Méhely, L. v., Die Streifenmäuse *(Sicistinae)* Europas, Ann. Mus. Nat. Hungar. XI, p. 234.
18) 1913 Ehrström, K. E., Eine abweichende Form v. *Apodemus (Mus) agrarius* Pal. aus Finland, Medd. af Soc. p. F. et Fl. Fenn. XL.
19) 1914—21 Barrett-Hamilton & Martin A. C. Hinton, A History of British Mammals, part XVI—XXI.
20) 1914 Hinton, Martin A. C., Notes on British Forms of *Apodemus*, Ann. and Mag. of Nat. Hist. Ser. 8, Vol. XIV.
21) 1915 Reinwaldt, E., Zur Säugetierfauna Estlands. Korr. d. Nat.-V. z. Riga.
22) 1916—17 Meddelanden af Soc. p. F. et F. Fenn. p. 260.
23) 1916—17 „ „ „ „ „ „ „ „ p. 261.
24) 1917—18 „ „ „ „ „ „ „ „ p. 99.
25) 1918 Noack, Über einige in und bei Eberswalde gefundenen Muriden, Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw. Juli-Heft.
26) 1918 Krausse, A., Über die Eberswalder Mäuse aus dem Subgenus *Mus*, Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw.

27) 1918 Hildén, Ilmari, Tietoja peltohiiren (*Mus agrarius* Pall.) esiintymisestä Suomessa, Erip. Luonn. Ystäv. № 1—3.
28) 1919—20 Korvenkontio, V. A., Über eine für Finnland neue Arvicolide, *Arvicola arvalis* (Pall.), Medd. af Soc. p. F. et F. Fenn.
29) 1921 Heck und Hilzheimer, Brehms Tierleben, Säugetiere 2.
30) 1921 Hinton, Martin A. C., A new Bank-Vole from Esthonia, Ann. and Mag. of Nat. Hist.
31) 1922 Krausse, A., Über eine neue Form von *Mus spicilegus (Mus spic. Heroldi)* von der Ostseeküste, Arch. f. Naturg. A 4.
32) 1923 Reinwaldt, E., Mechanische Massenfänge v. Säugetieren, Zoologica palaearctica I.
33) 1923 Огнев, С. И., Материалы по систематике русских млекопитающих, Биол. Изв. вып. I, зоология.
34) 1923/24 Herold, W., Über Vorkommen und Lebensweise von *Mus spicilegus* Pet. in Deutschland, Pallasia I.
35) 1923/24 Hildén, Ilmari, *Mus agrarius karelicus* Ehrström usw., Pallasia I.
36) 1924 Korresp. d. Nat.-Ver. z. Riga LVIII, p. 45.
37) 1924 Reinwaldt, E., Die *Epimys*-Arten in Estland, Pallasia II.
38) 1924 Reinwaldt, E., Bemerk. z. Präparationstechnik v. Kleinsäugetierbälgen, Pallasia II.
39) 1924 Petersen, W., Lepidopteren-Fauna v. Estland (Eesti).

Anhang.

Die in der Arbeit angeführten Ortsnamen in ihrer deutschen Form resp. Schreibart, nach H. Lang's Karte von Liv-, Est- und Kurland, 1909.

Abruka — Abro
Antsla — Antzen
Elistvere — Ellistfer
Emajõgi — Embach
Haapsalu — Hapsal
Hellenurme — Hellenorm
Hiiumaa — Dagö
Ilmatsalu — Ilmazahl
Irboska — Isborsk
Loonalaid — Lettelholm
Maarja-Magdaleena — Marien-Magdalenen (Kreis Dorpat)
Noarootsi — Nuckö
Peipsijärv — Peipus
Pühajärv — Heiligensee
Rootsiküla — Rotziküll
Ruhnu — Runö
Saaremaa — Ösel
Sõrve — Sworbe
Tallinn — Reval
Tähtvere — Techelfer
Tartu — Dorpat
Valga — Walk
Vilsandi — Filsand
Vormsi — Worms

DIE INSELN ODENSHOLM UND ROGÖ

EIN BEITRAG ZUR GEOLOGIE VON NW-ESTLAND

VON

A. ÖPIK

MIT 18 ABBILDUNGEN, 1 TAFEL UND 3 KARTEN

TARTU 1927

C. Mattiesen, Tartu.

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Vorwort 5

I. Einleitung. Übersicht der Literatur 7

1. Teil.

Die postglaziale Geschichte und die Oberflächengestaltung der Inseln Odensholm und Rogö.

II. Geographische Vorbemerkungen. Die Inseln als Glieder des Glintes . 11

III. Spuren postglazialer Hebung der Inseln. Die Strandwall-Landschaft . 13

IV. Die Küstenformen. Die Steilküste und die Abrasion 18

2. Teil.

Die quartären und ordovizischen Ablagerungen der Inseln Odensholm und Rogö.

V. Die geologische Karte der Inseln. Bemerkungen zur allgemeinen Gliederung des Ordoviziums 27

VI. Die quartären Ablagerungen der Inseln 28

VII. Das Mittelordovizium der Inseln (die Kukruse- und die Tallinna-Stufe) 30

VIII. Über die Gliederung des Unterordoviziums im Ostbaltikum 36

IX. Dictyonemaschiefer und Glaukonitsand der Inseln 38

X. Der Megalaspiskalk der Inseln 41

XI. Der Rogö- (*raniceps*-) Kalksandstein auf den Inseln und auf dem Festlande 48

XII. Über einige Versteinerungen von Odensholm und Rogö 62

Anhang: 1. Der Sattel von Odensholm 64

2. Die Kluftspalten (Diaklasen) der Inseln 64

3. Die Erdbebenspalten im Megalaspiskalk von Odensholm . . 64

4. Der Megalaspiskalk (Glaukonitkalk) und der Vaginatenkalk in der Diamantbohrung von Saha 66

Verzeichnis der Abbildungen und Karten.

			Seite
Abb	1.	Die Insel Gross-Rogö. Landschaft im Norden der Insel	
„	2.	Postglaziale Korrosionsfläche auf Odensholm	
„	3.	Die Strandwall-Landschaft von Odensholm	
„	4.	Südwestlicher Strand von Odensholm	
„	5.	Kap Pakerort	
„	6.	Steilküste von Odensholm (Treppenküste)	
„	7.	Steilküste von Odensholm, allgemeine Ansicht	
„	8.	Steilküste von Odensholm, an der Nordspitze	
„	9.	Die Insel Klein-Rogö, Kliff am NE-Strande	
„	10.	Erratische Blöcke auf Odensholm	
„	11.	Profil des Ordoviziums bei Westernäs	38
„	12.	Rogö-Sandstein und Megalaspiskalk im Südosten von Westernäs, Klein-Rogö	
„	13.	Profil im Südwesten von Westernäs	
„	14.	Brandungshohlkehle und Rogö-Sandstein auf Klein-Rogö	
„	15.	Erdbebenspalten im Megalaspiskalk von Odensholm	45
„	16.	Megalaspiskalk, Rogö-Sandstein und Tallinna-Kalk auf Odensholm	
„	17.	Sandsteingang im Megalaspiskalk von Odensholm	
„	18.	Skizze der Sandsteingänge auf Odensholm	65

Tafel I. Fossilien von den Inseln und aus Tallinn.

Karten: 1. Übersichtskarte von NW-Estland.
2. Karte der Landschaftsformen von Odensholm.
3. Geologische Karte der Inseln Odensholm und Rogö.

Vorwort.

Die Felduntersuchungen, welche das vorliegende Material lieferten, wurden in den Sommern 1923—26 ausgeführt.

Das Geologische Institut und die Naturforscher-Gesellschaft bei der Universität Tartu unterstützten wiederholt mit Geldmitteln die Untersuchungen des Verfassers. Ihnen, gleichwie Herrn Saarnak, Kapitän des Dampfers „Sekstant", der mich auf Odensholm brachte, und Herrn Kapitän Kuntse mit seiner Gemahlin, die mich auf Odensholm gastfreundlich aufnahmen — bin ich den herzlichsten Dank schuldig.

A. Ö.

Tartu, 11. Nov. 1926.

I. Übersicht der Literatur [1]).

1841. Eichwald. „Das silurische Schichtensystem in Estland." Die Urwelt Russlands.

Dieses Buch fehlte leider dem Verfasser, doch aus Sokoloff und Fr. Schmidt folgt, dass Eichwald besonders gut die Insel Odensholm kannte, die Sandsteingänge im Glaukonit-

1) Es werden in Estland für dieselben geographischen Punkte verschiedene Namen gebraucht, wobei diese in geologischen Arbeiten und auf den Karten nicht gleichartig geschrieben werden. Um mögliche Missverständnisse zu vermeiden, folgt ein Register der in vorliegender Abhandlung erwähnten Punkte.

In der Abhandlung selbst wurden solche Namen gebraucht, welche vom Volke an Ort und Stelle angewendet werden.

Estnisch	Deutsch und schwedisch	Russisch (auf den 1- und 3-Werstkarten)
—	Arabyt-Ören (schwed.), Kap	Арабютъ-Еренъ
—	Bergron (Insel)	—
—	Byschytten (Kap)	Бюшюттенъ
Harku (Gut, See)	Chark, Hark	Гаркъ, Харкъ
Hiiumaa (Insel)	Dago, Dagö, Dagoe	Даго
Irru (Dorf)	Hirro, Hiro	Ирру
Jõhvi (Jõhwi), Station (Stufe D_1)	Jewe	Іевве
Kappa (Insel)	Kappa	Каппа
Keila-Joa (Gut, Wasserfall)	Fall	Фалль
Kukruse (Brandschieferbruch)	Kuckers, Kukkers	Куккерсъ
Langreni (Inseln)	Langren (Langrön)	Лангронъ
Lepiku küla	Bisat-By	Бисатъ-бю
Lubja (Berg u. Dorf)	Lubja	Лубья
Majaka sadam	= Leuchtturmhafen, auf Odensholm	—

kalk entdeckte und mehrere Petrefakten von dort und von Rogö beschrieben hat.

1844. Sokoloff. „Eine geognostische Reise in den Ostseeprovinzen." „Bergjournal", St. Pet.

Sokoloff bereiste das Gebiet mit Pander, die Rogö-Inseln blieben unbesucht; auf Odensholm lockten ihn offenbar die Sandsteingänge, für deren Entstehung er die Erklärung Eichwalds annimmt.

1858. Fr. Schmidt. „Untersuchungen über die silurische Formation von Estland, Nord-Livland und Oesel." Dorpat.

In diesem grundlegenden Werke wird Odensholm bei verschiedenen Gelegenheiten genannt. Doch Schmidt meint, dass die älteste anstehende Schicht der Insel der Echinosphaeritenkalk sei (was in Wirklichkeit nicht der Fall ist). Über Rogö sind nur zwei Angaben zu finden, und es scheint, dass Schmidt nur die Insel Klein-Rogö besucht hat.

Estnisch	Deutsch und schwedisch	Russisch (auf den 1- und 3-Werstkarten)
Mäeküla (Dorf)	—	Мяэкюля
Osmussaar (Insel) (Odensholm)	Odensholm	Оденсгольмъ
Pakrimaanina	Kap Pakerort	Пакерортъ, М.
Pakerort		Балтійскій
Paldiski (Stadt)	Baltischport	Балтійскій-Портъ
Rannaküla (Dorf)	Strand-By	Страндъ-бю (Раннакюля)
Rannamõisa (Gut)	Strandhof	Штрандгофъ
Saha, Gut	Saage	Сааге
Suur-sadam	= Grosser Hafen (auf Odensholm)	—
Suur-küla (Dorf)	Stor-By	Сторъ-бю (Суур-кюля)
Tallinn	Reval (Tallinn)	Ревель
Türisalu (Dorf)	Türpsal	Тюрпсель
Viimsi (Wiimsi) (Gut)	Wiems	Вимсъ
—	Vatnäs (Watnäs), Kap	М. Ватнесъ
—	Vesternäs (Westernäs), Kap	М. Вестернесъ
Väike (Wäike) küla	Lill-By	Лиль-бю (Вейке-кюля)
Vitimõisa (Witi)	Witenpoewel	Витенпевель
Vaila (Waila)	Waila	Вайла

1881. Fr. Schmidt. „Revision der ostbaltischen silurischen Trilobiten." Mém. de l'Acad. de St. Pét.

Es werden hier nochmals die Angaben über Odensholm und Rogö angeführt, die wir aus der Arbeit vom Jahre 1858 kennen.

1884. G. Holm. „Der Vergleich schwedischer und ostbaltischer silurischer und posttertiärer Ablagerungen etc." St. Petersburg. (Russisch.)

Diese Abhandlung enthält Berichte über Exkursionen in Estland in den Sommern 1883 und 1884. Es wird auch ein Profil von Klein-Rogö angeführt, wo der Kalksandstein als „oft breccienartiger" bezeichnet wird; auf Seite 10 steht: „noch weiter nach Westen (von Klein-Rogö) wird der Orthoceratitenkalk offenbar durch einen breccienartigen Quarzsandstein ersetzt. Auf der Insel Odensholm, obwohl der Orthoceratitenkalk unter dem Meeresspiegel liegt, werden am Ufer ausgeworfene Stücke eines grünlich-weissen Sandsteines mit Bruchstücken des Glaukonitkalkes und Kalksandsteines gefunden."

1904. Huene. „Geologische Notizen aus Öland und Dalarne." Centralblatt für Mineral., Geol. und Pal., p. 450, Stuttgart.

In den Profilen von „Leetz" (= Leetse), Baltischport und Kl. Rogö wird der Kalksandstein nicht als Breccie, sondern als „Knollenschicht" bezeichnet, was auch wirklich den petrographischen Eigenschaften des Sediments entspricht.

1905. W. Lamansky. „Die ältesten silurischen Schichten Russlands (Etage B)." St. Pet.

Lamansky bleibt bei der alten Auffassung Fr. Schmidt's und Holm's, nämlich dass der Kalksandstein auf Rogö „breccienartig" ausgebildet sei, gleichwie auf der Halbinsel Baltischport. Es wird sogar das Vorkommen von abgerundeten Stücken kristallinischer (Erstarrungs-) Gesteine an der unteren Grenze des Kalksandsteins berichtet.

Auf Odensholm und auf Gross-Rogö ist Lamansky nicht gewesen.

Aus dieser Zusammenstellung ist zu ersehen, dass auf den Inseln der Vaginatenkalksandstein die grösste Aufmerksamkeit auf sich gelenkt hat; die anderen Stufen werden nur ganz

flüchtig erwähnt, und der Kukruse-(C_2-)Kalk ist überhaupt nicht berücksichtigt worden.

Odensholm hat besondere Aufmerksamkeit erregt, weil hier die reichsten Fundstellen des Echinosphaeritenkalkes liegen. Schmidt besuchte Odensholm nicht weniger als siebenmal, und aus seinen flüchtigen Anmerkungen in den Berichten an das Geologische Komitee ist zu erkennen, dass er wohl alle Besonderheiten der Insel kannte.

In unserer Abhandlung gerieten wir in manchen Fragen in einen Gegensatz mit Lamansky, weil er an einigen nicht zuverlässigen älteren Beobachtungen und deren Erklärungen festhielt, wie es aus dem Vergleich der Auffassung von Huene und der seinigen bezüglich des Kalksandsteines hervorgeht. Beide besuchten ja die Insel Klein-Rogö gleichzeitig. Es soll aber deshalb der Wert der verdienstvollen Untersuchungen des russischen Forschers nicht verkleinert werden, zu denen hier nur eine Ergänzung geboten wird.

I. Teil.

Die postglaziale Geschichte und die Oberflächengestaltung der Inseln Odensholm und Rogö.

II. Geographische Vorbemerkungen. Die Inseln als Glieder des Glintes.

Die Inseln Odensholm[1]) und Klein- und Gross-Rogö[1]) liegen in der Nähe der nordwestlichen Küste Estlands (Karte 1), wobei die Rogö-Inseln durch einen engen und ganz flachen Meeresarm getrennt sind. Von der Halbinsel Paldiski (Baltischport) sind sie durch den tieferen Rogerwiek abgetrennt. Odensholm hat dagegen eine abgesonderte Lage, die Stellung fast in der Mitte zwischen der Halbinsel und der Nordspitze von Hiiumaa einnehmend.

Die Bevölkerung der Inseln ist schwedisch.

Schmidt sieht die Inseln als die Fortsetzung des festländischen Glintes an, und wir wollen deshalb diese Inseln als „Glintinseln" bezeichnen.

Es sind schwach nach SW geneigte Platten ordovizischer Sedimente (Abb. 9). In der Fallrichtung, welche dem Fallen der festländischen Schichten gleich ist, tauchen die Inseln allmählich ins Meer ein. Gegen Norden, NO und NW brechen die Schichten steil ab, eine zum Teil unterhöhlte Kliffküste bildend. Des südlichen Einfallens wegen wird auch das Kliff in südlicher Richtung immer niedriger, um zuletzt unter Uferwällen und dann im Meere zu verschwinden.

Es ist wahrscheinlich, dass diese ordovizischen Platten sich nach Süden, dem Festlande zu, unter dem Meere fortsetzen und sozusagen versunkene Halbinseln sind. Die gegenüber den Rogö-Inseln liegende Halbinsel Paldiski kann als vollständiges

1) Estnisch: Osmussaar, Suur Pakri und Väike Pakri.

Beispiel solchen Aufbaues dienen. Im Norden der Halbinsel erheben sich die Platten des Echinosphaeritenkalkes 25 m über dem Meere (Abb. 5), und in der Mitte der Halbinsel werden sie von den Kukruse- und Jõhvi- (Jewe-) Stufen überdeckt; aber weil die Schichten nach Süden fallen, wird auch das Gelände in derselben Richtung niedriger und liegt etwa in der Mitte der Halbinsel nur noch etwas über 14 m über dem Meere; wenn wir uns die Halbinsel um diese Höhe ins Meer versenkt vorstellen, so bildet ihr nördlicher Teil schon eine Insel mit einer gegen Norden gerichteten Kliffküste und mit im Süden seicht ins Meer verschwindenden Schichten. Wir treffen hier also denselben Aufbau, wie wir ihn bei den Inseln Rogö und Odensholm vermuteten.

Ein flüchtiger Blick auf die Karte 1 lehrt, dass die drei Inseln zusammen mit der Halbinsel Baltischport in gleicher Richtung, nämlich NNW—SSO bis NW—SO, gestreckt sind. Unwillkürlich möchte man diese Richtung mit der glazialen Eisbewegung in Zusammenhang bringen.

Der Sund zwischen Klein-Rogö und der Paldiski-Halbinsel kann als ein versunkenes Tal betrachtet werden. Ob dieser Sund — Rogerwiek — durch Erosion entstanden ist, oder ob es vielleicht anfangs ein Verwerfungsgraben war, kann nicht mit Sicherheit ermittelt werden; seine gegenwärtige Gestalt hat ihm die Eisbewegung und der Wellenschlag geschaffen.

Die Meeresenge zwischen den beiden Rogö-Inseln aber ist zum Teil mit Moränenablagerungen angefüllt; sie ist sehr flach und kann durch Ausfurchung der einheitlichen Rogö-Tafel erklärt werden.

Wie der Meeresraum zwischen Rogö und Odensholm entstanden ist, kann ebenfalls nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden. Zwischen diesen Inseln liegt ein kleiner Kalkriff, von Kalkgrus gänzlich bedeckt. Es erstreckt sich von ihm nach Süden eine Untiefe, und deshalb könnte dieses Riff ebenfalls als eine versenkte Glintinsel bezeichnet werden.

Aus der gezackten Uferlinie NW-Estlands, aus den nach Norden vorgeschobenen Glintinseln muss geschlossen werden, dass der Glint wahrscheinlich einst merklich nördlicher gelegen hat als jetzt. Die gegenwärtige Lage des Glintes muss aber durch Erosion, durch Eisbewegung und durch die Meeresabrasion während der Niveauschwankungen im Ostbaltikum entstanden sein.

Unsere Tafelinseln sind aus fast wagerechten ordovizischen Sedimenten aufgebaut, und dieser Umstand bestimmt die Oberflächengestalt der Inseln. Flach und eben sind diese vom Meere umbrausten Platten, deren fast einzige Unebenheiten die alten Strandwälle und — wie auf Gross-Rogö — einige kleine Kalksteinterrassen darstellen. Einen Blick von einer solchen Terrasse auf den NO von Gross-Rogö gibt die Abb. 1. Diese Wacholder-Landschaft ist typisch für den Kalkboden im Norden der Inseln, während im Süden mehr fruchtbaren Bodens zu finden ist. Odensholm ist aber noch öder, denn dort ist zum grössten Teil das Kalkgeröll des Bodens vollständig entblösst.

Es findet sich stellenweise auf den Inseln auch nackter Felsboden, und auf Klein-Rogö sind auf seiner einst von den Wellen reingespülten Fläche undeutliche, ungefähr NW—SO gerichtete Eisschrammen zu finden, eine Richtung, die mit der längeren Achse der Inseln zusammenfällt.

III. Die Spuren postglazialer Hebung der Inseln. Die Strandwall-Landschaft.

Der Boden der Inseln besteht aus ausgespültem Kalkgrus, welcher unmittelbar auf dem ordovizischen Muttergestein aufgelagert ist. Wo zufälligerweise dieser Schutt *in situ*, vielleicht die von den Wellen ausgewaschene Lokalmoräne, „Richk“ [1]), abgeräumt ist, sei es an den Glinträndern durch Rutschungen oder durch besonders heftigen Seegang, oder auf den abgestürzten Schollen am Glint (besonders auf Klein-Rogö), finden sich an der Kalksteinoberfläche nicht selten fingerhutartige, einige Zentimeter breite und tiefe Grübchen, welche als Korrosionsgruben zu betrachten sind. Es sind, wie man beobachten kann, ganze Flächen von diesen Gruben bedeckt. Besonders schön kommen die Grübchen an der Ostküste Odensholms vor, woher auch die Abb. 2 stammt. Man kann die Entstehung dieser Gruben sich vorstellen, indem man im Kalkstein dolomit- und kieselreichere Partien raumgitterartig verteilt, die reineren $CaCo_3$-Teile umschliessend, annimmt. Das Wasser greift diese kalkreicheren Teile stärker an, und so entstehen die Vertiefungen auf den Kalksteinplatten. Stellenweise haben die Grübchen sich erweitert

1) So bestimmt nämlich Hausen den Ursprung solcher Kalkgruswälle. (H. Hausen. Mater. z. Kenntn. d. pleistoz. Bild. in d. russ. Ostseeländern.)

und auch die Sohlfläche der Kalkplatte durchstochen. Dann zerfallen diese durchgeätzten Platten leicht in sonderbare zackige Stücke, welche nicht selten in den Strandwällen zu finden sind.

Wann sind aber diese Kalkplatten angeätzt worden? Vor der Eiszeit kann es nicht gewesen sein, denn jede Spur der Grübchen würde vom Eise vernichtet worden sein. Deshalb muss das postglaziale Alter dieser Korrosionsflächen als wahrscheinlich angenommen werden. Auch gegenwärtig entstehen solche Ätzflächen, wie beispielsweise auf den Kalkplatten am Boden des Obersees (Ülemiste järv) bei Tallinn. Auf diese hat mich Herr H. v. Winkler aufmerksam gemacht, und im Provinzial-Museum zu Tallinn befinden sich einige Handstücke vom Grunde des Sees. Äusserlich sind diese rezenten Ätzgrübchen denen von Odensholm und Rogö gleich, vielleicht nur etwas kleiner. Sie können ja gar nicht überall gleich sein, denn der Aufbau der Kalksteine ist im Grunde genommen nach der Schicht und Gegend verschieden.

Die rezente Seekorrosion bei Tallinn ist eine Süsswasserkorrosion; vielleicht sind auch die Rogö- und Odensholm-Ätzflächen im Süsswasser, zur Anzyluszeit, entstanden?

Die Kalktafeln der Inseln sind mit grobem, zum Teil nur schlecht abgerundetem Kalkgeröll bedeckt. Einen solchen unfruchtbaren Boden in Paldiski und an anderen Orten bezeichnet Hausen als ausgewaschenen Richk. Wahrscheinlich stammt aber nicht das ganze Material aus der Lokalmoräne. Ein Teil der Strandwälle wird aus frischem Kalkschotter aufgebaut, indem die Brandung die durch Frost zerklüfteten und zersplitterten Kalkplatten angreift und abräumt. Diese Tätigkeit der Wellen ist auch gegenwärtig an den Ufern der Inseln zu beobachten, wo der anstehende Flies die Abspülungsfläche bildet. Die Photographie mit den Ätzgruben (Abb. 2) stellt nämlich eine solche vor einem Strandwall liegende abgespülte Fläche dar. Auf derselben Abbildung rechts ist der zerklüftete Rand der Kalkplatte gut zu sehen; links, dicht unter dem Strandwall — die losgerissenen Stücke.

Der Kalkgrus ist nicht gleichmässig auf der Oberfläche der Inseln verteilt, er ist zum grössten Teil zu fossilen Strandwällen zusammengehäuft worden. Diese fossilen Strandwälle sind gewöhnlich parallel den Uferlinien angeordnet, und in ihrem Verlauf machen sie sogar zum Teil die grösseren Biegungen der schon ziemlich weit liegenden Strandlinie mit.

Im Norden der Insel Klein-Rogö, welche sich hier schon höher als 12 m über dem Meeresspiegel erhebt, liegen die alten Strandwälle in einem breiten Saum auf der Platte des Glintes. Dieser Strandwallsaum ist über 100 m breit. Südlicher ist die Insel bewaldet, und die Wälle sind undeutlich.

Sehr schön und breit ist dieser Strandwallsaum auf der Insel Gross-Rogö: er nimmt fast die ganze Nordhälfte der Insel ein.

Unmittelbar auf dem Glintrande liegt ebenfalls ein Strandwall. Bekanntlich weist die Rogö-Platte ein flaches Einfallen gegen SW (Abb. 9) auf, also auch der Glintrand muss sich gegen Westen hin dem Meere nähern. Auch der fossile, auf Gross-Rogö 7 m über dem Meere liegende Strandwall nähert sich gleichzeitig, zusammen mit dem Untergrunde, der Brandungslinie. So kommt endlich eine Stelle (Arabyt-Ören auf Gross-Rogö), wo der gegen Westen allmählich absinkende Strandwall schon im Bereiche der Brandung liegt: also hat er hier aufgehört fossil zu sein, oder richtiger, er hat hier noch nicht den fossilen Zustand erreicht. Wir können von diesem Strandwall sagen, dass er kontinuierlich vom rezenten zum fossilen übergeht, also dass verschiedene Teile eines und desselben Strandwalls, auf verschiedenen Höhen liegend, verschiedenes Alter besitzen.

Auf Klein-Rogö ist das Bild nicht so deutlich, denn die Zerstörung der Felswand geht schneller vor sich als auf Gross-Rogö; gleichzeitig werden auch die am Rande aufgehäuften Strandwälle zerstört.

Die alten Strandwälle sind der wesentlichste Landschaftsbestandteil unserer Tafelinseln. Eine Aufnahme von Odensholm (leider bei nebligem Wetter, Abb. 3) illustriert das Gesagte. Hier sind die Wälle wenig verdeckt, sie haben zum grössten Teil ihre ursprüngliche Form erhalten; sie verlaufen parallel den Küsten, verzweigen sich, bilden Scharungen; oder auseinandertretend, hinterlassen sie ab und zu einen kleinen Raum (mit flachem Boden) — ehemalige von denselben Strandwällen abgedämmte Lagunen (Karte 2). Hier sammelt sich das Regenwasser und wächst spärliches Gras, welches nur in diesen Senken den ganzen Sommer grün bleibt. Die im Süden von Odensholm liegenden Seen sind ebenfalls relikte Lagunen, doch stammt ihr Wasser aus Quellen. Die Schichten fallen ja nach Süden hin, also müssen wir hier den Austritt von Wasser erwarten, was auch der Fall ist.

Die Karte 2 zeigt (etwas schematisch) die Verteilung der Strandwälle und alten Lagunensenken auf Odensholm. Nach diesen Landschaftsformen können wir Odensholm als eine wahre Insel der Strandwälle bezeichnen. Auch die Rogö-Tafeln sind im Grunde genommen solche strandwallbedeckte Inseln, nur dass diese Wälle gleichwie die relikten Lagunen nicht mehr so deutlich hervortreten.

Diese Strandwall-Landschaft ist durch die kontinuierliche Hebung der Tafelinseln zustande gekommen, indem das sich zurückziehende Meer die Strandwälle aufbaut, aber sie nicht mehr erreichen und zerstören kann. Einst müssen auch die höchsten Stellen der Glintinseln vom Wasser bedeckt, nicht nur bespült gewesen sein, wofür uns die postglazialen Korrosionsflächen Zeugnis liefern. Die symmetrische Anordnung der Strandwälle und der ununterbrochene rezent-fossile Strandwall von Gross-Rogö zeugen für die fortwährend dauernde, ohne Stösse, Rückgang oder Stillstand vor sich gehende Hebung des Landes.

Doch bei verschiedenen Inseln besitzt die Hebung eine verschiedene Geschwindigkeit.

Odensholm und Gross-Rogö liegen in der Gegenwart fast gleich hoch über dem Meeresspiegel (ca 7 m), und die ältesten auf den beiden Inseln zutage tretenden Schichten sind ebenfalls dieselben. Odensholm und Gross-Rogö liegen also auf der Streichlinie der Schichten, welche folglich O-W verläuft. Anderes ergeben aber die Höhenverhältnisse der Halbinsel Paldiski, deren Pakerortspitze 25 m erreicht, Klein-Rogö mit der Höhe des Glintes im Norden von 12 m und die schon erwähnten 7 m von Gross-Rogö.

Die jüngste, also auch die höchste Ablagerung dieser drei Inseln ist der ordovizische Echinosphaeritenkalk, welcher überall in derselben Mächtigkeit (4,5—5 m) ansteht. Also, je westlicher die Inseln, desto niedriger sind sie: folglich haben hier die Schichten und auch die Inselplatten selbst eine Abdachung nach Westen, und Odensholm müsste in diesem Falle, der Konsequenz wegen, noch unter dem Meere liegen. Odensholm ist offenbar mit seiner Hebung den anderen vorausgeeilt. Im Westen ist die Hebungsgeschwindigkeit grösser als im Osten, und Odensholm ist also auch jünger als die Rogö-Inseln, diese aber jünger als die Pakerort-Halbinsel.

Wenden wir uns der Bodenbeschaffenheit und der Vege-

tationsdecke zu, so finden wir, dass diese ebenfalls im Zusammenhang mit der jungen Hebung der Inseln stehen. Auf der früher aufgetauchten Tafel, auf der Halbinsel Paldiski, hat sich der ja sonst vollständig unfruchtbare Strandgrus mit Bodenbestandteilen angereichert, so dass das Gelände bewaldet und bebaut ist. Auch Klein-Rogö hat Wald, Felder und Wiesen, und nur im Norden liegt das Alvargebiet des Strandschotters. Gross-Rogö, obwohl der Roggen „hier grösser wächst denn auf Klein-Rogö", macht einen öderen Eindruck (siehe Abb. 1). Die ganze Nordhälfte dieser Insel ist von Wacholder bedeckt, dem Kalkgeröll des Bodens entsprechend.

Odensholm aber ist eine Strandwall-Wüste, ein welliges Steinmeer mit kleinen grünen Wiesen in den relikten Lagunensenken und mit einer das Dorf umgebenden Oase in der Mitte. „Ödeholm", nicht Odensholm, müsste die Insel heissen, sagen die schwedischen Bewohner der Insel.

So wird nun gegen Westen, wo die jüngeren Inseln liegen, auch die Vegetation ärmer, denn die von der Brandung aufgetürmten und ausgespülten Kalkgeröllwälle haben hier nur wenig Zeit gehabt, fruchtbar zu werden.

Die beschriebenen Begleiterscheinungen der Hebung auf den estländischen nordwestlichen Glintinseln sind ja nur eine Illustration zur bekannten Tatsache der postglazialen Hebung im Baltikum; es überrascht auch nicht, dass Odensholm schneller aus dem Meere steigt als die Rogö-Inseln, da dies mit den bekannten Hebungsverhältnissen im Baltikum in Einklang steht.

Um mit der Frage über die Strandwälle abzuschliessen, sei hier noch auf die Abb. 4 hingewiesen. Hier, am flachen Gestade an der Südwestküste von Odensholm, etwas nördlich von Suur-sadam (= „Grosser Hafen"), wo der Kukruse-Kalkstein ins Meer eintaucht (beim Hammer), haben die Wellen der Ostsee eine grössere Spülfläche blossgelegt, welcher am Strande ein mächtiger Strandwall entspricht (die Aufnahme ist vom Strandwall gemacht worden). Auf diesem von flachem Wasser bedeckten abgespülten Kalkboden zieht sich pfeilgerade ein schwarzer Wall hin, der aus *Fucus vesiculosus* zusammengeballt ist. Es scheint, dass der Wall sich in einer ganz bestimmten Tiefe gebildet hat, wobei die Richtung annähernd mit der Streichrichtung des Untergrundes zusammenfällt.

IV. Die Küstenformen. Die Steilküste und die Abrasion.

Zweierlei Küstentypen können auf den Inseln unterschieden werden, welche durch die petrographische Beschaffenheit und das sanfte Einfallen der Inseltafeln (siehe Abb. 9) bedingt sind. Der dritte Faktor, welcher für die Umgestaltung und sozusagen für den Detailaufbau, für die Ornamentierung des Gestades sorgt, ist die Brandung, deren Wirkung von den beiden ersten beeinflusst wird.

Den einen Küstentypus finden wir im Süden, wo die Kalktafeln ins Meer eintauchen (Abb. 4, T. II). Hier finden sich die schon beschriebenen Spülflächen, von welchen die Wellen alles lose Material auf das Ufer werfen und bis 3 und sogar 4 m hohe Strandwälle aufbauen. Eine solche Ausbildung der flachen Küste ist aber nur da zu finden, wo der Seegang genügend mächtig ist, um die Spülflächen reinzuhalten; es sind also die südwestlichen Küsten, wo die Wellen der offenen Ostsee branden. Die südlichen, gegen das Festland gerichteten Küsten sind versandet, denn die Brandung reicht nicht aus, um den Kalksteinuntergrund blosszulegen. Gewiss, auch hier finden wir Kalkgeröll in Fülle, doch seine Bedeutung ist hier im allgemeinen vermindert. Am stärksten versandet sind die südlichen Teile der Rogö-Inseln, während auf Odensholm der Sand nur auf einer kleinen Strecke auftritt. Die Ursache der Abwesenheit des Sandes liegt in der starken Ausspülung und besonders im Mangel an glazialen Ablagerungen.

Gegen Norden steigen die Inselplatten an und brechen in einer steilen, zum Teil stark unterhöhlten Felswand ab. Das ist der zweite extreme Küstentypus, der aber mit dem ersten durch ganz bestimmt ausgebildete Übergangsformen verbunden ist. Die Übergangsformen sind durch dieselben petrographischen und tektonischen Ursachen bedingt und sind auf jene Stellen beschränkt, wo die Steilküste sich aus dem Meere zu erheben anfängt (Abb. 4).

Die Gestalt der Küsten hängt im wesentlichen von der petrographischen Zusammensetzung und der Widerstandsfähigkeit einzelner Schichten des Glintes ab. Um über diese Faktoren ins klare zu kommen, wenden wir uns wieder der Halbinsel Paldiski zu, welche schon in mancher Hinsicht als klärendes Beispiel gedient hat.

Die Abb. 5 gibt eine Vorstellung vom Aufbau des Glintes am Kap Pakerort (nördliche Spitze der Halbinsel). Der kambrische petrefaktenleere und der ordovizische Obolensandstein sind nicht sehr hart, aber sie leisten einen ziemlich bedeutenden Widerstand gegen die zerstörende Wirkung der Brandung. Die scharfen Ecken werden abgerundet, es bilden sich Brandungstore (auf der Abb. nicht zu sehen); ab und zu stürzen diese ein, besonders wenn Tonlagen in der Nähe sind. Den höher liegenden Dictyonemaschiefer erreicht hier die Brandung nicht mehr; es wird deshalb nur dann vom Schiefer etwas abstürzen, wenn seine Sandsteinunterlage genügend ausgehöhlt worden ist.

Die über dem Dictyonemaschiefer liegenden Schichten bestehen aus lockeren Gesteinen, wie man es an der Aushöhlung im Kliff erkennen kann. Es ist der tonige, im feuchten Zustande sogar etwas plastische (nur einige Schichten!) Glaukonitsand. Wegen des Tongehaltes ist dieses Gestein ziemlich trocken und bildet ein Wasserstockwerk; dasselbe gilt auch für den mergeligen und teilweise tonigen Glaukonitkalk.

Die dunklen Streifen, welche (Abb. 5) über den Glaukonitsand, den Dictyonemaschiefer und Obolensandstein bis zum Kambrischen Sandstein reichen, bestehen aus einem Glaukonitüberzug, den offenbar eine Quelle hinterlassen hat. Das Niveau dieser Quelle liegt an der Grenze des sandigen Vaginaten-Kalksandsteins (Hangendes) und des mergeligen Megalaspiskalkes (Liegendes).

Die Aushöhlung im Kliff entstand, indem der Glaukonitsand von Quellwasser, besonders aber vom Regen ausgewaschen und vom Winde abgeblasen wurde, und er ist so locker, dass er sogar eine Böschung bildet. Und diese Böschung ist in Wirklichkeit noch seichter als sie aussieht, denn die Aufnahme ist von unten gemacht worden.

Der über dem Glaukonitsand liegende Glaukonit- (*Megalaspis-*) Kalk und der Rogö-Kalksandstein sind bis zum oberen Rande des Sandes in gleicher Weise abgebrochen, weil diese Kalke in kleinere Stücke zerklüftet sind. Der Echinosphaeritenkalk aber ist in grosse Schollen zerklüftet (Abb. 13, 14), welche erst dort abstürzen, wo der Glaukonitsand genügend tief ausgehöhlt ist.

Aus den Umrissen des Pakerort-Kaps (Abb. 51) und der

Beschreibung folgt, dass die Richtung des kleinsten Widerstandes der Glaukonitsand ist; und wo dieses Gestein, welches ja auf der ganzen Strecke des Glintes dieselbe Beschaffenheit besitzt, im Bereiche der Brandung liegt, muss eine ganz besonders intensive Abrasion stattfinden. In dieser Lage liegt beispielsweise der Glaukonitsand etwas nördlicher von der Stadt Paldiski. Doch der Strand wird von den Rogö-Inseln gut geschützt, welche die vom Westen kommenden Wellen vernichten, so dass nur selten die Wellen den Glaukonitsand erreichen, besonders weil zwischen dem Kliff und den Wellen noch eine mit Kalkgeröll bedeckte Strandterrasse liegt.

Die Insel Klein-Rogö hat nur einen halb so hohen Kliff, wie Pakerort. Im Norden der Insel bei Westernäs, wo die Platte sich am höchsten erhebt, tritt gerade noch der Glaukonitsand zutage (Abb. 11). Ziemlich deutlich können wir uns die Umrisse dieser Stelle vorstellen, wenn wir uns im Pakerort-Profil (Abb. 5) den Meeresspiegel an die Grenze von Glaukonitsand und Dictyonemaschiefer verlegt denken. Von Kap Westernäs biegt der Glint gegen Südost und Südwest ab, es kommt das südliche Einfallen der Schichten zur Wirkung (Abb. 9), indem der Glint niedriger wird und im Westen bei Watnäs, im Osten bei Lill-By den Meeresspiegel erreicht. Aber eigentlich setzt er sich noch gegen Süden fort, im Westen als eine niedrige Geländestufe in grösserem Abstand vom Meere, der unteren Grenze des Kukrusekalkes entsprechend, und im Osten noch dicht am Strande, indem ebenfalls jüngere Schichten hervortreten. Doch auch hier ist er ganz niedrig und vom Kalkgeröll verdeckt.

Hier, im Bereiche des niedrigen Glintes, liegen schon die am leichtesten angreifbaren Schichten, der Glaukonitsand und -kalk gleichwie der *raniceps*-Kalksandstein unter dem Meere. Der Echinosphaeritenkalk wird hier von den Wellen angegriffen und da, wo der Strand gegen die Brandung geschützt ist oder wo der Angriff, der jungen Hebung wegen, nicht allzulange gedauert hat, da bricht der Echinosphaeritenkalk am Meere in kleinen treppenartigen Stufen ab (Abb. 6). Es ist kein eigentliches Kliff mehr, sondern ein treppenartiger Felsstrand, der sich noch flacher im Meere fortsetzt. Bei ruhigem Wasser kann diese nackte Felstreppe stellenweise im Wasser in der Nähe des Ufers beobachtet werden. So ist der Strand bei Lill-By und Watnäs, auf Klein-Rogö, ausgebildet; so finden wir ihn im westlichen (Arabyt-Ören) und

östlichen Zweig des Kliffes auf Gross-Rogö und im Süden von der Stadt Paldiski. Am schönsten sind diese Kalkterrassen auf Odensholm an der Landungsbrücke beim Leuchtturm zu finden (Abb. 6).

Diesen Felstreppenstrand kann man nun als Übergangstypus zwischen dem echten Kliffstrand und dem südlichen Strand der eintauchenden Kalktafeln halten. Genetisch aber können diese Strandtypen offenbar nicht gut in Zusammenhang gebracht werden.

Ins Auge fassend, dass jene Treppenufer zeitlich am spätesten aus der schützenden Meerestiefe aufgetaucht sind, muss die betreffende Felsstrandform für die älteste gehalten werden, welche erst nach ihrem Auftauchen durch die Brandung in die jüngere, unterhöhlte Kliffküste umgewandelt wird. Diesen Übergang wollen wir nun auf unseren Glintinseln verfolgen.

Auf der Abb. 6 ist rechts im Vordergrund eine kleine Brandungshohlkehle zu sehen. Sie ist als ein Vorläufer des Kliffes zu betrachten, das wir schon gut ausgebildet auf der Abb. 7 finden. Beide Aufnahmen, 6 und 7, sind fast vom selben Punkte gemacht worden: doch ist die Aufnahme 6 gegen Süden (richtiger: SO) und die Aufn. 7 gegen NW, also in der dem Einfallen entgegengesetzten Richtung, gemacht. Auf Abb. 7 sehen wir die Nordspitze von Odensholm mit dem Leuchtturm. Hier ist die Küste zum Kliff umgestaltet worden, weil die Brandung hier am stärksten ist und weil an dieser Stelle das Steilufer der Insel zuerst auftauchte, und deshalb am längsten dem Wellenangriff unterworfen war. Dank der Wirkung des Eises und des Frostes geht die Zerstörung sehr intensiv vor sich, und wie Schmidt berichtet (1858, p. 86), „hat der Leuchtturm verlegt werden müssen, weil sein Fuss von Wellen unterwaschen wurde."

Die folgende Aufnahme (Abb. 8) ist ebenfalls im Norden vom Leuchtturm gemacht, in der Richtung von West gegen Ost. Auch hier ist deutlich das noch zum Teil erhaltene Kalktreppenufer zu sehen (im Hintergrund), steiler als auf Abb. 6 und schon etwas unterhöhlt; im Vordergrunde ist das niedrige Kliff mit einer regelrechten Brandungshohlkehle versehen. Dasselbe wird aber im SW bald wieder durch den echten Stufenstrand ersetzt, weil die Uferlinie hier gegen SW abbiegt; es wird also das Einfallen der Schichten wirksam, das Felsufer wird niedriger und seine Böschung immer sanfter (vergl. Abb. 9).

Um die weitere Entwicklung der Steilküste zu verfolgen,

wenden wir uns wieder der Insel Klein-Rogö zu. Hier finden wir wie die Stufenküste, so auch den Anfang des Kliffes nördlich von Lill-By und bei Watnäs und nordöstlich davon wieder. Wir wissen aber schon, dass Klein-Rogö am Kliff die zweifache Höhe von Odensholm besitzt, also älter und die Wellentätigkeit hier weiter vorgeschritten ist.

Die Abb. 9 ist nördlich von Lill-By gegen Süden aufgenommen worden. Der im Meeresspiegel liegende Megalaspiskalk setzt sich unter dem Meeresspiegel in flachen Treppen fort. Der Rogö-Kalksandstein und der Tallinna-Kalk bilden ein regelrechtes Kliff, das zum Teil etwas unterhöhlt ist, zum Teil aber zwischen den Hohlkehlen säulenartig (Kluftspalten!) ansteht. Das südliche Einfallen ist deutlich zu sehen. Noch mehr nördlich von dieser Stelle, ungefähr auf dem halben Wege (am Strande) zwischen Westernäs und Lill-By, ist die Abb. 14 aufgenommen worden. Die Richtung war gegen NW, dem Verlauf der Küste entsprechend. Oben sehen wir den überhängenden Echinosphaeritenkalk; unter ihm links besteht die kleine glatte Wand aus dem *raniceps*-Knollensandstein; vom Strandgrus verschüttet ist der Glaukonitkalk; der Glaukonitsand und die älteren Schichten liegen noch unter dem Meeresspiegel. Hier haben die Wellen genügend Zeit gehabt, mit Hilfe des Sandes und Gerölls die Felswand zu bestürmen und zu unterhöhlen: ihre zerstörende Kraft hat die wilde Pracht des unterhöhlten Kliffes geschaffen.

Weiter gegen Westernäs steigen die Schichten höher, es taucht auch der Glaukonitsand auf, und hier erst spielen sich die grossartigsten Vorgänge der Abrasion ab. Der Glaukonitsand wird leicht und schnell ausgespült, die Küste wird stellenweise bis zur Tiefe von fast 10 m oder noch tiefer unterhöhlt; die zerklüfteten hangenden Glaukonitkalk und Kalksandstein stürzen in grossen Platten herab; der Echinosphaeritenkalk aber, welcher in hausgrosse Schollen zerklüftet ist, bleibt noch stehen, den Strand überschattend und mit seinem Absturz bedrohend.

Bei Westernäs ist der Glaukonitsand vollständig sichtbar; die Sandterrasse ist ziemlich breit, sie besteht aus verschüttetem Dictyonemaschiefer und schützt ein wenig den Glaukonitsand vor allzuheftigem Angriff. (Den Durchschnitt einer solchen Stelle zeigt die Prof.-Abb. 1.) Doch westlich und östlich davon, wo die oberen Schichten des Glaukonitsandes in der Nähe des Meeres liegen (diese Schichten sind besonders locker und

tonreich), werden niedrige, 3—5 und mehr Meter tiefe und mehrere 10 Meter lange Höhlen eingewaschen. Die hangenden Kalksteine sind durch tiefe und weitgehende Kluftspalten durchschnitten, so dass es wenigstens in der Nähe der Küste keine eigentliche Tafel mehr gibt, sondern sie ist in einzelne *in situ* liegende Schollen zerlegt. Eine solche Kluftspalte ist auf der Abbildung 11 gut zu sehen; die rechte Scholle ist im Vergleich mit der linken schon etwas abgesunken.

Wenn diese Schollen genügend unterhöhlt werden, brechen sie ab, neigen sich dem Meere zu, gleiten auf der glatten tonigen Fläche des Glaukonitsandes dahin und stürzen dann um, indem sie dem Meere gewöhnlich die oberen, hellgrau-weissen Platten des Echinosphaeritenkalkes in fast aufrechter Lage zuwenden. Der Zwischenraum zwischen diesen abgestürzten Schollen und der Felswand wird durch das Geröll des alten Strandes ausgefüllt.

Die Kantenlänge der abgestürzten Schollen beträgt 8 bis 12 m, bei einer Mächtigkeit von 3 bis 4 m. Die Nordspitze von Klein-Rogö ist dicht mit solchen, fast bis zur höchsten Schicht des Glintes reichenden Schollen bedeckt.

Vom Meere aus gesehen, steht deshalb die wellenumbrauste Nordküste der Insel da wie ein Wikingerschiff, das dicht mit gigantischen weissen eckigen Schilden behängt ist.

Und diese Kalkschilde schützen die Steilküste, solange der Frost, das Eis und die Wellen sie zu Scherben, Schutt und Geröll umarbeiten und die Wellen dies alles wieder zu erneutem Angriff gegen die Felswand schleudern.

Auf der Karte von Klein-Rogö sind mit römischen Zahlen die Linien verschiedener Intensität der Abrasion bezeichnet, welche hier, wie gesagt, von der Lage des Glaukonitsandes abhängig ist. Auf der Karte 3 bei Westernäs steht II, weil der Glaukonitsand hier schon hoch liegt und die Strandterrasse brechend auf die Wellen wirkt. Rechts und links davon steht III — es sind dies die Linien des kleinsten Widerstandes und der grössten Abrasion, wo der Glaukonitsand die günstigste Lage gegenüber der Wellenkraft besitzt. Südwestlich und südöstlich davon liegen symmetrisch die Zahlen I, wo der Glaukonitsand unter dem Meere liegt und wo das unterhöhlte Kliff sich zwar ausgebildet hat (Abb. 9, 14), wo aber der Widerstand der Gesteine zu gross ist, als dass die Zerstörung mit voller Intensität vor sich gehen könnte. Noch

weiter liegen die jüngeren Teile des Kliffes, dem die Küste der kleinen Kalkstufen folgt.

Wir wissen aber, dass die Inseln sich fortwährend heben, so dass das Bild des Kliffes und seiner Zerstörung nur der Gegenwart entspricht. Der Glaukonitsand bei Westernäs wird sich einst aus dem Wirkungsbereich der Wellen erheben, während er südlicher immer mehr und mehr auftauchen wird, so dass die römischen „III" in derselben Richtung verlegt werden müssen. Es kann vorausgesehn werden, dass Westernäs einst das Aussehen von Pakerort erhalten wird (Abb. 5), wo der kambrische Sandstein vom Meere bespült wird, der Glaukonitsand aber wird dann, mit derselben Einkerbung, in der Höhe liegen.

Auf Gross-Rogö liegt auch an der höchsten Stelle der Glaukonitsand unter dem Meeresspiegel, und wir erkennen am Kliff nur den Treppenstrand (bei Arabyt-Ören) und das erste Stadium des unterhöhlten Kliffes. Die Zerstörung der Felswand von Gross-Rogö muss ziemlich träge vor sich gehen, wie es der am Rande des Glintes rezent-fossile Strandwall beweist.

Auf Odensholm sind die Kliff-Formen im allgemeinen dieselben wie auf Gross-Rogö; nur die Abrasion geht hier intensiver vor sich. Doch an einer Stelle nähert sich der Zustand dem, welchen wir bei Westernäs kennen lernten. Es ist dies nämlich der „Sattel" an der NO-Küste von Odensholm, wo sich der Glaukonitsand ein wenig über dem Meere erhebt, die Kalksteine aber, des Sattels wegen, stark zerrüttet und gelockert sind und die Arbeit der Wellen erleichtern.

An unseren Glintinseln haben wir also verschiedene Formen der Steilküste kennen gelernt, die alle verschiedene Stadien, vielleicht richtiger nur Momente eines einheitlichen Prozesses sind. Die Faktoren und Bedingungen der Entstehung und Entwickelung der Küste sind: 1) die petrographischen Eigenschaften der Gesteine, wobei der Glaukonitsand eine besondere, sozusagen fatale Rolle spielt, und die Diaklasen; 2) das südliche Einfallen der Schichten, also auch der ganzen Tafeln; 3) die ununterbrochene Hebung des Geländes, und 4) die Macht der Wellen, des Frostes, des Eises, der Verwitterung überhaupt.

Die einzelnen Formen und Momente der Steilküste können folgendermassen zusammengefasst werden:

I. Odensholm-Stadium. Gut ausgebildete Felstreppenküste, welche in ein nur mässig unterhöhltes Kliff über-

geht. In diesem Zustande befinden sich gegenwärtig die Kliffküste von Odensholm (Ausnahme: der Sattel), Gross-Rogö, die Teile des Glintes von Klein-Rogö bei Watnäs und Lill-By und die Küste südlich von Paldiski (Abb. 6, 7, 8, 9).

II. Rogö-Stadium. Der Glaukonitsand liegt in der Brandung. Tief eingedrungene Brandungshohlkehlen und Felsstürze. Es ist dies der Moment der intensivsten Zerstörung des Glintes. In diesem Stadium befinden sich gegenwärtig auf Klein-Rogö die Umgebung von Westernäs, der Scheitel des Sattels auf Odensholm und zum Teil auch der Strand etwas nördlich von Paldiski (Abb. 14, aber nur teilweise, denn der Glaukonitsand ist noch unter dem Meeresspiegel).

III. Pakerort-Stadium. Der Glaukonitsand liegt hoch über dem Meere. Die Brandung nagt zwar heftig am Sandsteinfuss des Kliffes, aber die Folgen sind nicht mehr so bemerkbar, wie auf Rogö. Die Abrasion reicht gerade aus, um das Kliff in voller Frische zu erhalten.

Doch die Hebung dauert weiter, das Meer zieht sich zurück, der Schutt wird nicht mehr zerrieben und weggeschwemmt, es bildet sich ein breiter, schützender Vorstrand; es wird das IV., das eigentliche „Glintstadium" vorbereitet: das Meer ist weit, das Kliff ist bis zu den Kalksteinen mit Schutt bedeckt und bewachsen; nur die hangenden Kalksteine bilden noch eine durch Diaklasen gezackte Felswand. Auf dem Glint finden wir noch hier und da alte Strandwälle, und Strandgeröll bildet dicht am Fusse des Abhanges die Unterlage der Bodenschicht.

Der geschilderte gegenwärtige Zustand des Glintes im nordwestlichen Estland und die geologischen Vorgänge der Gegenwart, die sich an ihm abspielen, sind nur ein kleiner Abschnitt aus der langen Geschichte des Glintes, nur einer der verschiedenen von ihm durchgemachten Hebungszyklen. Und es ist ja möglich, dass das Dasein der Inseln solchen Abrasionszyklen zu verdanken ist. Wir sahen, wie auf Klein-Rogö die Wellen nicht allseitig gleichmässig tätig sind, sondern von den Wellen am stärksten die NO- und NW-Küsten benagt werden; die Insel verschmälert sich schnell, und der Gedanke liegt nahe, dass auch die Rogerwiek und mehrere andere Ausbuchtungen im Glint ihre Entstehung, zum Teil wenigstens, ehemaligen Abrasionszyklen zu verdanken haben.

Die obigen Seiten aus der Geschichte des estländischen

Glintes passen gut in den Rahmen der Davis'schen Lehre, obwohl diese in unserer Darstellung und Terminologie hier keinen vollständigen Ausdruck gefunden hat. Aber auch die von uns angewandten Ausdrücke und Bezeichnungen sind nicht als irgendwelche allgemeine Fachausdrücke gedacht und gebraucht worden, sondern sie werden nur für diesen Fall, diese Steilküste, oder sogar nur diesen Teil des Glintes verwendet. Denn der Glint in seiner ganzen Ausdehnung wird sicherlich nicht in dieses Schema passen: es kommen da hinzu die Erosionsvorgänge, welche im Osten eine grosse Rolle spielen; mit der Hebung tauchen andere „fatale" Schichten auf — nicht nur der Glaukonitsand; auch die Vorgänge brauchen nicht immer dieselben zu sein. Das alles muss aber den Stoff für eine andere Abhandlung liefern, welche die Geschichte des ganzen estländischen Glintes enthalten soll [1]).

1) Wichtige Angaben über die Ausbildung des Glintes enthält die Abhandlung von A. Tammekann: „Die Oberflächengestaltung des nordostestländischen Küstentafellandes". Tartu 1926. Acta et Comm. Un. Tart. A IX. 7. Ich konnte sie aber nicht mehr benutzen, weil die vorliegende Arbeit schon druckfertig war.

II. Teil.

Die quartären und ordovizischen Ablagerungen der Inseln Odensholm und Rogö.

V. Die geologische Karte der Inseln. Bemerkungen zur allgemeinen Gliederung des Ordoviziums in Estland.

Es kommen auf den Inseln folgende Ablagerungen vor: 1) postglaziale Strandablagerungen; 2) ältere postglaziale Sandablagerungen; 3) ausgespülte Grundmoräne (die kleinen Inseln zwischen Klein- und Gross-Rogö); 4) die unteren Stufen des Mittelordoviziums: C_2, Kukruse- (Kuckers-) Stufe und $C_{1\,a\text{-}b}$, Tallinna- (Reval-) oder Echinosphaeritenkalk (-Stufe) zusammen mit der oberen Linsenschicht; 5) Unterordovizium: B_3, Vaginatenkalk- oder Kunda-Stufe, welche wir aber für unser Gebiet mit den Namen *raniceps*-Zone, Rogö-Sandstein oder einfach „Kalksandstein" bezeichnen werden; B_2, *Megalaspis*- oder Glaukonitkalk (-Stufe); B_1, Glaukonitsand, und A_3 — der Dictyonemaschiefer; die tiefste ordovizische Ablagerung, der Obolensandstein, tritt auf den Inseln nicht zutage.

Von diesen Ablagerungen sind in die Karten eingetragen: die Sandablagerungen im Süden der Inseln, wo der Untergrund nicht aufgeschlossen ist, die Kukruse-Stufe und der Echinosphaeritenkalk. Die anderen Schichten treten nur am Glint zutage, sind vom Echinosphaeritenkalk überdacht und konnten deshalb nicht in die Karte eingetragen werden.

Die Gliederung des ostbaltischen Ordoviziums als untere, mittlere und obere Abteilung wurde von Raymond[1]) vorge-

1) P. Raymond, „The correlation of the Ordovician Strata of the Baltic Basin". Cambridge, U. S. A. 1916.

nommen, und gleichfalls Raymond war es, der im ostbaltischen „Silur" die Bezeichnung Ordovizium zum Unterschied vom eigentlichen Silur oder Gotlandium in Anwendung brachte. Dies alles fand bei den estnischen Geologen allgemeinen Beifall. An der Raymondschen Gliederung nehmen wir aber eine kleine Änderung vor, indem wir die Tallinna-Stufe (Revalsche Stufe, Echinosphaeritenkalk) zusammen mit der oberen Linsenschicht nicht mehr ins untere, sondern ins mittlere Ordovizium verlegen. Es geschieht dies aus faunistischen und stratigraphischen Gründen. Der Echinosphaeritenkalk unterscheidet sich stark vom Vaginatenkalk (Kunda-Stufe) durch die fast plötzlich auftretenden zahlreichen *Illaenus*-Arten und durch das Aussterben des *Megalaspis* (letzte Vertreter in der oberen Linsenschicht); ausserdem hat er viel mehr gemeinschaftliche Formen mit der hangenden Kukruse- als mit der liegenden Vaginaten-Stufe. Stratigraphisch ist diese Verschiebung der Grenze notwendig, weil wir im Vaginatenkalk noch deutliche Bodenschwankungen wahrnehmen, die in den verschiedenen Fazies und im Auskeilen und Wiedererscheinen einzelner Zonen ihren Ausdruck finden. Beim Echinosphaeritenkalk aber findet ein Ausgleich der Sedimentationsbedingungen statt, indem der Echinosphaeritenkalk selbst und die folgenden Stufen als pelagische aufzufassen sind[1]). Die Klärung dieser Frage gibt Herr K. Jaansoon-Orviku in seiner Abhandlung über den Echinosphaeritenkalk[2]).

VI. Die Quartärablagerungen der Inseln.

Die spätesten Quartärablagerungen der Inseln bestehen aus den schon beschriebenen Strandablagerungen, den Strandwällen. Besonders schön treten diese auf Odensholm hervor, wo sie auch Fr. Schmidt als solche erwähnt (1858, pag. 79). Analoge Bildungen sind von Schmidt und Hausen im übrigen Glintgebiete untersucht worden. In diesen Strandwällen auf Odensholm fanden sich einige wenige Reste von *Mytilus edulis*.

Alter als dieses Kalkgeröll sind die Sand- und Grandablagerungen im Süden der Inseln, welche in die Karten als den Kukrusekalk überdeckend eingetragen sind. Die Mächtigkeit

1) Siehe auch: A. Öpik, „Beiträge zur Stratigraphie und Fauna der Kukruse-Stufe II". Tartu, 1927.

2) „Beiträge zur Kenntnis der Aseri- und der Tallinna-Stufe in Eesti I". Tartu 1927. Acta et Comm. Un. Tart. A XI. 6.

dieser Schichten kann ziemlich bedeutend werden, weil die Brunnen sie nicht durchteufen.

Die kleinen Inselchen zwischen Gross- und Klein-Rogö bestehen aus von den Wellen ausgewaschenen Eisablagerungen und führen Sand und Wanderblöcke. Der Boden der Meeresenge besteht aber aus Kalkstein, und zwar wahrscheinlich aus unbedeckten Kalkplatten mit sehr vielen kristallinen Wanderblöcken.

Aus der Zeit des Eisrückzuges stammen die zahlreichen Wanderblöcke her, welche zerstreut oder auch ziemlich dicht zusammen überall auf den Inseln vorkommen. Es sind offenbar die Reste der ausgewaschenen Glazialablagerungen, deren umgelagerte feinkörnige Bestandteile in den erwähnten Sandablagerungen zu suchen sind.

Die Wanderblöcke vertreten eine ganze Reihe kristalliner Gesteine, von denen nur einige hier erwähnt werden. Auf Odensholm treffen wir grosse eckige Blöcke eines brecciertеn Gneises, der besonders im Süden der Insel reichlich vertreten ist (Abb. 10).

Im Nordosten von Odensholm, unweit der Landungsbrücke des Leuchtturmes, dicht am Meere befindet sich unter anderen ein aus sehr grobkörnigem Diabas bestehender Block. Mit einem Handstück verglichen, das ich von Herrn Dr. Laitakari erhielt, konnte dieser Block als zum Satakunta-Diabas gehörig erkannt werden [1]).

Auf Gross-Rogö fand sich ein aus einem Arkosekonglomerat bestehender, sehr grobkörniger Sandsteinblock.

Sehr verbreitet auf den Inseln sind Rapakivi-Blöcke, welche zum Teil, was auch nicht befremden kann, gerade dem Viborgit äusserst ähnlich aussehen.

Besonders müssen erwähnt werden Geschiebe eines gelblichen, dichten, lithographisch aussehenden Kalksteins, welcher unverkennbare Ähnlichkeit mit dem Rakvere- (Wesenberger, „E"-) Gestein besitzt. Auf ihr Vorkommen hat mich Herr Winkler aufmerksam gemacht, aber zusammen mit ihm stellten wir auch fest, dass sie hier nicht anstehend zu finden sind.

Versteinerungen habe ich in diesen kleinen Kalkblöcken nicht gefunden. Sie sind aber mit dem Rakvere- (Wesenberger)

1) Aarne Laitakari. „Über das jotnische Gebiet von Satakunta". Bull. Comm. Géol. de Finlande Nr. 60.

Kalkstein identisch, welcher, wie es sich jetzt erwiesen hat, auch auf der Insel Dagö vorkommt. Es ist ein Problem, wie diese Kalksteine auf unsere Inseln gekommen sind, denn der Ausstrich liegt auf dem Festlande, also südlich von dem Orte des Vorkommens der Blöcke. Wenn diese aus der Eiszeit herstammen, müssen wir annehmen, dass im Finnischen Meerbusen das Anstehende den Meeresboden bildet. Dieser Fall wäre eine gute Bestätigung für die von Sederholm und Ramsay angenommenen Verwerfungen. Eine andere Möglichkeit ist, dass diese Geschiebe zum Ostseekalk gehören und aus dem Ålandgebiet herstammen. Dieses steht nicht in Widerspruch mit der Eisbewegung, doch das Gestein ist nicht ganz der typische Ostseekalk.

Es gibt noch eine dritte Lösung der Frage, welche mir aber nicht die wahrscheinlichste zu sein scheint. Es wurde nämlich erwähnt, dass der Rakvere- (Wesenberg-) Kalk auf Dagö anstehend gefunden wird. Dieses wusste schon Schrenck, von Schmidt aber wurde diese Tatsache, wenn nicht gerade abgelehnt, so doch in Zweifel gezogen. Es könnte ja nun der Fall sein, dass diese Kalkgeschiebe in postglazialer Zeit, wo die Inseln vom Meere bedeckt waren, als Driftmaterial von Dagö nach den Glintinseln verfrachtet wurden. Aber auch auf Dagö fand ich zahlreiche zweifellose Wesenberger Kalkgeschiebe mehr als 5 klm nördlich vom Ausstrich des Anstehenden, also analog dem Vorkommen derselben auf unseren Inseln. Diese Wahrnehmung spricht für die Annahme eines Verwerfungsgrabens im Norden der Inseln, dessen Boden wenigstens zum Teil aus den ordovizischen ostbaltischen Gesteinen aufgebaut ist. Eingehendere Forschungen werden hoffentlich eine Lösung der Frage liefern.

Um hier mit dem Quartär abzuschliessen, sei noch das Vorkommen eines Sattels auf Odensholm erwähnt, welcher vielleicht durch den Eisdruck aufgestaut wurde. Zu dieser Frage zurückzukehren (Anhang 1) werden wir noch Gelegenheit haben.

VII. Das Mittelordovizium der Inseln.

Kukruse- und Tallinna- *(Echinosphaerites-)* Stufen.

Das Vorkommen der **Kukruse-Stufe** auf den Inseln ist in der Literatur nicht erwähnt worden. Die nächsten festländi-

schen Aufschlüsse der Kukruse-Stufe befinden sich auf der Halbinsel Paldiski [1]). Auch der Meeresboden zwischen den Inseln und dem Festlande besteht offenbar aus dem zum Teil noch kukersitführenden Kukruse-Kalk. Aus diesem subaquatischen Lager sind Fossilien bekannt, wie es die folgenden Zeilen von Fr. Schmidt (1858, S. 130) bestätigen: „im Meere zwischen Spitham und Odensholm ragt eine Kalkbank bis wenige Fuss unter dem Meeresspiegel vor, von der das Eis alljährlich eine Menge Kalktrümmer der Küste bei Spitham zuführt, die, ihrem Gestein und ihren sehr zahlreichen Petrefakten nach, mit dem den Brandschiefer begleitenden Kalkstein zu parallelisieren sind; die Petrefakten, namentlich die Brachiopodenschalen, sind zum Teil verkieselt; das Gestein ist ein mergeliger grauer Kalk, der etwas bituminös scheint. Von Petrefakten, auf deren Sammeln sich die Bewohner von Spitham etwas verstehn, habe ich bisher zu Gesicht bekommen:

× *Phacops dubius* (= *Pterygometopus exilis* Eichw.)
× *Asaphus acuminatus* (wahrscheinlich *A. nieszkowskii*)
Lichas eichwaldi aff.
× *Illaenus schmidti*
× *Zethus rex* (= *Cybele rex*)
× *Leptaena sericea* (*Plectambonites sericeus*)
× *Porambonites deformatus* (?) in grosser Menge
× *Orthis lynx* (*Platystrophia lynx*)
Orthis calligramma
× *Orthis semicircularis*
Pentacrinites priscus
Cyclocrinites spasskii
Coscinium proavus
Discopora sp.
Montculipora petropolitana
Streptelasma sp.“

Diese Fauna ist aber nicht durchweg die Kukruse-(C_2-)Fauna. Die typischen Vertreter des Brandschiefers sind von uns mit einem Kreuz (×) bezeichnet. Manche von diesen können auch aus dem Echinosphaeritenkalk, andere aus der Jõhvi-(Jewe-) Stufe stammen, doch in solcher Gesellschaft (×), wie sie hier

1) N. Pogreboff. „Die baltischen Brennschiefer“, mit einer geol. Karte von V. M. Koslovsky.

uns vorliegt, kommen sie in der Kukruse-Stufe vor. Unter den anderen Arten, deren Zugehörigkeit eben nicht sicher ist, sind drei, nämlich *Lichas eichwaldi*, *Cyclocrinites spasskii* und *Streptelasma sp.*, welche sicherlich nicht der Kukruse-, sondern der Rakvere- (Wesenberger) Stufe angehören.

Die Fossilien sind nun alles Geschiebestücke, denn „bei Spitham selbst, einem schwedischen Dorfe an der Nordwestspitze Estlands gleichen Namens, steht auch kein Gestein an" (Schmidt, ibid.), und wir können für diese Geschiebe mit den schon erwähnten Rakverekalk-Blöcken von Odensholm und Rogö den gleichen Ursprung annehmen. Auch Geschiebe der Jõhvi- (Jewe-, D_1-)Stufe mit *Porambonites schmidti* werden bei Spitham gefunden.

Ich konnte vorläufig Spitham noch nicht besuchen; aber nach der Beschreibung zu urteilen, hat das Vorkommen eine grosse Ähnlichkeit mit dem Kalkgeschiebevorkommen auf Dagö, das ich im Sommer 1926 genauer untersuchen konnte.

Auf den Inseln selbst kommt der Kukrusekalk anstehend im Süden vor. Einige Versteinerungen von Odensholm (*Chasmops odini Eichw.*) waren zum Teil als Echinosphaeritenkalk-Petrefakten beschrieben worden, oder man meinte, dass sie von den Wellen ausgeworfen werden; dass aber der Kalkstein unter dem Strandwall ansteht, war nicht bekannt.

Auf Odensholm finden wir Aufschlüsse der unteren C_2-Kalksteine und Mergel in einem kleinen und flachen Steinbruch unweit der Kirche, und am südwestlichen Strande, etwas nördlich von Suur-sadam (= Grosser Hafen). Ausserdem findet sich an einem kleinen Graben bei der Schule ein dichter grauer Kalkstein, den man für einen Übergang zum Liegenden halten kann. Ein unmittelbarer Kontakt beider Stufen (C_2 und C_1) ist nicht zu beobachten.

Das Gestein im Steinbruch bei der Kirche von Odensholm ist ein grauer kristalliner Kalk mit lockeren Mergelschichten, welcher auch dem Echinosphaeritenkalk angehören kann. Die Fauna aber, wie sie sich aus der Liste ergibt, gehört zu den unteren Kukruse-Schichten:

Cheirurus spinulosus Nieszk.
Chasmops odini Eichw.
Illaenus schmidti Nieszk.
Clitambonites pyron Eichw.

Rafinesquina imbrex Pander.
Porambonites teretior Eichw.
Triplecia dorsata His.
Plectambonites sericeus Sow.
Diplotrypa petropolitana Nich.
Diplotrypa bicornis Eichw.
Echinosphaerites aurantium Gyll.
Coelosphaeridium sp.

Das am südwestlichen Strande von Odensholm anstehende Gestein (siehe Abb. 4) ist ebenfalls eine Wechselfolge von dichterem und kristallinem, aber schon etwas gelblichem Kalkstein mit Mergellagen. Der Mergel ist locker, zerfällt leicht und enthält Kukersit, der im Gestein wurmspurartig verteilt ist. Von Fossilien wurden hier gefunden:

Chasmops odini Eichw.
Plectambonites sericeus Sow.
Clitambonites squamatus Pahlen.

Auf Gross-Rogö sind keine Steinbrüche oder irgendwelche künstliche Aufschlüsse der Kukruse-Kalksteine vorhanden; doch die Schichten treten an vielen Stellen als nackter Felsboden zu Tage. Ein ziemlich deutlicher Kontakt konnte in der Mitte der Insel beim Höhenpunkt 3, 8 Faden (= 8, 1 m) nachgewiesen werden, wo eine aus Kukruse-Kalksteinen bestehende Geländeterrasse liegt (Abb. 1). Unter der Terrasse haben wir das Übergangsgestein, ähnlich wie bei der Schule von Odensholm, dem gegen Norden die C_1-Kalke folgen. Die Aufnahme (Abb. 1) ist gerade vom höchsten Punkt dieser Stelle gegen NE gemacht worden. In einiger Entfernung sieht man die Geländestufe; weiter erstreckt sich die flache Echinosphaeritenkalk-Tafel.

Das Gestein ist dem von Odensholm ähnlich, stellenweise aber etwas gelber.

Von Versteinerungen wurde gefunden:

Chasmops odini
Rafinesquina imbrex.

Ähnliche Verhältnisse finden wir auch auf Klein-Rogö, wo ausserdem noch von Herrn K. Jaansoon-Orviku am Kliff nördlich von Lill-By, bei den alten Festungsbauten, welche in die Felswand eingeschnitten sind, über dem Echinosphaeritenkalk mergelige, etwas bituminöse, offenbar untere C_2-Schichten

gefunden worden sind. Als leitende Versteinerung tritt auf Klein-Rogö

Chasmops odini

auf.

Der Echinosphaeritenkalk (Reval-Stufe, Tallinna-Stufe, $C_{1a,-b}$), die „untere Linsenschicht" mitgerechnet, bildet die am besten hinsichtlich ihrer Fauna bekannten Schichten der Inseln Rogö und besonders Odensholm. Eichwald beschrieb daraus eine Reihe von Fossilien, und Schmidt beschäftigte sich während seiner Besuche vorwiegend mit dem Versteinerungssammeln an den Aufschlüssen des Echinosphaeritenkalkes.

Die grauen plattigen, oft von Versteinerungssplittern durchwobenen, teilweise kristallinen, teilweise mergeligen, von Ätzflächen durchzogenen Kalke sind mehr oder weniger gleichartig auf allen drei Inseln entwickelt. Die obere Linsenschicht aber (Abb. 9, 13), welche auf Klein-Rogö 0,12, auf Gross-Rogö 0,08 m. mächtig ist, fehlt auf Odensholm gänzlich. Die Mächtigkeit des Echinosphaeritenkalkes, die obere Linsenschicht mitgerechnet, beträgt nicht über 6—7 m. Ein vollständiges Profil der Stufe fehlt auf den Inseln, aber die unteren 4, 5—5 m sind auf der ganzen Strecke der Steilküste der Glintinseln gut zugänglich. Die Dachschicht des C_1-Kalkes ist in postglazialer Zeit vom Meere angeätzt worden (Abb. 2).

Der Echinosphaeritenkalk von Gross-Rogö lieferte:

Illaenus schmidti Nieszk.
Orthoceras conicum His.
Clitambonites sp.
Endoceras sp.
Receptaculites orbis,

und nach Angaben von Fr. Schmidt kommen noch hinzu:

Illaenus sinuatus Holm
Lichas furcifer F. S.
Lichas tricuspidatus Dames
Cheirurus gladiator Eichw., u. a.

Aus der oberen Linsenschicht von derselben Insel stammt

Asaphus cornutus Pander.

Im Echinosphaeritenkalk auf Gross-Rogö fand sich *Illaenus schmidti* und in der oberen Linsenschicht *Asaphus cornutus* wieder.

Die „Linsenschicht", welche als oolithischer bräunlicher Mer-

gelkalk ausgebildet ist, kommt auf den Abb. 9 und 13 sehr deutlich als dunkler Streifen zum Vorschein.

Auf Odensholm besteht das Kliff fast ausschliesslich aus dem Echinosphaeritenkalk, der hier in einer Mächtigkeit von 5 bis 6 m ansteht. Die Abb. 2, 6, 7, 8 zeigen alle Erscheinungsformen des Echinosphaeritenkalkes. Der Kalk ist hier ausnahmsweise fossilreich, es liegen hier die reichsten Fundstellen dieser Stufe am Glint. Die reichste Stelle ist hier die Umgebung der Landungsbrücke des Leuchtturmes (Abb. 6), wo auch das folgende Profil gemessen wurde:

3. Fossilreiche Kalksteine, durch Übergangsformen mit den liegenden Schichten verbunden. Besonders fossilienreich ist eine Schicht ca 3, 8 m über dem Meere. Diese Schicht ist auch von Eichwald und Schmidt beschrieben worden. Sie ist mit einer deutlichen Korrosionsfläche verbunden. + 1 m.
2. Hellgraue, verhältnismässig dickplattige Kalksteine mit wenigen Cephalopoden, ebenfalls mit den tieferen Schichten durch Übergangsformen verbunden; mehrere Korrosionsflächen, eine sehr scharfe ca 1 m über dem Meere. Die Schichten sind nicht fossilreich, die Anzahl der Versteinerungen nimmt gegen das Hangende zu. 3,0 m.
1. Dünnplattige graue sandige Kalksteine mit zahlreichen Cephalopoden *(Endoceras)* und Korrosionsflächen. — 0,2 m. Im Liegenden: Kalksandstein mit unebener Oberfläche.

Aus der Schicht 2 stammen:

Cheirurus gladiator Eichw.
Lichas furcifer F. S.
Illaenus sp.
Orthoceras regulare
Diplotrypa petropolitana.

Die fossilreiche Schicht in 3 (Höhe: 3, 8 m) und die benachbarten Kalksteine lieferten:

Cheirurus gladiator Eichw.
Asaphus nieszkowskii F. S. (zahlreich)
Basilicus lawrowi F. S.
Basilicus sp.
Cheirurus variolaris Linnarsson
Asaphus devexus Eichw. (nach Fr. Schmidt)
Cybele sp.

Climacograptus sp.
Subulites sp.
Worthenia sp.
Orthoceras regulare
Endoceras sp.
Lituites sp.
Clitambonites schmidti Pahlen
Clitambonites marginatus Pahlen
Porambonites teretior Pand.
Porambonites deformatus Pand.
Rafinesquina imbrex Eichw.
Diplotrypa petropolitana Nich.
Diplotrypa bicornis Eichw.

Damit wollen wir vorläufig die Beschreibung des Echinosphaeritenkalkes der Inseln abschliessen, weil diese Stufe gegenwärtig von Herrn K. Jaansoon-Orviku monographisch beschrieben wird, wobei auch das hier angeführte Material einer Prüfung unterliegt.

Noch soviel sei hier erwähnt, dass die Gesteine der Kukruse-Stufe und des Echinosphaeritenkalkes der Inseln eine bemerkenswerte Ähnlichkeit mit den entsprechenden Gesteinen des Ålandgebietes haben, wobei auch die Faunen sich sehr ähnlich verhalten.

Der Echinosphaeritenkalk hat noch eine Fortsetzung westlich von Odensholm. Im Sommer 1926 fand der Verfasser auf der Insel Hiiumaa (Dagö) unter anderem auch Echinosphaeritenkalk-Geschiebe, welches

Asaphus devexus und
Orthoceras regulare

lieferte.

VIII. Über die Gliederung des Unterordoviziums im Ostbaltikum.

In dem Unterordovizium Estlands können wir zwei Abteilungen unterscheiden, welche sich sowohl in Hinsicht der Gesteine, als auch der Faunen scharf voneinander trennen lassen.

Die untere Abteilung setzt sich aus Obolensandstein, Dictyonemaschiefer und Glaukonitsand zusammen. Trotz ihrer Verschiedenheit haben diese Gesteine gemeinsame Züge, welche die Schichten zu vereinigen erlauben. Es fehlen in diesen

Schichten die Trilobiten, dagegen finden wir hier einen Reichtum an schlosslosen Brachiopoden und an Konodonten. Diese Ablagerungen entsprechen vollständig dem englischen Tremadoc und der skandinavischen *Ceratopyge*-Region. Bisher wurde der Glaukonitsand immer zum Glaukonitkalk gerechnet (Schmidt, Lamansky, Raymond), obwohl dabei als einziges Kriterium der Glaukonitgehalt dienen konnte.

Die obere Abteilung enthält den Glaukonitkalk (BII) und den Vaginatenkalk (BIII) mit der unteren Linsenschicht. Von der unteren Abteilung unterscheidet sie sich scharf durch das Vorwiegen von Kalkstein und durch das Auftreten zahlreicher kalkschaliger schlossführender Brachiopoden, Cephalopoden und eines ganzen Heeres von Trilobiten. Diese Schichten sind von Lamansky in seiner sehr verdienstvollen Monographie (1905) zusammen mit dem Glaukonitsand als eine B-Stufe beschrieben worden. In dieser B-Stufe (oder Gruppe) unterscheidet Lamansky eine Reihe von Zonen, die sich zum Teil mit denen von Fr. Schmidt decken. Als $B_{I\alpha\beta}$ (B_1 - Fr. Schm.) wird der Glaukonitsand, den wir aber der älteren Abteilung zuweisen, bezeichnet; mit $B_{II\alpha,\beta,\gamma}$ sind die Zonen des Glaukonit-, oder *Megalaspis*-Kalkes bezeichnet (B_{2a} nach Fr. Schm.); $B_{III\alpha}$ entspricht der B_{2b}-Zone von Fr. Schmidt, welche *Asaphus expansus* enthält, aber in Estland nicht nachgewiesen ist; $B_{III\beta}$ ist die untere Linsenschicht (B_{3a}) mit *Asaphus raniceps* und $B_{III\gamma}$ — der „echte" Vaginatenkalk (B_{3b}) mit *Asaphus eichwaldi*. Diese Gliederung ist von Lamansky speziell für den Glint östlich vom Narva-Flusse aufgestellt worden, lässt sich aber auch noch weit nach Westen verfolgen [1]).

Westlich von Tallinn hingegen, und besonders auf den Inseln Odensholm und Rogö, ändern sich die Verhältnisse ein wenig und muss die Auffassung Lamansky's zum Teil modifiziert werden, was im folgenden geschieht.

Unsere Beschreibung beginnen wir mit den älteren Gliedern des Unterordoviziums, welche wenig Zeit und Raum beanspruchen werden. Abschliessen werden wir mit dem Rogö- oder *raniceps*-Kalksandstein, den wir auch ausserhalb der Inseln behandeln müssen.

1) Siehe Anhang.

IX. Dictyonemaschiefer und Glaukonitsand.

Weil der Obolensandstein, das tiefste Glied des Unterordoviziums, auf den Inseln überhaupt nicht zutage tritt, so beginnen wir mit dem

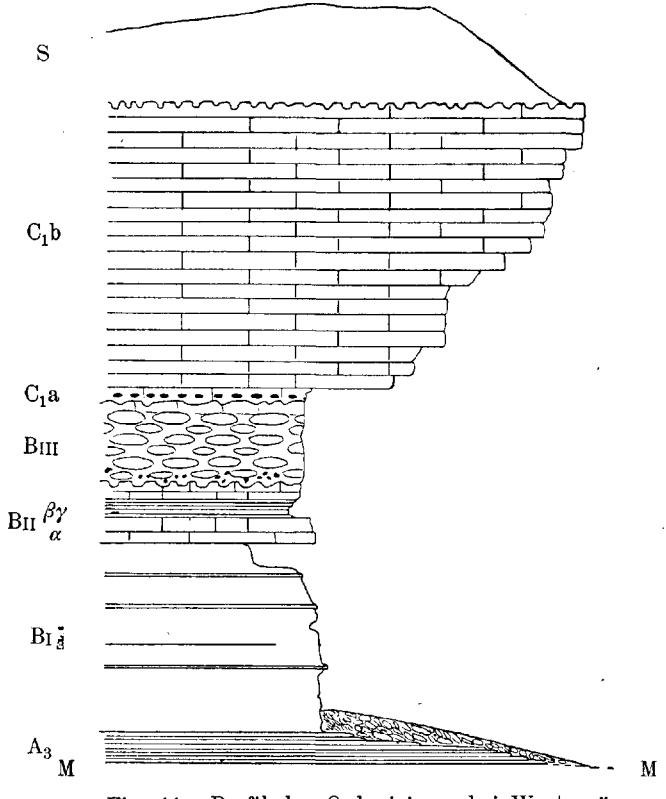


Fig. 11. Profil des Ordoviziums bei Westernäs.

Abb. 11. Profil am Glint von Klein-Rogö. MM — Meeresspiegel; A_2 — Dictyonemaschiefer; B_1 — Glaukonitsand, 3,5 bis 4 m, mit wenigen härteren Bänken; B_{II} — Glaukonitkalk, 0,9 bis 1,5 m: α — Die unteren Schichten bestehen aus weichem glaukonitreichem Kalkstein, dem einige harte kristalline Kalkbänke mit Korrosionsflächen folgen. Das sind Schichten mit *Megalaspis planilimbata*. $\beta\gamma$ — Mergel- und Kalksteinschichten mit *Megalaspis limbata* usw., teilweise und stellenweise durch graptolithenführenden Schieferton ersetzt; $B_{III}\beta$ — Knolliger Rogö-Sandstein mit *Asaphus raniceps*, der unteren Linsenschicht entsprechend, 1,3 m; C_1a — Untere Linsenschicht und C_1b — Echinosphaeritenkalk, zusammen 5 bis 5,5 m mit der postglazialen Korrosionsfläche abschliessend; S — Strandwall, ca. 1,5 m. — Die gesamte Mächtigkeit des Profils beträgt 12,5 m.

Dictyonemaschiefer.

In seiner ganzen Mächtigkeit ist der Dictyonemaschiefer auf der Halbinsel Paldiski aufgeschlossen. Ganz besonders schön sehen wir ihn am Kap Pakerort, wie es die Abb. 5 darstellt.

Auf der Insel Klein-Rogö bildet der Dictyonemaschiefer nur noch die Unterlage der von Kalkgeröll bedeckten engen Strandterrasse (Abb. 11).

Auf den westlichen Inseln kommt der Schiefer nur noch in der Form von Meeresauswürflingen vor. Über die Mächtigkeit des Schiefers sind keine Angaben vorhanden. Bei Pakerort schwankt die Mächtigkeit zwischen 4,5 und 5,5 m, was auch auf den Inseln der Fall sein könnte. Das Vorkommen des Schiefers auf Klein-Rogö wird in der Literatur nur flüchtig erwähnt. Unter den Versteinerungen konnten bestimmt werden:

Dictyonema flabelliforme Eichw.
Dictyonema norvegicum Kjerulf.
Lingula sp.
und die Konodonten:
Cordylodus rotundatus Pander.
Drepanodus arcuatus Pander.

In den Auswürflingen des Schiefers am Strande Gross-Rogö sind zu finden:

Dictyonema flabelliforme Eichw.
Dictyonema norvegicum Kjerulf.
Lingula sp.
und einige Konodonten.

Auf Odensholm kommen die Dictyonemaschiefer-Auswürflinge nur am südöstlichen Ufer der Insel vor, und dabei in einer bemerkenswerten Fülle. Wahrscheinlich liegt hier (so wie bei Paldiski) eine submarine Abspülungsfläche, wo der Schiefer, frei von jedem Sediment, den Boden bildet. Diese Spülfläche ist offenbar von Blasentang — *Fucus vesiculosus* — bedeckt, der, an den Schieferstücken haftend, den Wellen und der Strömung den Transport des Schiefers zum Strandwall erleichtert. Am reichlichsten findet sich der Schiefer besonders auf dem Grat des über 3 m hohen Strandwalls.

Der Schiefer enthält hier:

Dictyonema flabelliforme Eichw.
Dictyonema norvegicum Kjerulf.

Lingula sp.
Drepanodus arcuatus Pander.

Dictyonema norvegicum ist in Skandinavien als ein Zonenfossil anerkannt worden, welches dem Alter nach dem *D. flabelliforme* folgt. In Estland habe ich *D. norvegicum* auch auf der Paldiski-Halbinsel, nämlich bei Pakerort und Leetse (selten), gefunden. Das Vorkommen von *D. norvegicum* scheint bei uns ebenfalls auf die obere Hälfte des Schiefers beschränkt zu sein. Es kann aber auch nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden, dass dieser leitende Graptolith in den unteren Lagen des Schiefers fehlt. Ich habe nämlich fast immer *D. norvegicum* lose gefunden, und nur einigemal anstehend. Aber auch die losen Funde stammen eher aus den oberen, als aus den unteren Schichten des Schiefers. *Dictyonema norvegicum* kommt immer in Gesellschaft von *D. flabelliforme* vor.

Der Dictyonemaschiefer wird vom Glaukonitsande überdacht.

Vollständig über dem Meeresspiegel erhebt sich der Glaukonitsand nur auf Klein-Rogö (siehe Abb. 11), wo seine Mächtigkeit zwischen 3,5 und 4 m liegt. Der Glaukonitsand besteht hier, wie überall, aus einem Gemenge von Glaukonitkörnern mit gut abgerundetem Quarzsand. Die unteren Schichten sind dunkler, also glaukonitreicher; ihr Grün ist tiefer als bei den oberen Schichten. In den tiefsten Schichten fanden sich (charakteristisch für alle Fundstellen auch auf dem Festlande) zerstreute, unregelmässig gestaltete Phosphoritknollen. Auch die Fauna ist ganz typisch:

Thysanotus (Mickwitzella, Obolus) siluricus Eichw.
Lingulella (= Leptembolon) lingulaeformis Mickwitz.
Schizambon esthonia Walcott.
Lingula sp.
Salterella sp.
Drepanodus sp.

Auf Gross-Rogö ist der Glaukonitsand nicht sichtbar, doch sein Vorhandensein bestätigen die Meeresauswürflinge.

Auf Odensholm kommt nur der jüngste Teil des Glaukonitsandes zum Vorschein. Er zeigt eine abweichende Form, indem er oben harte Bänke führt, welche von zahlreichen aber unbestimmbaren *Orthis*-Schalensplittern und schlosslosen Brachio-

poden durchsetzt sind. Aber diese Schichten könnten auch zum Megalaspiskalk gerechnet werden.

Lamansky (1905), Raymond und später Tammekann[1]) sehen in der Grenze des Glaukonitsandes gegenüber dem Dictyonemaschiefer eine Lücke, welche durch eine Trockenlegung und teilweisen Abtragung des Dictyonemaschiefers entstanden ist.

Ich habe in ganz Estland diese Grenze verfolgen können, wobei nirgends eine echte Erosionsfläche des Dictyonemaschiefers zu finden war. Höchstens konnte es sich um eine subaquatische Spülfläche handeln.

Damit wollen wir die Beschreibung der unteren Abteilung des Unterordoviziums (=„Tremadoc", „*Ceratopyge*-Region") auf den Inseln abschliessen und wenden uns den jüngeren Schichten zu.

X. Der Megalaspiskalk der Inseln.

Der Glaukonitkalk, oder Megalaspiskalk[2]), $B_{II\alpha\beta\gamma}$, B_{2a} — bei den älteren Forschen „Chloritkalk" — wird auf Odensholm von Eichwald (1841) und Sokoloff (1844) erwähnt. Auf Gross-Rogö ist er unbeachtet geblieben. Auf Klein-Rogö wird er dagegen häufig von Schmidt (1858, 1881), Holm (1884) und Lamansky (1905) erwähnt. Es wird dabei die Ähnlichkeit der Schichten mit den entsprechenden festländischen bestätigt, es werden Fossilien beschrieben und die Mächtigkeit wird angegeben. Eingehendere Angaben über die Formation dieser Ablagerung auf Klein-Rogö fehlen gänzlich.

Auf der Insel Klein-Rogö besitzt der Megalaspiskalk eine sonderbare Entwickelung, über welche uns die zwei folgenden Profile aufklären:

Profil № 1. (Abb. 12.)		Profil № 2. (Abb. 13.)	
Am Kliff von Klein-Rogö, südöstlich von Westernäs.		Am Kliff von Klein-Rogö, südwestlich von Westernäs.	
	Strandgeröll ca 1,5—2 m.		Strandgeröll ca 1,5—2 m.
C_{1b}.	Hellgrauer Kalkstein in Platten, dem Echinosphaeritenkalk entsprechend, ca 5 m.	C_{1b}	— wie in Profil 1.
C_{1a}.	Obere Linsenschicht ca 0,1 m.	C_{1a}	— wie in Profil 1.

1) A. Tammekann, „Untersuchung des Dictyonemaschiefers in Estland nach Entstehung, Alter und Verbreitung." Dorpat, 1924.

2) Der Ausdruck „Megalaspiskalk" ist besser als „Glaukonitkalk", weil nicht alle seine Schichten Glaukonit führen. Auch Lamansky bevorzugte den ersteren Ausdruck.

BIII.	Rogö-Sandstein (Vertreter des Vaginatenkalkes).		BIII. (Rogö-Sandstein).	
Schichten mit *Asaphus raniceps.*	9. Grauer kristalliner Kalkstein mit wenigen Sandkörnern, ohne Versteinerungen	0,09	9. Grauer kristalliner, zum Teil brauner Kalkstein	0,37
	8. Knollenkalksandstein, sehr fossilreich, mit bituminösen sandigen Mergellagen	0,80	8. Bituminöser Knollenkalksandstein mit bituminösen sandigen Mergelzwischenschichten	0,70
	übergehend in:			
	7. Knolligen Kalksandstein mit Mergellagen und mit Phosphoritknollen	0,39	7. Knollenkalksandstein und Mergel mit Phosphorit . . .	0,30
		1,28		1,37
BII.	Megalaspiskalk.			
Schichten mit *Megalaspis limbata.*	6. Grüner Kalkmergel mit wenigem Glaukonit . .	0,11	4—6. Grüner kristalliner Kalkstein, mit einer Neigung zur Knollenbildung, in Wechsellagerung mit grünem, zähem, dichtem Kalkmergel, den Schichten 4, 5 u. 6 in Profil 1 entsprechend; geht über in	
	5. Schiefriger grüner Ton, durch dunkle bituminöse Zwischenlagen gebändert, graptolithenführend	0,15		
	4. Schiefriger grüner Mergel mit wenigem Glaukonit	0,24		
Schichten mit *Megalaspis planilimbata.*	3. Harter kristalliner Kalk mit groben Glaukonitkörnern, aus 3—4 Bänken zusammengesetzt, welche alle voneinander durch Korrosionsflächen getrennt sind	0,21	3. Harten kristallinen Kalkstein mit groben Glaukonitkörnern, in mehreren durch Korrosionsgruben getrennten Bänken, den Schichten 2 und 3 in Profil 1 entsprechend . . .	
	2. Harter kristalliner Kalkstein mit groben Glaukonitkörnern, in dünnen korrodierten Platten, welche voneinander durch Tonschichten geschieden werden . .	0,14		
	1. Grüner, dunkler, sehr glaukonitreicher, toniger, knolliger Kalkstein	0,10	1—2. Wie in Profil 1.	
	Mächtigkeit des Glaukonitkalkes	0,95	Mächtigkeit des Glaukonitkalkes	1,10 m
BI.	Glaukonitsand.			

Diese beiden nebeneinandergestellten Profile zeigen eine abweichende Ausbildung der oberen Hälfte des *Megalaspis*-Kalkes. Diese Schichten sind durch zwei Fazies vertreten. Während das rechte Profil (Abb. 13) die „normale" Fazies darstellt, hat sich das linke an Stelle von mergeligen Kalksteinen zu Graptolithen-Schieferton und schiefrigem Mergel ausgebildet. Diese Schichten enthalten reichlich Versteinerungen, vorwiegend Trilobiten, an denen besonders die mergeligen Schichten der „Graptolithenfazies" reich sind. Hier wurden gefunden:

Megalaspis limbata Sars & Boeck; *Ptychopyge pahleni* Fr. Schmidt; *Orthis abscissa* Pander und *Didymograptus? sp.*

Die Trilobiten sind hier in ganzen, plattgedrückten Exemplaren zu finden. Diese Trilobitenfundstelle hat schon Huene (1904) ausgebeutet, wie es aus Fr. Schmidt, „Revision" folgt (Abteilung V, Lieferung IV, *Genus Megalaspis*, *M. limbata*, p. 19).

Es handelt sich hier sicherlich um eine Fazies, nicht um eine neue Einschaltung von graptolithenführenden Schichten. Es ist möglich, Schritt für Schritt den Übergang zur normalen Fazies zu verfolgen, indem der Ton durch den Mergel, der Mergel aber durch den Kalkstein abgelöst wird, so dass eigentlich keine Möglichkeit vorliegt, eine scharfe Faziesgrenze zu ziehen. Um diesen Übergang zu illustrieren, wird hier ein Profil angeführt, wo der Ton und Mergel zum Teil von Mergel und Kalkstein verdrängt ist.

Profil am Kliff von Klein-Rogö, etwas mehr südöstlich von Westernäs.

C_{1ab} und BIII — wie in den vorigen Profilen.

BII (Megalaspiskalk).

6.	Grüner Mergelkalkstein mit wenigem Glaukonit	0,17
5.	Mergeliger grüner, z. T. grau gebänderter schiefriger Ton	0,07
3—4.	Mergeliger Kalkstein; tiefer: kristalliner Kalkstein mit wenigen Glaukonitkörnern, aus korrodierten Bänken bestehend	1,00
2.	Dünnplattiger kristalliner Kalkstein; die korrodierten Platten sind durch Tonschichten voneinander getrennt	0,12
1.	Dunkler, sehr glaukonitreicher, teilweise knolliger Kalkstein mit reichlichen Orthisresten, die aber nicht bestimmbar sind	0,20
		1,56

BI Glaukonitsand.

Die Numeration der Schichten ist dieselbe, wie in Prof. 1 und 2.

Aus diesen drei Profilen ersehen wir auch die bedeutenden Mächtigkeitsschwankungen des Megalaspiskalkes, welche durch Korrosionsvorgänge innerhalb der Stufe erklärt werden können.

Die unteren Schichten des Megalaspiskalkes auf Klein-Rogö sind mehr oder weniger normal entwickelt und die kristallinen Bänke zeigen dieselben Korrosionsgruben, wie sie von Lamansky (1905) vom Wolchow bis Paldiski nachgewiesen worden sind [1]).

Auf der Abb. 12 sind an der dicken Kalkbank (Schicht 4) einige solche Korrosionsflächendurchschnitte zu erkennen. Die fingerhutartigen, mit der geschlossenen Spitze nach unten gerichteten Grübchen wurden deutlich, weil auf der Ätzfläche sich Glaukonit als Lösungsrest anreicherte, dessen dunkle Farbe auf dem hellen Kalkstein klar hervortritt. Von Fossilien kommt in diesen unteren Schichten vorwiegend *Megalaspis planilimbata* vor.

Die gesamten *Megalaspis*-Schichten von Klein-Rogö lieferten folgende Fauna:

Megalaspis limbata Boeck & Sars.
Megalaspis planilimbata Angelin.
Megalaspis hyorhina Leucht.
Ptychopyge pahleni Fr. Schmidt.
Niobe laeviceps Dalman.
Ampyx nasutus Dalman.
Orthis obtusa Pander.
Orthis parva Pander.
Orthis abscissa Pander.
Clitambonites planus Pander.
Obolus (Acritis) *antiquissimus* Eichw.
Siphonotreta unguiculata Kut.
Plectella sp.
Lingula sp.
Didymograptus ? sp.

Auf der Insel Gross-Rogö ist der *Megalaspis*-Kalk normal entwickelt. Seine Mächtigkeit schwankt stark um 1,20 m. An Fossilien fanden sich hier:

1) Kupffer beschreibt eine Korrosionsfläche im Megalaspiskalk von Pakerort, an der Grenze unserer Schichten 1 und 2 (Archiv f. Nat., Bd. V, 1870, Dorpat). Wie diese Schichten, so sind auch die sehr charakteristischen Ätzgruben auf weiten Strecken zu verfolgen.

Megalaspis limbata S. & B.
Megalaspis planilimbata Angelin.
Orthis obtusa Pander.

Auffallend ist, dass der Megalaspiskalk auf Gross-Rogö an einigen Stellen zerklüftet ist und die Spalten gangartig vom hangendem Kalksandstein ausgefüllt werden. Diese Erscheinung treffen wir auch auf Odensholm in einer sehr bemerkenswerten Form.

Auf Odensholm ist der Megalaspiskalk ebenfalls in normaler Ausbildung vertreten, indem die oberen Schichten als glaukonitarmer, grüner, dichter Mergelkalk und die unteren — als korrodierte kristalline Kalkplatten ausgebildet sind. Die Mächtigkeit des Megalaspiskalkes beträgt hier nicht über 0,60—0,70 m.

Doch der *Megalaspis*-Kalk auf Odensholm bildet nicht mehr eine einheitliche Tafel. Er ist bis zum Grunde zerklüftet und in einzelne Schollen und Platten zerlegt, von denen einige sogar ein wenig verschoben und geneigt daliegen. Die Spalten sind mit gelblichem, braunem, weissem, schwarzem, etwas kalkhaltigem Sandstein ausgefüllt, der auch das Hangende des Megalaspiskalkes bildet. Stellenweise

Abb. 15. Erdbebenspalten im Megalaspiskalk von Odensholm.

Abb. 15. Glaukonitkalk (BII), *raniceps*-Kalksandstein (= Rogö-Sandstein, BIII) und Echinosphaeritenkalk (C_1) auf Odensholm. Horizontal gestrichelt: Glaukonitkalk; schwarz: *Raniceps*-Sandstein; ziegelartig gestrichelt: unterer Echinosphaeritenkalk. Die Mächtigkeit des *Megalaspis*-Kalkes zusammen mit dem Sandstein beträgt 1,0 m. Das Liegende wird vom Glaukonitsand gebildet. Photographie derselben Stelle auf Abb. 16.

ist der Kalksandstein auch in die Schichtfugen eingedrungen. Die Schollen des zerrütteten *Megalaspis*-Kalksteines schweben sozusagen im Sandstein (Abb. 13, 14, 15).

Die Oberfläche der Kalkplatten ist glatt, die Ecken der Schollen schwach abgerundet. Im Kalksandstein aber sind keinerlei abgerollte oder eckige Glaukonitkalkstücke zu finden, die als Erosionsschutt oder Strandgeröll bezeichnet werden könnten.

Vor der Ablagerung des Sandsteines muss der Glaukonitkalk schon zerklüftet gewesen sein, also auch verhärtet. Die Zerklüftung kann nicht durch Erosionsvorgänge oder Abrasion entstanden sein. Es sind nicht Kluftspalten, Diaklasen, welche ja gewöhnlich als senkrechte Spalten die Sedimente durchsetzen (siehe Anhang 3). Es sind offenbar Erdbebenspalten.

Der Glaukonitkalk von Odensholm lieferte folgende Fossilien:

Megalaspis planilimbata.
Orthoceras sp.
Orthis obtusa.

Die Untersuchungsergebnisse am Megalaspiskalk der Inseln zusammenfassend, muss man schliessen, dass diese Stufe gewisse Abweichungen von der festländischen Ausbildungsart aufweist. Von Lamansky wurde der Glaukonitkalk vom Wolchow bis Paldiski und Klein-Rogö verfolgt, indem er, bei abnehmender Mächtigkeit der ganzen Stufe von Ost nach West[1]), immer dieselben drei Zonen zu unterscheiden glaubte, und zwar: $B_{II\gamma}$ (die oberste), aus hartem glaukonitreichem Kalkstein mit *Asaphus lepidurus* und *Megalaspis gibba;* $B_{II\beta}$, die mittleren, glaukonitarmen Kalke und Mergel mit *Asaphus bröggeri* und *Megalaspis hyorhina*; $B_{II\alpha}$, die unterste Zone: kristalline Kalke mit Korrosionsflächen und *Megalaspis limbata* sowie *planilimbata.*

Bezüglich der oberen Zone meint Lamansky, dass diese im westlichen Estland abgewaschen ist, was einer Trockenlegung und Erosion zur *expansus*-Zeit entsprechen muss. In der Tat finden wir das Gestein dieser Zone noch etwas westlich von

---

1) Hier einige Mächtigkeitsdaten: Sjass: 7,2 m; Wolchow: 5,95 m; Popowka: 5,85 m; Narva: 3,5 m; Jägala-Joa: 3,1 m; Paldiski-Halbinsel: 1,7 bis 1,3 m; Klein-Rogö: 1,5 bis 0,9 m; Odensholm: 0,7 bis 0,6 m.

Tallinn (siehe Anhang 4); auf der Paldiski-Halbinsel fehlt es aber offenbar gänzlich. Doch die leitenden Trilobiten, *Asaphus lepidurus* und *Megalaspis gibba*, finden sich auf der Halbinsel in Gesellschaft von Versteinerungen der mittleren Zone ($B_{II\beta}$) — also mit *Asaphus bröggeri* und *Megalaspis hyorhina*; hinzu kommt noch *Megalaspis limbata*, welche — nach Lamansky — ein Leitfossil der untersten, $B_{II\alpha}$-Zone ist; das Gestein dieser Mischfauna ist ein glaukonitarmer Kalkstein mit Mergellagen, besonders in den oberen Teilen; es entspricht annähernd der mittleren Zone ($B_{II\beta}$). In dieser Form scheint auch der Megalaspiskalk westlich von Tallinn, bei Mäeküla und Vaila, aufzutreten. Noch deutlicher wird diese Umgruppierung der Leitfossilien auf Klein-Rogö und westlicher, wo dieselbe Mischfauna in den oberen Schichten auftritt, die unteren aber vorwiegend *Megalaspis planilimbata* führen. Es könnte hier schon von einem oberen — *limbata*- und einem unteren — *planilimbata*-Kalk die Rede sein, was besonders deutlich aus dem Profil 1 hervorgeht.

Hinzu kommt noch das Auftreten von Graptolithenton als lokale Fazies der oberen *Megalaspis*-Kalke im westlichen Estland. Der Verfasser fand vor einigen Jahren[1]) in der Stadt Tallinn am Glint bei der Tartu-Strasse in einem Wasserleitungsgraben im Glaukonitkalk einen graptolithenführenden gebänderten schiefrigen Ton, welcher mit Mergelschichten mit *Megalaspis limbata* verbunden war. Der Graben aber war schon fast ganz zugedeckt, deshalb wurden diese Schichten vom Verfasser unrichtig für Vertreter tieferer Schichten des Glaukonitkalkes gehalten. Das Vorkommen auf Klein-Rogö aber gibt die Möglichkeit diesen Fehler zu korrigieren. Ob dieser Graptolithenton nun wirklich als lokale Fazies zu deuten ist, kann nicht festgestellt werden. Infolge dieses Vorkommens in Tallinn und auf Klein-Rogö ist er eher als Aus- oder Vorläufer eines grösseren Graptolithenmeeres zu betrachten, welches gleichwertig und gleichzeitig mit dem *Megalaspis*-Meere war und vielleicht irgendwo in der Nachbarschaft sich ausbreitete[2]).

Wir sehen, dass sich an den Glaukonitkalk noch eine ganze Reihe von Problemen anknüpft, zu deren Lösung noch weitere Untersuchungen im Felde nötig sind, ohwohl schon eine Reihe

1) A. Öpik, „Über die Ergebnisse neuerer Untersuchungen im estländischen Unterordovizium", Centralblatt f. Min. etc. Abt. B, № 8. 1925.

2) Untere *Didymograptus*-Schiefer und Zone mit *D. balticus* Tullberg.

von Beobachtungen sich angesammelt hat (siehe Fussnote zu Seite 47).

Es lieferte zum Beispiel ein Aufschluss der Megalaspis-Zonen westlich von Tallinn, beim Dorfe Vaila, Versteinerungen, die J. Kiær aus Oslo für echte Haifischzähne erklärte. Das sind offenbar die ältesten bekannten Fisch- und Wirbeltierreste überhaupt. Die Beschreibung dieser Zähne hat Prof. J. Kiær übernommen.

Indem wir den Abschnitt über den Glaukonitkalk hier abschliessen, werden wir im folgenden nochmals im Zusammenhang mit dem Rogö-Sandstein zu ihm zurückkehren müssen, und zwar bei der Besprechung der Grenze dieser beiden unterordovizischen Ablagerungen, sowie bei der Übersicht ihrer Ablagerungsbedingungen und bathymetrischen Verhältnisse.

XI. Der *raniceps*-Kalksandstein (Rogö-Sandstein) auf den Inseln Odensholm und Rogö und auf dem Festlande.

Der Kalksandstein im Nordwesten von Estland ist ebenfalls schon von Eichwald und Schmidt untersucht und beschrieben worden. Fr. Schmidt (1858) rechnet ihn nach dem Vorbilde älterer Forscher zum „chloritischen Kalk" (= Glaukonitkalk). A. Kupffer[1]), dem wir überhaupt die zuverlässigsten Profilmessungen am Glint zu verdanken haben, bleibt bei der Bestimmung von Fr. Schmidt.

Fr. Schmidt (1881) gibt, auf Grund palaeontologischer Untersuchungen, dem Kalksandstein seine richtige Stellung als Vertreter des Vaginatenkalkes.

Holm (1884) gibt einige Profilmessungen von der Halbinsel Paldiski und von Klein-Rogö. Das Gestein wird als „breccienartiges" charakterisiert.

Huene (1904), in einigen Profilskizzen von Klein-Rogö und Paldiski, bezeichnet den Kalksandstein zum erstenmal richtig als „Knollenschicht".

Lamansky (1905) besuchte ebenfalls die Fundorte auf Paldiski und Klein-Rogö. Er parallelisiert den Kalksandstein

1) A. Kupffer, „Über die chemische Constitution der baltisch-silurischen Schichten." Archiv für Naturkunde. Dorpat, 1870.

mit der $B_{III}\beta$-Zone mit *Asaphus Eichwaldi* („echter Vaginatenkalk", nach Fr. Schmidt); wie auch Schmidt, Kupffer und Holm, sieht er im Knollenkalk eine „Breccie".

Auch der Verfasser dieser Schrift hatte Gelegenheit, gegenüber dem Kalksandstein von Paldiski Stellung zu nehmen[1]), wobei auch einige Probleme aufgestellt wurden. Manche von den ausgesprochenen Vermutungen erwiesen sich als unhaltbar, über andere aber wird im folgenden versucht werden ins klare zu kommen.

Auf Odensholm ist der Kalksandstein durch einen wenig kalkigen, mannigfaltig gefärbten Sandstein vertreten (Abb. 13, 14, 15). Der Sandstein ist kreuz- und quergeschichtet und besteht aus ziemlich feinen Quarzsandkörnern. Als Farbstoff erscheinen hier Eisen und bituminöse Substanzen, daher die wechselnde Farbe: von weiss, gelblich, braun und grau bis schwarz. Stellenweise hat der Sandstein ein gebändertes Aussehen. Die oberen Teile des Sandsteines weisen eine Neigung zur Bildung von Kalkknollen auf. Der Kalksandstein liegt hier über dem zerklüfteten *Megalaspis*-Kalk, erfüllt gangartig die Spalten und dringt in die Schichtfugen ein.

Es finden sich aber im Kalksandstein von Odensholm keine abgerollten Stücke des Glaukonitkalkes oder eines anderen fremden Gesteines. Es fehlen im Sandstein von Odensholm fast spurlos die auf Rogö und östlicher so zahlreich vorkommenden Phosphoritknollen. Von Fossilien sind hier im Sandstein nur Bruchstücke von *Asaphus sp.* und *Pseudasaphus globifrons?* gefunden worden. Ausserdem kommen noch weisse Kalkklumpen vor, welche die Form von Bryozoenstöcken besitzen, aber keine Struktur erkennen lassen. Offenbar sind es diagenetisch umgewandelte Fossilien.

Die Dachfläche des Sandsteins ist wellig uneben (Abb. 15). Es ragen ins Hangende kleine Grate und Buckel hinein. Die Schichten des Echinosphaeritenkalkes folgen aber nicht diesen Unebenheiten, sondern liegen horizontal in den Senkungen und über den Erhöhungen des Untergrundes. Die tieferen Schichten

1) A. Öpik, „Über die Kalksandsteinfazies des Vaginatenkalkes auf der Halbinsel Baltischport und über ein *Acidaspis*-Pygidium aus denselben Schichten". Sitzungsberichte der N. F. G. bei der Univ. Tartu, 1925.

des Echinosphaeritenkalkes sind zwar sandig, doch befindet sich in ihnen kein Geröll des liegenden Sandsteins.

Die Aufschlüsse des Kalksandsteins auf Odensholm liegen an der nordöstlichen Küste der Insel, vom Meere fast bedeckt. Nur an einer Stelle, im Scheitel eines kleinen Sattels, erhebt sich der Sandstein fast 1 m über dem Meere. Von da stammen auch die Abb. 15, 16, 17. Auf der Karte ist dieser Fundort mit „Sattel" bezeichnet worden. Es sind eigentlich mehrere „Sättel" vorhanden, doch die Höhe der anderen ist ganz unbedeutend.

Eichwald (1841) und Sokoloff (1844) wollen die Sandsteingänge im Glaukonitkalk mit diesem Sattel in Zusammenhang bringen. Sie sind der Meinung, dass die „Hebung" den Glaukonitkalk zerklüftete, indem der noch „unverhärtete" Sandstein in die entstandenen Spalten „eingepresst" wurde; obwohl Fr. Schmidt (1858) selber den Fundort noch nicht kannte, meint er, wie auch Helmersen, dass sich hier keine Einpressung, sondern eine sedimentäre Ausfüllung der Klüfte abgespielt hat.

Es ist sicher, dass die Zerklüftung des Megalaspiskalkes nicht mit dem Sattel in Verbindung gebracht werden kann. Der Glaukonitkalk ist auch auf Gross-Rogö in ähnlicher Weise zerklüftet, doch einen Sattel kennen wir dort nicht. Ausserdem nehmen auf Odensholm an der Sattelbildung auch spätere Ablagerungen teil, indem der Echinosphaeritenkalk im Scheitel des Sattels stark zerklüftet und aufgelockert ist. Der Sattel ist also jedenfalls jünger als die Sandsteingänge im Megalaspiskalk. (Weiteres siehe Anhang 1 und 3.)

Auf der Insel Gross-Rogö sehen wir den Kalksandstein nur etwas über dem Meeresspiegel sich erheben. Er ist hier im allgemeinen ein nur wenig Kalk führender, gelblicher oder brauner, stellenweise hellgrauer Sandstein mit sehr sandigen Mergellagen. Die gelbe und braune Farbe stammt von Bitumen her. Gleichwie der Sandstein von Odensholm, zeigt er eine Neigung zur Knollenbildung. Wir finden, dass der Sandstein ebenfalls in die Spalten des Megalaspiskalkes eindringt. Doch wie auf Odensholm, so auch hier, enthält er keinerlei Geröll, von einer „Breccie" schon gar nicht zu reden. Die tieferen Schichten enthalten zerstreute schwarze Phosphoritkonkretionen. Im Gegensatz zu den fossilarmen Sandsteinschichten von Odensholm finden wir hier eine reichliche Fauna, aus welcher bestimmt werden konnten:

Asaphus raniceps Dalm.
Pseudasaphus globifrons.
Pterygometopus sclerops Eichw.
Amphion fischeri Pander.
Didymograptus sp.

Der *Didymograptus* kommt in guten Exemplaren vor. (Taf. I, Abb. 3.)

Die Oberfläche des Sandsteines gegenüber der hier schon vorhandenen oberen Linsenschicht ist ebenfalls uneben, aber nicht in dem Masse, wie es auf Odensholm der Fall ist.

Auf Klein-Rogö finden wir den Knollensandstein fast auf der ganzen Strecke des Kliffes, indem er schon aus dem Meere etwas nördlich von Lille-By zum Vorschein kommt (Abb. 9, 14). Er ist hier sehr fossilreich. Die beste Gelegenheit zum Sammeln bieten die abgestürzten Blöcke.

Über seine Zusammensetzung geben die Profile auf den Seiten 41—42 eine Vorstellung. In den Abbildungen 9, 12, 13 tritt deutlich der knollige Aufbau des Rogö-Sandsteins hervor. Ziemlich bedeutend ist der Bitumengehalt, der oft eine starke Braunfärbung des Gesteins hervorruft. Mit dem Hammer geschlagen, strömt er einen nicht unangenehmen Geruch aus, der an den von Kukersit erinnert.

Die Mächtigkeit des Rogö-Sandsteins beträgt auf Klein-Rogö 1,28 bis 1,4 m. Nach Holm und Lamansky sind die Schwankungen bedeutender (0,94 bis 1,55 m).

Wegen des knolligen Aussehens wurde der Rogö-Sandstein vielfach als Breccie oder „breccienartiger Kalksandstein" bezeichnet. Aber auch hier, wie auf Odensholm und Gross-Rogö, fehlen im Kalksandstein jegliche Bruchstücke oder Gerölle. Ein konglomeratartiges Aussehen geben ihm freilich die Phosphoritkonkretionen, die aber kein echtes Geröll darstellen, da sie gleichzeitig mit dem umgebenden Gesteine entstanden sind. Fossilien habe ich in solchen Phosphoritknollen nicht gefunden. In dieser phosphoritführenden Schicht sind stellenweise Glaukonitkörner zu finden. Ob diese nun aus dem liegenden Megalaspiskalk herstammen, oder an Ort und Stelle sich gebildet haben, ist nicht mit Sicherheit nachweisbar.

Im Rogö-Sandstein, auf der Insel Klein-Rogö, kommen die folgenden Fossilien vor, die besonders in der Knollenschicht über dem Phosphorithorizont zu finden sind:

Amphion fischeri Pand.
Lichas pachyrhinus var. *longerostrata* Fr. Schm.
Cheirurus ornatus Dalm.
Asaphus raniceps Dalman.
Asaphus raniceps var. (Taf. I, Abb. 4, 5).
Pterygometopus sclerops Dalman.
Pterygometopus trigonocephala Fr. S.
Megalaspis heros Dalm.
Agnostus ? sp.
Trilobites sp. (Taf. I, Abb. 6).
Lithuites sp.
Orthoceras ? sp. (ein Fund).
Orthis calligramma.
Orthis sp.
Leptaena sp.
Strophomena aequistriata Gagel.
Clitambonites ascendens Pand.
Clitambonites planus var. *alta* Pahlen.
Clitambonites n. sp. (Taf. I, Abb. 7).
Plectella sp.
Maclurea sp.
Subulites sp.
Hyolithus cf. cymbium Holm.
Megalodon unguis Eichw.
Echinoencrinites sp.
Protocrinites ? sp.
Didymograptus sp.

Hinzu kommen nach Fr. Schmidt:

Ampyx nasutus.
Remopleurides nanus.
Megalaspis gibba.

und nach Bassler:

Phyllodictya flabellaris Bassler.
Coscinium praenuntium Bassler.
Dianulites petropolitanus Dybowsky.
Orbipora solida Bassler.
Hemiphragma irrasum Ulrich.

Hemiphragma rotundatum Bassler.
Dittopora annulata Eichw.

Auf der Halbinsel Paldiski findet sich der Rogö-Sandstein in einem ununterbrochenen Aufschluss am Kliff von der Stadt Paldiski bis Pakerort und an der Ostküste der Halbinsel von Pakerort bis Leetse. Auf der Halbinsel sind zwei Ausbildungsarten des Kalksandsteins zu beobachten. An der Westküste hat er noch den Klein-Rogö-Typus beibehalten. Er ist als bituminöser Knollenkalksandstein — „Rogö-Sandstein" — ausgebildet und enthält einzelne Sandsteinschichten. Die untersten Schichten enthalten ebenfalls in grosser Menge Phosphoritkonkretionen. Ein Profil wird von A. Öpik gegeben[1]); es ist aber in diesem Profil die Bedeutung einzelner Sandzwischenlagen, welche keine stratigraphische Wichtigkeit besitzen, übertrieben.

Der Fossilinhalt des Knollenkalksandsteins (*raniceps*-, Rogö-Sandstein) an der Westküste der Halbinsel Paldiski ist nicht so reich wie auf Klein-Rogö, kann sich aber doch mit ihm messen. Der Sandstein lieferte:

Asaphus raniceps Dalm.
Amphion fischeri Pand.
Lichas pachyrhinus longerostratus F. S.
Acidaspis solis Öpik.
Pterygometopus sclerops Dalm.
Pterygometopus trigonocephala F. S.
Cheirurus ornatus Dalman.
Pseudasaphus globifrons.
Strophomena jentzschi.
Orthis calligramma.
Plectella sp.
Siphonotreta sp.
Lingula sp.
Acrotreta sp. (Taf. I, Abb. 8).
Didymograptus sp.
Clonograptus sp.
Ostracoda sp.

Die Mächtigkeit des Kalksandsteins an der Westküste der

1) Publ. of the Geol. Instit. of the Univ. of Tartu, № 4, 1926. Dieses Profil ist charakteristisch für die nächste Umgebung von Paldiski, darf aber nicht verallgemeinert werden. Für Pakerort gibt Kupffer ein Profil (1870), in dem der R.-Sandstein zum Glaukonitkalk gerechnet wird.

Halbinsel schwankt zwischen 0,75 und 1,3 m. Auch hier konnte ich nichts von einem Konglomerat oder einer Breccie finden.

Bei Leetse, an der Ostküste der Halbinsel Paldiski, ist der Rogö-Sandstein nur noch 0,4 bis 0,5 m mächtig. Er ist zwar als Knollenkalksandstein ausgebildet und führt an der Basis noch die Phosphoritkonkretionen, doch von den zahlreichen Versteinerungen ist nur wenig nachgeblieben. Es fanden sich hier:

Asaphus raniceps Dalm.
Clitambonites sp.

Weiter nach Osten finden wir den Rogö-Sandstein, aber schon ziemlich kalkreich, bei Keila-Joa und östlicher am Glint bis Türisalu, mit mehr oder weniger gleicher Mächtigkeit (0,3 bis 0,5 m). Von Versteinerungen sind wenige Splitter zu finden. Das Vorkommen erinnert sehr an das von Leetse. Südlich von Türisalu, beim Dorfe Vaila, ist es aber schon etwas anders. Die unteren Schichten erweisen sich noch als bituminöser sandiger Kalk mit Phosphorit, höher ist es aber schon ein regelrechter Kalkstein mit den Cephalopoden des Vaginatenkalkes, welche die Nähe der normalen Fazies verkünden. Die Mächtigkeit der ganzen Stufe beträgt hier 0,42 m. Ausser Cephalopoden *(Endoceras vaginatum)* ist hier noch zu finden *Pseudocrania antiquissima* und *Strophomena aequistriata.* Die untere sandige Schicht wird oben durch eine Korrosionsfläche abgegrenzt.

Auch östlich von Türisalu, bei Viti, finden wir die Cephalopodenfauna in nur wenig sandigem Kalkstein wieder.

Zum letztenmal treffen wir den Kalksandstein bei Rannamõisa und Tiskri, wo er vollständig das Aussehen des Kalksandsteins von Leetse besitzt. Die Mächtigkeit ist hier sehr gering, von 0,4—0,32 schwankend. K. Jaansoon-Orviku hat an einer Stelle nur 0,26 m gefunden.

Einige Kilometer südwestlich davon nimmt die Mächtigkeit wieder zu, und bei Mäeküla finden wir die Ablagerung in folgender Ausbildung:

Hangendes: Obere Linsenschicht und Echinosphaeritenkalk.
Bɪɪɪ (Vaginatenkalk):

2. Grauer harter Kalkstein mit undeutlichem muscheligem Bruch und wenigen Fossilien: 0,75 m;

1. Bituminöser sandiger Kalk mit Phosphorit: 0,12 m.

Liegendes: Glaukonitkalk.

In diesem Profil von Mäeküla ist noch deutlich die Nähe der Sandfazies zu spüren.

Bei Tallinn und östlicher ist nichts mehr vom Sandstein vorhanden. Die untersten BIII-Schichten bestehen in dieser Gegend aus einem Phosphoritkonglomerat, zu welchem 5 km östlich von Tallinn die ersten „Linsen[1])" hinzukommen. In ähnlicher Weise ist die Stufe auf der Halbinsel Viimsi bei Lubja, und bei Iru vertreten.

Bei Saha, ca 18 km östlich von Tallinn, wurde Vaginatenkalk erbohrt, mit einem zum Teil bituminösen Kalkstein als Zwischenlage. (Siehe Anhang 4.)

Bei Ülgase, ca 25 km östlich von Tallinn, ist der Vaginatenkalk vollständig normal vertreten; seine Basis bildet die oolithische Linsenschicht, welche die korrodierte Oberfläche des Glaukonitkalkes überdeckt (Taf. I, Abb. 9); weiter gegen Osten nimmt der Vaginatenkalk an Mächtigkeit fortwährend zu.

Wir müssen noch über folgende Fragen möglichst ins Klare kommen:

1) Über die geographische Verbreitung des Kalksandsteins.
2) Über die stratigraphische Stellung desselben.
3) Die Lücken im Liegenden und im Hangenden.
4) Die Sedimentationsbedingungen und die bathymetrischen Verhältnisse.

Antwort auf die erste Frage, über die geographische Verbreitung des Kalksandsteins, gibt die Karte 1, wo auf Grund der untersuchten Fundorte in der Gegend von Vaila, Viti, Rannamõisa und Mäeküla eine problematische Südgrenze der Fazies gegeben wird.

Die westliche Verbreitung der Fazies ist nicht auf Odensholm allein beschränkt. Im Sommer 1926 fand der Verfasser im Norden der Insel Hiiumaa (Dagö) reichliche Geschiebe, die aus ähnlichem Sandstein, wie auf Rogö, bestanden. Von Fossilien führten sie

1) Oolithe.

Pseudasaphus globifrons
Euomphalus qualteriatus,

welche für den Vaginatenkalk charakteristisch sind. Offenbar muss der Sandstein am Meeresboden nördlich von Hiiumaa anstehen.

Um über die stratigraphische Stellung des Sandsteins ins klare zu kommen, betrachten wir die Fauna näher. Der grösste Teil der Fossilien kann sowohl der unteren Linsenschicht ($B_{III\beta}$) als auch dem echten Vaginatenkalk ($B_{III\gamma}$) gleichzeitig angehören. Im Rogö-Sandstein ist aber *Asaphus raniceps* häufig; er kann als sicheres Leitfossil der Linsenschicht ($B_{III\beta}$) angesehen werden. Ausserdem wird die Grundform im Rogö-Sandstein von einer Varietät, entweder *acuminatus* oder *lamanskyi*, begleitet, welche beide als Leitfossilien der tieferen, hier nicht vorhandenen *expansus*-Zone ($B_{III\alpha}$) anerkannt sind. Neben diesen Trilobiten kommt aber auch *Pseudasaphus globifrons* vor, welcher für die tieferen Schichten der höchsten Zone des Vaginatenkalkes — $B_{III\gamma}$ — charakteristisch ist. Der leitende Trilobit dieser $B_{III\gamma}$-Zone, *Asaphus eichwaldi*, ist im Rogö-Sandstein noch nicht gefunden worden. Aus diesen Überlegungen folgt, dass der Rogö-Sandstein der unteren Linsenschicht am nächsten steht und wie diese, nach dem leitenden Trilobiten der *raniceps*-Zone, $B_{III\beta}$ angehört. Dieses wird auch petrographisch bestätigt, indem die Phosphoritknollenschicht des *Raniceps*-Sandsteins in der unteren Linsenschicht wiedergefunden wird. Da im Rogö-Sandstein auch ein Trilobit der jüngeren Zone, *Pseudasaphus globifrons*, vorkommt, und da wir bei Vaila das Auftreten von regelrechtem Cephalopodenkalkstein beobachten, so muss angenommen werden, dass der Rogö-Sandstein auch den älteren Teil der jüngeren, $B_{III\gamma}$-Zone vertritt. Sicherlich vertritt er aber nicht die ganze Vaginaten-, oder $B_{III\gamma}$-, oder *eichwaldi*-Zone, weil die Grenze des Sandsteins gegen den Echinosphaeritenkalk uneben ist und auf eine Lücke zur *eichwaldi*-Zeit hindeutet [1]).

Als wichtiges Leitfossil ist der *Didymograptus* des Rogö-Sandsteins zu betrachten, weil ich diesen auch bei Tallinn am Marienberge in den tiefsten Schichten des Vaginatenkalkes, gleich

1) Aber auch einige Fossilien der *expansus*-Zone sind im Rogö-Sandstein zu finden, wie *Megalaspis gibba*, *Cheirurus ornatus* u. a. Es ist deshalb wahrscheinlich, dass der untere Teil des Rogö-Kalksandsteins auch die oberen Schichten der *expansus*-Zone vertritt.

über dem Phosphoritenkalk, zusammen mit *Asaphus raniceps*, wiederfand. Auch dieses bestätigt unsere Annahme über das wahre Alter des Rogö-Sandsteins.

Die oberen Schichten des Vaginatenkalkes bei Tallinn sind durch *Illaenus revaliensis*, *Pseudasaphus globifrons* und *Diplograptus sp.* zu charakterisieren, zu denen östlich *A. eichwaldi* hinzukommt.

Lamansky war der entgegengesetzten Meinung, indem er den Rogö-Sandstein als $B_{III\gamma}$ bezeichnet. Seine Begründung lautet kurz so: Die tiefste Zone des Vaginatenkalkes, die *expansus*-($B_{III\alpha}$-) Schichten, verlieren von Ost gegen West an Mächtigkeit und keilen in der Gegend von Popowka aus, um erst in Skandinavien wieder aufzutreten; die folgende $B_{III\beta}$-Zone mit *Asaphus raniceps* keilt aus in der Umgebung von Tallinn, folglich kann sie westlicher nicht mehr aufreten. Also kann auch der Rogö-Sandstein nicht mehr $B_{III\beta}$, sondern muss nur $B_{III\gamma}$ sein. Der *Asaphus raniceps* von Rogö ist demnach nicht mehr der typische *raniceps*, sondern eine jüngere Mutation der Grundart. Lamansky (1905, S. 62—63) äussert sich über den *Asaphus raniceps* von Rogö in folgender Weise (aus dem Russischen vom Verf. übersetzt): „Schmidt weist auf einen Fund von *Asaphus raniceps* im Kalksandstein von Rogö hin. Es ist offenbar nicht derselbe *Asaphus raniceps*, sondern sein Nachkömmling oder ein dem Alter nach folgendes Glied derselben Gruppe."

Schmidt aber hielt sein Exemplar, im Gegenteil, für eine ältere Varietät („Revision", Abt. V, Lief. I), und das von mir gefundene Material enthält neben einer älteren Varietät den echten *A. raniceps*. Wir wollen nun das Alter der Ablagerung nach der Fauna bestimmen, nicht aber neue Mutationen auf Grund unsicherer stratigraphischer Voraussetzungen annehmen.

Die Stellung des Rogö-Sandsteines gegenüber den Zonen der normalen Fazies kann somit in folgender Tabelle zusammengefasst werden:

Echinosphaeritenkalk

Eichwaldi-Zone $B_{III\gamma}$	Hiatus
Raniceps-Zone $B_{III\beta}$	Rogö-Sandstein
Expansus-Zone $B_{III\alpha}$	Hiatus

Megalaspiskalk

Wenden wir uns jetzt den Lücken im Liegenden und Hangenden des Rogö-Sandsteins zu. Zwischen dem *raniceps*-Kalksandstein und dem Megalaspiskalk fehlt eine ganze Zone, nämlich der *expansus*-Kalk, welcher am Wolchow 3 m mächtig ist. Während sich also der Expansuskalk am Wolchow ablagerte, erhartete der Glaukonitkalk, und seine oberen Schichten ($B_{II\gamma}$) wurden zum Teil aufgelöst. Für eine Auflösung, Korrosion, und nicht eine Erosion (nach Lamansky), spricht die deutliche Ätzgrenze des Megalaspiskalkes gegen die untere Linsenschicht östlich von Tallinn (Taf. I, Abb. 9). Auch westlicher, bei Paldiski und auf Rogö, ist die Oberfläche des Megalaspiskalkes korrodiert.

Die Abwesenheit von Glaukonitgeröll im Hangenden spricht ebenfalls gegen eine Trockenlegung und Erosion. Die Zerklüftung des Glaukonitkalkes auf Odensholm kann gleichfalls nicht durch Erosion erklärt werden. Ihre Entstehung muss auf tektonische oder, noch wahrscheinlicher, seismische Vorgänge während der *expansus*- oder *raniceps*-Zeit zurückgeführt werden.

Den Unebenheiten der Dachfläche des Kalksandsteins auf Odensholm könnte eine Trockenlegung zugrunde liegen; doch östlicher, ausserhalb des Sandsteingebiets, finden wir wieder eine sehr scharfe Ätzfläche. Die Trockenlegung kann also nicht dauernd gewesen sein, war auf das westliche Gebiet beschränkt und ist überhaupt zweifelhaft. Diese Lücke könnte den oberen Schichten der *eichwaldi*-Zone entsprechen.

Es bleibt uns noch übrig, die Sedimentationsbedingungen und die Tiefenverhältnisse im *Raniceps*-Meere festzustellen.

Die Zusammensetzung der Sedimente und der Charakter der Lebewelt weisen auf die Nähe des Festlandes hin. Wir können voraussetzen, dass das Festland desto näher war, je mehr Sand im Sediment vorhanden ist; mit dem Abnehmen des Sandgehaltes werden die Sedimente pelagischer, was von Westen nach Osten der Fall ist. So findet (1870) Kupffer im Kalksandstein von Pakerort 46,85 bis 53,54 % Rückstand, der aus terrigenem Quarzsand besteht. Bei Ontika in Ost-Estland enthält der Vaginatenkalk, ebenfalls nach Kupffer, nur noch 4,89 bis 7,32 % Quarzsand.

Charakteristisch ist auch die Verteilung der Fauna. Die Zahl der einzelnen Arten nimmt von Ost gegen West ab. Besonders trifft dies bezüglich der Trilobiten zu[1]), von denen am Wolchow

1) Fr. Schmidt, „Revision", Übersichtstabelle, 1907. — A. Ö., „Über die Kalksandsteinfazies etc." Tartu, 1925.

41 Arten, auf Rogö und Pakerort nur noch 10 vorhanden sind. Auch dieses ist ein Merkmal der Festlandsnähe, welche den Salzgehalt herabdrückt und die Hochseebewohner vertreibt. Von den nachgebliebenen Arten sind einige dagegen in grosser Individuenzahl vertreten.

Besonders auffallend ist das Fehlen der Cephalopoden im Rogö-Sandstein. Das einzige von mir gefundene Exemplar konnte nach dem Tode des Tieres hingekommen sein, was ja möglich ist, wenn die Luftkammern unverletzt sind. Dieses Fehlen der Cephalopoden kann durch ihre pelagische Lebensweise erklärt werden. Auch die Illaenen fehlen gänzlich.

Als echte Strandablagerung ist aber der Rogö-Sandstein nirgends ertwickelt. Der flachste von den bekannten Fundorten lag auf Odensholm, wo der fossilleere kreuz- und quergeschichtete Sandstein von den Wellen vielfach umgewühlt wurde. Dort kann eine Untiefe gewesen sein. Das Festland lag vielleicht nahe im Norden, denn gegen Westen setzt sich der Sandstein bis Hiiumaa (Dagö) fort und ist dort fossilführend.

Wenn auf Odensholm die litorale Zone des Rogö-Sandsteins zu suchen ist, so hat sich auf den Inseln Rogö und auf der Paldiski-Halbinsel der Kalksandstein in ruhigerem Wasser abgesetzt. Von Kreuzschichtung sehen wir nichts mehr; die Fossilien sind erhalten und die Bruchstücke sind nicht abgerieben. Auch an der Einbettungsart der Versteinerungen kann keine Mitwirkung der Wellenbewegung erkannt werden. Somit befinden wir uns hier in einer sublitoralen cephalopodenfreien Zone des Vaginatenmeeres, welche unter anderem auch von Graptolithen bewohnt war.

Weiter gegen Osten aber wird die Stufe sandärmer und kalkreicher. Die Mächtigkeit verringert sich, weil das festländische Material nicht mehr soweit getragen werden konnte. Dieses beobachten wir auf der Strecke von Leetse bis Mäeküla, wo auch ab und zu die Cephalopoden aufzutreten beginnen. Dieses Gebiet können wir als einen Übergang zur pelagischen Fazies deuten. Aber erst östlich von Iru, ungefähr 60 km östlich von Paldiski, erhält der Vaginatenkalk seine normale Ausbildung, die weiter gegen Osten auf einer Strecke von Hunderten von Kilometern fast unverändert bleibt.

Wir verfolgten äusserst schematisch und kurz die Faziesänderung der BIII-Stufe in horizontaler Richtung.

Wenn wir in dieser Hinsicht den Megalaspiskalk, den Vaginatenkalk und den Echinosphaeritenkalk miteinander vergleichen, sehen wir unter ihnen ebenfalls gewisse Tiefen- und Faziesunterschiede.

Der Megalaspiskalk ist durchweg pelagisch, wofür die bemerkenswerte Gleichartigkeit des Sedimentes vom Wolchow bis Rogö und in Skandinavien Zeugnis ablegt. Über die Verhältnisse der *expansus*-Zone ist weniger zu sagen, jedenfalls ist uns eine grössere Trockenlegung zu dieser Zeit schwer denkbar, da das Auskeilen dieser Zone durch Korrosion bedingt sein kann. Zur *expansus*- und Vaginatenzeit finden wir nämlich eine Verflachung im Westen, begleitet von Krustenbewegungen, die den Glaukonitkalk zerklüfteten. Mit dem tiefsten mittelordovizischen Echinosphaeritenkalk tritt wieder der pelagische Charakter der Sedimente ziemlich scharf hervor, um dann das ganze Ordovizium hindurch das ostbaltische Becken zu beherrschen.

Wie verhält sich aber nun der Rogö-Sandstein seinen skandinavischen Äquivalenten gegenüber? In der Mitteilung „Über die Kalksandsteinfazies des Vaginatenkalkes auf der Halbinsel Baltischport u. s. w." [1]) vermutet der Verfasser, dass der Rogö-Sandstein im Westen nicht vom Festlande begrenzt wird, sondern dass er ein Übergangsglied zu den skandinavischen Ablagerungen darstellt. Das Vorkommen von Graptolithen kann auf die Nähe des Graptolithenschiefers hinweisen, und das um so mehr, als auch der liegende Megalaspiskalk lokal als solcher ausgebildet ist. Auf die Nähe eines kalkarmen Sedimentationsraumes, wie es ja der Graptolithenschiefer ist, deutet ebenfalls die Mächtigkeitsabnahme der B-Stufen gegen Westen hin, wobei die fehlenden Schichten und sogar Zonen nur durch Ätzflächen (Korrosionsfächen) vertreten sind. Ein Teil des Kalkes muss also von Zeit zu Zeit in Lösung gegangen sein.

Als sicherer Vertreter des Rogö-Sandsteins in Skandinavien müssen die *Strophomena jentzschi*-Schichten betrachtet werden. *Strophomena jentzschi* kommt in Estland vor bei Tallinn und westlich davon im phosphoritführenden Kalkstein, der in

1) „Sitzungsberichte der Naturforscher-Gesellschaft", Dorpat, Band XXII; Publ. of the Geol. Inst. of the Univ. of Tartu, № 4, 1926.

einer Mächtigkeit von einigen bis 10 cm die untere Linsenschicht, also auch den Rogö-Sandstein, ersetzt, und im Rogö-Sandstein selbst. Andersson[1]), der das anstehende Gestein von Öland mit den *jentzschi*-Geschieben vergleicht, bestimmt das Alter des ersteren als „unterer Asaphuskalk". Alle *jentzschi*-Geschiebe bestehen aus sandigem Kalkstein mit Phosphoritknollen, und Andersson spricht deshalb von einer litoralen Fazies des Asaphuskalkes. Die Identität unseres Rogö-Sandsteins mit dem *jentzschi*-Geschiebe ist daher nicht zu bezweifeln.

Der anstehende Asaphuskalk von Öland gehört aber nicht (nach Andersson) der litoralen, sondern einer tieferen Fazies an. Die sandigen phosphoritführenden Geschiebe mit *Strophomena jentzschi* stammen aus dem mittelbaltischen Silurgebiet, vom Meeresboden im Nordwesten von Gotland und Gotska Sandön.

Andersson nimmt in seiner Arbeit eine Erosionslücke zwischen dem Glaukonitkalk und dem Rogö-Sandstein an und gründet seine Meinung auf die Untersuchungen Kupffers (1870) und Holms (1884) („breccienartiger Kalksandstein"). Wenn man in diesem Fall auch nicht mit Andersson einer Meinung sein kann, so sind seine Hinweise bezüglich der möglichen Erosionsdiskordanz zwischen dem *jentzschi*-Kalk und dem Kambrium im mittelbaltischen Gebiete von äusserster Wichtigkeit (And. 1896, Seite 213).

Den Angaben Anderssons entsprechend kann das eigentliche Verbreitungsgebiet des litoralen Rogö-Sandsteins von Paldiski bis zum Mittelbaltikum, also bis westlich von Gotland und Gotska-Sandön, angenommen werden.

Auf eine eingehendere Vergleichung des ostbaltischen Unter-Ordoviziums mit dem skandinavischen muss vorläufig verzichtet werden, denn auf Grund der Forschungen von Schmidt ist eine Reihe solcher Vergleichungen schon erschienen, und zwar von Lamansky, Holm, Bekker, Raymond, Tammekann u. a. Sobald das neue Tatsachenmaterial in bearbeitetem Zustande vorliegt, wird auch die Zeit für eine allgemeine paläogeographische und stratigraphische Zusammenfassung gekommen sein.

1) Joh. Gunnar Andersson. „Über cambrische und silurische, phosphoritführende Gesteine aus Schweden". Upsala, 1896.

XII. Über einige Versteinerungen von Odensholm und Rogö.

(Tafel I).

Die Versteinerungen aus dem Ordovizium der Inseln sind durch die Untersuchungen Eichwalds, Panders, Schmidts u. a. ziemlich gut bekannt, so dass nur wenig Neues in dieser Hinsicht vorzulegen ist. Besonders gut sind die Trilobiten erforscht worden.

Graptolithen.

Taf. I, Abb. 1, 2, 3.

Graptolithen kommen auf den Inseln Rogö im Glaukonitkalk und im Rogö-Sandstein vor. Ihr Vorkommen ist schon beschrieben, so dass nur noch einiges über die Versteinerungen selbst mitzuteilen ist.

Unter den Graptolithen aus dem Megalaspiskalk von Rogö und Tallinn lassen sich zwei Arten unterscheiden, die beide offenbar zu *Didymograptus* gehören. Es fehlen aber die proximalen Teile, so dass eine sichere und nähere Bestimmung nicht möglich ist. Die eine Art besteht aus ziemlich breiten und über 5 cm langen Zweigen, von denen einer auf T. I Fig. 1 dargestellt ist. Wie reichlich sie vorkommen können, zeigt die Fig. 2 derselben Tafel.

Die andere Art des Megalaspiskalkes ist dünner, die Theken sind relativ länger und die Zweige, welche sich bei kleineren Stücken finden, sind etwas gebogen, wobei die Theken immer auf der konvexen Seite liegen.

Dieses Graptolithenvorkommen besitzt annähernd das Alter der skandinavischen *Didymograptus balticus*-Zone, doch das Material ist noch zu ungenügend, um sichere Schlüsse zu ziehen.

Taf. I Fig. 3 stellt ein ganzes Exemplar von *Didymograptus* aus dem *raniceps*-Sandstein von Gross-Rogö dar. Die Art hat keine Beziehungen zu denen des Glaukonitkalkes. Sie kommt auch westlich von Tallinn, im tiefsten Vaginatenkalk, vor.

Asaphus raniceps Dalm.

Taf. I, Abb. 4, 5.

Die Art selbst ist sehr ausführlich von Fr. Schmidt in der „Revision“ beschrieben worden, so dass wir auf sie nicht

weiter eingehen werden. Die hier abgebildeten zwei Pygidien gehören einer Varietät an, deren Unterschied von der Grundform im etwas längeren Pygidium und dessen gegliederter Rhachis besteht. Sie scheinen der *Var. acuminata* am nächsten zu stehen. Beide Pygidien stammen von Klein-Rogö.

Trilobites sp.

Taf. I, Abb. 6.

Ein sonderbares Pygidium aus dem Kalksandstein von Klein-Rogö, das, trotzdem es gut erhalten ist, sich nirgends unterbringen lässt. Es ist vielleicht ein Cheiruride gewesen.

Clitambonites sp.

Taf. I, Abb. 7.

Das Innere einer Brachialklappe aus dem Rogö-Sandstein von Klein-Rogö. Sie gehört vielleicht der Art *concavus* an.

Acrotreta sp.

Taf. I, Abb. 8.

Eine nicht nähere bestimmbare konische Brachiopodenschale wurde von Mag. Heinrichson gefunden. Die angegebene generische Stellung ist nur provisorisch.

Anhang.

1. Der Sattel von Odensholm.

Es wurde vorher vielfach das Vorhandensein eines kleinen Sattels im Nordosten von Odensholm erwähnt. Der Sattel ist eigentlich sehr klein, vielleicht 100—150 m lang und nicht über 3 m hoch. Er ist sicherlich jünger als das Ordovizium der Insel und kann vielleicht zur Eiszeit durch die NW-SE-liche Eisbewegung entstanden sein, indem sein Streichen annähernd SW—NO verläuft.

2. Die Kluftspalten (Diaklasen) der Inseln.

Im Norden von Odensholm haben die Kluftspalten zwei Richtungen, 80° und ca. 360°. Die 80°-gen Diaklasen sind zum grössten Teil mit Kalzit und Schwefelkies angefüllt, welche in den Hohlräumen dieser Gänge auskristallisiert sind. Die 360°-gen Diaklasen dagegen sind als klaffende Spalten vorhanden, müssen deshalb jünger sein, als die 80°-gen. Der Altersunterschied kommt auch da zum Vorschein, wo eine mit Kalzit ausgefüllte Spalte von einer jüngeren, leeren durchschnitten wird.

Auf Klein-Rogö haben, nach Messungen von K. Jaansoon-Orviku, die Kluftspalten die Richtungen 305° und 85°. Über das relative Alter dieser Klüfte sind keine Daten vorhanden.

Abb. 13 zeigt eine Kluftspalte von Klein-Rogö.

3. Die Erdbebenspalten im Megalaspiskalk von Odensholm.

(Abb. 15, 16, 17, 18.)

Die Zerklüftung des Glaukonitkalkes auf Odensholm (Abb. 15, 16, 17) entstand, wie gesagt, vor oder während der Ablagerung des Rogö-Sandsteins. Sie kann zur Zeit der Ablagerung erfolgt sein, weil der Kalksandstein unverfestigt war und sozusagen in die Spalten hineinfliessen konnte. Die Wände der Spalten aber und die Bruchecken sind durch die lösende Wirkung des Wassers abgerundet, und dieses könnte ein Beweis

für die Entstehung der Spalten vor dem Absatze des Rogö-Sandsteins sein. Doch auch nachträglich ist diese Abrundung denkbar, indem in den Sandsteingängen zirkulierendes Wasser diese Wirkung ausüben konnte. Aber dieses ist unwahrscheinlich, denn der Sandstein dringt sehr innig in die Spalten und klaffenden Fugen des Megalaspiskalkes hinein und bildet keine Hohlräume. Somit ist es wahrscheinlicher, dass die Zerrüttung des Glaukonitkalkes auf Odensholm vor der Bildung des Rogö-Sandsteines, also zur *expansus*-Zeit, geschah.

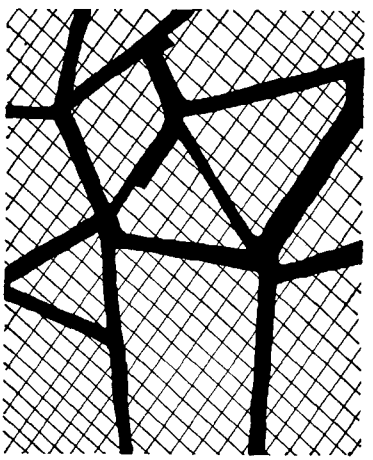


Abb. 18. Der Megalaspiskalk mit Sandsteingängen am Strande von Odensholm, von oben gesehen. Schwarz: Rogö-Sandsteingänge, als Härtlinge stehen geblieben. Gestrichelt: horizontal, in situ, liegende polygonale Megalaspiskalkstein-Schollen. Die hangenden Schichten sind von der Brandung abgeräumt und zerstört.

Welche Kräfte aber haben diese Zerklüftung hervorgerufen? Ein Erosionsvorgang war es nicht, auch mit Karstbildungen kann die Erscheinung nicht in Zusammenhang gebracht werden, denn die Schollen liegen alle *in situ* und sind sehr wenig von der ursprünglichen parallelen Lage der Schichten verschoben.

Als Ergänzung dient hier die obige Abbildung (18): der Glaukonitkalk nämlich ist an mehreren Stellen durch die gegenwärtige Brandung vom Hangenden freigelegt worden. Die Sandsteingänge sind dabei als Härtlinge erhalten und heben sich über die *Megalaspis*-Kalkplatten etwas empor. Die vom Sandstein gangartig ausgefüllten Spalten zerlegen

den Megalaspiskalk in polygonale Schollen, deren Oberfläche eine Grösse von Bruchteilen eines Quadratmeters bis zu zehn Quadratmetern erreichen kann.

Die einzige mögliche Erklärung einer solchen Zerrüttung scheint die Annahme eines unterordovizischen Erdbebens zu sein. Und weil nach diesem Erdbeben das terrigene Sediment der Rogö-Sandsteine folgte, so könnte man das Erdbeben mit einer Hebung des Meeresbodens in Zusammenhang bringen, welche das Festland schuf, von wo der Sand des Rogö-Sandsteins herangekommen ist.

4. Der Megalaspiskalk (Glaukonitkalk) und der Vaginatenkalk in der Diamantbohrung von Saha.

Weil dieses Profil keine unmittelbare Beziehung zur Geologie der Inseln oder des Rogö-Sandsteins besitzt, wurde es im Text ausgelassen. Doch hat es Wichtigkeit als Beispiel eines Überganges zwischen dem Rogö-Sandstein und der pelagischen Fazies des Vaginatenkalkes, und gleichzeitig gibt es eine Vorstellung von dem Megalaspiskalk in diesem Gebiete.

Ein Teil des Bohrprofiles von Saha.

	C_1a, b	Hangendes: Aseri-(obere Linsenschicht) und Tallinna-(Echinosphaeritenkalk)-Stufen	
Vaginatenkalk	$B_{III\gamma}$ 1,06 m	10. Korrosionsfläche Grauer, etwas mergeliger Kalkstein	0, 2 m
		9. Korrosionsfläche (sehr deutlich) Grauer kristalliner Kalkstein mit Cephalopoden. In den tieferen Lagen ziemlich reichlich sehr kleine Glaukonitkörner	0,86 m
	$B_{III\beta}$ 0,41 m	8. Korrosionsfläche Etwas bituminöser bräunlicher Kalkstein, etwas sandführend; enthält zerstreute kleine schwarze Phosphoritknollen	0,31 m
		7. Ebene Fläche mit scharfen Korrosionsgruben Untere Linsenschicht. Mergeliger Kalkstein mit braunen schlierenartig eingesprengten Oolithen [1]. Drei oder vier Korrosionsflächen durchsetzen die Schicht	0,10 m
	$B_{II\gamma}$ 0,10 m	6. Scharfe, stark unebene Korrosionsfläche, ähnlich wie Taf. I Abb. 9 Grauer Kalkstein mit sehr zahlreichen Glaukonitkörnern	0,10 m

1) Vergleiche Taf. I, Fig. 9.

Megalasiskalk	BIIβ 2,06 m	5. Gräulichgrüne kristalline und mergelige Kalksteine mit regelmässigen Mergellagen. Die Schichten sind glaukonitarm	1,39 m
		4. Deutliche Korrosionsfläche Kristalliner gräulichgrüner lichter Kalkstein mit zerstreuten groben Glaukonitkörnern	0,67 m
	BIIα 0,63 *m*	3. Scharfe Grenze (Korrosionsfläche ?). Harter kristalliner Kalkstein mit zerstreuten groben Glaukonitkörnern. Der Kalkstein ist buntfleckig, die Farben sind grün, gelb, grau und blassrot	0,37 m
	BIβ??	2. Sehr scharfe Korrosionsfläche [1]). Dunkelgrüner Glaukonitkalkstein (fast ausschliesslich Glaukonit), mit von grünem und grauem Ton erfüllten Kriechgängen (?). Der Kalkstein ist mit *Orthis*-Schalen durchsetzt, die aber nicht auszuschlagen und zu bestimmen sind	0,26 m
	BI 0,60 m	1. Scharfe Grenze. Liegendes: Glaukonitsand	0,60 m

Dieses Profil stammt aus einer Diamantbohrung, welche vom Bergamt zur Erforschung des Obolenphosphorites ausgeführt wurde.

Die Zonendeutung ist auf Grund der Beobachtungen am Glint gemacht worden, indem der Fossilinhalt derselben Gesteine am Glint massgebend war. Zum Teil aber wurden als Kriterium die petrographischen Eigenschaften benutzt, wie sie von Lamansky für die einzelnen Zonen charakterisiert worden sind.

Die Schicht 2, im Grunde des Glaukonitkalkes, kommt in Estland von Rogö bis Narva durchgehend vor, und fast überall enthält sie die unerreichbaren *Orthis*-Arten. Lamansky (1905, p. 52), der diese (?) Schicht auch am Wolchow usw. gefunden hat, rechnet sie zu BIIα, nicht aber zu BI. Überall wird sie gegen das Hangende durch eine scharfe Korrosionsfläche abgegrenzt.

Die Schicht 3 lässt sich gut mit Hilfe der Beschreibung von Lamansky identifizieren, wobei das buntfleckige Aussehen besonders charakteristisch ist.

Auch die Schichten 4 und 5 stimmen mit der Beschreibung von Lamansky im allgemeinen überein. Die Schicht 4 könnte aber auch zur Zone BIIα gerechnet werden.

Die Schicht 5 mit den fast glaukonitfreien Kalksteinen

1) Diese Fläche wird in der Fussnote der Seite 44 erwähnt, die Gruben von Pakerort und Jamburg sind von Kupffer und Lamansky abgebildet.

und Mergeln ist sehr charakteristisch. Am Glint führt sie eine reichliche Fauna mit Megalaspis *hyorrhina*, M. *gibba* (im Westen) usw.

Die Zone $B_{II\gamma}$ ist nur durch eine 0,1 m mächtige Schicht vertreten. Sie ist sehr gut erkennbar, und am Glint führt sie *Asaphus lepidurus*, *Illaenus ladogensis*, *Cyrtometopus clavifrons* u. a. leitende Formen. Zwischen den Schichten 6 und 7 liegt eine Lücke, der fehlenden *expansus*-Zone entsprechend.

Von den B_{III}-Schichten ist 8 zu erwähnen, welche eine Ähnlichkeit mit dem Rogö-Sandstein aufweist. Dieser Schicht am ähnlichsten ist der Vaginatenkalk von Mäeküla.

Schicht 9 fehlt sicherlich auf Rogö und im Westen bis Mäeküla überhaupt. Sehr charakteristisch ist das reichliche Auftreten von Glaukonit. Das Gestein ist vollständig identisch mit den *Asaphus eichwaldi*-Kalksteinen bei Ülgase und Joa (Jägala-Joa), wo es am Wasserfall unterhalb der oberen Linsenschicht ansteht.

Im Bohrprofil sind auch die Korrosionsflächen eingetragen, in der Voraussetzung, dass jede von diesen einer Lücke oder wenigstens einer aufgelösten Schicht oder einem Teil einer solchen entspricht. Diesen Korrosionsflächen muss die Abnahme der Mächtigkeit der Schichten von Ost gegen West zugeschrieben werden.

Andersson lenkt in der vorher erwähnten Arbeit über die phosphoritführenden Gesteine zum erstenmal die Aufmerksamkeit auf die Korrosionerscheinungen, als einen Lösungsvorgang am Meeresboden, hin. Es wird von ihm eine Reihe von Problemen aufgestellt, welche aber teilweise noch ihrer Lösung harren. Von ausserordentlichem Interesse für unsere Frage ist die Beschreibung der Korrosionserscheinungen im Megalaspiskalk Schwedens, für welche auch eine schöne Abbildung gegeben wird (Fig. 4, Seite 186). Auch die *Megalaspis*-Gesteine sind, nach der Beschreibung von Andersson einerseits und Lamansky anderseits, im Ostbaltikum wie in Skandinavien einander sehr ähnlich.

Es ist fast ganz sicher, dass, mit der Einführung dieser Ätzflächen in die vergleichende Stratigraphie einige Trans- und Regressionen, welche beispielweise im ostbaltischen Ordovizium angenommen wurden, unnötig werden. Vielleicht werden einst die chemischen und petrographischen Untersuchungen der Ätz-

flächen zum Teil die Bedeutung der Leitfossilien erreichen, denn es fand auf ihnen nicht nur eine Auflösung von $CaCO_3$ statt, sondern es wurden auch weniger lösliche Substanzen, wie Kalk- und Eisenphosphat, abgesetzt. Ebenfalls von Wichtigkeit ist der „Lösungsrückstand", welcher im Glaukonitkalk offenbar aus Glaukonit besteht. Seine quantitative Bestimmung auf den Ätzflächen kann gleichzeitig als Mass des aufgelösten Kalkes dienen, unter der Voraussetzung, dass sein Gehalt im hangenden und liegenden Kalkstein bekannt ist.

Erklärung zur Tafel I.

1,2. *Didymograptus? sp.* Graptolithenmergel und -ton im Megalaspiskalk, Tallinn. × 2.
3. *Didymograptus sp.* Rogö-Sandstein, Gross-Rogö. × 2.
4,5. *Asaphus raniceps* Dalm. *var.* Rogö-Sandstein, Klein-Rogö. 1 : 1.
6. *Trilobites sp.* Pygidium. Rogö-Sandstein, Klein-Rogö. 1 : 1.
7. *Clitambonites sp.* Rogö-Sandstein, Klein-Rogö. 1 : 1.
8. *Acrotreta sp.* Rogö-Sandstein, Paldiski. 1 : 1. (Sammlung Heinrichson).
9. Untere Linsenschicht (oben) und Megalaspiskalk ($BIII_\gamma$) (unten), Ülgase. 1 : 1.

Erklärung der Karten.

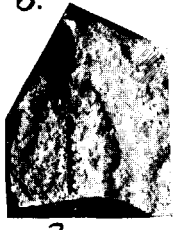
Karte 1. Übersichtskarte von NW-Estland, mit dem Verbreitungsgebiet der litoralen und sublitoralen Fazies des Vaginatenkalkes. (Anstatt „litoral" ist „litoral und sublitoral" zu lesen). Als Rogö-Sandstein ist das Gebiet von Rogö und Paldiski bezeichnet, welches die Gegend der stärksten Entwickelung dieser Ablagerung (des Rogö-Sandsteins im engeren Sinne) ist.

Karte 2. Die Landschaftsformen von Odensholm. Die schwarzen Linien stellen nur die Richtung und die Lage der Strandwälle sowie die wichtigsten unter diesen dar. So besteht der Wall zwischen der Schule und dem Leuchtturm aus einem System mehrerer paralleler Wälle.

Karte 3. Geologische Karte der Inseln.

1.

6.


3.

2.

7.

8.

9.

4.

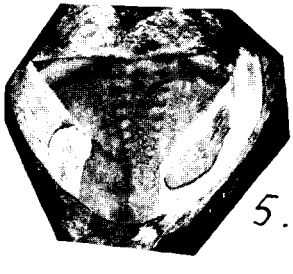
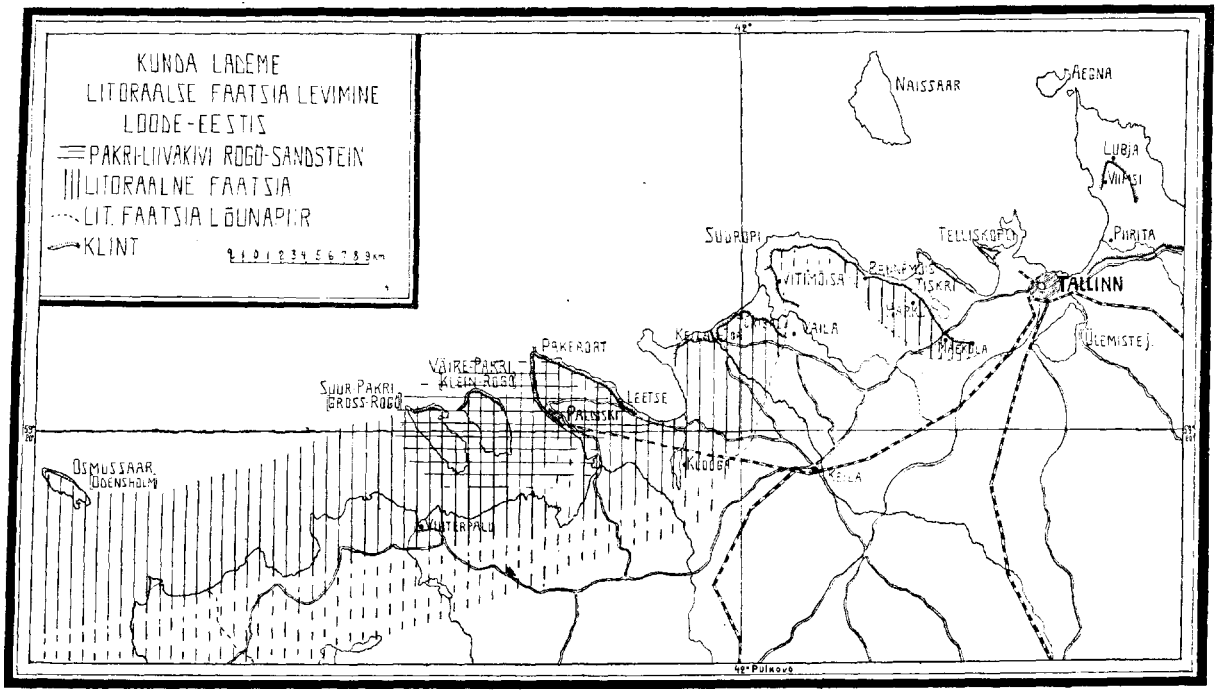
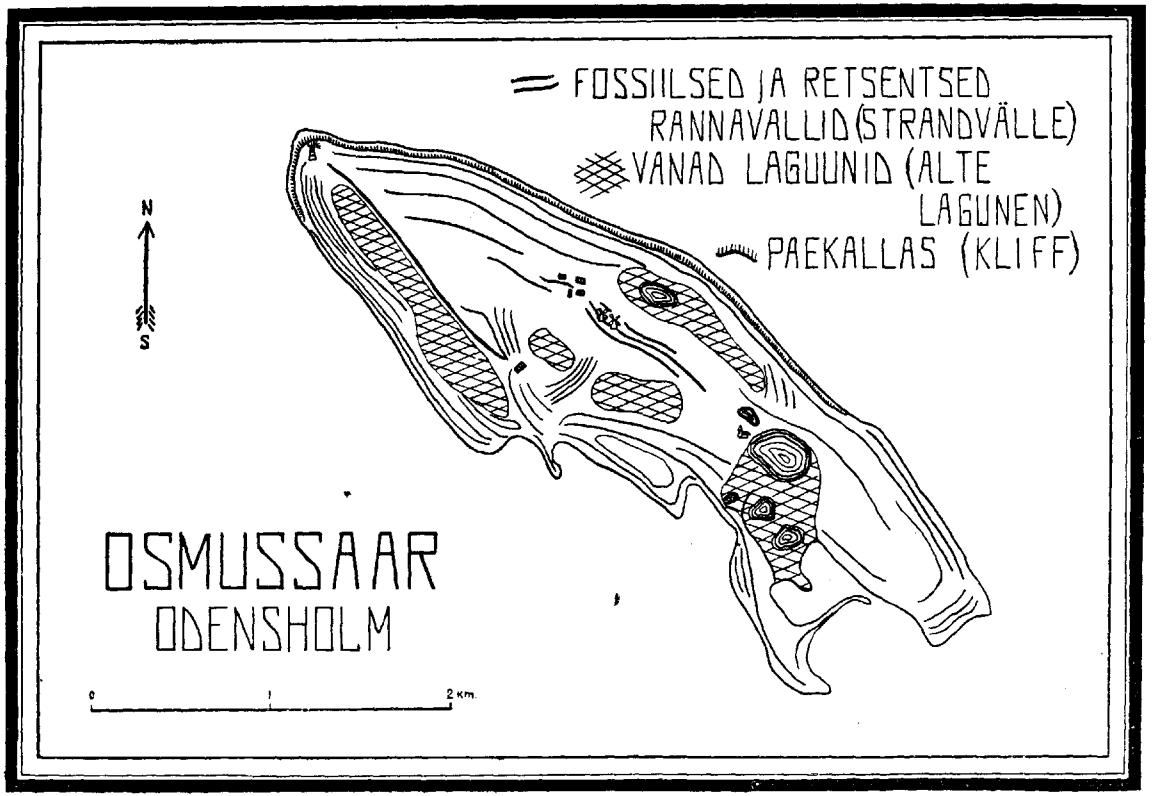

5.

Photo A. Ö.

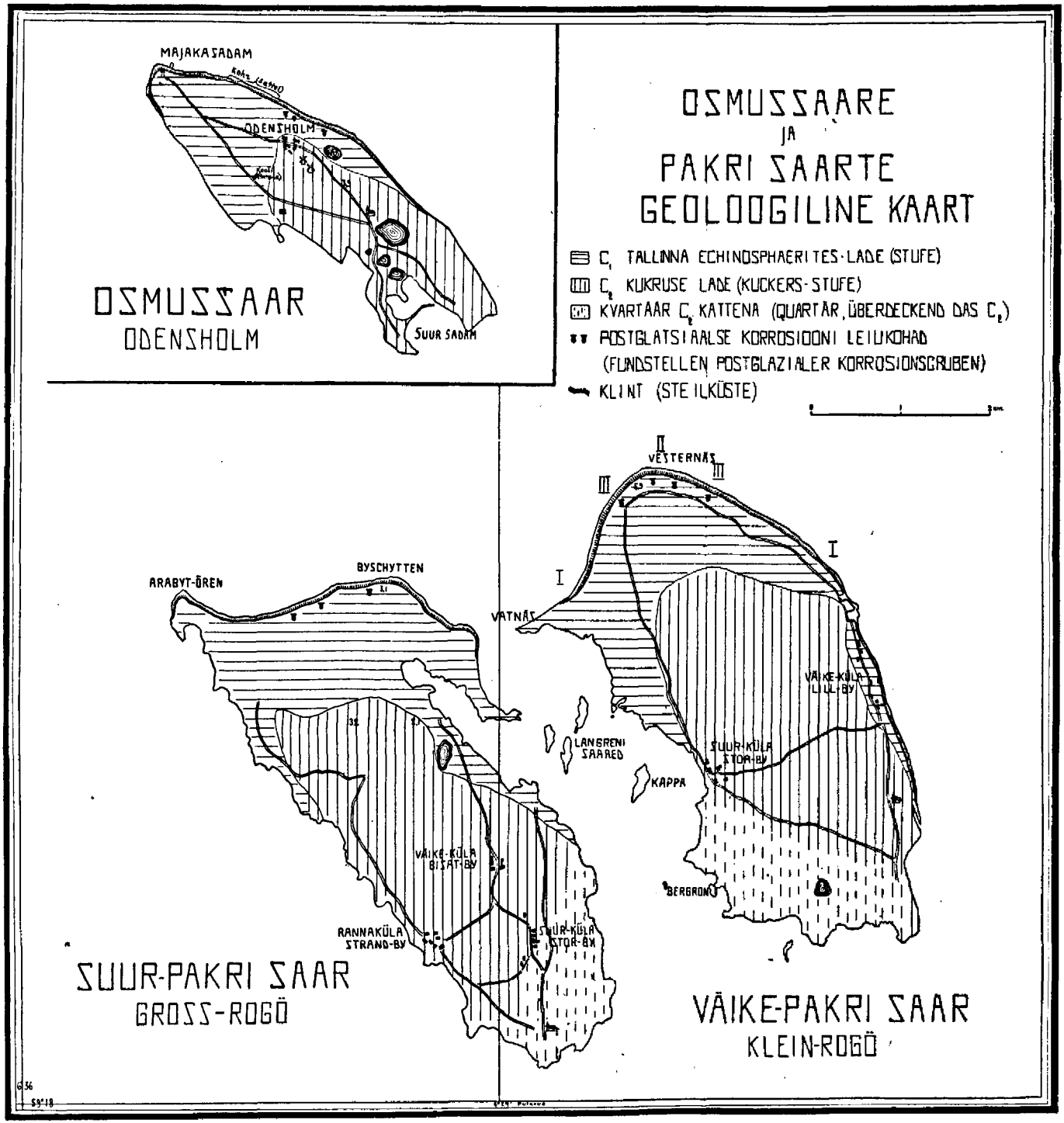
C. Mattiesen, Dorpat.



1. Übersichtskarte von NW-Estland.



2. Karte der Landschaftsformen von Odensholm.



3. Geologische Karte der Inseln Odensholm und Rogö.

Photo A. Ö.

Abb. 1. Die Insel Gross-Rogö. Landschaft im Norden der Insel. Die Aufnahme ist vom höchsten Punkt der Insel (3,9 Faden = 12,7 m) gegen NE gemacht worden. In der Ferne die Insel Klein-Rogö. Im Vordergrund eine kleine Geländestufe, welche der C_2-Grenze entspricht.

Photo A. Ö.

Abb. 2. Eine postglaziale Korrosionsfläche auf Odensholm, am Glint zwischen dem Leuchtturm und dem Dorfe. Links liegt der Strandwall, rechts — das Kliff (nicht zu sehen). Die angeätzten Kalkplatten sind von Sturmwellen reingespült worden. Der Kalkstein gehört zur Tallinna-Stufe.

Photo A. Ö.

Abb. 3. Die Strandwall-Landschaft von Odensholm, gegen SSE vom Leuchtturm. Die dunklen Felder sind alte Lagunen. Die kleinen schwarzen Kuppen sind Wacholdersträucher.

Photo A. Ö.

Abb. 4. Südwestlicher Strand von Odensholm. Im Vordergrund *in situ* liegende Kukruse-Kalksteinplatten. Der Hammer steht auf dem Anstehenden. Der schwarze Wall besteht aus Seetang *(Fucus vesiculosus)*, den die Brandung zusammengeballt hat.

Photo A. Ö.

Abb. 5. Kap Pakerort (Nordspitze der Paldiski-Halbinsel). Aufnahme am Westufer, von S gegen N. Charakteristisch für die Beschaffenheit der Gesteine ist die durch die Auswaschung und Deflation des Glaukonitsandes entstandene Unterhöhlung. Oben die durch Kluftspalten gezackten Tallinna-Kalksteine.

Photo A. Ö.

Abb. 6. Steilküste von Odensholm, südöstlich von der Landungsbrücke des Leuchtturmes, aus Echinosphaeritenkalk bestehend. Von der Brandung wenig veränderte, in jüngster Zeit aufgetauchte treppige Felsküste. Im Vordergund (dunkel) eine kleine Brandungshohlkehle. Die Aufnahme ist von der Brücke gegen Südost gemacht worden. Die Mächtigkeit der Kalksteine beträgt 4,5 m. Es ist die Stelle, wo das Profil (Seite 35) gemessen wurde. Der reichste Fossilienfundort.

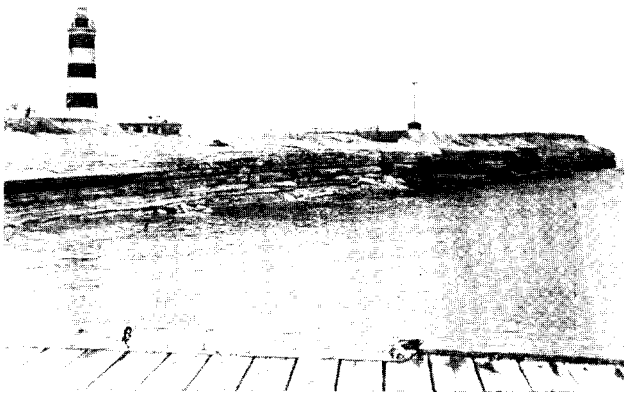


Photo A. Ö.

Abb. 7. Steilküste von Odensholm. Die Aufnahme ist von der Landungsbrücke gemacht worden, in einer der Abb. 6 entgegengesetzten Richtung. Das treppige Felsufer ist in einen zum Teil unterhöhlten Kliff umgewandelt. Es ist die höchste, also auch die älteste, Stelle des Kliffes von Odensholm. Am Meeresspiegel liegt der Rogö-Sandstein; über ihm der Tallinna-(Echinosphaeriten-) Kalk, von Strandschotter überdeckt.

Photo A. Ö.

Abb. 8. Steilküste von Odensholm. Die Aufnahme ist an der Nordspitze, gegen Osten, gemacht worden. Übergangsformen vom treppigen Felsufer zum unterhöhlten Kliff. Der anstehende Echinosphaeri enkalk ist vom mächtigem Strandgeröll überlagert.

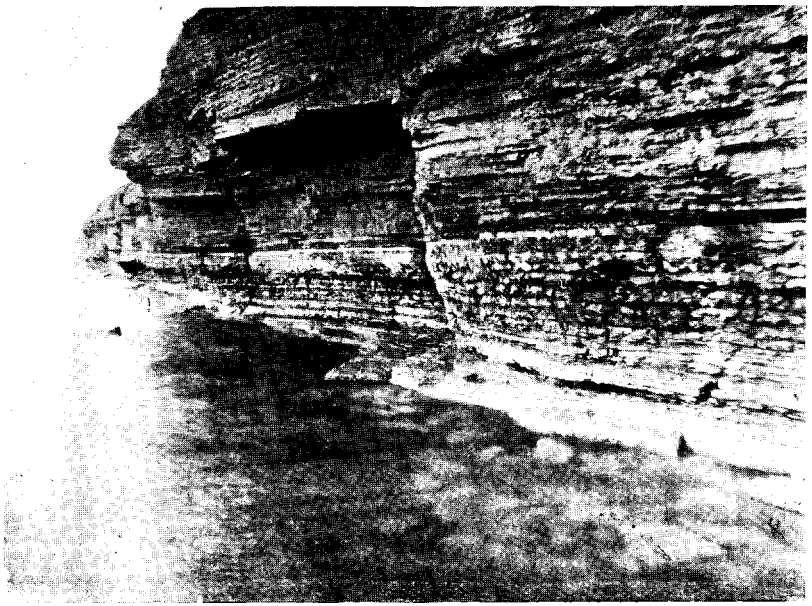


Photo K. Orviku.

Abb. 9. Die Insel Klein-Rogö. Die Steilküste nördlich von Lilleby. Die Aufnahme ist gegen Süden gemacht worden. Es ist sehr deutlich das südliche Einfallen zu sehn, indem die untere Schicht des knolligen Rogö-Sandsteins (BIII), welche rechts über dem Meere liegt, links im Meere verschwindet (3,2 cm vom linken und 3,8 cm vom unteren Rande des Bildes). BII — *Megalaspis*-(Glaukonit-)Kalk, noch im Wasser zum Teil sichtbar; BIII — knolliger Rogö-Kalksandstein 1,3 m. C1a — obere Linsenschicht (mergelig und feucht 0,12 m); C1b — Tallinna-Stufe (Echinosphaeritenkalk) ca. 4 m.

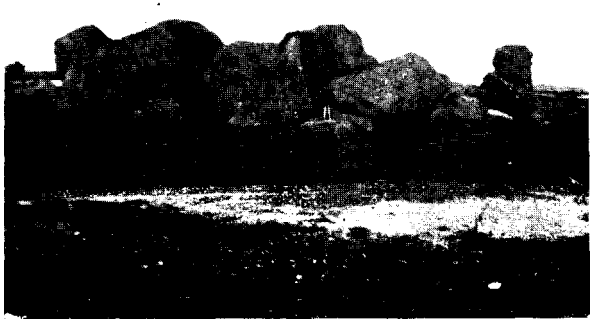


Photo A. Ö.

Abb. 10. Erratische Blöcke auf Odensholm, aus einer Gneisbreccie bestehend. Rechts im Hintergrund ein Strandwall. Im Vordergrund — Strandgeröll. Es ist eine alte flache, von Strandwällen umrandete Lagune im SW der Insel.

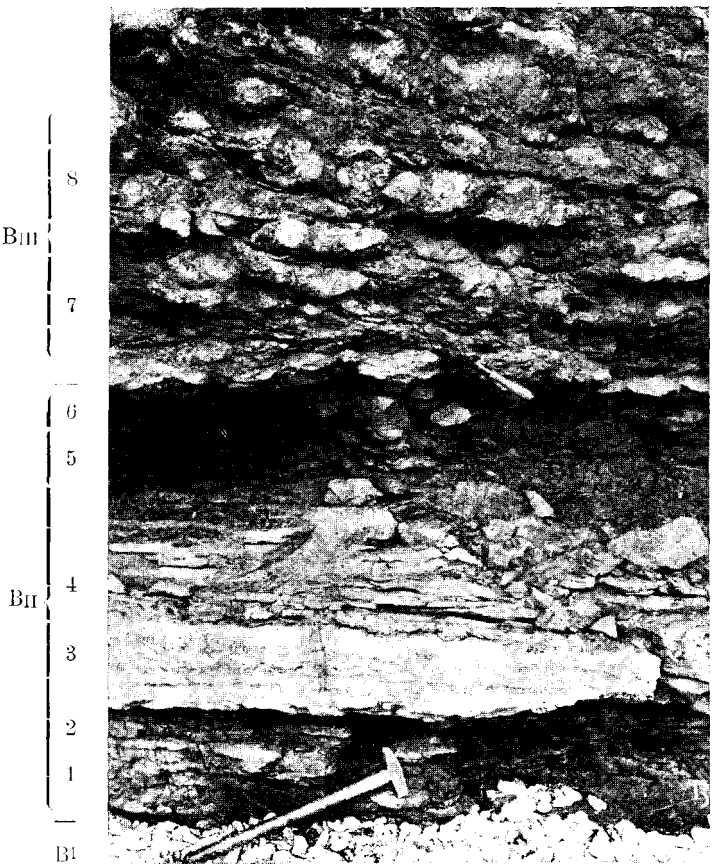


Photo A. O.

Abb. 12. Profil am Kliff von Klein-Rogö, südöstlich vom Kap Westernäs. B_I — Glaukonitsand; B_{II} — Megalaspiskalk; B_{III} — Rogö-Sandstein. Die Bedeutung der Zahlen 1 bis 8 siehe Seite 41—42, Prof. 1. — Die Kalkbank 3 ist von deutlichen Korrosionsflächen durchsetzt, welche fingerhutartige, nach unten geschlossene Vertiefungen führen. Die Schichten 4—6 sind die graptolithenführenden Mergel und Tone mit *Megalaspis limbata*. Besonders deutlich ist der knollige Rogö-Kalksandstein.

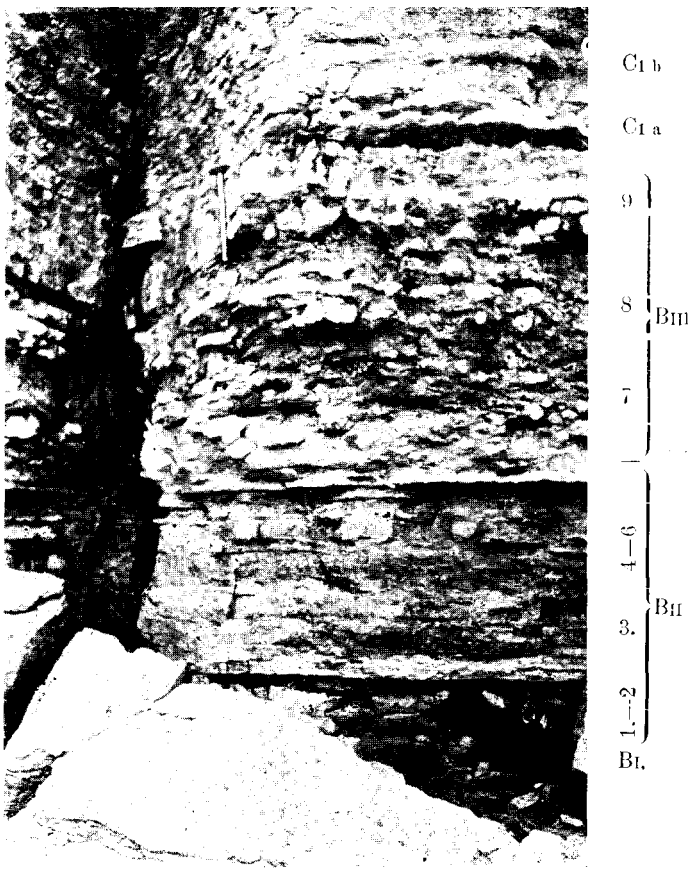


Photo A. Ö.

Abb. 13. Profil am Kliff von Klein-Rogö, südwestlich von Kap Westernäs. Alle Bezeichnungen wie im Prof. 1, Abb. 12. Näheres siehe Prof. 2, Seite 41—42. Links eine klaffende Kluftspalte, mit abgerundeten Ecken. Die Kalkplatte im Vordergrund (Echinosphaeritenkalk) trägt eine deutliche (ordovizische, nicht postglaziale Ätzfläche). Der Megalaspiskalk ist normal entwickelt.

Photo A. Ö.

Abb. 14. Brandungshohlkehle am Kliff von Klein-Rogö, zwischen Lilleby und Westernäs. B_{III} — Rogö-Kalksandstein. Die am Ufer liegende Scholle gehört der Tallinna-Stufe (Echinosphaeritenkalk, C_1) an.

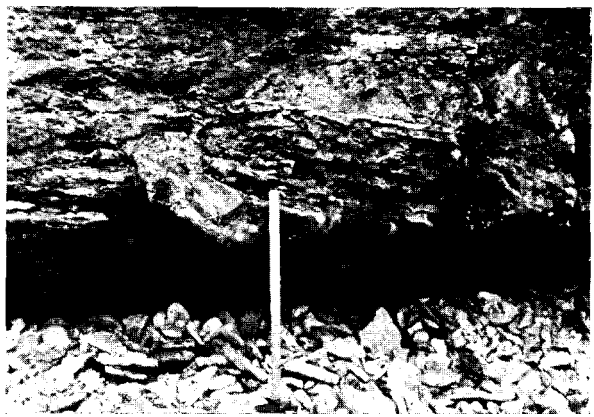


Photo A. Ö.

Abb. 16. Megalaspiskalk (B_{II}), Rogö-Sandstein und Echinosphaeriten-(Tallinna-) Kalk auf Odensholm (der „Sattel"). Die Zerklüftung des Megalaspiskalkes ist sehr deutlich zu sehn. In der Mitte eine „schwebende" Scholle. Länge des Hammers 0,6 m. Siehe auch Abb. 15, Seite 45.

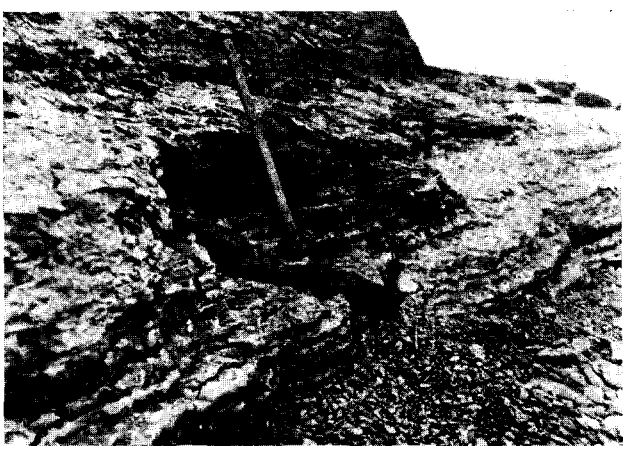


Photo A. Ö.

Abb. 17. Sandsteingang im Megalaspiskalk von Odensholm. Unten: plattiger Glaukonit-(Megalaspis-)Kalk; beim Hammer der aus fast schwarzem Sandstein bestehende Gang; höher: undeutlich geschichteter Rogö-Sandstein; am oberen Rande des Bildes ist der Tallinna-(Echinosphaeriten-)Kalk sichtbar. Länge des Hammers 0,6 m.

BEITRÄGE ZUR KENNTNIS DER KUKRUSE-(C_2-)STUFE IN EESTI

II

VON

A. ÖPIK

TARTU 1927

C. Mattiesen, Tartu.

Inhalt: 1. Der gegenwärtige Stand unserer geologischen Kenntnisse über die Kukruse-(C_2-)Stufe. 2. Die Biostratigraphie, die bathymetrischen Verhältnisse und Sedimentationsbedingungen der C_2-Schichten (Einbettungsart und Erhaltung der Versteinerungen; spezialisierte Arten usw). 3. Über einige bemerkenswerte oder neue Versteinerungen aus der Stufe C_2: *Asaphus robergii* Wiman; *As. fennicus* W.; *Basilicus lutsi* sp. nov.; *Chasmops odini* Eichw.; *Cheirurus spinulosus* Nieszk.; *Cyrtometopus plautini* Fr. Schmidt; *Illaenus schmidti* Holm; *Illaenus crassicauda* Wahlenberg; *Pseudasaphus tecticaudatus* Steinh.; *P. tecticaud. var. laurssoni* n. var; *Serpulites longissimus* Murch.; *Serp. kukersianus* n. sp.; *Eunicites bekkeri* n. sp.; *Eun. ala* n. sp.; *Diplograptus bekkeri* n. sp. (und seine Entwickelungsgeschichte).

1.

Der gegenwärtige Stand unserer geologischen Kenntnisse über die Kukruse-(C_2-)Stufe.

Dank den Arbeiten von Fr. Schmidt, Zalessky, H. Bekker u. a. über die Kukruse-(Kuckers-, Kukers-, C_2-)Stufe kann folgendes als gesichert gelten.

Die Stufe ist das unterste Glied des ostbaltischen Mittelordoviziums. Im Liegenden der Kukruse-Stufe finden wir den Echinosphaeritenkalk (C_{1ab}), im Hangenden die Jõhvi- oder Jewe-Stufe (D_1). Nach Lage und paläontologischem Inhalt entspricht die Kukruse-Stufe annähernd dem englischen Llandeilian und dem älteren Chasmopskalk Fennoskandiens. Die Mächtigkeit der Stufe schwankt zwischen 7 m (im Westen) und 12—17 m (im Osten und SE), die Idavere-(C_3-)Zone [1]) mitgerechnet.

Die Kukruse-Stufe bildet zwei besondere petrographische Fazies, die durch einen allmählichen Übergang verbunden sind. Im Westen sind Kalksteine verbreitet, im Osten werden sie aber

---

1) Itfersche Schicht (C_3), nach Schmidt. Diese bildet aber keine selbstständige Stufe. Somit besteht die Kukruse-(C_2-C_3-)Stufe aus der produktiven Zone (C_2, „Kuckerssche Schicht") und der Idavere-(C_3-)Zone (vorwiegend Kalksteine).

zum Teil durch einen Sapropelit, den „Brandschiefer", ersetzt, welcher besonders mächtig in der unteren Hälfte der Stufe vorliegt.

Der Brandschiefer der Kukruse-Stufe ist ein braunes oder rötliches bituminöses Gestein mit rund 30—50% org. Substanz, welche als „Kukersit" (Kuckersit, Kukkersit) schlechthin bezeichnet wird. Der Brandschiefer ist mit der Nadel leicht ritzbar; das Ritzpulver ist lichtgelb, fast weiss. Bei heftigem Anschlagen ist ein schwacher, nicht unangenehmer Geruch wahrnehmbar. Deutlicher ist letzterer bei den bituminösen Kalksteinen, welche ebenfalls das Mineral, den Kukersit, enthalten.

Auf der Strecke von Rakvere (= Wesenberg) bis Narva ist der Kukersit abbauwürdig und bildet das produktive Gebiet der Stufe, mit einer W-Östlichen Erstreckung in Estland von rund 100 km; der Brandschiefer erstreckt sich fast ebensoweit nach Russland.

Der Bottnische Chasmopskalk kann faunistisch als eine unmittelbare Fortsetzung der Stufe betrachtet werden. Die ostwestliche Erstreckung der ganzen Stufe im Ostbaltikum betrüge demnach fast 400 km, wobei die weitere Verbreitung nicht festzustellen ist.

Einzelne Brandschiefer- und Kalksteinschichten der produktiven Fazies treten höchst beständig in wagerechter Richtung auf, welcher Umstand von H. Bekker zur Gliederung der Stufe verwendet worden ist.

Zalessky erkannte im Kukersit einen marinen Sapropelit, der von einer vermeintlichen Cyanalge, der *Gloeocapsamorpha prisca* Zal., gebildet worden ist.

Profil der Kukruse-Stufe im Schieferbruch „Kohtla-Järve" (= Kochtel). Nach H. Bekker (1924, pag. 5 und Fig. 1, 2).

Liegendes: Echinosphaeritenkalk (C_1).

I. Kukersitschicht, 0,23 m. II, III, IV. Kukersit, bituminöser Kalkstein, Kukersit, zusammen 0,20 m. V. Kukersit mit massenhaften Bryozoen, 0,7 m. VI. Bituminöser Kalkstein, 0,21 m. VII. Kukersit, 0,26 m. VIII. Fast bitumenfreier Kalkstein, aus zwei Bänken (Schichten) bestehend, der sogen. „Doppel- oder Baukalk", 0,23 m. IX. Kukersit, 0,24 m. X. Bituminöser Kalkstein,

0,1 m. XI. Kukersit, 0,55 m. XII. Kukersit mit bituminösen Kalkknollen, die 5—8 horizontale Schichten bilden, 0,6 m. XIII—XXIII. Kalkbänke mit dünnen Kukersitlagen, 7—8 m.

Hangendes: Jõhvi-(= Jewe-)Stufe.

Aus dem Profil folgt, dass die Brandschieferschichten mit unpaarigen und die Kalkschichten mit paarigen Nummern bezeichnet sind.

Die Schichten I bis XII bilden den produktiven Abschnitt der Kukruse-Stufe und entsprechen der kukersschen Schicht (C_2) von F. Schmidt. Die Schichten XIII bis XXIII stellen die C_3- oder Idavere-Zone dar („Itfersche Schicht"), mit *Chasmops wrangeli* als Leitfossil.

Die einzelnen Schichten sind von H. Bekker auf mehr als 100 km verfolgt worden, allerdings in wechselnder, bzw. abnehmender Mächtigkeit. Besonders auffallend ist die Schicht VIII (der Doppelkalk), welche immer zwei Bänke zeigt und bei der grossen Fläche nur 20—30 cm mächtig bleibt. Die Stufe wurde von H. Bekker (8) in vier Zonen gegliedert, doch diese Gliederung ist paläontologisch noch wenig begründet. Zweckmässiger scheint die hier angeführte zu sein, welche der Schmidt'schen gleich ist.

Wichtigere Literatur über den Brandschiefer und die Kukruse-Stufe überhaupt.

1. Bonnema. „Beiträge zur Kenntnis der Ostrakoden der Kuckersschen Schicht." Gröningen 1909.
2. R. S. Bassler. „The early Paleoz. Bryozoa of the Baltic Provinces." U. S. A. Nat. Mus. 1911.
3. P. Raymond. „The Correlation of the Ordovician Strata of the Baltic Basin with those of Eastern North-America." Cambridge, Mass. 1916.
4. M. D. Zalessky. „Sur le sapropélite marin de l'âge silurien formé par une algue cyanophycée." Annuaire de la Societé Pal. de Russie 1916. Siehe auch Centralblatt für Min., Pal. usw. 1920.
5. H. Bekker. „The Kuckers Stage of the Ordovician Rocks of NE Estonia." Tartu (= Dorpat) 1921. (Acta et Comm. Univ. Dorp. A II 1).
6. H. A. R. Lindenbein. „La Kuckersite. Étude d'un dépôt marin phytogène du silurien intérieur d'Estonie." Genève 1921.

7. C. Gäbert. „Über den Ölschiefer Estlands." Braunkohle 1921.
8. H. Bekker. „Stratigraphical and Palaeontological Supplements on the Kukruse Stage of the Ordovician Rocks of Eesti (Estonia)." Tartu (= Dorpat) 1924. (Acta A VI 1).
9. A. Öpik. „Beiträge zur Kenntnis der Kukruse-(C_2-)Stufe in Eesti I." Tartu 1925. (Acta A VIII 5).

Chemisch-technologische Untersuchungen.

10. M. Wittlich und S. Weshnjakow. „Beitrag zur Kenntnis des estländischen Ölschiefers, genannt Kukkersit." Tartu 1922. (Acta A III 7).
11. P. M. Kogerman. „The Chemical Composition of the Esthonian M.-Ordovician Oil-bearing Mineral „Kukersite"." Tartu 1922. (Acta A III 6).
12. H. v. Winkler. „Eestimaa geoloogia I." Tallinn(= Reval) 1922.
13. M. Wittlich. „Einiges über den Schwefel im estländischen Ölschiefer (Kukersit) und dessen Verschwelungsprodukten." Tartu 1925. (Acta A VIII 6).
14. Al. Schamarin. „Chemische Untersuchung des Brandschiefers von Kuckers." Archiv für Naturkunde Liv-, Est- und Kurlands 1870.

Die Arbeiten 14 und 10 enthalten für sedimentpetrographische Zwecke wichtige Angaben.

Literarische Angaben finden sich in 3, 5, 7, und besonders in der neulich erschienenen Übersicht von L. Rüger: „Die Ergebnisse neuerer Untersuchungen über den estnischen Kuckersit und einige sich daran knüpfende Fragen" (Geol. Rundschau B. XVII, 1. Berlin 1926).

2.

Die bathymetrischen Verhältnisse und Sedimentationsbedingungen der C_2-Schichten.

Über die Entstehung des Kukersites sind vielerlei Meinungen ausgesprochen worden, wobei die Forscher im allgemeinen das Sediment für sublitorale und Flachsee-Bildung erklären.

Eine Flachseebildung wird sich von den Tiefseeablagerungen nicht nur petrographisch scharf unterscheiden, sondern sie kann auch an der Einbettungsart der Fossilien, am Auftreten von Eigenformen und am Erhaltungszustand der Versteinerungen erkannt werden. In küstennahen Ablagerungen

müssen uns die einseitig-gewölbten Fossilien mit der Wölbung vorwiegend nach oben gerichtet vorliegen, weil diese Lage die stabilere ist und der Wasserbewegung die geringste Angriffsmöglichkeit bietet. Es müssen oft abgeriebene Bruchstücke auftreten, kurz, es ist eine ganze Reihe von Erscheinungen bekannt, die für Flachseeablagerungen leitend, der Tiefsee aber fremd sind. Auch für die Tiefseeschichten sind charakteristische Merkmale bekannt, wie Tiere mit überentwickelten Augen, dünnschaligen Gehäusen usw.

Über das versteinerte Leben der Kukruse-Stufe hat sich eine Reihe solcher Beobachtungen angesammelt, welche für die Beurteilung der Tiefenverhältnisse dieser eigenartigen Schichten von Wichtigkeit zu sein scheinen. Die Veröffentlichung dieses Materiales ist durch das Buch von Johannes Weigelt: "Angewandte Geologie und Paläontologie der Flachseegesteine und das Erzlager von Salzgitter" angeregt worden.

A. Der allgemeine Charakter der Kukruse-Fauna.

Die Faunenliste der Kukruse-Stufe (Literaturverzeichnis, 2 und 5) enthält über 230 verschiedene mit festen Körperteilen versehene Arten, unter denen wir Vertreter der Trilobiten, Ostrakoden, Brachiopoden, Gastropoden, Lamellibranchiaten, Bryozoen, Krinoiden, Zystiden, Spongien, Graptolithen, Hyolithen, Conularien, Cephalopoden und Anneliden finden. Alle diese Formen kommen ausnahmslos im produktiven Gebiete vor, wo auch die Zahl der Individuen besonders gross zu sein scheint.

Die Schieferbrüche haben die Versteinerungen zugänglich gemacht, und der leicht verwitternde Brandschiefer erleichtert das Sammeln und Präparieren. Die Fauna des Brandschiefers und seiner Kalkbänke ist deshalb im Vergleich mit der westlichen Fazies weit eingehender untersucht und bearbeitet worden.

Hinsichtlich der Trilobiten- und Brachiopodenarten konnte festgestellt werden, dass diese in den beiden Fazies dieselbe Verbreitung besitzen, die Pelecypoden aber im westlichen Gebiete sogar besser als im Brandschiefer vertreten sind (9). Wenn jedoch die Brandschieferfazies wirklich gegenüber der westlichen faunenreicher ist, so spricht dieses offenbar für eine grössere Festlandsferne des Kukersites. Die Fauna der Nordsee verarmt rasch gegen die Festlandküsten hin, „obwohl keine eigentliche Absperrung

vom offenen Ozean besteht", wie Weigelt sagt (p. 20), und nach dieser Erfahrung müsste die faunenärmere westliche Fazies der C_2-Stufe gleichzeitig die festlandsnähere sein. Doch die Armut des Westens kann offenbar eine scheinbare sein, und die beiden Fazies dürften auch in annäherd gleicher Küstenferne abgelagert worden sein.

Die Mannigfaltigkeit und der Tierreichtum des Brandschiefers mit seinen bituminösen Kalkbänken weisen auf die Nähe des Ozeans hin: es ist ein üppiges marines Tierreich.

Die auf langen Strecken erkennbare Beständigkeit einzelner Schichten, die trotzdem eine nur geringe Mächtigkeit besitzen, wäre bei küstennahen Sedimenten sicherlich nicht zu erwarten.

B. Das Vorkommen der Versteinerungen im Gestein.

Im Brandschiefer sind die Fossilien mehr oder weniger plattgedrückt, nur die Bryozoen bilden eine Ausnahme. Besonders haben durch den Gebirgsdruck die Trilobiten gelitten, deren Schale dabei leicht abblättert. Auch die Brachiopoden mussten leiden, doch in geringerem Grade, so dass sie meist gut isolierbar sind. Der Frost wirkt auf den Brandschiefer besonders schnell zerstörend ein, indem gerade die Brachiopoden in schönster Weise auspräpariert werden. Die abgebildeten Brachiopoden (Taf. I) sind solche durch die Natur präparierte Exemplare: der Sammler braucht nur noch mit Seife und Bürste nachzuhelfen.

Die besten Trilobiten und Graptolithen liefern die bituminösen Kalksteine, wo die Fossilien im Relief erhalten sind.

Die schönsten Funde aber gehören den Kalksteinflächen gegen den Brandschiefer an, weil die Versteinerungen vom Kalkstein gegen Druck geschützt wurden, während der leicht abpräparierbare Brandschiefer die Aussenseiten bedeckt oder die Innenseiten ausfüllt. Beispiele solcher Vorkommen bieten auf Taf. IV die Fig. 4 mit *Cheirurus spinulosus* und *cephaloceros*; Fig. 4 mit *Cyrtometopus plautini*, u. a.

Im Gegensatz zu den Trilobiten sind die Brachiopoden im Kalk weniger erreichbar, man muss sich gewöhnlich mit den Brandschiefer- oder „Grenz"-Exemplaren begnügen.

Es folgt also, dass im Brandschiefer die Bryozoen und die Brachiopoden wegen der guten Erhaltung am auffallendsten sind;

die Trilobiten aber und Ostrakoden sind im Kalk besser erhalten und deshalb bemerkbarer als im Brandschiefer. Diese täuschenden Umstände mussten bei der Beurteilung der wahren Faunenverbreitung in Rechnung gezogen werden; die genauere und möglichst objektive Untersuchung ergab, dass die Kalkbänke und die Brandschieferflöze nach der „Bevölkerungsdichte" einander fast gleichkommen dürften. Einige Ausnahmen konnten aber doch festgestellt werden.

C. Die Verbreitung der Fauna in den Brandschiefer- und Kalkschichten der produktiven Fazies. Vergleich mit der westlichen Fazies.

Die schlossführenden Brachiopoden sind in den Kalkbänken und Kukersitschichten gleichmässig verteilt. Die schlosslosen Lingulen und Siphonotreten sind dagegen nur in den Kalkschichten verbreitet. Die gegenwärtigen Lingulen sind Flachseebewohner, und demnach müsste der Kalkstein, nicht aber der Brandschiefer, im flachen Wasser entstanden sein, — wenn nur dieser Umstand genügend überzeugend wäre.

Die Ostrakoden, Trilobiten, Kephalopoden (*Lituites*, *Endoceras*) und Anneliden sind gleichmässig in den beiden Gesteinen verbreitet; es sind dies alles s c h w i m m e n d e Formen. Von Graptolithen liegen mir drei gute Funde aus der Kalkbank X vor; in den anderen Schichten, den Schiefer mitgerechnet, wurden ebenfalls einzelne Äste und Fetzen gefunden.

Muscheln und Schnecken sind bis jetzt nur in den Kalkbänken, nicht im Brandschiefer, gefunden worden; Zystiden sind in den Kalkbänken und Knollenschichten häufig (*Echinosphaerites aurantium*), — aus dem reinen Brandschiefer sind nur einige Funde bekannt; die Krinoiden, nach den Stielgliedern zu urteilen, lebten vorwiegend in den Kalkbänken. Bryozoen sind wie in den Kalkbänken, so auch in den Kukersitflözen, besonders in den tieferen Lagen (Schicht V), äusserst auffallend und häufig.

Es ist also für den Brandschiefer die Abwesenheit gewisser Formen und Gruppen festgestellt worden, welche alle in den Kalkbänken zu finden sind. Ausserdem sind im Brandschiefer auch keine Eigentümlichkeiten bemerkt worden: alle seine Formen kommen in den Kalkbänken ebenfalls vor.

Die verbreitetsten Formen sind die freischwimmenden; die

kriechenden und sesshaften (Schnecken, Muscheln, Zystiden usw.) fehlen im Brandschiefer (Ausnahme: die schlossführenden Brachiopoden), so dass man ihn als eine für gewisse Bodenbewohner ungünstige Unterlage ansehen kann.

In den „Beiträgen zur Kenntnis der Kukruse-Stufe, I" wurde darauf hingewiesen, dass Muscheln in der westlichen Fazies weit häufiger sind als im produktiven Gebiete, und dasselbe muss auch in Hinsicht der Zystiden und besonders der Krinoiden (*Hoplocrinus*) betont werden. Es scheint, als ob das kalkige Sediment der westlichen Fazies gleichwie die Kalkbänke des produktiven Gebietes für die Bodenbewohner bessere Lebensbedingungen bot, als der Schlamm des Brandschiefers (Ausnahme: *Bryozoa*). Die vom Untergrund weniger abhängigen schwimmenden Formen weisen eine gleichmässigere Verbreitung auf. Ob dabei Tiefenunterschiede mitgewirkt haben, ist zweifelhaft.

Die *Gloeocapsamorpha*-Flora, aus der sich nach Zalessky im wesentlichen der Brandschiefer zusammensetzt, fehlt in den bituminösen Kalkbänken nicht und hat an deren Aufbau einen ganz beträchtlichen Anteil. Die Lebensweise dieser Kukersitalge ist unbekannt (bodenbewohnend oder schwebend?).

Ausser der *Gloeocapsamorpha* mit problematischer Lebensweise ist aus der Kukruse-Stufe eine bodenbefestigte Kalkalge (Siphonee) *Coelosphaeridium kohtlense* Bekker bekannt. Das Vorkommen dieser Alge ist hauptsächlich auf die Schicht VIII („Doppelkalk") beschränkt. Ausserhalb der produktiven Fazies ist sie noch nicht gefunden worden.

D. Einbettung und Erhaltungszustand der Fossilien.

Bryozoa. Nach der äusseren Form können zweierlei Ausbildungsarten der Stöcke unterschieden werden.

1. Moos-, netz- und fadenartige zarte Kolonien, wie *Chasmatopora* (Taf. I, Fig. 2), *Pseudohornea* u. a., welche sich gewöhnlich netzartig auf dem schlammigen Boden ausbreiten [1]) und im Brandschiefer 20 cm und mehr im Durchmesser gross werden können. Sie sind nicht gleichmässig verteilt, sondern bilden besonders reiche Schichten, die mit bryozoenarmen Schichten abwechseln. Solche Anhäufungen von auf dem Boden aufliegenden Bryozoen konnten möglicherweise bei einer verzögerten Sedimentation entstehn,

1) In vertikaler Richtung wachsende Kolonien sind nicht nachgewiesen worden.

denn sonst mussten die Tiere verschüttet werden, ehe sie ihre volle Grösse erreicht hatten. Auch in einer bis zum Boden durchwühlten See sind diese zarten Gebilde nicht gut denkbar.

Die Lage dieser *Bryozoen* ist immer die ursprüngliche; sie liegen parallel zur Schichtung, mit der epithekalen Seite nach unten gerichtet.

In besonderen Fällen konnte für *Chasmatopora furcata* Eichw. im Kukersit festgestellt werden, dass die ausserhalb des Wachstumszentrums liegenden Teile der Kolonie allmählich in höherliegende Schichten übergingen; es entstand der Eindruck, als ob die Mitte der Kolonie vom Sediment verschüttet war, die Ränder aber ihre Stellung an der Oberfläche zu erhalten suchten; es änderte sich auch die Wachstumsrichtung, indem über den schon eingebetteten Partien sich sozusagen ein neues Stockwerk ausbreitete. Der „Emersionswinkel" hing wohl von der Sedimentationsgeschwindigkeit ab; der ganze Vorgang erforderte ruhiges Wasser, damit die Wasserbewegung die zarten, dem leicht aufschlemmbaren Sapropel aufliegenden Gebilde nicht zerstöre oder das aufgeschlemmte Sediment sie nicht zu rasch verschütte. Dieses ist denkbar bei jeder Sedimentart, sei es Kalkkarbonat, benthonische oder planktonische Algen usw.

2. Zur zweiten Gruppe der Bryozoen rechnen wir die konischen, zylindrisch-konischen, seltener tellerartigen Stöcke, wie *Diplotrypa petropolitana*, die früher zu den Tabulaten gerechnet wurden.

Diplotrypa petropolitana und eine andere Art, *D. bicornis*, sind häufige Erscheinungen in allen Schichten der Kukruse-Stufe und kommen in allen Kalkstufen des unteren und mittleren ostbaltischen Ordoviziums vor. Sie sind fast immer in der ursprünglichen Lage zu finden und stehen senkrecht zur Schichtung, mit der Epitheke zum Boden hin gerichtet. In seltenen Fällen sind sie umgeworfen (Taf. II, Fig. 3).

Lamellibranchiata. Beobachtungen über die Einbettungsart der Muscheln liegen nur aus der westlichen Fazies vor. Es sind nur Steinkerne, die vom Muttergestein dicht ohne Fugen umgeben sind, was nicht zu dicke Schalen vermuten lässt. Die Abdrücke der Muskelhaftflecke sind nur in wenigen Fällen deutlich. Es sind integripalliate Formen, unter denen auch eine Heteromyare beobachtet worden ist. Auch eine monomyare Muschel habe ich gefunden, die zum Teil ihre dünne Schale erhalten hat. Diese Funde sind noch nicht näher bestimmt.

Die häufigste Muschel ist *Aristerella nitiduloides* Bekker, welche, gleich den anderen, in kleinen Gruppen vorkommt; bei allen Muscheln liegen die beiden Schalen stets im Zusammenhang vor und sind der Schichtung parallel eingebettet.

Trilobita. Grössere Exemplare sind immer nach der Schichtung gestreckt. Es war nicht in jedem Falle möglich festzustellen, ob die gewölbte Dorsalseite nach oben oder nach unten eingebettet war. Kleinere Exemplare aber sowie grössere Bruchstücke sind gewöhnlich richtungslos eingebettet und können sogar mit der längeren Achse senkrecht zur Schichtung stehn (Taf. II, Fig. 1). Isolierte Pygidien von *Asaphus* sind oft nach der Schichtung gerichtet zu finden, aber eine bestimmte Orientierung der Wölbung ist nicht beobachtet worden.

Ganze Trilobiten sind äusserst selten, isolierte Glieder aber (Wangen, Cranidien, Segmente usw.) sind sehr häufig, seltener sind sie zerbrochen oder verletzt. Wenn so etwas vorliegt, kann es auch „künstlich" (durch den Sammler) hergestellt worden sein. Aber wie überall, so auch hier, gibt es keine Regel ohne Ausnahme, indem zartere Formen manchmal zersplittert sind.

Brachiopoda. Es kommen verschieden geformte Schalen vor, von den platten Lingulen und Cranien bis zu den stark gewölbten Poramboniten, Rafinesquinen usw. Nach der Krümmung können plankonvexe, konkavkonvexe und bikonkave Formen unterschieden werden.

Lingulen kommen häufig vor in den Kalkschichten VI, VIII und X, besonders aber in VIII; immer sind sie senkrecht zur Schichtung gestellt, mit der Stielöffnung nach unten gerichtet, auch wenn die Klappen verschoben oder verletzt sind. Offenbar lebten die Kukersschen Lingulen in dem Schlamm eingegraben, wie es auch die gegenwärtige *Lingula* zu tun pflegt.

Pseudocrania planissima (Taf. I, Fig. 1, Per.) und dessen Gattungsgenossen sind nur selten in ganzen Exemplaren zu finden. Gewöhnlich liegen die Klappen vereinzelt im Gestein und sind sogar im Brandschiefer richtungslos eingebettet (Taf. II, Fig. 1).

Die *Clitambonites- (C. squamatus,* das häufigste Fossil) und *Orthis*-Arten sind ziemlich dickschalige Formen mit ungleich gewölbten Klappen. Ganze Exemplare sind richtungslos eingebettet, isolierte Klappen liegen oft nach der Schichtung gestreckt vor.

Eine gesetzmässige Orientierung der Wölbung konnte nicht festgestellt werden.

Die grossen dünnschaligen *Leptaena estonensis* Bekker und *Strophomena* sp. (Taf. I, Fig. 1) sind häufig, *Plectambonites sericeus* Sow. und die „überwölbten" Rafinesquinen *(R. dorsata* Bekker) sind massenhaft vertreten. *Plectambonites sericeus* bildet oft grössere Lagen, die als echte Brachiopodenbänke zu deuten sind; die Klappen sind immer im Zusammenhange und zeigen keine bestimmbare einseitige Orientierung, die der Schichtung ausgenommen (Taf. II, Fig. 2).

Die Poramboniten *(P. teretior, aequirostris, kukersianus)* sind symmetrisch und stark gewölbte Brachiopoden. Sie kommen gewöhnlich als ganze Exemplare vor und liegen im Gestein vertikal zur Schichtung, die Stielöffnung nach unten gerichtet. Diese Brachiopoden sind im Brandschiefer deshalb oft mit eingedrücktem Vorderrand zu finden (Taf. I, Fig. 3). Es sind wahrscheinlich im Schlamm eingegrabene Tiere gewesen.

Es ist anzunehmen, dass die Orientierung der Brachiopodenschalen nach der Wölbung in der Kukruse-Stufe keine Regel ist. Es entsteht der Eindruck, als ob die Schalen überhaupt sehr wenig nach dem Tode und der Verwesung der Tiere bewegt worden sind. Eine seltene Ausnahme ist das Kukersitstück auf Taf. I, Fig. 1, wo alle Brachiopodenschalen eine gleichartige Richtung der Wölbung zeigen Dieses ist aber das einzige derartige Stück, welches ich aussuchen konnte. Die 8 Brachiopodenklappen gehören 6 besonderen Gattungen zu, sind alle verschieden gewölbt und die beiden *Orthis*-Klappen gehören offenbar einem und demselben Exemplare an.

Es muss auch die besonders schöne Erhaltung der Kukruse-Brachiopoden hervorgehoben werden. Niemals sind die Schalen abgerieben oder abgerollt, und wenn ähnliches vorliegt, sind es solche Exemplare, die vom Frost aus dem Gestein auspräpariert und durch Verwitterung angegriffen worden sind.

Krinoiden habe ich nur in der westlichen Fazies beobachten können, wo sie in wenig bewohnten Bänken vorkommen. Es sind eigentlich keine Krinoidenbänke, sondern nur „Fundstellen" guter Exemplare. Es kommen Kelche mit erhaltenen Armen vor.

Zystiden *(Echinosphaerites aurantium* nämlich) sind sehr verbreitet. In der Brandschieferfazies kommen sie aber nur in

den Kalkbänken vor, besonders unterhalb der Schicht VIII. Sie erscheinen oft als Kalkspatdrusen, indem auf jeder Platte mit der Spitze radial zur Mitte gerichtet je ein Krystall aufsitzt. So schön und „schlammdicht" konnten sich die Echinosphaeriten nur dann erhalten, wenn keine Verletzung vorlag und wenn sie nach dem Tode vom Wasser wenig bewegt wurden. Andere Zystiden, wie *Cystoblastus kokeni*, *Chirocrinus granulatus* usw., sind äusserst selten.

Aus den angeführten Beispielen können wir schliessen, dass die Lage der Fossilien von der Wellenbewegung offenbar nicht beeinflusst worden ist: es ist keine bestimmte Orientierung nach der Wölbung, keine Auswahl festzustellen; die Fossilien, obwohl sie vom Sediment verhältnismässig langsam bedeckt wurden, sind keineswegs abgerieben oder mechanisch abgerundet. Diese Beobachtungen stehen in gutem Einklang mit der festgestellten wagerechten Beständigkeit der einzelnen Schichten, welche in wellenbewegtem Wasser Schwankungen der Mächtigkeit und sogar Transversalschichtung aufweisen müssten, was aber nicht der Fall ist.

E. Spezialisierte Formen.

Trilobita. Aus der Kukruse-Stufe sind fünf Trilobiten mit hochgestielten Augen bekannt, nämlich *Asaphus robergii* Wiman (Taf. III), *Lichas inexspectatus* Fr. Schmidt und drei *Cybele*-Arten: *rex*, *coronata* und *xiphere*. Auch eine augenlose Art, *Ampyx rostratus* Sars, ist reichlich vertreten.

Brachiopoda. Bei einigen Exemplaren von *Clitambonites squamatus* und *marginatus*, gleichwie *Orthis sp.*, ist es in seltenen Fällen zu beobachten, dass der Vorderrand nicht mehr in der ursprünglichen Kurve weiterwächst, sondern steil abbiegt, ja sogar sich ein wenig in die Schale hinein krümmen kann (Taf. I, Fig. 4, 5). Es entsteht dabei eine Raumvergrösserung, ohne dass sich der Umriss zu vergrössern braucht. Weigelt will diese Erscheinung mit dem Trockenlaufen bei Ebbe in Zusammenhang bringen. In der Kukruse-Stufe wäre das demnach nur eine relikte, unbrauchbar gewordene Anpassung.

Eine andere Erklärung der Sache wäre die Annahme, dass der Mantel langsamer wächst, als sich der Kalk an seinem Randsaum abscheidet. Um eine Verdickung des Schalenrandes zu vermeiden, werden die Kalkschichten niedriger abgelagert, der

Stirnrand wird abgebogen und wächst, aber sein Abstand vom Hinterrande bleibt unverändert. Dieser Knick in der Wachstumskurve der Schale kann durch innere Gründe bedingt sein, ein Trockenlaufen bei Ebbe ist nicht unbedingt nötig. Bei denselben Brachiopoden ist zuweilen Hypertrophie zu beobachten (*Clitambonites marginatus*, Taf. I, Fig. 7).

Die Sinus- (Sattel-) Bildung mancher Brachiopoden kann vielleicht ebenfalls als eine Anpassung an ein wenig bewegtes Wasser aufgefasst werden, wo das Tier selbst für einen genügenden Wasserwechsel sorgen muss. Bei jungen Poramboniten fehlt die Ausbuchtung fast gänzlich, aber sie nimmt mit dem Alter stark zu. Der Schlossrand der Poramboniten bildet einen Bogen, die Zähne greifen tief in die Gruben, so dass die Öffnungsmöglichkeit sehr beschränkt zu sein scheint. Beim Wachstum vergrössert sich der innere Raum mit dem Tiere offenbar schneller als der Umriss der Schale (aus geometrischen Gründen), und um die Nahrungszufuhr zu vergrössern, muss auch der Zirkulationsschlitz vergrössert werden. Der gebogene Schlossrand lässt es aber nicht in nötigem Masse durch stärkeres Öffnen zu, und die Vergrösserung wird durch Sinus-Sattel-Bildung erzielt; bei konstanter Öffnungsweite wird also die Fläche der Öffnung vergrössert. Bei den Kukersschen Poramboniten muss diese Erscheinung, wenn sie in der Tat eine Anpassung ist, als vererbt betrachtet werden und kann nicht als Tiefenmass gelten. Sie kann auch im seichten, bewegten Wasser, wo die Stoffzufuhr durch die Wellenbewegung erleichtert wird, weiterbestehn, entwickelt und hypertrophiert werden. Diese Anpassung hat noch den Vorteil, dass das Tier gegen die äusseren Feinde gleichfalls durch die enge Öffnung geschützt wird. Wo eine gerade Area vorliegt, ist die Öffnungsmöglichkeit besser, und in der Tat kennen wir bei den Orthiden, Clitamboniten, Leptaenen, Rafinesquinen usw. nur seltene und beschränkte Ausbuchtungen.

Aus diesen Beispielen ist wohl zu schliessen, dass solche Deformationen, Anpassungen usw., abgesehen davon, wie sie entstanden, im Widerspruch mit der gegenwärtigen Lebensweise der Art sein können, und deshalb nicht als Tiefenlot verwendbar sind.

F. Die terrigenen Bestandteile der Kukruse-Sedimente.

Die chemischen Untersuchungen Schamarin's ermöglichen einen Einblick in die petrographischen Eigenschaften der Kukruse-Sedimente. Die untersuchten Proben stammen aus Kukruse (= Kuckers), aus einem nicht näher bestimmbaren Profil. Die in der folgenden Tabelle angeführte Deutung der Schichtenbezeichnungen von Schamarin ist nicht ganz sicher.

Aus dieser Tabelle kann geschlossen werden:

1. Dass im Durchschnitt die Brandschieferschichten etwas mehr von klastischen Bestandteilen enthalten, als die Kalkschichten. Dieses scheint auch für die übrigen Schichten richtig

Das untersuchte Profil			„Autochthone" Bestandteile		Terrigene Bestandteile		
Charakter der Schichten	Neuere Bezeichnungen	Schamarins Bezeichn.	Organ. Substanz	$CaCO_3 + MgCO_3$ (Spur)	Ton (Al_2O_3, SiO_2, K, Na, CaO)	Quarzsand	Summe der terrigenen Bestandt.
Kalkstein 0,6 m		I	1,03 %	83,5	6,46	7,14	13,6
Kukersit 0,3 m	XIII—XV	II	44,9	35,6	9,48	7,8	17,34
Kalkstein 0,4 m		III	3,55	83,48	4,67	4,50	9,17
		IV					
Kukersit 1,33 m	XI—XII	V					
		VI a	34,28	40,87	9,9	10,77	20,67
		VI b					
Kalkstein 0,26 m	X	VII	8,39	68,35	10,48	10,50	20,98

zu sein, indem nach Wittlich-Weshnjakow in der Schicht V (Kukersit, 0,7 m) 11,5 % $Al_2O_3 + SiO_2$, in III (Kukersit) 35 % $Al_2O_3 + SiO_2$ (der höchste Gehalt an klastischen Komponenten überhaupt) und in VIII (Kalkstein) — 9,6 % gefunden wird.

2. Aus Schamarins Analysen folgt, dass Ton und Quarzsand in allen Schichten fast in gleichem Verhältnis vorkommen. Dasselbe folgt auch aus den Angaben von W.-W., denn mit dem steigenden Gehalt an SiO_2 steigt auch die Menge des Al_2O_3.

Diese Umstände sprechen für eine offenbar konstante Zufuhr der klastischen Bestandteile.

Die Quarzkörner können nur unter starker Vergrösserung unterschieden werden. Diese Feinheit des klastischen terrigenen Materials weist auf eine grössere Entfernung vom Festlande hin. Ob die verschiedenen Mengen dieser Bestandteile gleich-

wie ihr Vorwiegen im Kukersit durch Änderungen des Uferabstandes zu erklären sind, ist nicht sicher; diese Schwankungen können auch durch die wechselnde Sedimentationsgeschwindigkeit der Hauptkomponenten (org. Substanz, $CaCO_3$) verursacht sein, wobei die Konzentration der terrigenen Bestandteile von der Menge der ozeanogenen Komponenten beeinflusst wurde [1]).

G. Schlussfolgerungen.

1. Die Beständigkeit einzelner, nur wenige 10 cm mächtiger Kalk- und Brandschieferschichten weist auf eine ungestörte, gleichmässige, küstenferne Ablagerung hin.

2. Im ganzen Gebiete der Kukruse-Stufe und seinen unmittelbaren Fortsetzungen sind keine litoralen Ablagerungen bekannt.

3. Von Wichtigkeit ist ebenfalls die Feinheit der terrigenen Komponenten in den Kukruse-Sedimenten, gleichwie ihre verhältnismässig geringe Menge.

4. Aus der Lage der Brandschieferfazies geht hervor, dass diese vom übrigen Kukruse-Meere keineswegs abgetrennt war, sondern mit ihm zusammen ein Ganzes bildete.

5. Die geschilderte relative Armut der Kukersit-Fauna gegenüber den Kalkbänken ist offenbar nicht von der Tiefe, sondern vom Sediment abhängig: der Sapropel war für manche Bodenbewohner ein ungünstiges Substrat. Es sind keine sichere Beweise dafür anzuführen, dass die Kalkbänke und der Kukersit sich in verschiedenen Tiefen ablagerten.

6. Die oberflächliche Wellenbewegung reichte nicht bis zum Boden des Kukruse-Meeres, wofür die Einbettungsart und der Erhaltungszustand der Fossilien spricht. Dieses gilt wie für den Brandschiefer selbst, so auch für die Kalkbänke beider Fazies.

7. Dickschalige, bestimmt Strandwasser bewohnende Tierformen fehlen im Kukruse-Meere. Es sind dünnschalige Brachiopoden verbreitet.

---

1) In dem Falle, wo die Zufuhr terrigener Bestandteile konstant war, sind Schichten von verschiedener Mächtigkeit, aber gleichem Gehalte an Sand und Ton in gleich langen Zeiträumen entstanden und umgekehrt. Wir haben somit ein relatives Zeitmass, eine geologische Uhr vor uns, indem die Sedimentationszeiten sich wie die Gehalte an terrigenen Bestandteilen verhalten. Die Ablagerung der Brandschieferschichten muss also länger gedauert haben als die der Kalkbänke. Die Mächtigkeit der letzteren wurde ausserdem durch die subaquatische Korrosion noch vermindert.

8. Das Vorkommen von Trilobiten mit spezialisierten Augen kann auf die Nähe lichtarmer Tiefen hinweisen.

9. Die Lebensweise der Kukersit-Alge ist aus den Sedimentationsverhältnissen nicht zu ermitteln.

Der Kukersit gleichwie die ganze Stufe kann offenbar eine küstenferne Ablagerung darstellen, die in einem offenen, unmittelbar dem Ozean zugehörigen Meeresraum entstand. Die Tiefe des Meeres scheint in horizontaler Richtung eine gleichmässige gewesen zu sein, und der Boden muss seine Lage ausserhalb der wellenbewegten Wasserschichten gehabt haben, was auch von Lindenbein zugegeben wird. Die unterste Tiefengrenze ist in der Nähe der Lichtlosigkeit anzunehmen und konnte demnach höchstens 2—300 m erreichen. In dem Falle, wenn die Kukersitalge zur Bodenwelt gehörte, müssen wir eine geringere Tiefe annehmen. Dieses muss auch speziell für die Schicht VIII gelten, wo die Siphonee *Coelosphaeridium* ihren Hauptsitz hat.

Zur Erklärung des Gesteinswechsels (Kukersit — Kalkstein) wird von Lindenbein eine Oszillation der Küsten angenommen, indem die Kukersitschichten einer Verflachung entsprechen. Die Kalksteinschicht VIII aber, der *Coelosphaeridium*-Kalk, enthält nur 0,8% organischer Bestandteile, ist frei von Kukersit und wird deshalb im Gegensatz zu anderen Schichten von H. Bekker als eine wirklich marine Schicht gedeutet, die einer positiven Meeresbewegung entspricht. Das Vorhandensein der Siphoneen in dieser Kalkbank ist jedoch ein der (benthonischen) *Gloeocapsamorpha* gleichwertiges Tiefenmass, so dass kein Grund vorhanden ist, für die Kalkbank VIII und die benachbarten Kukersitflöze verschiedene Tiefen anzunehmen. Dasselbe kann auch von den übrigen Schichten gesagt werden. Demnach ist eine Oszillation des Meeresbodens und der Küstenlinie vorläufig nicht nachweisbar, und wenn eine solche vorliegt, ist nicht festzustellen, welches Gestein und welche Schichten der negativen und welche — der positiven Bewegung ihr Dasein verdanken. Petrographisch gleichartige Schichten können entgegengesetzten Phasen angehören.

Von verschiedenen Autoren wird dem Kukersit entweder eine allochthone oder eine autochthone Entstehungsart zugeschrieben. Wenn das produktive Gebiet ein Sammelbecken ausserhalb

lebender Kukersitalgen war, ist der Ausdruck „allochthon" berechtigt, unabhängig davon, ob die Algen zum Benthos oder zum Plankton gehörten. Wenn das produktive Gebiet gleichzeitig das Algenmeer war und die Algen benthonisch lebten, so ist der Kukersit offenbar „autochthon". Waren es aber planktonische, schwebende, bodenlose Pflanzen, so blieben sie immer „bodenfremd"; der Kukersit wäre demnach gewissermassen allochthon, aber der gesamte Kukersit im ganzen Gebiete könnte doch als „autochthon" bezeichnet werden, weil seine gegenwärtige Lage im Gestein die primäre ist. Es konnten jedoch auch Kombinationen verschiedener Möglichkeiten vorkommen.

Alle besprochenen Umstände sowie die petrographische Beschaffenheit der Sedimente sind nicht im Stande das Problem der Kukersitalge zu lösen. Höchstens kann angenommen werden, dass das produktive Gebiet das Algenmeer war, unabhängig davon, ob die *Gloeocapsamorpha prisca* Zalessky den Boden bewohnte oder im Wasser schwebte.

H. Bathymetrische Verhältnisse im übrigen ostbaltischen Ordovizium.

Der pelagische Charakter der Kukruse-Stufe ist im ostbaltischen Ordovizium keineswegs eine Ausnahme. Vom Echinosphaeritenkalk angefangen, weisen die ordovizischen Stufen des Ostbaltikums untereinander keine Lücken auf, sondern es bestehen unter ihnen immer allmähliche Übergänge. Es sind zudem keine einander gegensätzlichen Fazies zu beobachten, die Variationen der Kalksteine und das Auftreten lokaler Dolomite ausgenommen.

Die unterhalb des Echinosphaeritenkalkes (C_1) liegenden Ablagerungen [1]), die ostbaltischen Äquivalente des Tremadoc's und Arenig's, welche der Transgression des Ordoviziums entsprechen, besitzen eine grössere Mannigfaltigkeit der Gesteine und es ist möglich eine Reihe von Schwankungen festzustellen, wobei es aber nicht immer zur Trockenlegung oder echten Strandbildungen kam.

1) Vaginatenkalk (B_3), Glaukonitkalk (B_2) } Arenig-Äquivalente
Glaukonitsand (B_1), Dictyonemaschiefer (A_3), Obolensandstein (A_2) } Tremadoc-Äquivalente

So scheint die Kalksandsteinfazies des Vaginatenkalkes ($B_{3a,b}$ — Schmidt; B_{III} — Lamansky) im Westen von Eesti für die Kukersit-Frage nicht ohne Bedeutung zu sein, weil sie ebenfalls Bitumen enthält und ähnlich wie die bituminösen Kalkbänke der Kukruse-Stufe hellgelb bis bräunlichgelb und braun gefärbt ist. Koslowsky, ein Mitarbeiter von Pogrebow [1]), hat diesen bituminösen Sandkalk bei Pakerort, Türisalu usw. beobachtet und Zalessky [1]), dem eine Probe zugeschickt wurde, behauptet, dass das Bitumen auch hier von *Gloeocapsamorpha prisca* gebildet sei, also ebenfalls „Kukersit" darstelle. Chemische Untersuchungen fehlen gänzlich, so dass eine vollständige Identifizierung verfrüht zu sein scheint. Der Geruch beim Hammerschlag aber ist, wie ich es bei Pakerort, auf Rogö usw. beobachtete und an Kukersithandstücken (bitumin. Kalk aus Kohtla) nachprüfen konnte, in den beiden Fällen der gleiche.

Der Vaginatenkalk ist älter als die Kukruse-Stufe, indem zwischen den beiden noch der Echinosphaeritenkalk eingelagert ist. Die Ähnlichkeit zwischen C_2 und B_3 geht trotzdem weiter, indem die Kalksandsteine der Vaginaten-Stufe gleichzeitig eine mehr als gewöhnlich individuenreiche Fauna führen, besonders hinsichtlich der Brachiopoden, Trilobiten und Bryozoen.

Eingehender werden diese Beziehungen in einer anderen Mitteilung besprochen werden, weil das Material über die Sandfazies des Vaginatenkalkes zum Teil noch ergänzt werden muss.

Einige Umstände geben Veranlassung, für die Vaginaten-Stufe die Nähe des Festlandes zu vermuten; und wenn die Kukersitalge wirklich auch hier zu finden ist, so wird diese Tatsache von Wichtigkeit sein bei der Entscheidung der Frage nach der Lebensweise der *Gloeocapsamorpha* und der Entstehung des Kukersites überhaupt.

3.

Über einige bemerkenswerte oder neue Versteinerungen aus der Stufe C_2.

In den „Beiträgen zur Kenntnis der Kukruse-Stufe I" wurde auf die innigste Verwandschaft der Faunen der C_2-Stufe und des älteren Chasmopskalkes des nordbaltischen Gebietes hinge-

1) Погребовъ. „Прибалтійскіе горючіе сланцы". Ест. производ. силы Россіи T. IV. (Pogrebow. „Die baltischen Brennschiefer.")

wiesen. Die weiter unten beschriebenen *Asaphus robergi* und *A. fennicus* bestätigen ihrerseits diese Tatsache, und es kommt noch *Illaenus schmidti* hinzu, welcher bisher nur im Echinosphaeritenkalk (C_2) bekannt war, jetzt aber mit Sicherheit auch in C_2 nachgewiesen ist.

Mehrere schöne Trilobiten und andere Versteinerungen sind von Herrn K. Luts, Dir. der Ölfabrik Kohtla, dem Geologischen Museum zu Tartu geschenkt oder durch seine Vermittelung erhalten worden. Es ist mir eine angenehme Pflicht, ihm meinerseits den besten Dank für seine verständnisvolle Teilnahme auszusprechen.

Herrn M. Klužinsky, Dir. des Tagebaues bei Sala unweit Püssi (= Isenhof), der mich wiederholt gastfreundlich aufnahm und mir meine Forschungen im Schieferbau ermöglichte, bin ich zu herzlichem Danke verpflichtet.

Asaphus fennicus Wiman.

Taf. II, Fig. 7; Taf. IV, Fig. 3; Textfig. 2.

1908. C. Wiman. „Studien über das nordbaltische Silurgebiet II", Upsala. Pag. 111. Taf. VI, Fig. 14.

1921. H. Bekker. „The Kuckers Stage of the Ordovician Rocks of NE Estonia", Tartu. Pag. 86. Pl. XI, Fig. 2. (*Asaphus platyurus* Angelin).

1925. A. Öpik. „Beiträge zur Kenntnis der Kukruse-(C_2-)Stufe in Eesti I", Tartu. Pag. 9.

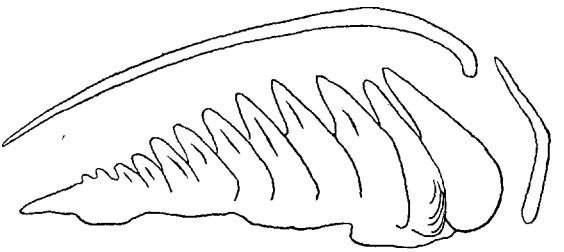
Das abgebildete (Taf. IV, Fig. 3), nur 1,4 cm lange Exemplar ist von H. Bekker gefunden worden.

Zur Beschreibung Wiman's kann hinzugefügt werden, dass nicht nur die freien Wangen, sondern auch die Pleuren in Spitzen auslaufen, wie es die Textfigur 2 zeigt. Die Bestimmung konnte bestätigt werden durch den Vergleich mit einem Abdruck des Helsingforser Exemplares. Ausserdem fand sich auch im Geol. Museum zu Tartu ein nur wenig verletztes Exemplar mit erhaltenen Augen. Es zeigt ebenfalls die zugespitzten Pleuren; der Umschlag des Pygidiums ist „megalaspisartig schmal", und die Länge beträgt ebenfalls 1,4 cm (beim Wiman'schen Exemplar 1,3 cm). Aber nicht nur seinem Aussehn, sondern auch seiner Herkunft nach lässt dieses Stück an der Richtigkeit der Bestimmung nicht zweifeln. Die Etikette ist von Grewingk's Hand geschrieben und lautet so: „№ 410. *Asaphus*? Gotland, Estland oder Ösel?" Offenbar stammt dieser Trilobit aus dem Åland-Gebiete und wurde wahrscheinlich im Geschiebe gefunden.

In Bruchstücken konnte ich *Asaphus fennicus* bei Tallinn (= Reval), Sala (bei Püssi = Isenhof) und Vanamõisa nachweisen.

Horizont: Kukruse-Stufe (C_2) in Estland; älterer Chasmopskalk des Nordbaltikums.

1.



2.

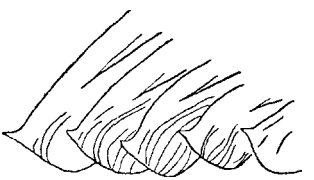


Fig. 1 (oben). *Eunicites bekkeri*, aus dem Brandschiefer. × 45. (Seite 27).
Fig. 2 (unten). *Asaphus fennicus* W i m a n. Die zugespitzten Pleuren des in Taf. IV, Fig. 3 abgebildeten Exemplares. × 45. (Seite 21).

Asaphus robergi W i m a n.

Taf. III, Fig. 2, 3, 4.

1898. Fr. S c h m i d t. „Rev. d. ostbalt. silurischen Trilobiten". Abt. V, Lief. I, p. 76. Taf. VIII, Fig. 11. (*Asaphus lepidus* = *nieszkowskii*).
1908. C. W i m a n. „Studien über das nordbalt. Silurgebiet II", Upsala. Pag. 110. Taf. V, Fig. 3, 4.
1921. H. B e k k e r. (*Asaphus ornatus* P o m p.). „The Kuckers Stage etc." Pag. 86. Taf. XI, Fig. 2.
1925. A. Ö p i k. „Beiträge zur Kenntnis etc. I". Pag. 9. Taf. 1, Fig. 2.

Diese Art wurde in der Kukruse-Stufe anfangs nur auf Grund einer freien Wange mit dem bezeichnenden Stielauge bestimmt. Im Sommer 1925 erhielt das Geol. Museum zu Tartu von Herrn K. Luts in Kohtla zwei ganze Exemplare, von denen das eine noch sein rechtes Auge besitzt, beim anderen aber gelang es das Hypostoma auszupräparieren.

Die nähere Untersuchung der Sammlungen im Geol. Museum, besonders der unbestimmten Sammlungen, ergab noch 4 mehr oder weniger gut erhaltene, zum Teil eingerollte

Trilobiten dieser Art, bei denen die Stielaugen aber überall abgebrochen sind.

Ein Exemplar war auch schon Fr. Schmidt bekannt und sogar zum Teil beschrieben, was aus folgenden Zeilen zu ersehen ist: „die zuletzt angeführten Stücke (Taf. VIII, Fig. 11) ziehe ich nur mit Zweifel hierher. Das erste derselben ist ein vollständiges eingerolltes Exemplar, mit sehr breitem Pygidium und leider mit mangelhaft erhaltener Glabella und ohne Augen."

Die Masze sowie das von Fr. Schmidt abgebildete Pygidium stimmen vollständig mit den hier abgebildeten und mit dem Wiman'schen Exemplare überein.

Zur Beschreibung Wiman's kann noch hinzugefügt werden, dass das Hypostoma eigenartig ausgebildet ist: die *Maculae* sind sehr klein und die Spitzen des Hypostoms sind ein wenig gegeneinander gebogen.

Es ist wegen der Stielaugen eine Verwechslung des *Asaphus robergi* mit *Asaphus cornutus* aus der „Oberen Linsenschicht" (C_{1a}) möglich[1]).

Fundorte: Tagebau Kohtla(= Kochtel), woher die besten Exemplare stammen; Sala unweit Püssi(= Isenhof); Tallinn (= Reval), unweit des südlichen Leuchtturmes; Vanamõisa.

Horizont: Kukruse-Stufe in Estland; älterer Chasmopskalk des Nordbaltikums.

Basilicus lutsi sp. nov.

Taf. II, Fig. 4, 5; Textfig. 3 a, b.

Nicht ohne Bedenken kann diese Art unter *„Basilicus"* gebracht werden. Jedenfalls entspricht sie den Fr. Schmidt'schen Vorstellungen von dieser Untergattung nicht ganz.

Am nächsten zu unserer Art steht der amerikanische *Basilicus marginalis* Hall (P. Raymond, Annals of the Carnegie Mus., Vol. VII, № 1, 1910; Pl. XIX, Fig. 1, 2). Beide besitzen einen aufgeworfenen Vorderrand des Kranidiums und einen axialen Wulst vor der Glabella. Unterschiede liegen vor in der Form der Augendeckel, im Verlauf der Gesichtsnaht hinter den Augen, in den Glabellarfurchen usw.

1) Vergl. E. Kummerow, „Beiträge zur Kenntnis der Fauna und der Herkunft der Diluvialgeschiebe", Jahrb. d. Pr. Geol. Landesanstalt, Band XLVIII, 1927. Ich habe die auf S. 11 als *A. robergi* beschriebenen Trilobiten gesehen, sie gehören sicherlich zu *A. cornutus*. Auch der oolithische „Eisenlinsenkalk" ist das typische estländische *„cornutus"*-Gestein (C_{1a}).

Basilicus lutsi zeigt eine birnförmige, nach hinten nicht zugespitzte, Glabella; die zwei vorderen Furchen sind durch dunklere Farbe ausgezeichnet; die Basalloben sind stark entwickelt, und vor ihnen liegt noch eine weniger deutliche Anschwellung. Die Gesichtsnaht schneidet den Hinterrand in etwas grösserem Abstande als ihre grösste Breite vor den Augen.

a b

Fig. 3. *Basilicus lutsi.* Zwei einander ergänzende Kranidien. × 45. a stellt das auf Taf. II, Fig. 4 abgebildete Stück dar.

Der Nackenring ist tief umfurcht. Die beiden abgebildeten Kranidien (Textfigur 3) sind nur 2,3 mm lang. Das Pygidium (Taf. II, Fig. 5) gleicht dem des *B. marginalis.*

Fundorte: Kohtla(= Kochtel); Bergwerk Kukruse(= Kuckers).

Horizont: Kukruse-Stufe in Estland.

Cheirurus spinulosus Nieszk.

Taf. IV, Fig. 4.

Cheirurus spinulosus gehört zu den häufigsten Trilobiten im Brandschiefer, von ihm ist aber noch kein ganzes Exemplar bekannt geworden. Der Vorderrand des abgebildeten Kranidiums ist von einer Glabella des *Cheirurus (Nieszkowskia) cephaloceros* verdeckt.

Vorkommen: in jedem Aufschluss der Kukruse-Stufe, doch besonders häufig im Schieferbruch Kohtla(= Kochtel).

Horizont: Kukruse-Stufe (C_2) in Estland.

Cheirurus (Nieszkowskia) cephaloceros Nieszkowsky.

Taf. IV, Fig. 4.

Fundort: in allen Aufschlüssen der Kukruse-Stufe, aber nicht sehr häufig. Die Art kommt auch im Echinosphaeritenkalk vor.

Cheirurus (Cyrtometopus) plautini Fr. Schmidt.

Taf. IV, Fig. 2.

Es ist dies das erste ganze Exemplar dieses Trilobiten. Die Länge des Tieres beträgt 2,6 cm, die Breite 1,4 cm und die Länge des Kopfes 0,8 cm.

Fundort: Kohtla, von Herrn K. Luts erhalten. Ausserdem kommt die Art bei Tallinn(= Reval), Vanamõisa und Sala(= Sall) bei Püssi(= Isenhof) vor.

Horizont: Kukruse-(C_2-)Stufe in Estland.

Pseudasaphus tecticaudatus Steinh.

Taf. V.

Das abgebildete Exemplar ist wohl der grösste im ostbaltischen Gebiete jemals gefundene ganze Trilobit. Das auf Taf. V abgebildete Stück stimmt gut zu den Beschreibungen von Fr. Schmidt. Besonders stark sind die Wangenhörner ausgebildet. Die Panderschen Organe sind deutlich, aber klein. Ausser diesem Exemplar besitzt das Geologische Museum zu Tartu noch 2 ebenso grosse plattgedrückte Brandschieferexemplare und ein eingerolltes Stück.

Die Länge des ausgestreckten Tieres beträgt 22 cm; der Kopf ist 7,5 cm lang und 11,0 cm breit; das Pygidium ist 8,2 cm lang; die Augen sind 2,1 cm lang und rund 1 cm hoch.

Nach dem enormen Hypostoma aus den Sammlungen des Museums zu Tartu zu urteilen (Fr. Schmidt, Rev. d. ostb. Trilob. Abt. V, Lief. 3, Taf. III, Fig. 4), konnte *Pseudasaphus tecticaudatus* eine Grösse von über 0,5 Meter erreichen.

Fundort: die grossen Exemplare stammen alle aus Kohtla. Nach den Bruchstücken zu urteilen, sind sie im ganzen Gebiete verbreitet. Auch im Echinosphaeritenkalk kommt diese Art vor.

Pseudasaphus tecticaudatus Steinh., *var. laurssoni, nov. var.*

Taf. III, Fig. 1; Taf. IV, Fig. 1.

Diese Varietät unterscheidet sich von der Grundform durch abgerundete Wangenecken, etwas kürzere Augen und etwas grössere Wölbung des Kopfes. Der Umschlag des Kopfes und das Hypostoma sind gut erhalten und stimmen gut zur Grundform. Die Oberfläche des Kranidiums ist abgeblättert. Die Länge des Kopfes beträgt 6,3 cm, die Breite 11,5 cm; die Augenlänge ist = 1,8 cm.

Fundort: Schiefergrube Kohtla, von Herrn Laursson gefunden und dem Geol. Museum zu Tartu geschenkt.

Horizont: Kukruse-(C_2-)Stufe in Eesti.

Illaenus schmidti Holm.

Taf. II, Fig. 9, 10.

Die abgebildeten Stücke stimmen gut zu den Beschreibungen Holms; es war auch möglich, sie mit den Originalen der „Revision" zu vergleichen, von denen einige im Geol. Museum zu Tartu aufbewahrt werden.

Fundort und Horizont: in Estland im Echinosphaeritenkalk (C_1) in fast allen Aufschlüssen; in der Kukruse-Stufe (C_2) bei Kohtla, Kukruse Ärra(= Erras) und Sala(= Sall); im älteren Chasmopskalk des Nordbaltikums.

Illaenus crassicauda Wahlenberg.

Taf. II, Fig. 8.

Das abgebildete, halb eingerollte Fossil stammt aus der Schicht VI der Kukruse-Stufe, bei Sala(= Sall). Es ist dies das einzige in Estland gefundene ganze Exemplar. Ausserhalb Estlands ist die Art in Skandinavien weit verbreitet. *I. crassicauda* kann leicht mit *I. intermedius* verwechselt werden.

Chasmops odini Eichw.

Taf. II, Fig. 6.

Chasmops odini ist neben *Cheirurus spinulosus* der häufigste Trilobit der Kukruse-Stufe, kommt aber auch in den unteren D-Schichten vor. Das abgebildete Kranidium stammt aus Kohtla.

Cyphaspis planifrons Eichw.

Taf. II, Fig. 11.

Fundort und Horizont: Kohtla? in der Kukruse(C_2-)Stufe.

Serpulites longissimus (?) Murch.

Taf. II, Fig. 13.

1839—1872. Murchison, „Siluria". Pl. XVI, Fig. 1.

1909. Joh. Chr. Moberg och K. A. Grönwall. „Om Fyledalens Gotlandium", Lund. P. 27. Taf. II, Fig. 3.

Serpulites longissimus ist ursprünglich nur aus dem Gotlandium beschrieben worden, und deshalb ist es fast zweifellos, dass die abgebildete, beträchtlich ältere Versteinerung einer

besonderen Art angehört und unter *S. longissmus* nicht verzeichnet werden könnte. Es fehlen aber vorläufig sichere Unterschiede beider Formen.

Das abgebildete Bruchstück ist 11 cm lang, 1,7 cm breit und in der Mittellinie nur 2 mm dick, steigt aber an den Rändern bis zu 4 mm an. Folglich ist es ein bandartiges Tier gewesen, dessen wirkliche Länge aber nicht zu ermitteln ist. Die „Haut" besteht aus einer glänzenden schwarzbraunen chitinösen Substanz, die mehrere leicht ablösbare blättrige Schichten bildet. An den Rändern ist diese Haut verdickt und widerstandsfähiger, so dass zuweilen nur solche verdickte Ränder als lange schwarze rinnenförmige Stäbchen zu finden sind. An der Oberfläche sind keine besonderen Skulpturen zu beobachten. Es sind nur undeutliche Querwülste zu sehn, die wahrscheinlich der Segmentierung entsprechen.

Fundort und Horizont: in den Kalk- und Kukersitschichten der C_2-Stufe bei Kohtla und Sala(= Sall).

Serpulites kukersianus sp. nov.

Taf. II, Fig. 14.

Das einzige Exemplar ist 8,5 cm lang und 1,3 cm breit; die Dicke war nicht zu ermitteln, weil das Fossil im Brandschiefer plattgedrückt war.

Aus der Verschmälerung nach den Enden zu ist zu schliessen, dass diese Art viel kürzer war als die vorige. Die „Haut" ist von gleicher Beschaffenheit, doch ist sie zarter und die einzelnen Schichtchen sind dünner; auch die deutlichen Randverdickungen sind nicht so stark ausgebildet.

Die Haut ist zum Teil abgeblättert, und unter schwacher Vergrösserung können Gebilde beobachtet werden, die vielleicht als Spuren innerer Organe gelten können. Die Unvollkommenheit der Erhaltung lässt aber nichts Sicheres feststellen.

Fundort und Horizont: Tagebau Kohtla, im Brandschiefer.

Eunicites bekkeri sp. nov.

(Konodont).

Textfig. 1.

Dieser zierliche, 4,5 mm grosse chitinöse Konodont ist von H. Bekker, weil. Prof. der Geol. und Pal. an der Univ. Tartu, gefun-

den worden. Er besteht aus 12 an der Spitze ausgefurchten Zähnchen, von denen die grössten Anwachsstreifen tragen.

Fundort: Kohtla(= Kochtel), im Brandschiefer.

Eunicites ala sp. nov.

(Konodont).

Taf. II, Fig. 12.

Die fittichähnliche schwarze chitinöse Sägeplatte ist 0,9 mm gross, also noch grösser als *E. maximus* Metzger (Bull. de la Comm. Géol. de Finl. № 56, 1922); sie ist platt (nicht gewölbt oder gekrümmt), und im Gegensatz zu *E. bekkeri* sind die basalen Teile der Zähnchen, nicht die Spitzen, gefurcht.

Diese Art kommt nicht mehr in der Kukruse-Stufe, sondern in den unmittelbar darunter liegenden, schon etwas bituminösen, Schichten des Echinosphaeritenkalkes bei Tallinn(= Reval) vor, zusammen mit *Diplograptus linnarssoni* Törnq.[1]) (nicht abgebildet) und *Pseudasaphus tecticaudatus.*

Diplograptus bekkeri sp. nov.

Taf. VI.

1924. *Climacograptus kuckersianus* Holm. G. Elles, briefliche Mitteilung an H. Bekker. Siehe: H. Bekker, „Stratigraphical and Palaeontol. Supplements on the Kukruse Stage" (Acta et Comm. Univ. Dorpatensis A VI. 1). Pag. 17. Pl. I, Fig. 1—7; Textfig. 3—5. (Publications of the Geol. Inst. Tartu № 1).

1924. *Mesograptus modestus* E. & W. H. Bekker, „Strat. and Pal. Suppl. etc." P. 18. Pl. I, Fig. 8—9; Textfig. 6a, b.

Geschichte der Art. In der Kollektion Wahl's im Geol. Museum zu Tartu(= Dorpat) sind in einem kleinen Handstück eines nur wenig bituminösen Kalksteins aus Idavere(= Itfer) einige Zweige erkennbar. Diese sind als *Climacograptus kukersianus* Holm bezeichnet.

Derselbe Graptolith wurde von H. Bekker bei Vanamõisa unweit Rakvere(= (Wesenberg) gefunden und zur Bestimmung an G. Elles geschickt. Er wurde als *Climacograptus kukersianus* Holm, *var. nov.* bestimmt. H. Bekker gibt die Abbildungen von einigen im Kalkstein eingebetteten Exemplaren.

Ein anderer Fund wird von H. Bekker als *Mesograptus*

1) Diese Art, *Diplograptus linnarssoni*, ist in Schweden als Zonenfossil im *Dicellograptus*-Schiefer anerkannt worden.

modestus E. & W. bestimmt, und die Abbildungen sind ebenfalls in der obigen Arbeit gegeben worden.

Dem Verfasser gelang es, im Tagebau Kohtla(= Kochtel) wiederholt denselben Graptolithen nestartig zu finden. Die Zweige konnten aus dem Kalkstein ausgeätzt werden; der Vergleich mit den vermeintlichen *Climacograptus* und *Mesograptus*, die ebenfalls ausgeätzt wurden, ergab sogleich, dass es sich um denselben Graptolithen handelt, der aber offenbar kein *Climacograptus* oder *Mesograptus* ist[1]).

Verbreitung und Einbettungsart. Fest anstehend ist *Diplograptus bekkeri* nicht gefunden worden, sondern nur auf Halden. Nach dem Gestein zu urteilen, kann es aber nur die Schicht VI oder X der Kukruse-Stufe sein, aus der die besten Funde stammen. Petrographisch sind die beiden Schichten oft schwer voneinander zu unterscheiden, doch nach der Umgebung und Fauna des Gesteins zu urteilen, konnte es am ehesten die Schicht X sein. Kleinere Äste und Fetzen sind aber mit Sicherheit in den Schichten IV und VIII nachgewiesen worden; der Fund Wahl's stammt, nach dem nur wenig bituminösen Gestein zu urteilen, aus den oberen Schichten der Stufe, also aus der Idavere-(C_3-)Zone. Es scheint deshalb, dass *Diplograptus bekkeri* für die Kukruse-Stufe (C_2—C_3) im ganzen bezeichnend ist, aber als Zonenfossil nicht angenommen werden kann. Auch bei Tallinn(= Reval), beim südl. Leuchtturm, ist dieser Graptolith in den unteren Schichten der Kukruse-Stufe gefunden worden.

Unser Graptolith kommt im Kalkstein und im Brandschiefer vor, im letzteren aber nur selten. Die im Kalkstein eingebetteten Kolonien, die gewöhnlich nesterartig vorliegen, sind ziemlich gut erhalten, aber völlig undurchsichtig.

Präpariermethode (nach Wiman).

Die Graptolithen wurden mit HCl herausgeätzt und mit $KClO_3 + HNO_3$ entfärbt, gewaschen und in Kanadabalsam eingebettet. Eine Entfärbung bis zu vollständig durchsichtigem Zustand war nur selten erreichbar: nach der Oxydation wurde die Graptolithensubstanz in Alkohol, Äther und Nelkenöl mit brauner Farbe löslich und spröde und zerfiel leicht.

Erhaltungszustand.

Die Äste waren im allgemeinen wenig verletzt, doch nicht

1) *Climacograptus kuckersianus* Holm ist im Hangenden der C_2-C_3-Schichten und in der Jõhvi-(Jewe-)Stufe (D_1) in mehreren Lokalitäten zu finden.

immer konnten Zuwachsstreifen unterschieden werden. Zahlreiche dunkle Einlagerungen hinderten die Untersuchung sehr. Es sind dies wahrscheinlich Stöcke von *Gloeocapsamorpha*, die erst dann entfärbt werden konnten, wenn vom Graptolithen nichts mehr nachblieb. Man musste sich an diese Einlagerungen gewöhnen.

Äussere Merkmale. Taf. VI, Fig. 10—15.

Der Durchschnitt ist am proximalen Ende elliptisch, distalwärts wird er aber rundlicher und dicker, so dass der Zweig (die ersten 10—15 Thekenpaare) einen keilförmigen vertikalen Durchschnitt zeigt. Die Abplattung nimmt folglich zum proximalen Ende zu.

Die proximalen Theken sind stark geneigt, distalwärts wird die Neigung der einzelnen Theken kleiner, und bei dem 5. bis 8. Thekenpaare ist die Neigung der äusseren Wand etwas einwärts gerichtet (Abb. 10—12); höher zeigen die Kelche wieder die ursprüngliche Neigung nach aussen, aber in kleinerem Masse (Fig. 15).

Die einzelnen Theken zeigen zweierlei Ausbildungsformen. Die prox. drei bis fünf Theken (nicht Thekenpaare) sind rundliche Röhrchen mit besonders stark ausgebildeten Mündungsstacheln, welche eine mediane Rinne führen. Die weiteren Theken dagegen sind eckig geformt, wie dies deutlich aus den Fig. 10—15 hervorgeht. Besonders ausgeprägt ist der äussere Boden (b) der Kelche mit seinen scharfwinkeligen Kanten, die zusammenlaufend den schnabelförmigen Stachel der mehr distalen Theken bilden. Der Stachel liegt nämlich nicht mehr an der Mündung der Theken, sondern hat sich niedriger angelegt, verliert seine Rinne und wird distalwärts immer kürzer. Bis zum 6.—8. Thekenpaare ist er deutlich bemerkbar, doch auch weiter verschwindet er nicht ganz und kommt in der Anschärfung der Kanten immer wieder zum Vorschein.

Die Thekenmündungen haben rechts und links je einen lappenartigen Fortsatz, welcher sich bei den distalen Theken verkleinert.

Die Nähte und inneren Wandungen kommen an der Oberfläche als Furchen zum Vorschein (Abb. 12).

Die Sicula wird von der vierten und fünften Theke ins Innere des Zweiges aufgenommen.

Der Graptolith ist monoprionid. Besonders deutlich zeigt dies die Abb. 7, wo die Anwachsstreifen das Hervorgehn der Theke III aus der Th. II beweisen.

Die systematische Stellung innerhalb der Gattung

Diplograptus ist unsicher, indem unsere Art in keiner besser bekannten Untergattung mit Sicherheit unterbracht werden kann.

Mit den von C. Wiman beschriebenen *Diplograptus gracilis* Roem. und *D. uplandicus* Wiman besitzt unsere Art nur wenige gemeinschaftliche Züge. Die besondere Ausbildung der Theken, das Fehlen des inneren Septums und der allgemeine Habitus geben keine Veranlassung zur Vermutung einer näheren Verwandtschaft. Der Vergleich mit den anderen *Diplograptus*-Arten, von denen nur plattgedrückte Exemplare bekannt sind, ist nicht mit Sicherheit durchführbar.

Entwickelungsgeschichte. Erklärung der Abbildungen (Taf. VI).

Fig. 1—9 sind alles entfärbte Exemplare, gezeichnet mit dem Abbe'schen Prisma bei 75-maliger Vergrösserung. Die Vergrösserung in der Tafel ist × 25.

Fig. 1. Jugendliche Sicula, mit gut unterscheidbarer Virgula und mit dem längsgestreiften distalen und dem quergestreiften proximalen Teile. Es ist dies die embryonale Zelle des *Diplograptus bekkeri.*

Fig. $2^{a,b}$. Eine andere Sicula mit einer Anschwellung seitlich von der Virgula. Es ist dies offenbar der Keim, die Knospe der ersten Theke. Öffnungen an der Knospe sind nicht zu beobachten.

Fig. 3. Eine dritte Sicula. Die erste Knospe hat sich nach unten geöffnet, — es ist dies die jugendliche erste Theke. Die schwarzen Flecken im Inneren der Zelle sind nicht entfärbbare und nicht entfernbare Aggregate von *Gloeocapsamorpha prisca* Zal.

Fig. 4. Eine vierte Sicula. Die Theke I ist herangewachsen und an ihrer Basis hat sich die Knospe des zweiten Polypen geöffnet (II). Theke I hat sich dicht an die Sicula angelegt, und nur die Anwachsstreifen geben die Grenze der beiden Zellen an. Dieses Exemplar ist von der antisicularen Seite gezeichnet, so dass die Theke II zum Leser und dann nach links, die Sicula verdeckend, gewachsen wäre.

Fig. 5. Theke II ist weitergewachsen, hat aber noch nicht ihre volle Grösse erreicht. a) siculare Seite, b) antisiculare Seite. Die Trennungslinie zwischen der Theke I und der Sicula ist nicht wahrnehmbar. Das ganze Exemplar ist nur wenig durchsichtig.

Fig. 6. Eine jugendliche Kolonie, von der sicularen Seite gesehn. Die Theken I, II und III haben ihre volle Entwickelung

erreicht; die Th. IV (rechts) und die Th. V (links) sindnoch nicht herangewachsen. Die Th. V hat sich von der Th. IV und die Th. IV von der Th. III abgezweigt, bevor diese ihre volle Grösse erreichten.

Fig. 7. Eine grössere Kolonie, von der antisicularen Seite gesehn. Die Anwachsstreifen zwischen Th. II und Th. III zeigen, wie III aus II hervorgegangen ist. Die distalen Theken sind ein wenig verletzt. Die ganze Kolonie 7 ist grösser als 6.

Fig. 8—9. Ein ausgewachsenes Polyparium. 9. Die proximalen Theken von der sicularen Seite. **i** — innere Wandung der einzelnen Theken; **n** — die mediane Naht (ein „Pseudoseptum") der zum Leser gerichteten sicularen Seite; **n'** — dieselbe Naht der antisicularen Seite (punktiert): diese Naht fängt um ein Thekenpaar niedriger an, als die der zum Leser gerichteten Seite, — es ist dies nämlich die Stelle, wo Th. IV und Th. V die Sicula ins Innere des Zweiges aufnehmen; **v** — die Virgula, die frei zwischen den Theken liegt (gestrichelt).

Fig. 8. Einige distale Theken desselben (Fig. 9) Polypariums.

Fig. 10—15. Undurchsichtige, aber ebenfalls herausgeätzte Exemplare. Gezeichnet bei 45-maliger Vergrösserung. Die Vergrösserung in der Tafel ist × 15.

Fig. 10—13. Proximaler Teil eines und desselben Exemplars. 10. Antisiculare Seite. 11. Siculare Seite. 12. Siculare Seite, wie sie im auffallenden Lichte aussieht. Alle diese Abbildungen sind ein wenig um die Virgula gedreht, um den von scharfen Ecken begrenzten Boden (**b**) der Theken zu zeigen. Aus Fig. 10 und 12 (auch 11) ist deutlich zu ersehen, dass die Mittelnaht (Fig. 9, **n**) auf der sicularen Seite bei den Theken V und VI anfängt und annähernd mit dem verborgenen Ende der Sicula (wo sie in die Virgula übergeht) zusammenfällt. Auf der antisicularen Seite ist die Spur der Naht niedriger angelegt. 13. Das Polyparium ist stärker gedreht, um die ohrenartigen Lappen und die eckige Beschaffenheit der Theken zn zeigen.

Fig. 14—15. Ein stark distaler Teil mit deutlich geneigten Theken. 14. Die Theken sind mit der Öffnung dem Leser zugewandt, um den scharfbegrenzten Boden der Kelche zu zeigen. 15. Dasselbe, etwas gedreht.

Bei allen diesen Abbildungen ist zu bemerken, dass wenn die siculare Seite dem Beschauer zugewandt ist, die Theken der rechten Zeile gegenüber der linken etwas nach oben verschoben sind.

Masse. Auf einem Zentimeter können von 13—14 bis 15—16 Theken liegen; die Breite beträgt 1,5 bis 2 mm; die Dicke ist am prox. Ende gleich 0,2—0,3 mm, am distalen 1 mm oder etwas mehr.

Die grösste beobachtete Länge eines Polypariums, welches ca 70 Thekenpaare führt, beträgt 5 cm.

Vorkommen: 1) Tagebau Kohtla; 2) Tagebau Vanamõisa; 3) Idavere (= Itfer); 4) am südlichen Leuchtturm bei Tallinn (= Reval).

Tartu, Ostern 1926.

Erklärung der Tafeln.

Taf. I.

Fundort: Schieferbruch Kohtla, der untere (produktive) Teil der C_2-Stufe.

1. Brachiopoden im Brandschiefer.
   Pcr. — *Pseudocrania planissima* Eichw.
   O. — *Orthis sp.*
   L. — *Leptaena sp.*
   S. — *Strophomena sp.*
   P. — *Plectambonites sericeus* Swb.
   Cl. — *Clitambonites squamatus* Pahlen.
   Die Wölbung der Schalen ist ausnahmsweise einseitig gerichtet. (Seite 13).
2. *Chasmatopora furcata* Eichw., im Brandschiefer. (Seite 10).
3. *Porambonites sp.*, mit eingedrücktem Vorderrand, aus dem Brandschiefer. (S. 13).

4—8. Zu S. 14.

4. *Orthis sp.*, mit normal entwickeltem Vorder-(Verschluss-)Rand.
5. Dieselbe Art, mit abgebogenem Vorderrand.
6. *Clitambonites marginatus* Pahl. Brachialklappe von aussen.
7. Dieselbe, von innen. (Überentwickelung).
8. Dieselbe Art, ped. Klappe von innen, normal entwickelt. Daneben *Rafinesquina dorsata* Bekker, mit der Wölbung nach oben gerichtet.

Taf. II.

Fundort: 8 und 10 aus dem Schieferbruch Sala, 12 aus dem Echinosphaeritenkalk bei Tallinn(= Reval). Alle, ausser 12, gehören der Kukruse-Stufe an.

1. Richtungslose Einbettung der Versteinerungen im bituminösen Kalkstein (Schicht XII). (Seite 12).
   Ch. — *Chasmops odini* Eichw.
   I. — *Illaenus schmidti* Holm (Pygidium).
   Pcr. — *Pseudocrania planissima* Eichw.
2. *Plectambonites sericeus.* Im bituminösen Kalkstein (Schicht X). Daneben ein Pygidium von *Cheirurus spinulosus* Nieszk. (Seite 13).
3. *Diplotrypa petropolitana* Eichw. Mehrere einseitig geneigte Stöcke, etwas verkleinert. (S. 11).
4. *Basilicus lutsi sp. nov.* Kranidium, ca 3 mal vergrössert. (S. 23).
5. Dieselbe Art. Pygidium, $\times$ 3. (S. 23).
6. *Chasmops odini* Eichw. Ein wohlerhaltenes Kranidium, 1 : 1. (S. 26).

7. *Asaphus fennicus* Wim. Pygidium, ca × 3. (S. 21).
8. *Illaenus crassicauda* Wahl. Ganzes, halb zusammengerolltes Exemplar aus Sala(= Sall), 1 : 1. Die rechten Pleura 3, 4 und 6 zeigen deutlich die charakteristische Querstreifung. (Seite 26).
9. *Illaenus schmidti* Holm. Ein Kopf, von der Seite, mit der charakteristisch zugespitzten freien Wange, 1 : 1. (Seite 21, 26).
10. *Illaenus schmidti* Holm. Ein verletztes eingerolltes ganzes Exemplar aus Sala (= Sall). (Seite 21, 26).
11. *Cyphaspis planifrons* Eichw., mit verletzten freien Wangen und einigen Leibessegmenten, × 3. (Seite 26).
12. *Eunicites ala*, sp. nov. Konodont, aus den oberen Schichten des Echinosphaeritenkalkes bei Tallinn(= Reval), 1 : 1. (Seite 28).
13. *Serpulites longissimus* (?) Murchison. Im bit. Kalkstein. Etwas verkleinert. (Seite 26).
14. *Serpulites kukersianus sp. nov.* Im Brandschiefer. 1 : 1. (Seite 27).

Taf. III.

Fundort: Kohtla, C_2.

1. *Pseudasaphus tecticaudatus* Steinh. *var. laurssoni, var. nov.* Von der Unterseite, mit dem verschobenen aber wohlerhaltenen Hypostoma. (Dasselbe Stück — Taf. IV, Fig. 1). Natürliche Grösse. (Seite 25).

2—4. *Asaphus robergi* Wiman (Seite 22, 14). Alle in normaler Grösse. 2. Von oben, ein ganzes Exemplar, ohne Augen. 3. Ein anderes Exemplar, mit dem gestielten Auge. 4. Hypostoma eines dritten Exemplares.

Taf. IV.

Fundort: Kohtla, C_2.

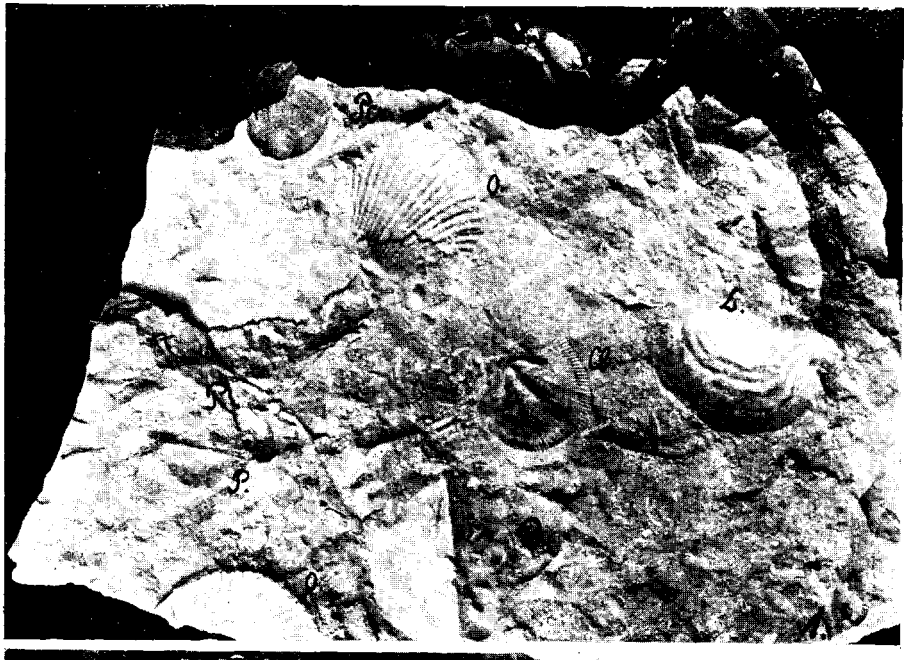
1. *Pseudasaphus tecticaudatus* Steinh. *var. laurssoni, nov. var.* Von oben. (Dasselbe von unten: Taf. III, Fig. 1). Um $^1/_{10}$ verkleinert. (Seite 25).
2. *Cyrtometopus plautini* Fr. Schmidt. Ein fast ganzes Exemplar, an der Grenze des bitum. Kalksteins gegen den Brandschiefer; etwas über 2 mal vergrössert. (Seite 25).
3. *Asaphus fennicus* Wiman. Im bitum. Kalkstein. Ca 2 mal vergrössert. (Seite 21).
4. *Cheirurus spinulosus* Nieszk. und *Nieszkowskia cephaloceros* Nieszk. Grenze des bituminösen Kalksteins gegen den Brandschiefer. 1:1. (Seite 24).

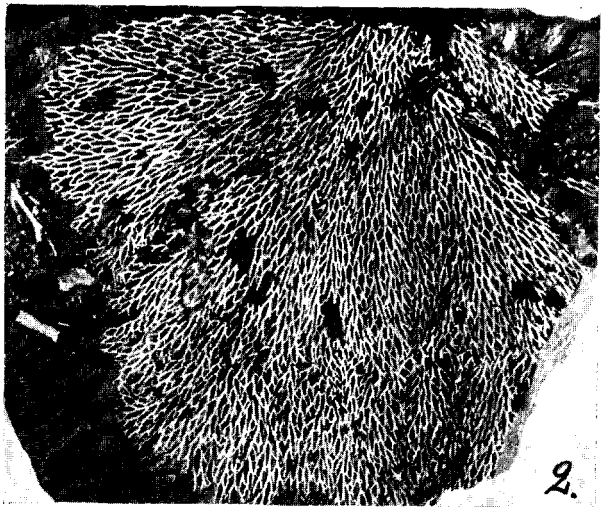
Taf. V.

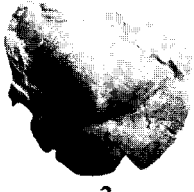
Pseudasaphus tecticaudatus Steinh. Ganzes Exemplar aus Kohtla, etwas verkleinert. (Seite 25).

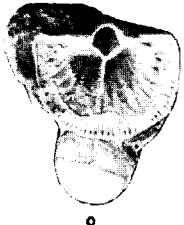
Taf. VI.

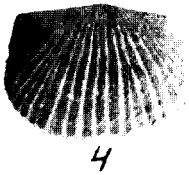
Diplograptus bekkeri sp. nov. und seine Entwickelungsgeschichte. Fig. 1 bis 9—25 mal vergrössert; 10 bis 15—15 mal vergrössert. Erklärung: sieh Text, p. 31—32.

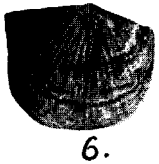












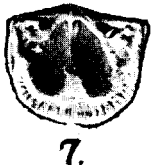
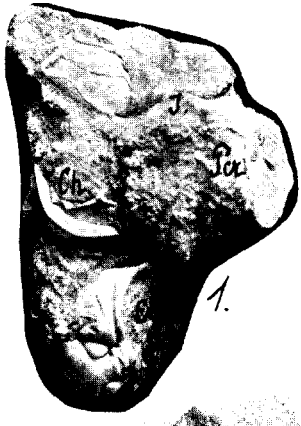
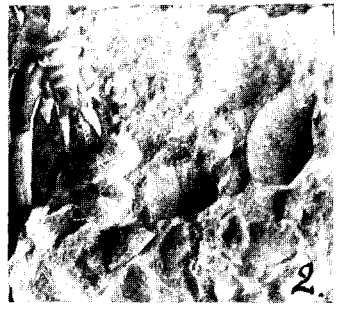


Photo A. Ö.

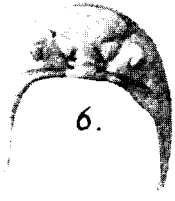

1.


2.

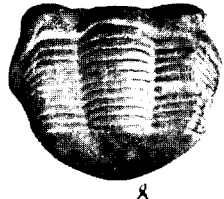
4.

5.

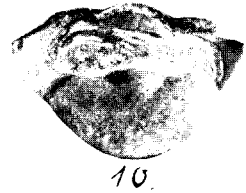
3.


6.

7.


8.

9.


10.

13.

11

14.

12.

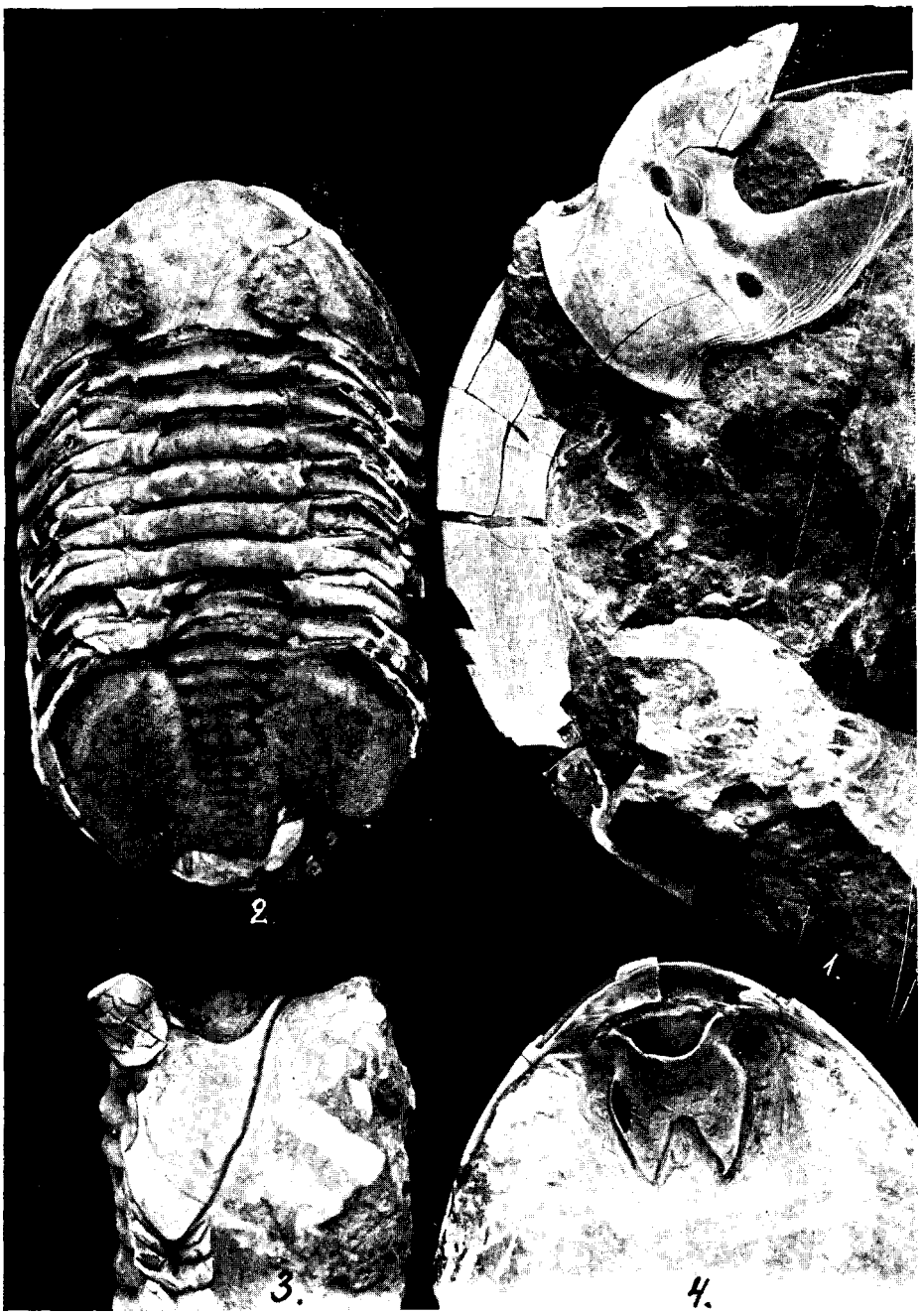
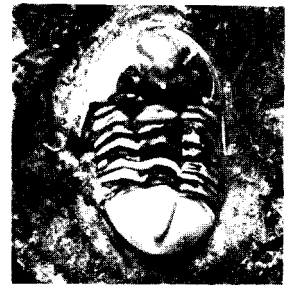


Photo A. O.

Asaphus robergi Wiman.

1.



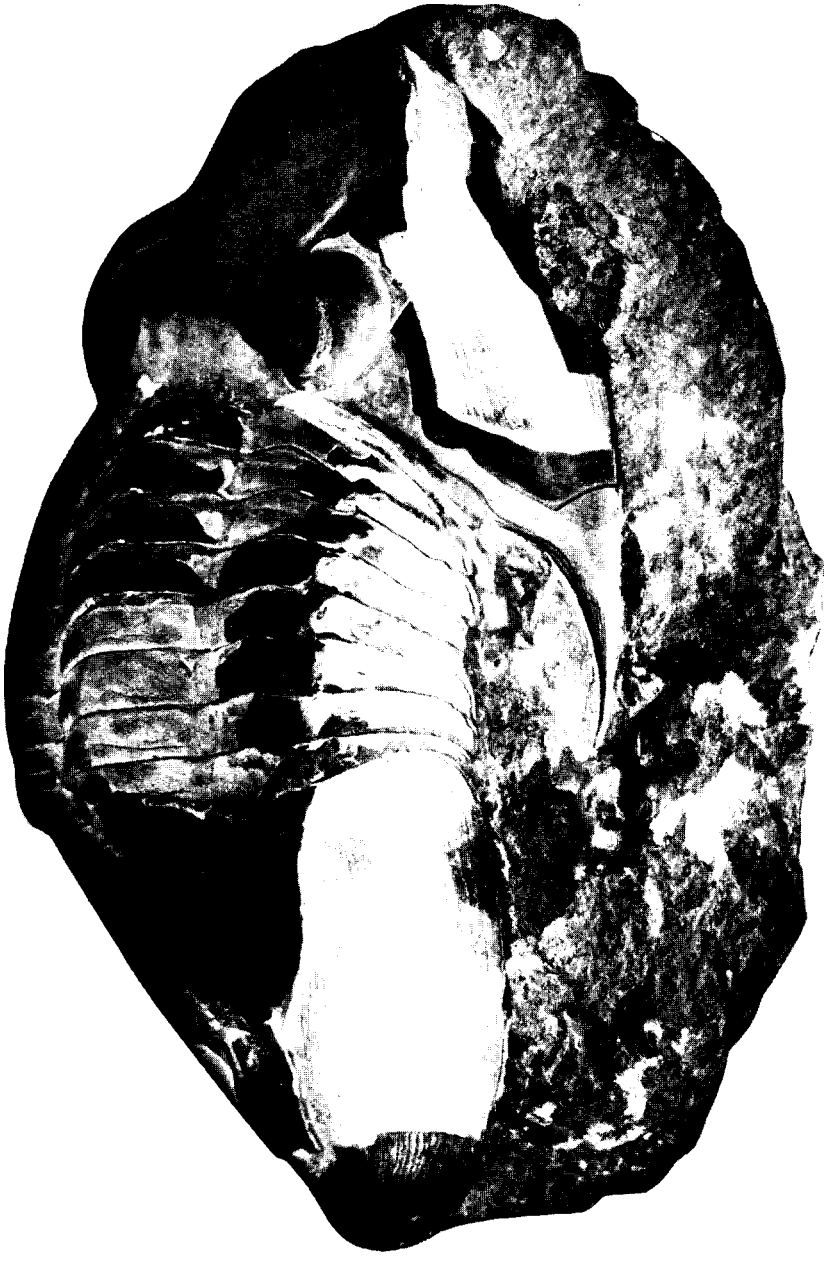
3

2.

4.

Photo [illegible]

C. Mattiesen, Tartus

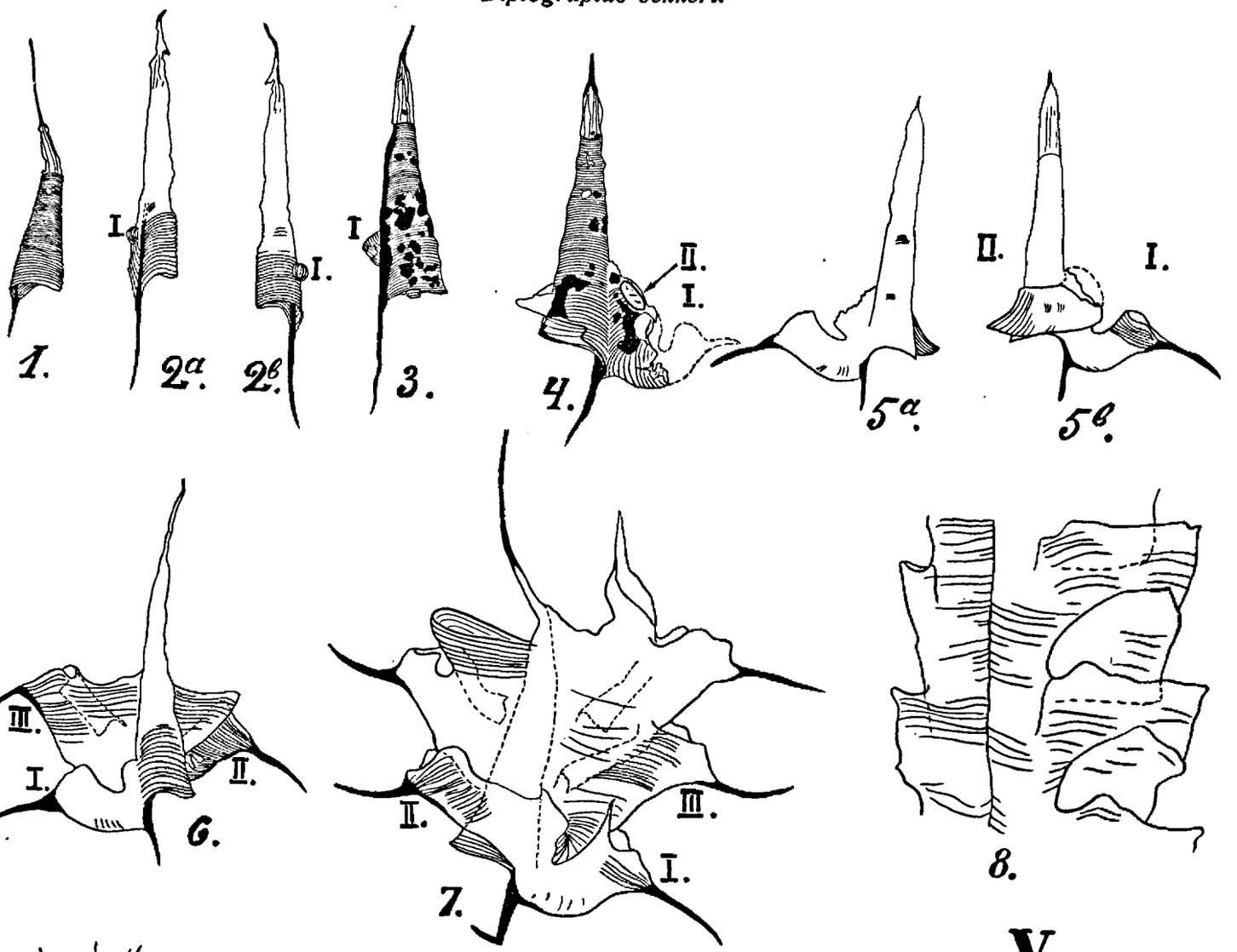


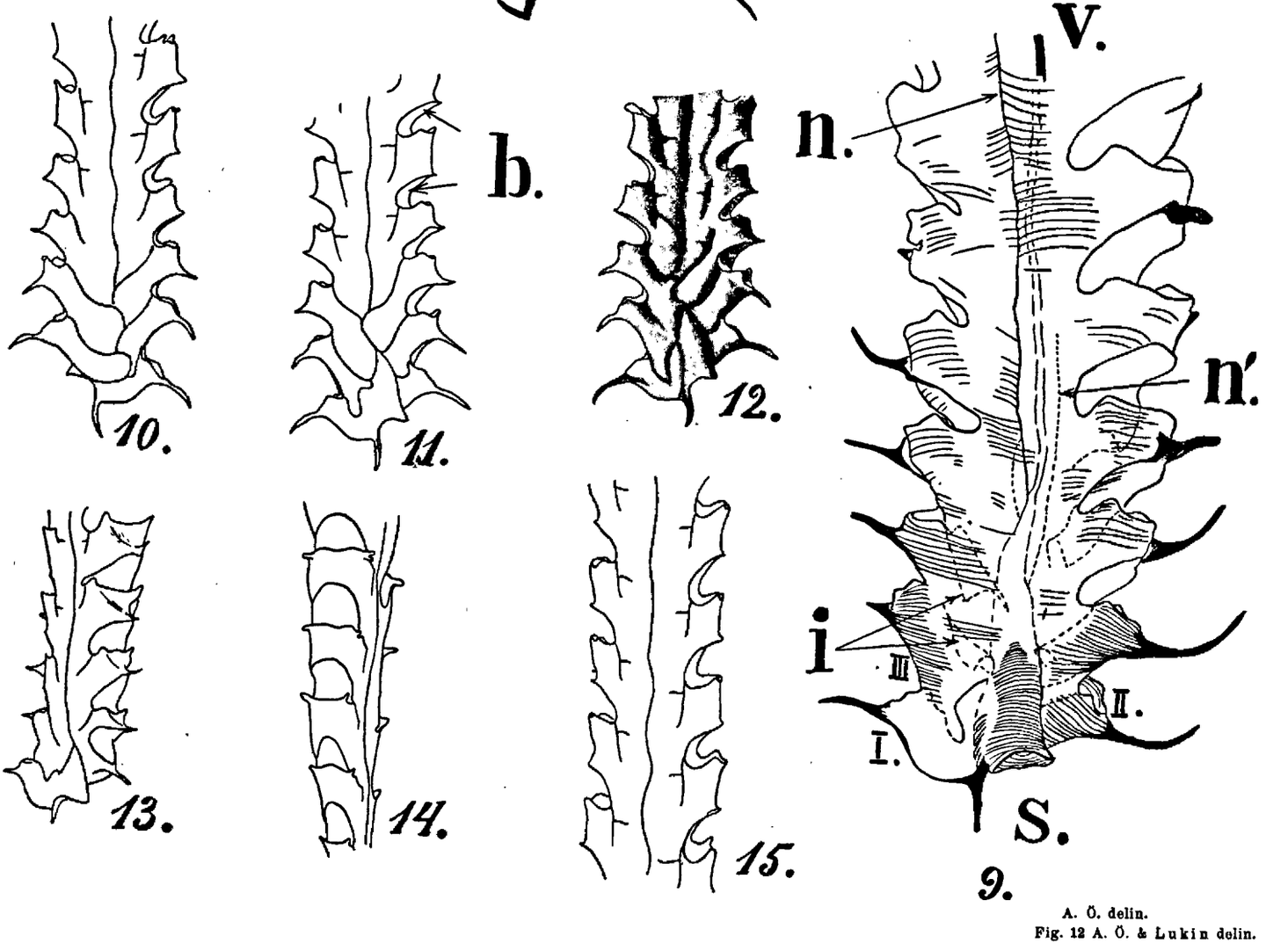
Pseudasaphus tecticaudatus Steinh.

Photo A. Ö.

K. Mattiesen, Tartus.

Diplograptus bekkeri.





A. Ö. delin.
Fig. 12 A. Ö. & Lukin delin.

C. Mattiesen, Tartu.

BEOBACHTUNGEN ÜBER DURCH PILZINFEKTION VERURSACHTE ANTHOCYANINBILDUNG

VON

THEODOR LIPPMAA

TARTU 1927

C. Mattiesen, Tartu (Dorpat).

I. Einleitung.

Mehrere Autoren — Wakker[1]), Ludwig[2]), Lüdi[3]), Tubeuf[4]), Sorauer[5]), Gertz[6]) — haben vorübergehend wertvolle Beobachtungen über die durch Pilzinfektion verursachte Anthocyaninbildung gemacht, ohne sich jedoch mit dieser Frage speziell zu befassen. Während meiner Untersuchungen betreffend die Pigmenttypen der höheren Pflanzen sammelte ich gleichzeitig Material über Anthocyaninbildung infolge von pathologischen Veränderungen, wobei ich mir die Frage stellte, ob zwischen dem Pigmenttypus einer Pflanze und der Anthocyaninbildung infolge von Infektion irgendwelche Beziehungen bestünden.

Wenn zum Beispiel eine Pflanze in ihren Assimilationsorganen normalerweise nie Anthocyanin bildet, sich also wie ein Vertreter des *Botrychium lunaria*-Typus — [000] — verhält, so konnte man vermuten, dass eine derartige Pflanze auch infolge von Pilzinfektion nie Anthocyanin bildet. Andererseits erschien es höchst wahrscheinlich, dass eine solche Anthocyaninbildung bei den Vertretern des *Populus tremula*-Typus A [1(1)1] sehr verbreitet sei[7]).

---

1) Wakker, J. H., Untersuch. über d. Einfl. parasit. Pilze auf ihre Nährpflanze, Jahrb. f. wissensch. Botanik, 1892.

2) Ludwig, F., Verhandl. d. botan. Vereins d. Provinz Brandenburg, 31 (1889) p. 11.

3) Lüdi, R., Beiträge zur Kenntnis d. Chytridiaceen, Hedwigia, 40 (1901) pp. 1—44.

4) Tubeuf, K., Freiherr von, Pflanzenkrankheiten durch kryptogame Parasiten verursacht, Berlin 1895.

5) Sorauer, P., Handbuch der Pflanzenkrankheiten, Berlin 1886, Bd. I, p. 324.

6) Gertz, O., Studier öfver Anthocyan, Lund 1906.

7) Ich halte es für notwendig, die in dieser Arbeit erwähnten Pigmentkombinationen mit einigen Worten zu charakterisieren: *Botrychium lunaria*-Typus: [000]. Sowohl die jungen und erwachsenen als die alternden Assimilationsorgane sind stets frei von roten Pigmenten. *Saxifraga tridactylitis*-Subtypus: i A [111]. Permanentrote Formen gewöhnlich grüner Pflanzen. Die gesteigerte Anthocyaninbildung ist eine direkte Reaktion auf die ungünstigen Aussen-

Auch war es notwendig, Beobachtungen bei Formen anzustellen, die sich von dem betreffenden Normaltypus durch den Mangel des Vermögens Anthocyanin zu bilden unterscheiden. Können derartige Pflanzen (Albinos) bei Pilzinfektion Anthocyanin bilden? Der Fleckenbildung ist besonders bei den Fungi imperfecti ein taxonomischer Wert beigelegt worden. Deshalb erschien es wichtig, die Bildung der Farbringe näher zu verfolgen, um die Bedingungen festzustellen, unter denen sich diese vollzieht. Schon oberflächliche Beobachtungen hatten gezeigt, dass die Ringbildung verschieden verlaufen kann. Es war von Interesse, die hier vorliegenden typischen Fälle näher zu untersuchen.

Meinen tiefsten Dank spreche ich an dieser Stelle Herrn Professor Dr. J. Ivar Liro in Finnland (Helsinki) aus für sein freundliches Entgegenkommen bei der Kontrolle bezw. Bestimmung vieler Proben von Pilzarten, die in dieser Arbeit erwähnt werden. Einige Fälle von Anthocyaninbildung infolge von Pilzinfektion wurden mir durch die Aufmerksamkeit von Herrn Mag. Elmar Lepik (Tartu) bekannt.

II. Angaben über Anthocyaninbildung bei den untersuchten Arten.

Nephrodium dryopteris (L.) Mchx.

Diese Pflanze verhält sich wie [000], also bilden ihre Blätter nie rote Zellsaft- oder Plastidenpigmente. *Hyalospora polypodii*

---

bedingungen. *Populus tremula*-Typus: A [1 (1) 1]. Sowohl die jungen als die alternden Blätter enthalten roten Zellsaft, während das grüne Zwischenstadium das Vermögen zur Anthocyaninbildung besitzt. *Anemone nemorosa*-Typus: A [1(1)(1)]. Die jungen Blätter enthalten Anthocyanin, erwachsene und alternde Blätter sind in der Regel anthocyaninfrei, besitzen jedoch das Vermögen Anthocyanin zu bilden. *Betula verrucosa*-Typus: A [1 (1) 0]. Die jungen Blätter führen Anthocyanin, die erwachsenen sind grün und besitzen anfangs noch das Vermögen Anthocyanin zu bilden. Nachher verschwindet dieses, weshalb die Herbstblätter stets gelb gefärbt sind. *Primula officinalis*-Typus: A [000]. Die Pflanzen besitzen das Vermögen in gewissen Teilen (Stengel etc.) Anthocyanin zu bilden, ihre Blattspreiten jedoch nicht. *Rhododendron dahuricum*-Typus: A [1 (1) 1 . . 1]. Mehrjährige Assimilationsorgane, die in dem Jugendstadium, während der Winterruhe und vor dem Absterben Anthocyanin enthalten. (Aus Th. Lippmaa, Pigmenttypen bei Pteridophyta und Anthophyta, Acta Inst. et Horti Bot. Univ. Tartuensis, Tartu 1926, Vol. I. p. 71 + 229.)

dryopteridis (Moug. et Nestl.) Magnus ruft bei *N. dryopteris* bräunlichgelbe Flecke an den infizierten Stellen der Blattspreite hervor. Die gelbliche Farbe ist durch Chlorophyllschwung verursacht. Rote Pigmente werden nicht gebildet. (16. 6. 1925.)

Majanthemum bifolium (L.) F. M. Schmidt.

Obwohl diese Pflanze das Vermögen besitzt, in den Blattstielen und im Stengel in subepidermalen Zellen Anthocyanin zu bilden, ist die Blattspreite stets anthocyaninfrei und bei alternden Blättern gelb gefärbt; sie verhält sich also wie A [000].

Ramularia rubicunda Bresad. verursacht Fleckenbildung. Die gelbliche Zone, die das abgestorbene zentrale Gewebe umgibt, enthält Xanthoplasten.[1]) Anthocyanin wird in dieser Zone nie gebildet.

Urtica dioeca L.

Junge Blätter dieser Pflanze bilden Anthocyanin in den Epidermiszellen, zum Teil auch in den Mesophyllzellen der Spreite. Nachher ergrünen die Blätter; die alternden Blätter sind gelb. Das Vermögen Anthocyanin zu bilden wird bis zum Absterben der Blätter beibehalten. Häufige Pigmentkombination: A [1 (1) (1)].

Puccinia caricis (Schum.) Rebent. ruft Hypertrophie des Blattgewebes der Nährpflanze hervor. Die Aecidienlager sind auf der Blattoberseite flach und enthalten hier gewöhnlich nur wenig Anthocyanin. Auf der Blattunterseite ist das Blattgewebe zwischen den Aecidien und in der nächsten Nähe des Aecidienlagers violettrot gefärbt. Anthocyanin führen hier Epidermiszellen, zum Teil auch — an stärker hypertrophierten Stellen — die Palissadenzellen und die Zellen des Schwammparenchyms. (17. 4. 1925, Bot. Gart. Tartu.)

Es ist sicher, dass das Anthocyanin sich in der Nähe der infizierten Stellen viel länger hält als in den unberührten. Also ist der violettrote Saum grösstenteils dadurch entstanden, dass die vorher violettrote Blattunterseite ihre Färbung hier beibehalten hat, während die übrigen Teile der Spreite grün geworden sind. Dass jedoch auch Neubildung von Anthocyanin stattfindet, ist u. a. daraus deutlich zu ersehen, dass das Mesophyll hier auch in mitt-

1) Lippmaa, Th., Sur les Hématocarotinoïdes et les Xanthocarotinoïdes, C. R. Acad. Sc. Paris, 182 (1926) p. 1350—1352.

leren Teilen der Spreite anthocyaninführend auftritt, während dieses bei den „Frühlingsblättern“ nur am Blattrande stattfindet.

Rumex acetosa L.

Die jungen und die alternden Blätter bilden reichlich Anthocyanin in den Epidermis- und Mesophyllzellen. In letzterem Gewebe sind gewöhnlich nur die zentralen Zellschichten pigmentfrei. Häufige Pigmentkombination: A [1(1)1].

Ramularia pratensis Sacc. ruft Fleckenbildung hervor. Die kleinen, einige mm messenden Flecke sind in den abgestorbenen zentralen Teilen trockenhäutig, bräunlich. Das umgebende, noch lebende Blattgewebe ist bräunlichviolett gefärbt. Die Fleckenbildung verläuft hier folgendermassen. Auf grüner Blattfläche bildet sich zunächst ein gleichmässig bräunlichrot gefärbtes, unscharf konturiertes Fleckchen, das erst später, infolge Absterbens des zentralen Gewebes, sich vergrössert und ringförmig wird. Also bilden die umgebenden Zellen nach und nach Anthocyanin, während die zentralen, bereits anthocyaninführenden, absterben. Deshalb ist der braunrote bis bräunlichviolette Saum nach innen zu scharf begrenzt. Anthocyanin führen besonders reichlich Epidermiszellen. Am äusseren Rande des Ringes bilden sie sogar den ausschliesslichen Sitz des violettroten Zellsaftes, während die inneren Teile des Ringes auch in den Palissadenzellen und den Zellen des Schwammparenchyms reichlich Anthocyanin führen. (12. 8. 1923, unw. Tartu.)

Rumes acetosella L.

Die jungen und alternden Blätter verhalten sich so wie bei der vorigen Art, auch ist die Pigmentlokalisation wie bei dieser.

Ramularia pratensis Sacc. ruft hier ebensolche Fleckenbildung wie bei *R. acetosa* hervor. Alles dort Gesagte bezieht sich auch auf den vorliegenden Fall. (26. 8. 1923, nahe Tartu.)

Polygonum bistorta L.

Diese Pflanze führt in ihren jungen Blättern oft Anthocyanin, wobei die Spreite braunrot erscheint. Anthocyanin enthalten vorwiegend die Epidermiszellen, zum Teil jedoch auch das Mesophyll. Gewöhnliche Pigmentkombinaton: A [1 (1) (1)].

Ovularia bistortae (Fuck.) Sacc. bildet bis 1 cm grosse Flecke, die in den mittleren Teilen trocken und gebräunt sind und

hier zuletzt nicht selten durchbrochen werden. Dieser gebräunte Teil ist von einem lebhaft violettrot bis braunrot gefärbten, 1—2 mm breiten Saume umgeben. Dieser ist nach innen zu scharf, nach aussen verschwommen abgegrenzt. Die Entstehung und Grössenzunahme des Fleckes verläuft hier ganz so wie bei den Flecken, die durch *Ramularia pratensis* auf *Rumex acetosa* hervorgerufen werden. Oft vergilbt die Blattspreite in der Nähe der Flecke. Was die Anthocyaninbildung betrifft, so beginnt sie stets in der Epidermis, weshalb in dieser die Zellen mit violettrotem Inhalt zentrifugal am weitesten reichen. Die Schliesszellen sind anthocyaninfrei, die diese umgebenden Epidermiszellen führen oft besonders reichlich Anthocyanin. In den inneren Teilen des violettroten Ringes führen auch die Palissadenzellen reichlich Anthocyanin. (27. 7. 1923, 14. 6. 1925, nahe Tartu.)

Anemone nemorosa L.

Im Frühling führen Exemplare dieser Art von gut belichteten Standorten oft mehr oder minder reichlich Anthocyanin. In der Spreite der Hüll- und Laubblätter findet sich Anthocyanin vorwiegend in den Epidermiszellen. Besonders am Blattrande führen auch subepidermale Zellen den violettroten Zellsaft. Das Vermögen Anthocyanin zu bilden wird bis zum Absterben der Blätter beibehalten, wennschon die Blätter im Sommer grün, vor dem Vertrocknen aber gelb sind. Beobachtete Pigmentkombinationen: A [1 (1) (1)], A [(1) (1) (1)].

Pycnochytrium anemones (De Bary et Woronin) Woronin ruft Bildung von kleinen Blattgallen hervor, die als violettrote, fast schwarze, kleine hervortretende Wärzchen sowohl auf dem Stengel als auf der Blattunterseite auftreten. Da, wo sie sich auf den Stengelteilen oder Blattstielen befinden, hat eine Hypertrophie der primären Rinde stattgefunden, auch haben sich die Epidermiszellen — besonders jene, die den Pilz enthalten — sehr merklich vergrössert. Besonders reich an karmin- bis violettrotem Zellsaft sind die Epidermiszellen, doch auch das subepidermale Gewebe führt in der Nähe der infizierten Stellen Anthocyanin.

Wo die Gallen auf der Blattspreite sich befinden, haben die Epidermiszellen beträchtlich an Grösse zugenommen, so dass die Epidermis hier oft von dem tieferliegenden Mesophyll durch grosse Interzellulare getrennt ist. Anthocyanin führen hier stets die Epi-

dermiszellen, die den Parasit enthalten, ebenso die benachbarten Zellen (Fig. 1). An besonders stark befallenen Stellen führen auch die in der Nähe befindlichen Mesophyllzellen Anthocyanin. (27. 4. 1925, nahe Tartu.)

Puccinia fusca (Pers.) Winter ruft bei *Anemone nemorosa* ähnliche Veränderungen hervor wie *Uromyces alchemillae* bei *Alchemilla*: auch hier verlängern sich die Blattstiele beträchtlich, wobei es auch in diesem Falle in den infizierten Stellen nie zu einer Anthocyaninbildung kommt, obwohl die Blattspreite ohne Zweifel bei den untersuchten Exemplaren das Vermögen dazu besass, was

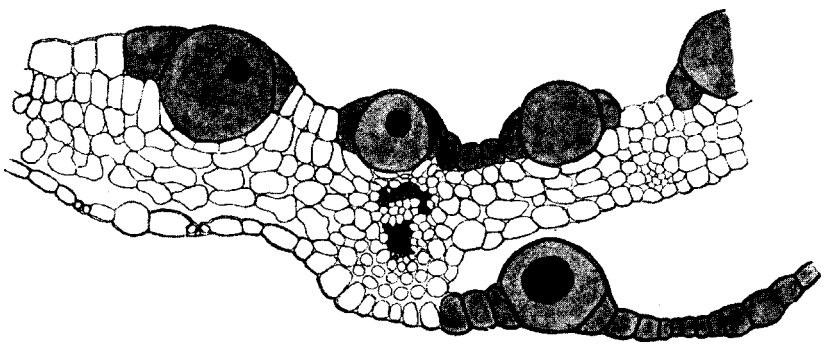


Fig. 1. Blattquerschnitt von *Anemone nemorosa* mit *Pycnochytrium anemones* in den Epidermiszellen der Blattober- und Unterseite. Die infizierten Epidermiszellen, ebenso die diese umgebenden Zellen, enthalten karmin- bis violettroten Zellsaft. Vergr. 95 mal.

unter anderem daraus hervorging, dass auf denselben Blättern zusammen mit *Puccinia fusca* nicht selten *Pycnochytrium*-Gallen auftraten, die reichlich Anthocyanin enthielten.

Die Teleutosporenlager sind auf der Blattoberseite als gelbliche Flecke angedeutet. Das Blattgewebe ist hier hypertrophiert, jedoch ist das Palissadenparenchym nur schwach ausgebildet, auch sind die Interzellulare in dem infizierten Gewebe grösser als in dem unberührten. (27. 4. 1925, Vasula, nahe Tartu.)

Ranunculus auricomus L.

Diese Pflanze, die sich wie A[1(1)0] verhält, führt in den jungen Blättern Anthocyanin in den Epidermiszellen und den peripheren Mesophyllzellen.

Die die schwarzen Sporenmassen enthaltenden Brandpusteln von *Tuburcinia ranunculi-auricomi* Liro an den Blättern,

Blattstielen und Stengeln von *R. auricomus* sind schön rötlichviolett gefärbt. Da die Pflanze zu dieser Zeit bereits grün ist (nur der Stengel und die Blattstiele enthalten zum Teil noch Anthocyanin), und da andererseits die Blätter auch im Frühjahr nur selten so viel Anthocyanin enthalten wie die infizierten Stellen im Sommer, so unterliegt es gar keinem Zweifel, dass hier eine Anthocyaninbildung, die durch die Infektion ausgelöst ist, stattfindet. Hierbei bildet sich Anthocyanin reichlich in 1—3 subepidermalen Parenchymschichten, die Epidermiszellen führen farblosen Zellsaft (Fig. 2). (17. 5. 1925, Kärkna, nahe Tartu.)

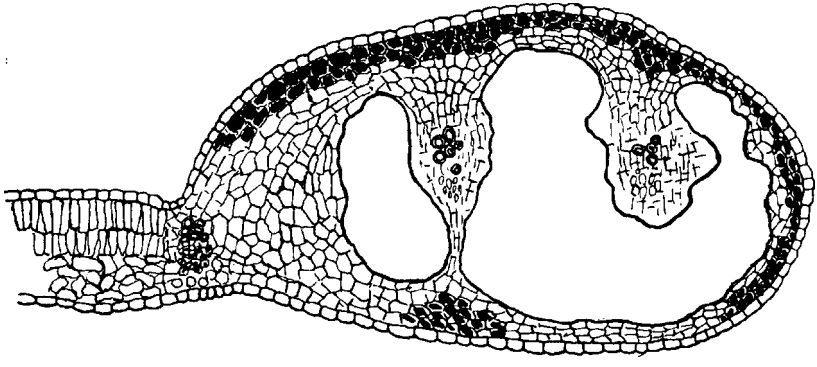


Fig. 2. Querschnitt durch den Blattrand von *Ranunculus auricomus*, *Tuburcinia ranunculi auricomi* enthaltend. Die Brandsporen sind nicht eingezeichnet worden; sie erfüllen die unregelmässigen Hohlräume, die auf der Abbildung zu sehen sind. Die anthocyaninführenden Zellen sind besonders reichlich in dem subepidermalen Gewebe der Blattoberseite. Vergr. 40 mal.

Uromyces poae Rab. bildet auf *R. auricomus* einige mm breite rundliche Aecidienlager, die auf der Blattoberseite als gelbliche, ebene Flecke bemerkbar sind. Diese Färbung wird durch den gelben Inhalt verursacht, der allen Teilen des Pilzes eigen ist. Bemerkenswert ist, dass die noch lebenden infizierten Pflanzenteile hier nie Anthocyanin enthalten. (20. 5. 1925, nahe Tartu.) Es wurden auch Blätter beobachtet, wo einzelne Blattzipfel von *Tuburcinia* befallen waren, andere aber von *Uromyces*. Während in den *Tuburcinia*-Pusteln sich reichlich Anthocyanin gebildet hatte, waren jene Blatteile, die die Aecidien und Spermogonien von *Uromyces poae* führten, stets anthocyaninfrei. Bemerkenwert ist, dass das hypertrophierte Blattgewebe bei *Tuburcinia* gleichfalls

sehr stärkereich ist, während dieses in den *Uromyces*-Lagern nur wenig Stärke enthält. (17. 5. 1925, Kärkna, nahe Tartu.)

Ranunculus cassubicus L.

Diese *Ranunculus*-Art verhält sich der vorigen sehr ähnlich, nur ist bei *R. cassubicus* das Anthocyanin stets subepidermal lokalisiert. Von *Uromyces poae* Rab. befallene Blatteile verdanken ihre gelbe Färbung dem Pilze, Anthocyanin wird nicht gebildet. (28.5. 1923, Pühajärv.)

Hepatica triloba L.

Überwinterte Blätter sind auf der Blattunterseite rötlichviolett gefärbt, auf der Blattoberseite aber mehr braunrot. Anthocyanin führen reichlich die Epidermiszellen der Blattunterseite, die Palissadenzellen und zum Teil auch das Schwammparenchym. Die obere Epidermis ist in der Regel anthocyaninfrei, kann jedoch zuweilen auch Anthocyanin enthalten. Im Sommer werden die Blätter oft auch auf der Unterseite grün. In der Umgebung der Stellen, in denen sich *Septoria hepaticae* Desm. befindet, wird der Anthocyaningehalt beibehalten und wohl auch vergrössert. Die braun- bis violettrote Zone um die durchscheinenden braunen abgestorbenen zentralen Teile der Flecke ist hier verhältnismässig breit (1 bis 10 und mehr mm) und sehr unregelmässig. Stets ist dieser Saum schmäler an den Teilen des Fleckes, die der Anheftungsstelle des Stengels zugewandt sind — an der entgegengesetzten Seite erreicht die anthocyaninführende Zone oft den Blattrand. Violettroten Zellsaft führen reichlich die Mesophyllzellen (bes. die Palissadenzellen) und zum Teil auch die Epidermiszellen. (28.5. 1923, Pühajärv.)

Berberis vulgaris L.

Diese Pflanze tritt gewöhnlich als A [1(1)1] auf. In ihren „Frühlingsblättern" führt sie Anthocyanin in den Zellen des Schwamm- und Palissadenparenchyms. Auch Epidermiszellen enthalten oft Anthocyanin. In den roten Herbstblättern dagegen ist das Anthocyanin subepidermal (in den Palissadenzellen) lokalisiert.

Die Aecidienlager von *Puccinia graminis* Pers. sind auf der Blattoberseite oft karminrot gefärbt; in diesen geröteten Teilen ist das Chlorophyll grösstenteils abgebaut. Eine schmale gelbliche

Zone umgibt oft den mittleren roten Teil des Fleckes. Besonders reichlich enthalten Anthocyanin die Zellen des Palissadenparenchyms und zum Teil auch die des Schwammparenchyms, während die Epidermiszellen nur stellenweise Anthocyanin führen. (24.6. 1923, Bot. Gart. Tartu.)

Ribes alpinum L.

Junge Blätter führen nicht selten Anthocyanin in den Epidermiszellen. Das Mesophyll ist stets pigmentfrei. Da den Herbstblättern, nach den vorliegenden Beobachtungen zu urteilen, das Vermögen Anthocyanin zu bilden nicht mehr eigen ist, so treten hier oft die Pigmentkombinationen A [1(1)0] und A [(1)(1)0] auf.

Melampsora ribesii auritae Klebahn verursacht Flecke, die auf der Blattoberseite gelb, rötlichgelb bis rot gefärbt sind. Am Anfang der Infektion sind die einige mm breiten runden Flecke bräunlichrot bis gelblich gefärbt; sie führen in den geröteten Teilen epidermal lokalisiertes Anthocyanin. Nachher vergrössern sich die Flecke beträchtlich. Die rötliche Farbe wird gewöhnlich nur in den zentralen Teilen beibehalten. Eine Neubildung von Anthocyanin findet nicht statt. (19. 5. 1925, unw. Tartu.)

Ribes nigrum L.

Diese *Ribes*-Art verhält sich der vorigen sehr ähnlich. Auch hier führen junge Blätter epidermal lokalisiertes Anthocyanin.

Puccinia ribesii caricis Kleb. ruft Hypertrophie des Blattgewebes an den Stellen hervor, wo sich die Aecidienlager befinden. Diese Stellen sind auf der Blattoberseite gelblich gefärbt, nur die zentralen Teile sind violettrot, oder aber der ganze Fleck ist violettrot. Nur Epidermiszellen enthalten Anthocyanin. (2. 7. 1923, Haaslava; 15. 5. 1925, Raadi.)

Pirus aucuparia (L.) Gaertn.

P. aucuparia verhält sich wie A [1(1)1] oder auch wie A [(1)(1)1]. Die jungen Blätter enthalten Anthocyanin in den Epidermiszellen, das subepidermale Gewebe führt nur stellenweise Anthocyanin, besonders am Blattrande und in der Nähe grösserer Gefässbündel. Die schön gefärbten roten Herbstblätter enthalten Anthocyanin in ganz anderer Lokalisation: die Epidermiszellen sind farblos, das Palissadenparenchym führt violett- bis rosaroten Zellsaft.

Das Blattgewebe ist an den Stellen, wo sich die Aecidien von *Gymnosporangium juniperinum* (L.) Fr. befinden, hypertrophiert und erscheint auf der Blattunterseite gelblich. Auf der entgegengesetzten Fläche ist dieser Teil orange bis rötlich, oder auch karminrot. Dieser etwas emporgehobene Teil ist von einem einige mm breiten karminroten Hof umgeben, der sich dem Blattrande zu oft bis zu diesem erstreckt. Die Orangefärbung der zentralen Teile wird durch den Pilz verursacht. Wo die Färbung mehr rötlich ist, rührt dieses vom Anthocyaningehalt der Palissadenzellen her. Die Epidermiszellen führen stets farblosen Zellsaft. Ganz ebenso ist die Pigmentlokalisation in dem roten Saum der Flecke. Die infizierten Zellen führen anstatt Chloroplasten Xanthoplasten. (26. 8. 1923, unw. Tartu; 25. 8. 1925, Vägeva.) Es ist bemerkenswert, dass die Aecidienlager, ebenso der diese umgebende Saum, an stark beschatteten Blättern gelb sind. Lichtmangel hat hier die Anthocyaninbildung verhindert. Die Veränderungen im Blattgewebe, die der Pilz verursacht, sind also an sich noch nicht ausreichend, um die Pigmentbildung auszulösen.

Fragaria vesca L.

Die jungen Blätter führen bei Pflanzen gut belichteter Standorte oft ansehnliche Anthocyaninmengen. Noch viel beträchtlicher sind diese in den alternden Blättern. In beiden Fällen befindet sich der rote Zellsaft in den Palissaden- und Epidermiszellen, zum Teil auch im Schwammparenchym. Die Pflanze verhält sich gewöhnlich wie A [1(1)1], doch auch A [(1)(1)(1)] wurde beobachtet.

Septoria fragariae Desm. ruft auf den Blättern von *F. vesca* Fleckenbildung hervor. Der braune, bereits abgestorbene innere Teil des Fleckes ist von einem einige mm breiten braunroten Saum umgeben. Dieser führt Anthocyanin in den Epidermis- und Mesophyllzellen. (6. 8. 1924, Saadjärv, unw. Tartu.)

Geum rivale L.

Die jungen überwinterten, ebenso die alternden, Blätter von *G. rivale* führen reichlich Anthocyanin. Im Sommer sind die Blätter grün, besitzen jedoch das Vermögen Anthocyanin zu bilden. Häufigste Pigmentkombination: A [1(1)1]. In den jungen, ebenso den alternden, Blättern findet sich Anthocyanin besonders reichlich in

den peripheren Mesophyllschichten, ausserdem in den Epidermiszellen.

Ramularia gei (Eliasson) Lindr. (= Liro) ruft Anthocyaninbildung bei den grünen Blättern hervor. Die Flecke sind gewöhnlich rundlich, bis 1 cm gross, in den mittleren Teilen bräunlich, durchscheinend und von einem violettschwarzen Saum umgeben, dessen Färbung nach aussen zu allmählich verblasst. Am weitesten reichen die anthocyaninführenden Zellen in der Palissadenschicht. Die Epidermiszellen führen violettroten Zellsaft nur in den besonders intensiv gefärbten Teilen des Anthocyaninringes. (8. 7. 1923, Elva.)

Ulmaria pentapetala Gil.

Die jungen Blätter dieser Pflanze, die gewöhnlich als A [1(1)1] auftritt, führen reichlich Anthocyanin in den Epidermiszellen (im Blattstiel auch in subepidermalen Zellen). Die Herbstblätter enthalten nur wenig Anthocyanin in den Epidermiszellen, dagegen reichlich in den Palissadenzellen und zum Teil auch in dem Schwammparenchym.

Septoria ulmariae Oudem. ruft Entstehung von Flecken hervor, wobei reichliche Anthocyaninbildung bei gleichzeitiger Abnahme an Chlorophyllgehalt stattfindet. Die Flecke treten als kleine, rötliche, ca 1 mm breite Punkte auf, die sich allmählich vergrössern, gleichzeitig aber eine tiefere Färbung annehmen. Zuletzt vertrocknen die zentralen Teile, und es entsteht so ein Ring anthocyaninführender Zellen. In den jüngeren Flecken ist fast nur die Epidermis anthocyaninführend. In den älteren Flecken dagegen tritt der violettrote Zellsaft oft in sämtlichen Mesophyllzellen auf, wobei dann die Epidermiszellen nur wenig Anthocyanin enthalten. (24.6. 1924, nahe Tartu.)

Alchemilla vulgaris L. *pastoralis* Bus.

Bei dieser Art besitzen die Blätter während der ganzen Vegetationsperiode das Vermögen Anthocyanin zu bilden. Während in den jungen Blättern der Farbstoff sich vorwiegend in den Epidermiszellen befindet und nur ein Teil der Mesophyllzellen roten Zellsaft aufweist, führen die rot gefärbten alternden Blätter mehr Anthocyanin in dem Mesophyll, jedoch stets auch in vielen Epidermiszellen. Beobachtet wurden die Pigmentkombinationen A [1(1)1] und A [(1)(1)(1)].

Ovularia haplospora (Spegazz.) P. Magnus ruft bei den

grünen Blättern von *A. pastoralis* Anthocyaninbildung hervor. Die Flecke sind ca 3—8 mm breit, in den mittleren Teilen abgestorben und von einem 1—2 mm breiten schwarzroten Saum umgeben, der an das abgestorbene Gewebe scharf grenzt, auf der anderen Seite aber mehr verschwommen ist. In den geröteten Teilen zeigt die Blattspreite unveränderten Blattbau. Anthocyanin enthalten reichlich die Palissadenzellen; das Schwammparenchym, ebenso die Epidermiszellen auf der Blattober- und Unterseite enthalten nur stellenweise roten Zellsaft, die ersteren besonders in der Nähe der Gefässbündel. Die Schliesszellen sind stets anthocyaninfrei, auch wenn die Epidermiszellen durchgehend Anthocyanin enthalten. (18.6. 1923, Kaagvere; 3.6. 1925, unw. Tartu; 19.6. 1925, Vägeva.)

Die Blätter, die die orangegelben Sporenlager von *Uromyces alchemillae* (P e r s.) L é v. tragen, besitzen einen eigenartigen Habitus, wodurch sie schon von weitem kenntlich sind: die Blattstiele sind aufrecht, ihre Länge beträgt oft 15—20 cm, während die Spreite merklich kleiner ist als bei unbefallenen Blättern. Es ist sehr bemerkenswert, dass die infizierte Blattspreite hier nie Anthocyanin enthält. Dies ist noch deshalb auffällig, weil *Ovularia haplospora* zur gleichen Zeit reichliche Anthocyaninbildung verursacht. (18. 6. 1923, Kaagvere.)

Geranium palustre L.

G. palustre tritt gewöhnlich in Estland als A[1(1)1] auf. Die jungen Blätter führen Anthocyanin reichlich in den Epidermiszellen, ausserdem in den peripheren Mesophyllschichten. Besonders anthocyaninreich sind jedoch diese letzteren bei den Herbstblättern.

Septoria geranii R o b. e t D e s m. ruft Fleckenbildung hervor, die dadurch verursacht wird, dass der 1—2 mm breite abgestorbene innere Teil von einem ungefähr ebenso starken Saume umgeben wird, der braun- bis violettrot gefärbt ist. Anthocyanin führen hier die peripheren Schichten des Palissaden- und Schwammparenchyms, zum Teil auch die Epidermiszellen. (20. 6. 1924, unw. Tartu.) Ebensolche Anthocyaninlokalisation fand ich in den Flecken, die durch *Ramularia geranii* (W e s t e n d.) F u c k. verursacht waren. (6. 8. 1924, Saadjärv.) *Uromyces geranii* (DC.) W i n t e r ruft ebenfalls Anthocyaninbildung hervor. Die Aecidienlager, die sich auf hypertrophierten Teilen der Blattspreite befin-

den, sind auf der unteren Seite der Blätter weisslichrosa bis weisslich, dagegen ist die entsprechende, gewöhnlich vertiefte Stelle auf der Blattoberseite oft schön karminrot gefärbt. Die Epidermiszellen enthalten hier reichlich karminroten Zellsaft, während sie auf der Blattunterseite nur wenig Farbstoff führen. Die Palissadenzellen enthalten ebenfalls Anthocyanin, doch ist die Konzentration hier geringer als in den darüberliegenden Epidermiszellen. Die Blätter, auf denen die Uredo- und Teleutosporen beobachtet wurden, besassen am Blattrande bereits die rote Herbstfärbung. Die Sporenlager waren ebenfalls von rot gefärbtem Blattgewebe umgeben. Nur ganz vereinzelte Epidermiszellen enthalten roten Zellsaft; reichlich Anthocyanin führen die Palissadenzellen und die peripheren Zellschichten des Schwammparenchyms. (10. 9. 1924, Vägeva.)

Frangula alnus Mill.

F. alnus tritt in Estland oft als A[1(1)1] auf, und auch als A[1(1)(1)]. Die jungen Blätter führen Anthocyanin subepidermal lokalisiert, die alternden enthalten Anthocyanin ausser in den Palissadenzellen und den peripheren Zellen des Schwammparenchyms auch in den Epidermiszellen.

Die Blatteile, die die Aecidienlager von *Puccinia coronata* Corda führen, sind bei gut belichteten Blättern wohl stets anthocyaninführend. Besonders die braunrote Randzone, die die infizierten Stellen umgibt, enthält reichlich Anthocyanin in den Epidermiszellen und in den Zellen des Palissadenparenchyms. Bemerkenwert ist, dass die Aecidienlager, die auf stärker beschatteten Blättern auftreten, auch auf der Blattoberseite eine gelbe Färbung aufweisen und nur Spuren von Anthocyanin enthalten, in der Regel aber anthocyaninfrei sind. (17. 7. 1923, Haaslava.)

Chamaenerium angustifolium (L.) Scop.

Diese Pflanze tritt oft als A[1(1)1] auf. Die jungen Blätter enthalten Anthocyanin in den Epidermiszellen, nur vereinzelt treten auch subepidermale Zellen anthocyaninführend auf. Die roten Herbstblätter dagegen enthalten Anthocyanin subepidermal lokalisiert (in den Palissadenzellen).

Ramularia montana Speg. ruft Anthocyaninbildung hervor. Bei stark infizierten Blättern nimmt bald die ganze Spreite die

herbstliche Rotfärbung an. Anthocyanin enthalten reichlich die Palissadenzellen. (12. 8. 1924, Paasvere.)

Epilobium hirsutum L.

Diese Art verhält sich der vorigen ähnlich, nur enthalten die Herbstblätter auch in den Epidermiszellen Anthocyanin.

Septoria epilobii Westend. ruft Fleckenbildung hervor, die durch Absterben der infizierten Stelle und Bildung eines braunroten Saumes verursacht wird. Anthocyanin enthalten reichlich die Epidermis- und Palissadenzellen. (15. 7. 1924, Haaslava.)

Glechoma hederacea L.

Die überwinternden Blätter dieser Pflanze führen reichlich Anthocyanin in den Epidermiszellen. Auch andere vegetative Organe enthalten bei *G. hederacea* den rötlichvioletten Zellsaft in ebensolcher Lokalisation.

Da, wo sich auf der Unterseite der Blätter die Teleutosporenlager von *Puccinia glechomatis* DC. befinden, ist die entsprechende Stelle auf der Blattoberseite anthocyaninführend. Oft ist hierbei ein 1—2 mm grosser zentraler, reichlich Anthocyanin enthaltender Fleck zu sehen, der von einer schmalen anthocyaninarmen Zone umgeben ist, welcher eine zweite reichere folgt. Anthocyanin enthalten hier ausschliesslich Epidermiszellen. (8. 7. 1924, Elva.) Es erscheint sehr wahrscheinlich, dass hier in den infizierten Blatteilen und deren Umgebung das „Frühlingsanthocyanin" beibehalten wird, und dass eine Neubildung von Anthocyanin überhaupt nicht, oder nur in geringem Grade stattfindet.

Mentha arvensis L.

Diese *Mentha*-Art tritt oft als A [1(1)(1)] auf. Die jungen Blätter führen nicht selten so beträchtliche Anthocyaninmengen, dass sie fast schwarz erscheinen. In der Blattspreite enthalten ausschliesslich die Epidermiszellen Anthocyanin.

Die Blatteile, die die Aecidienlager von *Puccinia menthae* Pers. auf der Unterseite tragen, sind auf der oberen Seite intensiv violett gefärbt. Ebenso tritt in der Nähe der Uredosporenlager oft Anthocyaninbildung auf. Nur die Epidermiszellen enthalten den violetten Zellsaft. (16. 6. 1925, unw. Tartu.)

Knautia arvensis L.

Die jungen Blätter enthalten Anthocyanin in den Epidermiszellen und in den peripheren subepidermalen Zellen.

Septoria scabiosicola Desm. ruft Fleckenbildung hervor. Diese Flecke sind oft sehr klein, wobei bereits 0,3—0,5 mm breite Flecke einen abgestorbenen zentralen Teil aufweisen sowie eine bräunlichviolette, fast schwarze Randzone, die nach aussen zu allmählich blasser wird. Reichlich Anthocyanin enthalten Epidermis- und Palissadenzellen. Zuweilen führen auch die Zellen des Schwammparenchyms Anthocyanin. (26. 8. 1924, unw. Tartu.)

Succisa pratensis Moench.

Die überwinterten Blätter sind anthocyaninreich. Im Sommer werden sie grün. Ebenso gefärbt sind die Blätter, die sich erst während des Sommers entwickeln. Vor dem Absterben bilden sich in den Blättern beträchtliche Anthocyaninmengen. *S. pratensis* tritt also oft als A [1(1)1] auf. Stets sind in den Blättern die Epidermiszellen farblos. Anthocyanin enthalten die Palissadenzellen, zum Teil die Zellen des Schwammparenchyms.

Septoria scabiosicola Desm. verursacht Fleckenbildung (Fig. 7), die sehr auffällig ist. Der zentrale, abgestorbene Teil misst gewöhnlich nur 0,3—0,8 mm, der denselben umgebende schwarzviolett gefärbte Saum ist 1—3 mm breit und geht allmählich in eine verschwommene rötlichviolette Zone über. Die Flecke heben sich von der grünen Blattfläche scharf ab. Die Anthocyaninbildung, die bei *Succisa* durch den Pilz verursacht wird, ist ohne Zweifel viel beträchtlicher als die Anthocyaninbildung, die nor-

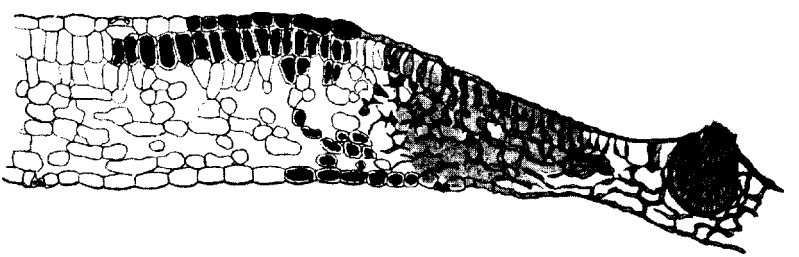


Fig. 3. Querschnitt durch ein von *Septoria scabiosicola* befallenes Blatt von *Succisa pratensis*. Die anthocyaninführenden Zellen sind schwarz gezeichnet. In der Nähe des abgestorbenen Blattgewebes führen auch die Epidermiszellen Anthocyanin. Vergr. 90 mal.

malerweise beobachtet wurde. Anfangs färben sich auch hier nur die Palissadenzellen, weiter ergreift die Anthocyaninbildung jedoch auch andere Mesophyllzellen und gleichzeitig beginnt die Bildung des violetten Zellsaftpigmentes in den Epidermiszellen, die den abgestorbenen Blatteilen am nächsten stehen. Stets reicht die Anthocyaninbildung in den Palissadenzellen viel weiter als in den Epidermiszellen, weshalb letztere in der erwähnten rötlichvioletten Zone farblos sind (Fig. 3). (18. 6. 1923, Kaagvere; 20. 6. 1924, nahe Tartu.)

Trientalis europaea L.

T. europaea tritt oft als A [1(1)1] auf. Die jungen, ebenso die Herbstblätter führen reichlich Anthocyanin in den peripheren Mesophyllschichten; die Epidermiszellen enthalten stets farblosen Zellsaft.

Ramularia Magnusiana (Sacc.) Lindau verursacht Fleckenbildung. Der mittlere abgestorbene, einige mm breite Teil ist von einem braunroten Ringe umgeben. In letzterem enthalten die Palissadenzellen und die äusseren Schichten des Schwammparenchyms roten Zellsaft. Die Epidermiszellen sind farblos. (8. 7. 1924, Elva.)

Pirola rotundifolia L.

Bei Untersuchungen betreffend *Sclerotinia pirolae* F. Bucholtz u. A. Grosse beobachteten Bucholtz und Grosse, dass bei *Pirola rotundifolia* viele Fruchtknoten oft frühzeitig eine Rosafärbung annahmen, während sie sonst tiefgrün gefärbt sind. Sie beschreiben ihre Beobachtungen wie folgt [1]: „Es war eine grössere Anzahl von in verschiedenen Entwickelungsstadien sich befindenden Fruchtknoten gesammelt worden; darunter befanden sich sowohl grüne wie solche, die rosa gefärbt waren. Ein Teil der gesammelten Fruchtknoten wurde in der Flüssigkeit von Flemming fixiert, ein anderer Teil in der Lösung von Carnoy. Hierbei wurde eine sehr interessante Erscheinung beobachtet. Die Lösung von Carnoy färbte sich von den rosa gefärbten Fruchtknoten schwach, aber deutlich sichtbar rosa.“ Weiter schreiben die genannten Autoren: „Alle Fruchtknoten, die diese Reaktion gaben, erwiesen sich als infiziert.“ Da die

1) F. Bucholtz et A. Grosse. Le développement d'un champignon parasite *Sclerotinia Pirolae* nov. sp. (russ.). Sep.

Lösung von Carnoy aus absol. Alkohol und Eisessig besteht, so war zu vermuten, dass die von Bucholtz u. Grosse beschriebene „Reaktion" darin bestand, dass die Anthocyanine durch die Carnoy'sche Lösung unter Entstehung von entsprechenden Oxoniumsalzen extrahiert wurden, denn saure, stark alkoholische Lösungen, wie diejenige von Carnoy, müssten so wirken. Bucholtz u. Grosse beobachteten ausserdem, dass die Färbung in der Lösung von Flemming (Osmiumsäure!) verschwand, was durch Zersetzung des Anthocyanins verursacht sein konnte.

Direkte Beobachtungen bestätigten diese Vermutung. Die rosafarbigen Fruchtknoten, ebenso wie der Griffel, enthalten Anthocyanin in subepidermalen Zellen. (12. 8. 1924, unw. Tartu.) Also ist die von Bucholtz u. Grosse beobachtete Erscheinung durch gesteigerte Anthocyaninbildung infolge von Pilzinfektion bedingt.

Vaccinium vitis idaea L.

Diese Pflanze tritt oft als A [(1)(1)(1) . . . 1] auf, an stark belichteten Standorten auch als A [1(1)1 . . 1]. Gewöhnlich bildet sich Anthocyanin ausschliesslich in dem Mesophyll, am reichlichsten in den Palissadenzellen. Besonders intensiv gerötete junge Blätter enthalten den Farbstoff am Blattrande auch in den Epidermiszellen. In den geröteten alternden Blättern ist das Anthocyanin subepidermal lokalisiert.

Die Blattstellen, an denen sich *Exobasidium vaccinii* (Fuck.) Woron. befindet, sind angeschwollen und auf der Blattoberseite konkav. Bei gut belichteten Blättern sind diese Vertiefungen wegen ihres geringen Gehaltes an Chlorophyll durch Anthocyanin intensiv karminrot gefärbt. Reichlich Anthocyanin enthält der Zellsaft der Palissadenzellen. (15. 7. 1923, Haaslava.)

Mycosphaerella stemmatea (Fr.) Romell. bildet Flecke, die zum grössten Teil aus abgestorbenem Gewebe bestehen; nur die einige mm breite Randzone erscheint braun- bis violettrot. In der Nähe der abgestorbenen Zellen führt auch die Epidermis dieser Randzone Anthocyanin, ausserdem die Palissadenzellen und zum Teil auch das Schwammparenchym. In den peripheren Teilen des farbigen Ringes enthalten nur Palissadenzellen roten Zellsaft. (26.8. 1924, Haaslava.)

Andromeda polifolia L.

Diese Art tritt auf Hochmooren als A [1(1)1 . . 1] auf. Besonders anthocyaninreich sind die Blätter im Winter. Sie füh-

ren roten Zellsaft in den Palissadenzellen und den äusseren Schichten des Schwammparenchyms.

Exobasidium Karstenii Lind. ruft sehr reichliche Anthocyaninbildung hervor. Die befallenen Zweige färben sich lebhaft karminrot, wobei Blätter, Blattstiele und Zweige diese Färbung annehmen. Die Blätter werden hierbei merklich dicker, ausserdem sind sie oft viel breiter als die unbeschädigten. Die Blattspreite ist schön rot auf der morphologischen Oberseite, die untere Blattfläche erscheint rosa. Der Inhalt der Epidermiszellen ist farblos; die erste Palissadenschicht enthält violettroten Zellsaft, die Zellen des Schwammparenchyms sind zum Teil farblos, zum Teil führen sie Anthocyanin. Die Mesophyllzellen enthalten nur blassgrün gefärbte Chloroplasten. In den Blattstielen und den Zweigen befindet sich Anthocyanin in den Zellen des Rindenparenchyms. (19. 6. 1925, Vägeva.)

Arctostaphylos uva ursi (L.) Spreng.

Diese Art enthält in ihren überwinternden Blättern während der kalten Jahreszeit oft ansehnliche Anthocyaninmengen. Anthocyaninreich sind auch die alternden Blätter. Es sind folgende Pigmentkombinationen beobachtet worden: A[1(1)1 . . 1], A[(1)(1)(1) . . 1]. Im Winter enthalten die Blätter Anthocyanin in den Palissadenzellen, den Schwammparenchymzellen, die sich in der Nähe der unteren Epidermis befinden, ebenso in den Zellen des letztgenannten Gewebes. In den alternden Blättern tritt Anthocyanin streng subepidermal lokalisiert auf.

Die jungen, überaus anthocyaninreichen Zweige, die von *Exobasidium arctostaphyli* Harkn. befallen sind, bilden einen ganz merkwürdigen Kontrast mit den derben grünen Blättern anderer Triebe. Sie erscheinen nämlich sehr intensiv karminrot. Anthocyanin enthalten oft sämtliche Mesophyll- und Epidermiszellen (mit Ausnahme der Schliesszellen), oder aber die zentralen Mesophyllschichten führen schwach rosa gefärbten bis farblosen Inhalt. Die rotgefärbten Pflanzenteile enthalten nur wenig Chlorophyll. (21. 6. 1924, Kehila, Saaremaa; 1. 6. 1925, Mustoja, Petserimaa.)

Campanula persicifolia L.

C. persicifolia tritt auf trockenen, gut belichteten Lokalitäten als i A[111], also permanent anthocyaninführend, auf. Auch die Kombinationen A[1(1)(1)] und A[(1)(1)(1)] wurden beobachtet. In

der Blattspreite befindet sich Anthocyanin sowohl in den jungen als in den alternden Blättern in den Palissadenzellen, den Schichten des Schwammparenchyms, die an die untere Epidermis anliegen, und in der letzteren. Der Inhalt der Epidermiszellen der Blattoberseite ist farblos. — Von *C. persicifolia* gibt es eine weissblühende Form, die, wie es auch sonst für die Albinos die Regel ist, auch in den Blättern und Stengeln kein Anthocyanin bildet.

Ramularia macrospora Fres. trat reichlich auf beiden Formen — der blaublühenden und der weissblühenden — auf. Auf der blaublühenden waren hierbei eigenartige Flecke entstanden, die von den bisher beschriebenen abweichen. Hier ist nämlich der anthocyaninfüh-

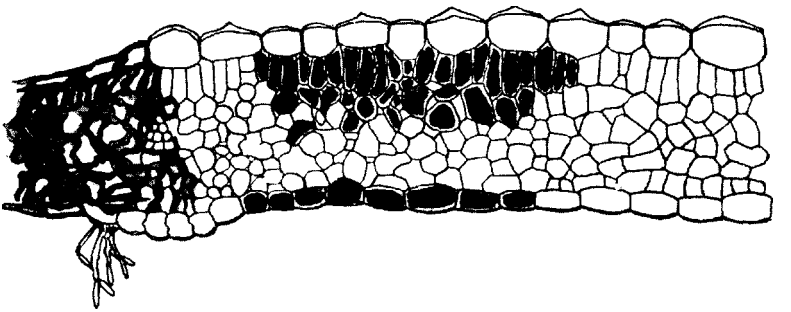


Fig. 4. Querschnitt durch die Blattspreite von *Campanula persicifolia*, die von *Ramularia macrospora* infiziert ist. Links abgestorbenes Gewebe, darauf folgt eine Zone lebender anthocyaninfreier Zellen, weiter führt das Blattgewebe in den dunkel gezeichneten Zellen Anthocyanin. Vergr. 120 mal.

rende Ring schon zu einer Zeit vorhanden, wo der von dem Ringe umgebene zentrale Teil noch unverändert grün gefärbt ist. Nachher vertrocknet allmählich das Zentrum des Fleckes, die Anthocyaninbildung ergreift einerseits immer neue, nach aussen zu gelegene Zellen, während in zentripetaler Richtung umgekehrt ein Abbau von Anthocyanin oder eine Umwandlung in farblose oder schwach gefärbte Substanzen stattfindet. So entstehen Flecke, die folgendermassen gebaut sind: ca 7 mm in der Mitte des Fleckes sind gebräunt, auf diesen Teil folgt eine schmale, 1—2 mm breite grüne Zone, die weiter folgenden 1—3 mm sind bräunlichviolett gefärbt. Diese letztgenannte Zone ist beiderseits diffus abgegrenzt. Anthocyanin führen hier die Palissadenzellen, die untersten Schichten des Schwammparenchyms und die Epidermiszellen der Blattunterseite (Fig. 4). Auf dem Albino von *C. persicifolia* bestehen

die Flecke dagegen nur aus dem abgestorbenen Gewebe, der anthocyaninführende Saum fehlt stets. (3. 8. 1924, Bot. Gart. in Tartu.)

Centaurea jacea L.

Diese Pflanze tritt oft als A [1(1)(1)] auf. Anthocyanin führen die jungen Blätter in den Epidermis- Palissaden- und Schwammparenchymzellen. Nur die inneren Teile des Mesophylls enthalten farblosen Zellsaft. (17. 5. 1925, nahe Tartu.)

Die Aecidienlager von *Puccinia tenuistipes* Rostr. erscheinen auf der Blattoberseite als gelbliche Flecke, die von einem sehr dunkel gefärbten bräunlichvioletten Saum, der einige mm breit ist, umgeben sind. Da, wo das anthocyaninführende Gewebe an das abgestorbene angrenzt, enthalten oft sämtliche Zellen der Blattquerschnitte rötlichvioletten Zellsaft. Etwas weiter sind die zentralen Mesophyllschichten bereits farblos, und grösstenteils auch die Epidermiszellen. In den alleräussersten Teilen der violettroten Zone der Flecke enthalten gewöhnlich nur Palissadenzellen Anthocyanin. (17. 5. 1925, Voldi, Tartumaa.)

Cirsium heterophyllum All.

Die jungen Blätter dieser *Cirsium*-Art führen oft Anthocyanin in den peripheren Zellschichten des Mesophylls, besonders in den Palissadenzellen. Die Epidermiszellen sind farblos.

Das Aecidienstadium der *Puccinia dioicae* P. Magn. ruft eigenartige Fleckenbildung hervor. Zu der Zeit, wo die Aecidien noch geschlossen und in dem Blattgewebe verborgen sind, tritt an der entsprechenden Stelle der Blattoberseite ein ca 2 mm breiter gelblich gefärbter Fleck auf, dessen zentrale Teile bräunlich sind (Anthocyanin). Dieser eben beschriebene Teil ist von einem ca 1 mm breiten hellgrünen ringförmigen Saum umgeben, dem ein ebenso breiter bräunlichvioletter folgt. — In anderen Fällen bilden sich die Aecidienlager auf Blättern, die noch reichlich Frühlingsanthocyanin führen und also braunviolett sind. Auf der Blattoberseite gibt sich hier die Infektion folgendermassen kund: Da wo auf der Unterseite des Blattes die Aecidien sich befinden, verschwindet zunächst das Anthocyanin, nur in dem Zentrum der Flecke wird es oft beibehalten. Da gleichzeitig Chlorophyllabbau stattfindet, so entstehen kleine grünlichgelb gefärbte Flecke. Diese sind von einem 1—1,5 mm breiten hellgrünen bis gelbgrünen Saum umgeben, der dadurch entstanden ist, dass die Pilzinfektion

hier Anthocyaninabbau hervorgerufen hat. Weiter folgt eine violettrot gefärbte Zone (die helle Färbung ist durch Chlorophyllabnahme bedingt), die allmählich in das Braunviolett des Blattes übergeht. Wenn das Blatt nachher ergrünt, wird in der letzterwähnten Zone Anthocyanin beibehalten. So sind die Aecidien dann von einem grünen und einem violettroten oder bräunlichen Ring umgeben. Wenn die Aecidienlager sich ca 1 cm von dem Blattrande gebildet haben, so bleibt das Anthocyanin in der Spreite zwischen dem Fleck und dem Blattrande noch lange erhalten. So entsteht ein mehr oder weniger dreieckiger „Schatten", dessen Basis am Blattrande liegt.

Die Lokalisation des roten Zellsaftes in dem Fleck ist folgende: Beiderseits von dem zentralen Teile des Fleckes, wo sich die Aecidien befinden, sind die Zellen anthocyaninfrei, ihre Chloroplasten sind oft gelblichgrün; die Pilzhyphen sind hier zahlreich. Weiter folgt beiderseits eine Zone, die sich von der vorigen dadurch unterscheidet, dass hier die Hyphen seltener sind und dass die Palissadenzellen, zum Teil auch die Zellen des Schwammparenchyms, rötlichviolettes Anthocyanin führen. Die weiter folgende gelbgrüne Zone enthält kein Anthocyanin; die Chloroplasten sind schwächer grün als in dem unberührten Blattgewebe. (18. 6. 1925, Vägeva.)

Cirsium palustre Scop. verhält sich der vorigen Art ähnlich, nur enthalten hier in den jungen Blättern die Epidermiszellen besonders reichlich Anthocyanin, die peripheren subepidermalen Schichten viel weniger. Die Flecke, die das Aecidienstadium von *Puccinia dioicae* P. Magn. verursacht, sind denen, die dieser Pilz auf *Cirsium heterophyllum* hervorruft, sehr ähnlich, nur enthalten hier besonders reichlich Anthocyanin die Epidermiszellen. Doch sind in den am stärksten gefärbten Teilen des violettroten Ringes auch Mesophyllschichten anthocyaninführend. (15. 5. 1925, Luunja, unw. Tartu.)

Lactuca muralis L.

Diese Art tritt oft als A[1(1)1] auf. Sowohl in den jungen als in den alternden Blättern befindet sich der karminrote Zellsaft ausschliesslich in den Epidermiszellen.

Puccinia Opizii Bubák ruft bei *Lactuca* Anthocyaninbildung hervor. Die Blattoberseite ist an den Stellen, wo sich auf der Unterseite die Aecidienlager befinden, mehr oder weniger

konkav. Diese Vertiefungen besitzen eine rosarote bis karminrote Färbung. An den entsprechenden Querschnitten ist das hypertrophierte Blattgewebe und die zahlreichen Hyphen zu sehen. Roten Zellsaft führen reichlich die Epidermiszellen auf der Blattoberseite, in geringerer Ausdehnung auch die Zellen der unteren Epidermis. Das Mesophyll enthält nie Anthocyanin. Dieses hypertrophierte Gewebe enthält wenig Chlorophyll. Das Aecidienlager ist von einem 1—2 mm breiten gelblichgrünen Saume umgeben. (15. 5. 1925, Luunja, unw. Tartu.)

Solidago virga aurea L.

Solidago tritt oft als A[1(1)(1)] auf. Die jungen Blätter enthalten Anthocyanin reichlich in den Epidermiszellen der Blattunterseite (weniger in den Epidermiszellen der Oberseite) und zum Teil in den Mesophyllzellen, besonders in den Palissadenzellen.

Septoria virgaureae Desm. ruft Fleckenbildung hervor. Auf den abgestorbenen, 1—2 mm messenden zentralen Teil folgt ein ca 2 mm breiter braun- bis rötlichviolett gefärbter dunkler Saum, der nach aussen zu allmählich verblasst. Anthocyanin enthalten sowohl Epidermis- als Mesophyllzellen. (6. 8. 1925, Saadjärv.)

Ebenso lokalisiert ist das Anthocyanin in den eckigen Flecken, die *Ramularia virgaureae* Thuem. verursacht. (1. 7. 1924, Haaslava.)

Scorzonera humilis L.

Bei *Scorzonera humilis* tritt oft die Pigmentkombination A[1(1)(1)] auf, wobei die jungen Blätter Anthocyanin in den peripheren Zellschichten des Mesophylls enthalten.

Cystopus tragopogonis (Pers.) Schroet. verursacht oft Anthocyaninbildung in der Nähe der Konidienlager. Anthocyanin enthalten ausser den Palissadenzellen auch die Epidermiszellen. Zuweilen ist das gesamte Blattgewebe (Epid. + Mesoph. + Epid.) anthocyaninführend. (25. 6. 1924, unw. Tartu.)

Tussilago farfara L.

Beobachtet wurde die Pigmentkombination A [1(1)(1)]. Die jungen Blätter sind oft intensiv braunrot gefärbt. Anthocyanin enthalten die Epidermiszellen der Blattunterseite, die Palissadenzellen und die unteren Schichten des Schwammparenchyms. Die obere Epidermis führt nur bei sehr stark pigmentierten Blättern Anthocyanin.

Puccinia poarum Niels. ruft Anthocyaninbildung hervor. Die Flecke, die die Aecidienform des Pilzes verursacht, sind 1 bis 10 und mehr mm breit. Das zentrale Gewebe (ca 3 mm) ist orangefarbig, auf diesen Teil folgt ein ca 2 mm breiter Ring, der grünlichgelb gefärbt ist, weiter ein violettroter Hof, der verschieden breit sein kann (1—5 mm). In der violettroten Zone enthalten Anthocyanin die Epidermiszellen der Blattober- und Unter-

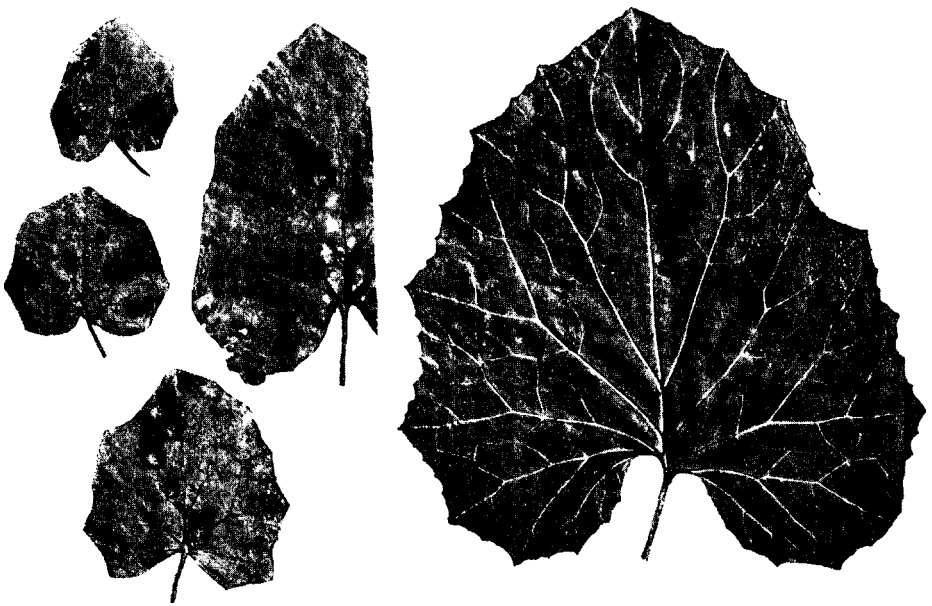


Fig. 5. *Puccinia poarum* auf *Tussilago farfara*. Es sind die durch Anthocyaningehalt der Blatteile hervorgerufenen „Schatten" zu sehen, die zwischen den infizierten Stellen und dem Blattrande liegen. (Vergl. Text.) 1/2 nat. Grösse.

seite, ebenso die Palissadenzellen (1—2 Schichten). Da, wo der Anthocyaninring schwach ausgebildet ist, führen oft nur die Palissadenzellen farbigen Inhalt. Die Aecidienlager können sich auf jungen Blättern noch zu einer Zeit entwickeln, wo jene reichlich Anthocyanin enthalten. Beim späteren Ergrünen des Blattes beeinflussen die Aecidienlager diesen Prozess insofern, dass sie den Anthocyaninabbau in einem Sektor, dessen Spitze sich in dem Fleck befindet, die Basis aber am Blattrande, verzögern. So entstehen hier ganz ebensolche „Schatten" wie bei *Puccinia dioicae* auf *Cirsium heterophyllum*. (25. 6. 1924, unw. Tartu: 8. 7. 1924. Elva.)

Septoria Fuckeiii Sacc. ruft auf den Blättern der Nährpflanze eine eigenartige Fleckenbildung hervor. Es sind unregelmässige, ca 1—2 cm messende Flecke, die violettrötlich angelaufen sind und in denen die Nervatur oft schön violettrot gefärbt ist, besonders aber die als kleine violettrote Punkte erscheinenden Fruchtgehäuse, die längs diesen sich gebildet haben. In anderen Fällen enthalten nur die Zellen in der allernächsten Umgebung der Fruchtgehäuse Anthocyanin. Was die Lokalisation des violettroten Zellsaftes betrifft, so führen diesen die Epidermis- und Palissadenzellen und zum Teil auch die Zellen des Schwammparenchyms, die an die untere Epidermis angrenzen. (12. 8. 1924, Paasvere.)

III. Besprechung der erhaltenen Ergebnisse.

Es erscheint ganz selbstverständlich, dass bei Pflanzen, die in ihren vegetativen Organen normalerweise nie Anthocyanin bilden und bei denen auch infolge von Verletzungen, bei Ringelungsversuchen oder bei Kultivieren der Blattfragmente auf Zuckerlösungen Anthocyanin nicht entsteht, auch eine Pilzinfektion die Bildung dieser Verbindungen nicht auslöst. Deshalb sucht man in den Beschreibungen von Pilzen, die auf *Ophioglossum, Botrychium, Onoclea, Nephrodium, Asplenium, Pteridium, Polypodium, Lycopodium, Ginkgo, Herminium, Samolus* etc. parasitieren, vergebens etwas, was auf Anthocyaninbildung bei der Wirtspflanze hindeuten könnte. [1])

Ähnlich verhalten sich Pflanzen, denen das Vermögen Anthocyanin zu bilden nicht ganz abgeht, die aber das rote Zellsaftpigment in der Blattspreite nie bilden. Bei derartigen Pflanzen ruft auch Pilzinfektion keine Anthocyaninbildung hervor. Von Pilzen, die auf solchen Pflanzenarten (*Primula officinalis*-Typus: A [000]) parasitieren, untersuchte ich *Ramularia rubicunda.* Die Flecke, die dieser Pilz auf *Majanthemum bifolium* hervorruft, enthalten nie Anthocyanin.

Anders verhalten sich Pflanzen, die als A [1(1)1], A [1(1)(1)], A [1(1)0], A [1(1)1 . . 1] auftreten: geringere oder beträchtliche

1) Von derartigen Pflanzen (*Botrychium lunaria*-Typus; Bez.: [000]) untersuchte ich nur von *Hyalospora polypodii dryopteridis* befallenen Exemplare von *Neprodium dryopteris.* Anthocyanin war in der Umgebung der infizierten Stellen nicht vorhanden.

Anthocyaninbildung infolge von Pilzinfektion ist bei diesen überaus verbreitet. Besonders die Pflanzen, die in bezug auf die Änderungen in ihrem Pigmentgehalt während der Vegetationsperiode zu dem *Populus tremula*-Typus: A [1(1)1], *Anemone nemorosa*-Typus: A [1(1)(1)], und *Rhododendron dahuricum*-Typus: A [1(1)1..1] gestellt werden müssen, sind bei Pilzinfektionen durch oft reichliche Anthocyaninbildung charakterisiert. Bei derartigen Pflanzen ist es übrigens auch leicht, durch Kultivierung in Zuckerlösungen künstlich Anthocyaninbildung hervorzurufen.

Durch Pilzinfektion ausgelöste Anthocyaninbildung wurde beobachtet bei Vertretern der Pigmenttypen: A [1(1)1] (*Rumex acetosa, R. acetosella, Berberis vulgaris, Pirus aucuparia, Fragaria vesca, Geum rivale, Ulmaria pentapetala, Alchemilla pastoralis, Geranium palustre, Frangula alnus, Chamaenerium angustifolium, Epilobium hirsutum, Succisa pratensis, Trientalis europaea, Lactuca muralis*), A [1(1)1..1] (*Vaccinium vitis idaea, Andromeda polifolia, Arctostaphylos uva ursi*) und A [1(1)(1)] (*Urtica dioeca, Polygonum bistorta, Anemone nemorosa, Mentha arvensis, Campanula persicifolia, Centaurea jacea, Solidago virga aurea, Scorzonera humilis, Tussilago farfara*).

Dagegen tritt die durch Infektion bedingte Anthocyaninbildung in den Blättern von Pflanzen des *Betula verrucosa*-Typus: A [1(1)0] nur während der ersten Hälfte der Lebensdauer der Blätter auf; in gewissem Alter besitzen diese nicht mehr das Vermögen Anthocyanin zu bilden.

Was die Beziehungen betrifft, die zwischen der normalen Lokalisation der Anthocyanine und solcher bei Pilzinfektionen bestehen, so sind diese aus der weiter folgenden Tabelle zu ersehen.

In vielen Fällen tritt das durch die Infektion hervorgerufene Anthocyanin in denselben Zellschichten auf, in welchen es bei derselben Pflanzenart auch normal gefunden wird. Hierbei sind zwei Fälle zu unterscheiden: 1) die Lokalisation des roten Zellsaftes ist in den jungen und den alternden Blättern der Wirtspflanze die gleiche; 2) die Lokalisation ist eine verschiedene. Im ersteren Falle, der bei *Rumex acetosa, R. acetosella, Fragaria vesca, Geum rivale, Alchemilla vulgaris, Geranium palustre, Epilobium hirsutum, Trientalis europaea, Andromeda polifolia, Campanula persicifolia, Lactuca muralis* auftritt, ruft die Pilzinfektion nur in Epidermiszellen Anthocyaninbildung hervor (z. B. *Puccinia Opizii* auf *Lactuca muralis*), oder nur in subepidermalen Zellschichten (z. B.

Bezeichnungen der Nährpflanzen und der Pilze	Pigmentkombinationen, die bei d. Nährpfl. beobachtet worden sind	Normale Anthocyaninlokalisation				Anthocyaninlokalisation in den infolge von Pilzinfektion geröteten Blatteilen	
		in jungen Blättern		in alternden Blättern			
		Ep.	Mesoph.	Ep.	Mesoph.	Ep.	Mesoph.
Nephrodium dryopteris	[000]	—	—	—	—		
Hyalospora polypodii dryopteridis						—	—
Majanthemum bifolium	A [000]	—	—	—	—		
Ramularia rubicunda .						—	—
Urtica dioeca . . .	A [1(1)(1)]	+	+				
Puccinia caricis . . .						+	+
Rumex acetosa . .	A [1(1)1]	+	+	+	+		
Ramularia pratensis . .						+	+
Rumex acetosella	A [1(1)1]	+	+	+	+		
Ramularia pratensis . .						+	+
Polygonum bistorta	A [1(1)(1)]	+	(+)				
Ovularia bistortae . . .						+	+
Anemone nemorosa .	A [1(1)(1)]	+	(+)				
Pycnochytrium anemones						+	(+)
Puccinia fusca						—	—
Ranunculus auricomus	A [1(1)0]	+	+	—	—		
Tuburcinia ranunculi auricomi						—	+
Uromyces poae						—	—
Ranunculus cassubicus	A [1(1)0]	—	+	—	—		
Uromyces poae						—	—
Hepatica triloba .		+	+				
Septoria hepaticae . .						+	+
Berberis vulgaris	A [1(1)1]	+	+	—	+		
Puccinia graminis . .						+	+
Ribes alpinum . .	A [1(1)0]	+	—	—	—		
Melampsora ribesii auritae						+	—
Ribes nigrum . . .		+	—				
Puccinia ribesii caricis						+	—
Pirus aucuparia .	A [1(1)1]	+	(+)	—	+		

Bezeichnungen der Nährpflanzen und der Pilze	Pigmentkombinationen, die bei d. Nährpfl. beobachtet worden sind	Normale Anthocyaninlokalisation				Anthocyaninlokalisation in den infolge von Pilzinfektion geröteten Blatteilen	
		in jungen Blättern		in alternden Blättern			
		Ep.	Mesoph.	Ep.	Mesoph.	Ep.	Mesoph.
Gymnosporangium juniperinum						−	+
Fragaria vesca . .	A [1(1)1]	+	+	+	+		
Septoria fragariae . .						+	+
Geum rivale	A [1(1)1]	+	+	+	+		
Ramularia gei						+	+
Ulmaria pentapetala	A [1(1)1]	+	(+)	(+)	+		
Septoria ulmariae . . .						(+)	+
Alchemilla pastoralis	A [1(1)1]	+	+	+	+		
Ovularia haplospora . .						+	+
Uromyces alchemillae .						−	−
Geranium palustre .	A [1(1)1]	+	+	+	+		
Septoria geranii . . .						+	+
Ramularia geranii . .						+	+
Uromyces geranii . . .						+	+
Frangula alnus .	A [1(1)1]	−	+	+	+		
Puccinia coronata . .						+	+
Chamaenerium angustifolium . . .	A [1(1)1]	+	(+)	−	+		
Ramularia montana . .						−	+
Epilobium hirsutum	A [1(1)1]	+	(+)	+	+		
Septoria epilobii . . .						+	+
Glechomahederacea		+	−				
Puccinia glechomatis .						+	−
Mentha arvensis.	A [1(1)(1)]	+	−				
Puccinia menthae . . .						+	−
Knautia arvensis		+	+				
Septoria scabiosicola .						+	+
Succisa pratensis	A [1(1)1]	−	+	−	+		
Septoria scabiosicola .						+	+
Trientalis europaea	A [1(1)1]	−	+	−	+		
Ramularia Magnusiana .						−	+
Vaccinium vitis idaea	A [1(1)1 . . 1] etc.	(+)	+	−	+		

Bezeichnungen der Nährpflanzen und der Pilze	Pigmentkombinationen, die bei d. Nährpfl. beobachtet worden sind	Normale Anthocyaninlokalisation				Anthocyaninlokalisation in den infolge von Pilzinfektion geröteten Blatteilen	
		in jungen Blättern		in alternden Blättern			
		Ep.	Mesoph.	Ep.	Mesoph.	Ep.	Mesoph.
Exobasidium vaccinii . .						(+)	+
Mycosphaerella stemmatea						+	+
Andromeda polifolia	A [1(1)1 . . 1]	−	+	−	+		
Exobasidium Karstenii .						−	+
Arctostaphylos uva ursi	A [1(1)1 . . 1] etc.	(+)	+	−	+		
Exobasidium arctostaphyli						+	+
Campanula persicifolia	A [1(1)(1)]	(+)	+	(+)	+		
Rumularia macrospora						(+)	+
Centaurea jacea.	A [1(1)(1)]	+	+				
Puccinia tenuistipes . .						+	+
Cirsium heterophyllum		−	+				
Puccinia dioicae . . .						−	+
Cirsium palustre		+	(+)				
Puccinia dioicae . . .						+	+
Lactuca muralis.	A [1(1)1]	+	−	+	−		
Puccinia Opizii						+	−
Solidago virga aurea	A [1(1)(1)]	+	+				
Septoria virgaureae . .						+	+
Ramularia virgaureae .						+	+
Scorzonera humilis	A [1(1)(1)]	−	+				
Cystopus tragopogonis						+	+
Tussilago farfara	A [1(1)(1)]	+	+				
Puccinia poarum . . .						+	+
Septoria Fuckelii . . .						+	+

Ramularia Magnusiana auf *Trientalis europaea*), oder aber in den Epidermis- und den Mesophyllzellen (z. B. *Ramularia pratensis* auf *Rumex acetosella*), je nachdem zu welchem anatomischen Typus die Wirtspflanze gehört. Bei diesen Pflanzen ist die Anthocyaninlokalisation in den durch Infektion geröteten sowie in den normal anthocyaninführenden Blatteilen dieselbe.

In den Fällen, wo die herbstliche Anthocyaninlokalisation eine andere ist, als in den jungen Blättern, ist die durch Pilzinfektion verursachte Anthocyaninbildung verschieden. *Gymnosporangium juniperinum* auf *Pirus aucuparia*, *Septoria ulmariae* auf *Ulmaria pentapetala*, *Puccinia coronata* auf *Frangula alnus*, *Ramularia montana* auf *Chamaenerium angustifolium* rufen Anthocyaninbildung in den Zellschichten hervor, in denen sich Anthocyanin im Herbstblatte befindet. Dagegen wurde die Anthocyaninlokalisation übereinstimmend mit derjenigen in jungen Blättern gefunden bei Infektion durch *Puccinia graminis* (*Berberis vulgaris*), *Exobasidium vaccinii* (*Vaccinium vitis idaea*), *Exobasidium arctostaphyli* (*Arctostaphylos uva ursi*). Dass in einigen Fällen die „Frühlingsfärbung", in anderen die „Herbstfärbung" durch die Pilzinfektion hervorgerufen wird, rührt ohne Zweifel davon her, dass verschiedene Pilze die Pflanze zu verschiedener Zeit befallen und in der Pflanze ungleiche Veränderungen hervorrufen. Bei Infizierung junger, im Wachsen begriffener Blätter ist die Anthocyaninlokalisation die, die diesem Entwicklungsstadium des Blattes normalerweise zukommt (*Puccinia graminis*, *Exobasidium*-Arten etc.!). Dagegen ruft Pilzinfektion Anthocyaninbildung nur in den Mesophyllzellen hervor bei Blättern, in denen sich die Epidermiszellen wie A[1(1)0], die Mesophyllzellen aber wie A[1(1)1] verhalten [1]), nachdem die Epidermiszellen das Vermögen eingebüsst haben Anthocyanin zu bilden.

In gewissen Fällen wurde enorme Steigerung der Anthocyaninbildung beobachtet (so bei *Exobasidium arctostaphyli*, *Puccinia poarum* etc.). Ja es kommt vor, dass hierbei Anthocyaninbildung in Zellschichten stattfindet, in welchen Anthocyanin normalerweise nicht beobachtet worden ist. Bei *Succisa pratensis* sah ich sowohl in den alternden als in den überwinternden Blättern reichliche Anthocyaninbildung stets ausschliesslich in den Mesophyllzellen. In den Flecken, die *Septoria scabiosicola* hervorruft, entsteht Anthocyanin zuletzt auch in den Epidermiszellen. Ebenso verhält sich *Cystopus tragopogonis* auf *Scorzonera humilis*. Was diese letzterwähnten Fälle betrifft, so ist es immerhin nicht ausgeschlossen, dass bei diesen Pflanzen auch ohne Pilz-

1) Bei einer Pflanze, die sich so verhält, sind die jungen und die alternden Blätter rot gefärbt. In den jungen Blättern führen Anthocyanin die Epidermis und das Mesophyll, in den alternden ausschliesslich das Mesophyll.

infektion unter Umständen bei reichlicher Anthocyaninbildung auch in den Epidermiszellen der rote Farbstoff gefunden wird.

Die Anthocyaninbildung, die durch Pilzinfektion hervorgerufen wird, hängt jedoch nicht nur davon ab, welchem Pigmenttypus die Wirtspflanze angehört und wie sich das Vermögen Anthocyanin zu bilden in den Blattgeweben während der Vegetationsperiode ändert, sondern auch von anderen Gründen. Die Anthocyaninbildung in den Assimilationsorganen ist wohl stets von der Lichtwirkung abhängig. Eine Anhäufung von Assimilaten im Dunkeln genügt bei diesen Organen gewöhnlich nicht, um die Anthocyaninbildung auszulösen. Dementsprechend ruft in diesen Organen die Pilzinfektion nur dann Anthocyaninbildung hervor, wenn das betreffende Organ genügend belichtet ist. Deshalb fehlt ein roter Ring, der im allgemeinen für eine gewisse Pilzart bezeichnend ist, wenn die befallenen Teile der Wirtspflanze stark beschattet sind.

Die Anthocyaninbildung kann jedoch auch aus anderen Gründen unterbleiben. So fand ich die *Anemone*-Exemplare, die *Puccinia fusca* trugen, ebenso die *Alchemilla*-Blätter mit *Uromyces alchemillae*, stets in den befallenen Teilen anthocyaninfrei. Es sei bemerkt, dass sich so auch Pflanzen verhielten, die gut belichtet waren. Dass es sich hierbei um eine spezifische Wirkung der genannten Pilze handelt, zeigten sehr deutlich die Exemplare dieser Pflanzen, die gleichzeitig (bei *Anemone* sogar auf demselben Blatte) *Pycnochytrium anemones* und *Puccinia fusca* bezw. *Ovularia haplospora* und *Uromyces alchemillae* führten: *Pycnochytrium* und *Ovularia* hatten eine reichliche Anthocyaninbildung hervorgerufen.

Gegenwärtig ist diese eigenartige Wirkung von *Puccinia fusca* und *Uromyces alchemillae* ganz unaufgeklärt.

Bemerkenswert ist das Verhalten der sogenannten Albinos bei Pilzinfektionen. Die Albinos unterscheiden sich bekanntlich von den normalen Formen dadurch, dass ihre Blüten weiss bezw. gelbfarbig sind, die normale Form aber mehr oder weniger stark anthocyaninführende Blüten besitzt. Hierbei ist das Laub der Albinos eigenartig rein grün gefärbt, was dadurch bedingt ist, dass die vegetativen Organe ebenfalls anthocyaninfrei (oder anthocyaninarm) sind. Entsprechende Versuche überzeugten mich, dass es nicht möglich ist, bei den „reinen" Albinos durch Zucker-

kulturen Anthocyaninbildung hervorzurufen [1]). Es ist deshalb durchaus nicht überraschend, dass auch eine Pilzinfektion bei diesen Formen keine Anthocyaninbildung auslöst.

Die Beobachtungen wurden an *Campanula persicifolia* im Botanischen Garten in Tartu ausgeführt. *Ramularia macrospora* ruft eine Fleckenbildung hervor, die bereits oben beschrieben worden ist (p. 21). Der Anthocyaninring war nur bei den blaublühenden Pflanzen vorhanden.

Diese Beobachtung dürfte von nicht geringer Bedeutung sein, denn die Systematik der Fungi imperfecti basiert zur Zeit auch auf der Beschaffenheit des Ringes, der die infizierte Stelle umgibt. Also unterscheiden sich zwei Pilzarten oft hauptsächlich in bezug auf den Ring, den sie hervorrufen (z. B. *Ovularia haplospora* (Spegazz.) P. Magnus und *Ovularia Schröteri* (Kühn) Sacc.). Über die letztgenannte Art schreibt Rabenhorst [2]): „Der Unterschied von der vorigen Art [3]) würde in dem mangelnden purpurnen Saume der Flecke und der beträchtlicheren Grösse der Sporen liegen. — Es ist möglich, dass Magnus (Hedwigia XLIV, 17) recht hat, wenn er die vorige Art für identisch mit *O. haplospora* hält".

Die Flecke von *O. haplospora* können in zwei Fällen das Aussehen derjenigen von *O. Schröteri* erhalten: (1) wenn die Blätter der Wirtspflanze stark beschattet sind; (2) wenn die Wirtspflanze ein Albino ist. Dem Mykologen ist es deshalb von Wichtigkeit zu wissen, ob die Wirtspflanze eine normale Form oder ein Albino ist. Bei blühenden Pflanzen ist dieses natürlich leicht, bei jungen, ebenso bei verblühten Pflanzen aber etwas schwieriger, doch ist die normale Form gewöhnlich in den Blattstielen, dem Stengel etc. mehr oder weniger gerötet. Wenn es sich herausgestellt hat, dass die Wirtspflanze kein Albino ist und dass der betreffende Pilz auch an gut belichteten Pflanzenteilen

1) Zu diesen Versuchen verwandte ich die „reinen" Albinos und die normalen Formen von *Polemonium coeruleum, Hepatica triloba* und *Campanula persicifolia*. Die Blattfragmente wurden auf 0,2 Mol Zuckerlösungen (Rohrzucker) kultiviert. Nach 5—10 Tagen enthielten die Blätter der Formen mit anthocyaninführenden Blüten reichlich Anthocyanin, die Blätter der Albinos auch nicht eine Spur davon. Auch bei weiterem Kultivieren der Blattfragmente blieben diejenigen von den Albinos grün gefärbt. (August 1924.)

2) Rabenhorst, L., Kryptogamenflora von Deutschland, Oesterreich und der Schweiz, 2. Aufl., VIII, p. 244.

3) *Ovularia haplospora.*

Anthocyaninbildung nicht hervorruft, so sind wir berechtigt, eine solche Form von einer anderen, die Anthocyaninbildung auslöst, zu trennen. Welcher Fall bei *O. Schröteri* vorliegt, ist meines Wissens unbekannt. Leider hatte ich nicht die Gelegenheit, den Pilz lebend zu beobachten.

Der Verlauf der Anthocyaninbildung ist verschieden, je nachdem die Rötung grössere Flächen erfasst oder nur lokal, in der Umgebung der infizierten Stelle, auftritt. Wie bereits beschrieben, werden junge Triebe von *Arctostophylos uva ursi* und *Andromeda polifolia*, wenn sie von den *Exobasidium*-Arten befallen sind,

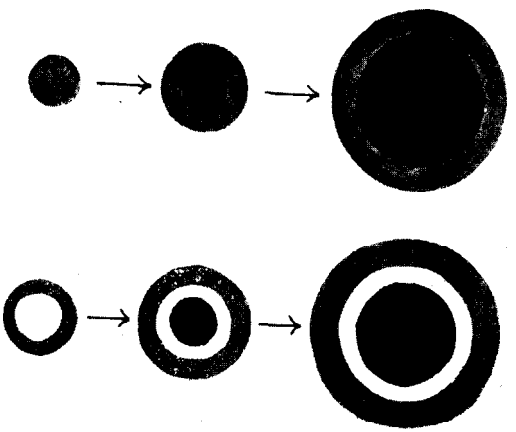


Fig. 6. Schema der Fleckenbildung infolge von Pilzinfektion. Oben *Septoria*-Typus, unten *Ramularia*-Typus. Schwarz gezeichnet ist das abgestorbene Gewebe, grau das anthocyaninführende.

sehr stark gerötet, und zwar in ihrer gesamten Ausdehnung — die Blätter, Blattstiele und Zweige. In anderen Fällen, so bei *Exobasidium vaccinii* und den *Synchytrium*-Arten, ist die gefärbte Fläche kleiner; da jedoch auch hier die infizierten Teile der Wirtspflanze zur Zeit, wenn sie reichlich Anthocyanin enthalten, noch aus lebenden Zellen bestehen, so kommt es nie zur Bildung von ringförmigen anthocyaninführenden Zonen.

Die Entstehung der „Anthocyaninringe" kann verschieden sein. Zwei gut zu unterscheidende Fälle (Fig. 6) wurden beobachtet: (1) — *Septoria*-Typus, (2) — *Ramularia*-Typus.

Die Fleckenbildung verläuft beim *Septoria*-Typus (Fig. 6 und 7) folgendermassen: Auf der grünen Blattfläche erscheinen winzige Flecke, die, anfangs kaum wahrnehmbar, sich allmählich

vergrössern und zu dieser Zeit einen oft kreisrunden, nach aussen diffus abgegrenzten Fleck darstellen. Allmählich sterben die am stärksten infizierten zentralen Teile des Fleckes ab, — es entsteht

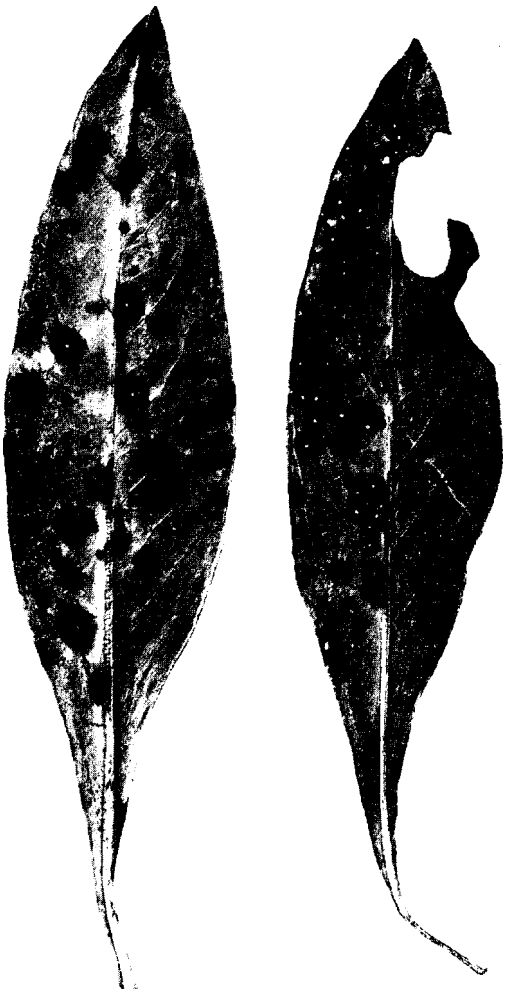


Fig. 7. *Septoria scabiosicola* auf den Blättern von *Succisa pratensis*. Das abgestorbene Gewebe im Zentrum der Flecke erscheint weisslich. Die Färbung des breiten dunklen Hofes um die Flecke rührt von Anthocyanin her. Nat. Grösse.

eine scharfe Grenze zwischen dem abgestorbenen Gewebe im Inneren des Fleckes und dem anthocyaninführenden Gewebe. Im Laufe der Zeit vergrössert sich die absterbende Fläche auf Kosten

der anthocyaninführenden Zone, diese aber bleibt ungefähr ebenso breit wie sie anfangs war (oder aber sie wird sogar viel breiter), weil immer neue Zellen an der Peripherie des Saumes gerötet werden.

Anders geht die Fleckenbildung bei dem *Ramularia*-Typus vonstatten. Die Infektion wird hier äusserlich bemerkbar durch kleine ringförmige anthocyaninführende Zonen, die beiderseits diffus abgegrenzt sind und einen ca 1 mm breiten, unverändert grünen zentralen Teil umgeben. Allmählich vergrössert sich dieser Ring, indem am distalen Rande des Ringes immer neue Zellen mit der Anthocyaninbildung beginnen, nach innen zu aber ein Abbau des Anthocyanins stattfindet. Die zentralen Teile sterben auch bei dem *Ramularia*-Typus bald ab, es bleibt jedoch stets zwischen diesem abgestorbenen Teil und dem anthocyaninführenden Hofe ein schmaler grüner Ring.

Die beiden oben beschriebenen Fälle sind in Fig. 6 schematisch wiedergegeben (vergl. auch Fig. 3 u. 4).

In den Fällen, wo die infizierten Blätter noch das Frühlingsanthocyanin führen, verläuft die Fleckenbildung eigentlich so wie bereits beschrieben, doch weil die Blattfläche rotbraun gefärbt ist, so sind die infizierten Stellen anfangs bei dem *Septoria*-Typus nur durch ihre hellere rote Färbung bemerkbar (durch Chlorophyllabbau hervorgerufen), die *Ramularia*-Flecke aber treten als grüne rundliche Flecke auf der geröteten Blattfläche hervor. Das für sie charakteristische Aussehen erlangen sie erst nachher, wenn die Blattspreite grün geworden ist. In derartigen Fällen ist es oft unmöglich zu entscheiden, ob die Pilzinfektion Anthocyaninbildung hervorgerufen, oder aber nur den Anthocyaninabbau verzögert oder verhindert hat. In vielen derartigen Fällen sind die Hauptmengen von Anthocyanin, die die Umgebung der infizierten Stellen enthält, vom Frühling her erhalten. Besonders bei den *Puccinia*-Arten ist das eben beschriebene Verhalten häufig. Der Fall wurde beobachtet bei: *Puccinia poarum*, *P. dioicae*, *P. caricis*, *P. graminis*, *P. crepidis*, *P. glechomatis*, auch bei *Ramularia gei*, *Septoria hepaticae* u. a.

Besonders deutlich ist das Beibehalten des Anthocyanins in der Umgebung von infizierten Blatteilen bei *Puccinia poarum*, *P. dioicae* und einigen anderen Arten. Auf Fig. 5 sind junge Blätter von *Tussilago farfara* abgebildet, die von *Puccinia poarum* befallen sind. Es sind die anthocyaninführenden Ringe zu sehen,

ausserdem haben die Flecke noch eigenartige Schatten, die breiter werdend sich von dem Fleck bis zum Blattrande erstrecken. Diese „Schatten" sind dadurch entstanden, dass die Infektion den Abbau von Anthocyanin in diesen Sektoren verhindert hat. Der „Schatten" wird im Laufe der Zeit kürzer, er reicht nicht mehr bis zum Blattrande, zuletzt verschwindet er.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit lassen sich kurz so zusammenfassen:

1. Die Pilzinfektion verursacht oft Stauung von Assimilaten, die bei genügender Lichtwirkung Anthocyaninbildung verursachen können. Diese ist im höchsten Grade abhängig von den Pigmentkombinationen, die bei der Wirtspflanze auftreten, denn die Pilzinfektion kann nur bei solchen Pflanzen Anthocyaninbildung hervorrufen, die auch normalerweise an bestimmten Standorten und in bestimmten Entwickelungsstadien ihrer Blätter Anthocyanin ausbilden.
2. Die anatomische Lokalisation des Pigmentes — sowohl die normale wie die durch Pilzinfektion ausgelöste — ist aus der oben gegebenen Tabelle (p. 28) ersichtlich. Im allgemeinen ist ein Zusammenhang zwischen der normalen Lokalisation und der Lokalisation in den infizierten Pflanzenteilen unverkennbar (vergl. p. 31).
3. ine Pilzinfektion ist nicht imstande, Anthocyaninbildung bei Albinos (anthocyaninfreien Formen Zellsaftpigmente führender Arten) auszulösen. Auch an stark beschatteten Pflanzenteilen kann die Anthocyaninbildung ausbleiben.
4. Es wurden zwei Typen von Ringbildung gefunden: *Septoria*-Typus; *Ramularia*-Typus (vergl. Fig. 6).

DIE TITRATION DES AMMONIUMHYDROSULFIDES MIT FERRICYANKALIUM

VON

ANTS LAUR

TARTU (DORPAT) 1927

Druck von C. Mattiesen, Dorpat.

1. Zweck der Untersuchung.

Für die in unserem Laboratorium angestellten Untersuchungen über die Modifikationen des Manganosulfides war die Frage nach der Veränderung des Ammoniumhydrosulfides an der Luft von Bedeutung. In der Absicht, auf Vorschlag von Prof. G. Landesen, diese Untersuchung vorzunehmen, musste ich zunächst nach einer Methode suchen, die es erlaubte, die Sulfidmenge in einer Lösung von Ammoniumhydrosulfid in jedem Augenblick auch in Gegenwart von Polysulfid, Sulfit, Thiosulfat und Sulfat rasch und direkt in alkalischer Lösung zu bestimmen. In der bisherigen Literatur findet man aber keine solche Methode (vgl. am Schluss die Literaturübersicht).

Durch Prof. G. Landesen wurde ich dann auf die Titrationsmethode von S. Iimori (1) aufmerksam gemacht, die am meisten den gestellten Anforderungen zu entsprechen schien. Diese Methode besteht in der Titration des Sulfidschwefels mit Ferricyankalium in alkalischer Lösung nach der Gleichung:

$$K_2S + 2\,K_3FeCy_6 = 2\,K_4FeCy_6 + S,$$

wobei eine Natriumnitroprussidlösung als Indikator benutzt wird.

Die Arbeit von Iimori bezieht sich nur auf Natrium- bzw. Kaliumsulfid. Bei der Anwendung seiner Methode zur Bestimmung des Ammoniumhydrosulfides zeigten sich manche Schwierigkeiten. Daher unterzog ich zunächst diese Methode einer vergleichenden Prüfung, suchte sie an diesen speziellen Fall anzupassen und berichte nachfolgend über die Resultate meiner Versuche.

2. Die Arbeit von S. Iimori. Nachprüfung seiner Resultate.

S. Iimori (1) titriert zunächst reine Sulfide und untersucht den Einfluss des Volumens und der Alkalikonzentration. Dann titriert er auch in Anwesenheit von Sulfit und Thiosulfat. Endlich folgen Versuche zur Klarstellung des Einflusses und der

Empfindlichkeit des Indikators, sowie ein Beispiel der Anwendung dieser Methode zur Bestimmung eines säurelöslichen Sulfides.

Aus seinen Tabellen ersieht man, dass bei Beachtung gewisser Bedingungen (Alkali- und H_2S-Konzentration, Flüssigkeitsvolumen, Indikatormenge) Resultate zu erzielen sind, die ganz gut mit den gewichtsanalytischen Resultaten übereinstimmen.

Um mich mit dem Titrationsverlauf vertraut zu machen, habe ich einige Versuche von S. Iimori wiederholt. Im allgemeinen konnte ich die Beobachtungen von Iimori bestätigen. Der Verlauf der Titration ist leicht zu verfolgen (am besten in einer weissen Porzellanschale), der Farbenumschlag von rotviolett über gräulichblau in gelblichweiss ist unter den angegebenen Bedingungen scharf. Eine Bemerkung möchte ich aber machen. Die Versuche von Iimori zeigen nämlich in Übereinstimmung mit den meinigen, dass unter sonst gleichen Bedingungen mit der Vergrösserung des Flüssigkeitsvolumens die zur Oxydation des Sulfides erforderliche Menge an Kaliumferricyanid abnimmt. Nun erklärt S. Iimori diese Beobachtung allein durch die Unempfindlichkeit des Indikators und meint, dass eine gleichzeitige Beteiligung des im Wasser gelösten Sauerstoffs kaum stattfindet. Wie aus der folgenden Tabelle ersichtlich, muss man jedoch annehmen, dass der im Verdünnungswasser gelöste Sauerstoff an der Oxydation des Sulfides teilnimmt.

Tabelle 1.

Vers. Nr.	K_2S-Lsg. cm^3	Indik. 10 % Npn.-Lsg. in Tropfen	Wasser cm^3	$\frac{n}{10}$ $K_3Fe(CN)_6$-Verbrauch	
				mit gew. dest. Wasser	mit gekocht. Wasser
1.	50	10	0	33,64	—
2.	„	„	„	33,65	—
3—4.	„	„	50	33,35	33,40
5—6.	„	„	100	33,14	33,29
7—8.	„	„	200	32,81	33,18
9.	„	„	0	33,67	—

3. Die Herstellung einer reinen Ammoniumhydrosulfidlösung.

Zur Ausarbeitung und Kontrolle der Titrierungsmethode war es wichtig, dass die Lösung nur Sulfid-Ion enthielt, nicht aber andere Schwefelverbindungen, auch nicht Polysulfide. Wegen der leichten Oxydierbarkeit der Ammoniumhydrosulfidlösung ist

die Herstellung, Aufbewahrung und Untersuchung derselben eine sehr schwierige Aufgabe. Der Umstand aber, dass eine Ammoniumhydrosulfidlösung sich unter dem Einfluss geringster Mengen Sauerstoff gelblich färbt, erlaubt in empfindlicher und bequemer Weise ein Urteil darüber, ob sie sich verändert hat oder nicht. Meine Bestrebungen, eine ganz farblose Lösung herzustellen und aufzubewahren, missglückten anfangs wiederholt. Ich übergehe hier die Schilderung dieser Versuche und beschreibe nur, wie es mir endlich gelungen ist, eine ganz farblose Lösung zu bereiten.

Wenn die Konzentration der Ammoniaklösung über 5 % steigt, bilden sich nach Bloxam (2) beim Einleiten von H_2S Verbindungen von der Zusammensetzung $(NH_4)_2S \cdot nNH_4SH$, welche also weniger Schwefel enthalten, als dem reinen Ammoniumhydrosulfid entspricht. Ich habe deshalb als Ausgangslösung eine 5 % = ca. 3 n Ammoniaklösung benutzt.

Zur Herstellung und Aufbewahrung der Lösung benutzte ich Flaschen aus weissem Glase (zu 0,5 L u. 2,5 L), die mit einem doppelt durchbohrten Kork geschlossen waren. Ein Holzkork wurde mit Paraffin ausgekocht und noch warm in den erwärmten Hals der Flasche eingedrückt, so dass die obere Fläche des Korkes mit dem Flaschenhalsrand zusammenfiel. Oberhalb bedeckte ich den Kork dick mit Mendelejeff'schem Kitt. Ein unpräparierter gewöhnlicher Kork liess stets Luft durch, denn derselbe färbte sich von unten immer gelb, was an einem paraffinierten Korke nicht zu beobachten war.

Von den beiden durch den Kork gehenden Röhren reichte die eine bis zum Boden der Flasche, die andere endete an der unteren Fläche des Korkes. Dies ermöglichte später die Flasche vollständig zu füllen und zu entleeren. Durch die kurze Röhre konnte Wasserstoff in die Flasche eintreten und die Lösung aus der Flasche durch die längere Röhre in eine Pipette pressen. Die Röhren waren mit guten Glashähnen versehen. Anfänglich gebrauchte Gummischläuche und Quetschhähne hielten nie luftdicht, was an der baldigen Gelbfärbung der Lösung an denselben zu beobachten war.

Die Herstellung der Ausgangslösung des Ammoniumhydrosulfides geschah in folgender Weise. Ich spülte die Flasche mit ausgekochtem Wasser aus und sog sie dann mittels der Wasserstrahlpumpe möglichst leer. Darauf verband ich die Flasche mit dem Wasserstoffapparat, liess den Wasserstoff hineinströmen und

sog dann die Flasche wieder leer. Diese Operation wiederholte ich mehrere Male. Auf diese Art wurde die in der Flasche befindliche Luft am schnellsten und vollständigsten entfernt. Endlich evakuierte ich die Flasche bis zur Leistungsfähigkeit der Wasserstrahlpumpe (ca. 10 mm Hg).

Das Wasser zum Verdünnen der ca. 25 %-igen, von Kahlbaum bezogenen Ammoniaklösung kochte ich in einem grossen, spritzflaschenartig mit Glasröhren versehenen Kolben über eine Stunde, die ganze Zeit Wasserstoff durchleitend. Die Abkühlung des Wassers geschah auch in einer H_2-Atmosphäre. Das Umfüllen des Wassers unter dem Drucke des Wasserstoffs aus dem nunmehr umgekehrt aufgestellten Kolben geschah in der Weise, dass durch die kurze Röhre das Wasser hinausfloss, während durch die längere, fast bis zum Boden des Kolbens reichende Röhre der Wasserstoff aus einem Kipp'schen Apparate, gereinigt durch eine dazwischen gestellte saure $KMnO_4$-Lösung [Schobig (3)], nachströmte.

Um die Ammoniaklösung in die vorbereitete Flasche einzuführen, verband ich die lange Röhre derselben mit einem Trichter und goss in den Trichter soviel Ammoniaklösung, dass die Luftblasen, die in dem verbindenden Kautschukröhrchen geblieben waren, verdrängt wurden. Darauf öffnete ich vorsichtig den Röhrenhahn, in den Trichter fortwährend Ammoniakwasser nachgiessend, bis die Flasche gefüllt war; endlich sog ich noch mittels der Pumpe etwas Ammoniaklösung nach, so dass die Flasche wie auch die Röhren ganz mit der Flüssigkeit angefüllt waren, und verschloss dann die mit Gummischlauch und Quetschhähnen versehenen Röhrenenden. Nun verband ich dieselbe lange Röhre mit einem vordem längere Zeit in Tätigkeit gehaltenen Schwefelwasserstoffapparat, von welchem man annehmen durfte, dass er ganz sauerstoffrei war. Vor dem Verbinden liess ich einige Zeit H_2S ausströmen, um auch aus dem Rohre die Luft herauszuspülen. Das Verbinden geschah hier, wie auch ferner, immer so, dass keine Luft dazwischen blieb.

Das äussere Ende der kurzen Röhre steckte ich mittels eines abgebogenen Glasrohrstückes in Wasser, damit auch von dieser Seite kein Sauerstoff hineingelange.

Nun liess ich einen starken Schwefelwasserstoffstrom durch, bis die Blasen nicht mehr absorbiert wurden. Hier sei noch erwähnt, dass gleich am Anfange kleine Bläschen nach oben stie-

gen, die augenscheinlich nicht absorbiert wurden. Bei näherer Untersuchung erwies sich dies Gas als Wasserstoff.

Die so erhaltene Ammoniumhydrosulfidlösung verdünnte ich bis ca. 0,1-normal in bezug auf das S″-Ion. Für die verdünntere Lösung war eine Flasche (zu ca. 2,5 L), wie oben beschrieben, vorbereitet. Ich presste[1]) die Lösung aus der Flasche mit der konzentrierteren Lösung in eine Pipette, die vorher mit derselben Lösung ausgespült und darauf mit Wasserstoff gefüllt worden war. Die gefüllte Pipette setzte ich dann mittels eines kurzen Gummiröhrchens, das vorher mit einer Mohr'schen Klammer geschlossen war, mit der leeren 2,5-Liter-Flasche in Verbindung und liess, den Hahn vorsichtig öffnend, die Lösung in die vorevakuierte Flasche hineinfliessen. Darauf brachte ich die Flasche mit dem grossen Wasserkolben in Verbindung und liess sie ganz mit Wasser vollaufen, während in den Wasserkolben aus einem Kipp'schen Apparate Wasserstoff nachströmte.

Als es sich später zeigte, dass die Ammoniak- und die Schwefelwasserstoffkonzentration einander nicht entsprachen, sättigte ich die Lösung, wie schon beschrieben, mit Schwefelwasserstoff, oder setzte konzentrierte Ammoniaklösung in berechneter Menge (1,2 cm^3) hinzu.

4. Die Kaliumferricyanidlösung.

a. Angaben in der Literatur über das chemische Verhalten des Kaliumferricyanids und seiner Lösung.

Das feste Salz sowohl wie seine wässerige Lösung zersetzen sich beim Erwärmen unter Bildung von K_4FeCy_6 [Boudault (4); Wallace (5); Luckow (6)].

Die wässerige Lösung zersetzt sich im Sonnenlichte unter Bildung von K_4FeCy_6 und Abscheidung von $Fe(OH)_3$ [Schönbein (7); Luckow (6); Matuschek (8)].

1) Zum Pressen benutzte ich einen umgekehrt arbeitenden Aspirator, bestehend aus 2 grossen Flaschen, von welchen die eine auf dem Tische, die andere oben auf einem Wandregal stand. Verbunden waren sie durch ein langes Gummirohr. Die auf dem Tische stehende Flasche füllte ich mit Wasserstoff, den ich zur Reinigung durch Drechselsche Kaliapparate mit $KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$ und alkalischer Pyrogallollösung durchleitete. Auch zum Presswasser in den grossen Flaschen setzte ich Pyrogallol mit KOH hinzu; ebenso befestigte ich an das offene Rohr der oberen Flasche ein U-Rohr mit alkalischer Pyrogallollösung. Das geschah alles, um den Sauerstoff im Wasser zu binden und auch das Diffundieren der Luft durch das Wasser zu verhüten.

Die alkalischen Lösungen zersetzen sich beim Erhitzen und bilden K_4FeCy_6 [Boudault (4); Monthiers (9); Playfair (10); Bloxam (11); Kassner (12); Prud'homme (13)]. Bei Gegenwart von reduzierenden Stoffen erfolgt diese Zersetzung nach der Gleichung:

$$2\ K_3Fe(CN)_6 + 2\ KOH = 2\ K_4Fe(CN)_6 + H_2O + O.$$

Nach Kassner (14) beginnt die alkalische Lösung sich aber auch freiwillig zu zersetzen bei Temperaturen von 60° an; bei andauerndem Sieden scheidet sie Eisenhydroxyd aus und bildet Kaliumcyanid. Eine Lösung erlitt bei achtstündigem Sieden einen Verlust von etwa 14 %. Die Zersetzung geschieht wahrscheinlich nach der Gleichung:

$$2\ K_3Fe(CN)_6 + 6\ KOH = 2\ Fe(OH)_3 + 12\ KCN,$$

deren Gleichgewicht fast ganz nach links verschoben ist. Da aber KCN allmählich durch Ferricyankalium oxydiert wird, bildet sich immer mehr $Fe(OH)_3$, welches bei gewöhnlicher Temperatur kolloidal gelöst bleibt, die Lösung braun färbend, bei höherer Temperatur sich aber abscheidet, wodurch der weitere Zerfall des Ferricyankaliums herbeigeführt wird. Die Zersetzung nimmt auch mit der Menge des vorhandenen Kaliumhydroxydes zu. Andererseits aber wird sie verschwindend gering, auch bei Siedehitze, wenn man, wie Lenssen (16) gezeigt hat, von vornherein reichliche Mengen von Eisenhydroxyd durch Zusatz von Ferrichlorid erzeugt.

Bei gewöhnlicher Temperatur und im Dunkeln hält sich die alkalische Lösung aber doch jahrelang fast unverändert [Kassner (14)]. Dasselbe wird auch von der reinwässrigen Lösung behauptet [Iimori (15)].

Über die Reaktion des Kaliumferricyanides mit Schwefelwasserstoff berichten Williamson (17) und Venditori (18). Williamson gibt für diese Reaktion die Gleichung:

$$8\ K_3Fe(CN)_6 + 3\ H_2S = 6\ K_4Fe(CN)_6 + 2\ H_3Fe(CN)_6 + 3\ S =$$
$$6\ K_4Fe(CN)_6 + 2\ Fe(CN)_3 + 6\ HCN + 3\ S.$$

Venditori zeigt, dass diese Gleichung der Wirklichkeit nicht entspricht, und stellt seinerseits eine andere Gleichung auf:

$$6\ K_3Fe(CN)_6 + 3\ H_2S = 4\ K_4Fe(CN)_6 + FeK_2Fe(CN)_6 + 6\ HCN + 3\ S.$$

Also gilt die Titrationsgleichung von Iimori (Abschn. 1) als der einfachste Ausdruck der Mengenverhältnisse und zeigt wahrscheinlich nicht den wirklichen Verlauf der Reaktion.

Sulfit wirkt auf die wässrige Lösung des Kaliumferricyanids bei Lichtabschluss und Zimmertemperatur nicht ein, während bei Siedetemperatur Blaubildung erfolgt [Matuschek (19)].

b. Herstellung und Beständigkeit der Kaliumferricyanidlösung.

Das Kahlbaum'sche Kaliumferricyanid in grossen Kristallen wurde in heissem Wasser aufgelöst, filtriert, im Eiswasser unter Umrühren abgekühlt, abgesogen und in einem Thermostat bei 65—70° ca. 30 Stunden getrocknet. Die erhaltenen Kristalle waren sehr klein und gelblichrot. Aufbewahrt habe ich das so vorbereitete und getrocknete Kristallmehl sowie auch die daraus hergestellten Lösungen in vor Licht schützenden und gut verschlossenen Gefässen.

Zur Nachprüfung der Lichtempfindlichkeit der Kaliumferricyanidlösung liess ich sie in einer Bürette aus farblosem Glase im zerstreuten Tageslichte längere Zeit (einmal 8 Stunden, dann 34 Stunden) stehen und bestimmte danach auf die unten beschriebene Weise den Titer. Es ergab sich, dass die Verminderung des Titers das erstemal in den Fehlergrenzen lag, das zweitemal rund 0,02% pro Stunde betrug, also unbedeutend war.

Die vor Licht geschützte Lösung erwies sich bei längerem Stehen und Gebrauch als sehr beständig. Eine Lösung, deren Titer zu 0,03286 gefunden worden war, zeigte nach 12 1/2 Monaten den Titer zu 0,03283, also eine Verminderung um nur 0,1 %.

c. Die Titerstellung der K_3FeCy_6-Lösung.

Nach E. de Haën (20) kann man Kaliumferricyanid massanalytisch bestimmen, indem man es in alkalischer Lösung reduziert (z. B. mit $FeSO_4$ oder PbO), filtriert, ansäuert und das gebildete K_4FeCy_6 mit $KMnO_4$ titriert. Diese Methode ist jedoch mit manchen Übelständen behaftet [Beckurts (21)]. Einigermassen verbessert haben diese Methode Gintl (22), Kassner (23) und E. Müller u. O. Diefenthäler (24).

Besser und einfacher titriert man jodometrisch. Als erster hat E. Lenssen (25) eine derartige Methode vorgeschlagen. Er macht aus Jodkalium in salzsaurer Lösung mit Ferricyankalium eine äquivalente Menge Jod frei und titriert das letztere mit Na-

triumthiosulfat. Nach dieser Methode hat Lenssen in vier Versuchen anstatt 100% 99,22 — 101,7 — 102,1 — 100,5 gefunden. Diese Methode ist augenscheinlich fehlerhaft, und zwar hängt dies davon ab, dass die Reaktion

$$2\,K_3FeCy_6 + 2\,KJ = 2\,K_4FeCy_6 + J_2$$

nicht vollständig ist, sondern umkehrbar, weil das freie Jod wieder oxydierend auf das Ferrocyankalium einwirkt. Das Gleichgewicht hängt besonders von den Konzentrationen ab.

C. Mohr (26) verschob das Gleichgewicht vollständig nach rechts dadurch, dass er Zinksulfat hinzufügte. Es bildet sich das unlösliche Kaliumzinkferrocyanid:

$$2\,K_4FeCy_6 + 3\,ZnSO_4 = K_2Zn_3\,(FeCy_6)_2 + 3\,K_2SO_4.$$

C. Mohr versetzt die Kaliumferricyanidlösung mit Salzsäure und Jodkalium, darauf mit Zinksulfat, endlich nach einiger Zeit mit Natriumbikarbonat und titriert das ausgeschiedene Jod mit Thiosulfat. Die Resultate von fünf Versuchen sind: 100,58 — 99,95 — 100,45 — 99,70 — 100,4 anstatt 100%. Wie ersichtlich, sind diese Resultate im Vergleich mit denen von Lenssen schon viel besser.

Die Arbeitsweise von Mohr, die Salzsäure mit Natriumbikarbonat zu neutralisieren, ist aber prinzipiell falsch. Wegen der Anwesenheit von Jod ist die Lösung gefärbt, man kann also nicht genau neutralisieren und ist genötigt, einen Überschuss an Natriumbikarbonat zuzusetzen. Die Untersuchungen von Topf (27), F. Foerster u. K. Gyr (28), W. Meclenburg (29), E. Müller u. O. Diefenthäler (30) haben gezeigt, das Jod in einer hydrokarbonathaltigen Lösung Hypojodit, unterjodige Säure und Jodat bildet. Die unterjodige Säure oxydiert aber Natriumthiosulfat zu Sulfat, also entspricht ein Molekül von $Na_2S_2O_3$ 8 Atomen Jod, und es wird deshalb nur $\frac{1}{8}$ des in der Lösung vorhandenen Jods angezeigt. Man findet zu wenig Jod, und folglich auch zu wenig Kaliumferricyanid.

Die Gleichungen sind nach Foerster folgende:

$$KHCO_3 + H_2O = KOH + H_2CO_3;$$
$$2\,J + KOH = HOJ + KJ;$$
$$4\,HOJ + Na_2S_2O_3 + H_2O = Na_2SO_4 + H_2SO_4 + 4\,HJ;$$
$$KOJ + 2\,HOJ = KJO_3 + 2\,HJ.$$

Wenn man nun die Resultate von Lenssen und Mohr betrachtet, so erscheint es auffallend, wie sie doch ungefähr richtige Resultate erzielt haben. Es herrschen sogar die Zuviel-Resultate vor.

Am einfachsten und sichersten erscheint wohl die Methode von E. Müller und O. Diefenthäler (24). Hier verlaufen die Reaktionen in neutraler bzw. sehr schwach saurer Lösung. Die Oxydation von Jodkalium durch Ferricyanid geht in saurer Lösung freilich viel leichter als in neutraler vor sich, jedoch erfordert die Reaktion

$$2\ FeCy_6''' + 2\ J' = 2\ FeCy_6'''' + 2\ J$$

selbst keine freie Säure und wird durch Anwesenheit von Zinksulfat genügend beschleunigt. Müller u. Diefenthäler geben folgende Vorschrift zur praktischen Ausführung der Titration. Man bringt 0,7 g des Ferricyanids in eine Flasche mit eingeriebenem Stöpsel, löst es in ca. 50 cm³ Wasser, fügt 3 g Jodkalium und 1,5 g eisenfreies Zinksulfat ($ZnSO_4 . 7H_2O$) hinzu und titriert sofort nach dem Umschütteln mit $^1/_{20}$ n. Natriumthiosulfatlösung. Liegt eine saure Ferricyanidlösung vor, so neutralisiert man sie sorgfältig mit Natronlauge, indem man die Lauge in geringem Überschuss zusetzt und dann mittels einiger Tropfen Schwefelsäure eben sauer macht. Alkalische Lösungen müssen mit Schwefelsäure neutralisiert oder schwach angesäuert werden.

In zwei Versuchen erhielten E. Müller u. O. Diefenthäler nach dieser Methode 100,045 % und 99,988 % anstatt 100 %.

Im Verlauf meiner Arbeit habe ich im ganzen dreimal Lösungen von K_3FeCy_6 hergestellt und titriert. Den Natriumthiosulfattiter habe ich nach Treadwell (31) mit reinem resublimiertem Jod bestimmt. Weiter lasse ich nun meine Versuchsdaten bezüglich dieser Titrationen in Tabellen geordnet folgen.

Die erste Lösung.

Tabelle 2.

$Na_2S_2O_3$-Titerstellung.

Vers. Nr.	KJ g (ca.)	J g	Wasser cm³	$Na_2S_2O_3$ cm³	$T_{\frac{Na_2S_2O_3}{J}}$ 1)	Abweichung vom Mittel	
						in g	in %
1.	3	0,2956	200	22,40	0,013196	+ 0,00031	+ 0,23
2.	4	0,5018	„	38,12	0,013134	— 0,00031	— 0,23
				Das Mittel	0,013165		

1) $T_{\frac{Na_2S_2O_3}{J}} = 0{,}013196$ bedeutet: ein cm³ der $Na_2S_2O_3$-Lsg. entspricht 0,013196 g J. $T_{K_3FeCy_6}$ zeigt die Menge des K_3FeCy_6 in g in einem cm³ Lösung.

Tabelle 3.

K_3FeCy_6-Titerstellung.

Vers. Nr.	KJ g (ca.)	$ZnSO_4$ (Wasserfrei) g	Wasser cm^3	K_3FeCy_6 cm^3	$Na_2S_2O_3$ cm^3	$T_{K_3FeCy_6}$	Abweichung v. Mittel in g	Abweichung v. Mittel in %
1.	3	1	25	25	24,07	0,03286		+0,06
2.	„	„	„	„	24,04			−0,06

Die zweite Lösung.

Tabelle 4.

Titerstellung von $Na_2S_2O_3$-Lösung.

Das Jod wurde 2 mal sublimiert (mit KJ und ohne) und 3 Tage im Exsiccator über $CaCl_2$ gehalten.

Vers. Nr.	KJ g (ca.) (2+1)	J g	Wasser cm^3	$Na_2S_2O_3$ cm^3	$T_{\frac{Na_2S_2O_3}{J}}$	Abweichung v. Mittel in mg	Abweichung v. Mittel in %	Bemerkungen
1.	3	0,3480	200	27,78	0,012527	+0,007	+0,06	
2.	„	1,1140	„	89,05	0,012510	−0,01	−0,08	
3.	„	0,5159	„	41,20	0,012522	+0,002	+0,02	Jod vom vorigen Jahre.
4.	„	0,5264	„	42,06	0,012516	−0,004	−0,03	Das käufl. resubl. Jod. fein verrieben und 17 Stn. über $CaCl_2$ getr.
5.	„	0,4619	„	36,88	0,012525	+0,006	+0,04	Dasselbe 24 Stn.
				Im Mittel	0,012520			

Bemerkungen zu den Tabellen.

1. Die erste Lösung habe ich mit der Absicht bereitet, den Titer jodometrisch zu ermitteln. Deshalb ist auf eine genaue Herstellung nicht acht genommen. Z. B. hatte ich die Flasche, in die ich die Lösung eingoss, nicht getrocknet. Davon kann es abhängen, dass der Titer etwas zu klein im Vergleich mit dem nach der genommenen Menge berechneten ausfiel. (Berechnet 0,032925, gefunden 0,03286, also um 0,2 % weniger). Wenn man

Tabelle 5.

Titerstellung der K_3FeCy_6-Lösung.

Vers. Nr.	KJ g (ca.)	$ZnSO_4$ (H_2O-frei) g	Wasser cm³	K_3FeCy_6 cm³	$Na_2S_2O_3$ cm³	$T_{K_3FeCy_6}$	Abweichung v. Mittel in mg	Abweichung v. Mittel in %	Bemerkungen
1.	3	1,5	160	28,82	29,29	0,033006	—0,024	—0,07	Überall 0,5 cm³ 0,5 % Stärke zugesetzt (gegen Ende).
2.	„	„	„	17,94	18,25	0,033038	+0,008	+0,02	
3.	2,5	„	„	—	—	—	—	—	Ein blinder Versuch. Keine Färbung!
4.	3	„	30	20,30	20,67	0,033070	+0,040	+0,12	
5.	„	„	„	22,72	23,09	0,033035	—0,025	—0,08	
				Im Mittel		0,033030			

Die dritte Lösung.

Tabelle 6.

Titerstellung der $Na_2S_2O_3$-Lösung.

Vers. Nr.	KJ g (ca.)	J g	Wasser cm³	$Na_2S_2O_3$ cm³	$T_{\frac{Na_2S_2O_3}{J}}$	Abweichung v. Mittel in mg	Abweichung v. Mittel in %
1.	3	0,1466	200	11,58	0,01266	+0,05	+0,38
2.	„	0,3719	„	29,56	0,01258	—0,03	—0,23
3.	„	0,2720	„	21,59	0,01260	—0,01	—0,08
				Im Mittel	0,01261		

Tabelle 7.

Titerstellung der K_3FeCy_6-Lösung.

Vers. Nr.	KJ g (ca.)	$ZnSO_4$ (H_2O-frei) g	Wasser cm³	K_3FeCy_6 cm³	$Na_2S_2O_3$ cm³	$T_{K_3FeCy_6}$	Abweichung v. Mittel in mg	Abweichung v. Mittel in %	$T_{\frac{Na_2S_2O_3}{J}}$
1.	3	1,5	175	30,32	30,53	0,03294	—0,02	—0,06	0,012634
2.	„	„	„	20,90	21,01	0,03288	—0,08	—0,24	0,012640
3.	2	„	15	12,71	12,83	0,03302	+0,06	+0,18	0,012603
4.	„	„	„	12,63	12,74	0,03300	+0,04	+0,12	0,012611
				Im Mittel		0,03296			
5.	3	„	175	23,26	23,48	—	—	—	0,012602
								Im Mittel	0,012618

Versuch 5 ist mit der zweiten Lösung gemacht.

übrigens die Differenzen zwischen den einzelnen Titrationen in den Tabellen 2 u. 3 betrachtet, so sieht man, dass diese Abweichung ganz in den Fehlergrenzen der Bestimmungen liegt.

Bei den anderen Lösungen, die behutsamer hergestellt wurden, sind auch die Abweichungen kleiner. Bei der zweiten Lösung fiel der Titer um 0,1 % zu hoch, bei der dritten um 0,1% zu niedrig aus im Vergleich mit dem berechneten Titer 0,03300.

Da diese Abweichungen wieder in den Fehlergrenzen der Bestimmungen liegen, so halte ich es wohl für berechtigt, das auf die oben beschriebene Weise gereinigte Kaliumferricyanid als ganz rein zu betrachten und den Titer nach seiner Menge zu berechnen.

2. Wenn man ferner die einzelnen Resultate der Titrierungen miteinander vergleicht, so findet man, dass die Abweichungen bei Titrationen mit Jod und bei solchen mit Kaliumferricyanid so ziemlich von einer und derselben Ordnung sind. Die maximalen Abweichungen vom Mittel sind

in der Tabelle	2	$\pm$ 0,23 %
	3	$\pm$ 0,06 %
	4	+ 0,06 % — 0,08 %
	5	+ 0,12 % — 0,08 %
	6	+ 0,38 % — 0,23 %
	7	+ 0,18 % — 0,24 %.

Die grössten Abweichungen treten in den Tabellen 2 und 6 auf, wo mit Jod titriert worden ist. Es scheint also, als ob die Titrierung mit Kaliumferricyanid etwas sicherer ist, als mit reinem Jod. Da ferner das Titrieren mit Kaliumferricyanid nach Müller und Diefenthäler nach meinen Erfahrungen auch bequemer erscheint, als mit Jod, oder mit Kaliumbichromat nach Zulkowsky, womit ich auch einige Versuche durchgeführt habe, so taucht der Gedanke auf, ob Kaliumferricyanid nicht als die beste Ursubstanz in der Jodometrie zu empfehlen wäre [1]).

In der 7-ten Tabelle habe ich den Natriumthiosulfattiter auf Grund der Titrierungen mit Kaliumferricyanid berechnet. Der Titer der K_3FeCy_6-Lösung wurde nach der gelösten Menge zu 0,03300 berechnet. Die fünfte Titration ist mit dem Rest der zweiten K_3FeCy_6-Lösung gemacht. Das Mittel aus den fünf Be-

1) Wie ich später gefunden habe, hat J. M. Kolthoff (53) schon im J. 1921 K_3FeCy_6 als Urstoff in der Jodometrie empfohlen. Vgl. auch R. Lang (54).

stimmungen ist 0,012618, also sehr nahe dem Mittel aus der Tabelle 6. Die maximalen Abweichungen sind hier aber geringer als in der Tabelle 6.

5. Über das Nitroprussidnatrium, $Na_2Fe(CN)_5NO \cdot 2H_2O$.

Das Präparat war von Kahlbaum bezogen und ohne weiteres in Gebrauch genommen worden.

Über das chemische Verhalten des Natriumnitroprussides gegen Sonnenlicht, Erwärmen, Natriumhydroxyd, Ammoniak, Schwefelwasserstoff, Sulfide, Sulfite und Thiosulfate findet man in der Literatur folgende Angaben.

Es zersetzt sich mit Wasser im Sonnenlicht und beim Aufkochen [Overbeck (33); Städeler (34)]. Also muss man das Salz selbst, wie auch seine Lösungen, in dunklen Flaschen aufbewahren.

Durch Alkalien wird es beim Kochen in Ferrocyanid, Ferrihydroxyd und Nitrit zersetzt [Playfair (32); Weith (35); Städeler (34); Pavel (36)].

Überschüssiges Ammoniak bewirkt auch in der Kälte eine allmähliche Zersetzung, bei welcher Stickstoff entwickelt wird und eine eigentümliche unlösliche schwarze Verbindung entsteht [Playfair (32)]. Nach K. A. Hofmann (37) bildet sich $Na_3Fe(CN)_5NH_2$.

Beim Einleiten von H_2S in die wässrige Lösung werden Berlinerblau, Berlinergrün und Schwefel gefällt, während die Lösung Ferrocyannatrium und Natriumeisennitrososulfid enthält [Playfair (32); Roussin (38); Pavel (36)].

Über das Verhalten des Nitroprussidnatriums gegen Sulfide findet man in der Literatur mehrere Bemerkungen und auch eingehendere Untersuchungen. Die prächtige blauviolette Färbung, die Alkalisulfide mit Nitroprussidnatriumlösung erzeugen, war schon L. Gmelin bekannt, obwohl er das reine Nitroprussidnatrium selbst noch nicht kannte [Playfair (39)]. Als erster hat Playfair (32) die Färbung näher untersucht. Er bemerkt, dass die Färbung mit der Zeit verschwindet infolge einer Zersetzung, bei welcher Cyan, Ammoniak, Stickstoff, Eisenoxyd, ein Ferrocyan- und Schwefelcyanmetall, sowie ein salpetrigsaures Salz entsteht.

Weiter haben sich mit dieser Reaktion beschäftigt Oppenheim (40), Hadow (41), Béchamp (42), Bong (43), K. A.

Hofmann (44), J. Fages Virgili (45). Den Gang der Reaktion und die Natur der entstehenden roten Substanz vollständig aufzuklären haben sie nicht vermocht, weil das Reaktionsprodukt sich zu leicht zersetzt. Hofmann, der die Nitroprusside sehr eingehend untersucht hat, meint, dass sich hier wahrscheinlich sogar ein schwefelfreies Produkt bildet, das rot gefärbt ist (44b)[1]).

Béchamp bemerkt über die verschiedenen Farbennuancen, dass die Purpurfarbe bei vorherrschendem Schwefelmetall, die violette oder blaue bei vorherrschendem Sulfhydrat eintritt. Schwefelwasserstoff gibt aber keine Färbung. Eine konzentrierte $(NH_4)_2S$-Lösung gibt schon eine violette, eine verdünnte — eine blaue Färbung.

Juan Fages Virgili kommt in seiner ausführlichen Abhandlung zum Schlusse, dass es eigentlich nur zwei Farben gäbe: blau und rot, und ihre Mischungen. Damit die blaue Farbe erscheine, dürfe freies Alkali weder anwesend sein, noch sich bilden. Die blaue Substanz sei eine Molekularverbindung, ein Additionsprodukt des Sulfides an das lösliche oder unlösliche Nitroprussiat. Wenn aber hinreichende Mengen freien Alkalis vorhanden sind, entstehe eine rote Färbung.

Die rote Farbe sei eigentlich das Resultat eines rein physikalischen Phänomens: es sollen sich nämlich gleichzeitig zwei Substanzen bilden, eine blaue, die das einzige Reaktionsprodukt zwischen Sulfid und Nitroprussiat darstelle, und eine gelbe, die durch Einwirkung eines Alkalis oder Erdalkalis auf das normale Nitroprussiat entstehe (gewöhnlich ein quaternäres Nitroprussiat).

In Hinsicht auf die Anwendbarkeit des Natriumnitroprussiats in der Analyse behauptet J. F. Virgili, dass es kein Reagens auf das Sulfidion, sondern auf die nicht ionisierten löslichen Sulfide sei. Deshalb sei es empfindlicher unter denjenigen Bedingungen, bei welchen die Dissoziation und auch die hydrolytische Spaltung der Sulfide verhindert oder zurückgedrängt ist.

Die Empfindlichkeitsgrenzen der Reaktion haben Béchamp (44), Reichard (46) und Iimori (47) untersucht.

Béchamp erhielt keine Färbung mit 0,4 %-iger Nitroprussidnatriumlösung, wenn pro Liter weniger als 0,061 g K_2S, oder 0,047 g Na_2S, oder 0,031 g $(NH_4)_2S$ gelöst waren. Wenn der

1) Später (44 c) kommt Hofmann jedoch zur Meinung, dass diese Farbreaktion auf der Bildung schwefelhaltiger Produkte beruht.

Indikator konzentrierter ist, ist auch die Grenze niedriger. Viel niedriger liegt sie auch, wenn in der Lösung freies Alkali vorhanden ist (bis 0,0085 g K_2S pro Liter).

Nach Reichard kann man mit gesättigter Lösung (ca. 20 %) von Natriumnitroprussid noch 0,000018 g H_2S nachweisen (in einem kleinen Volumen).

Iimori hat die Empfindlichkeit des Indikators systematischer untersucht. Er nahm verschiedene Wassermengen (50, 100, 150 u. 200 cm^3), setzte je gleiche Mengen Nitroprussid hinzu und titrierte mit einer verdünnten (0,0045 mol.) Schwefelnatriumlösung bis zu eben deutlich sichtbarer Purpurfärbung. Dieselben Versuche wiederholte er auch mit verschiedenen Nitroprussidmengen. Es ergab sich, dass die zur Hervorrufung der Purpurfärbung erforderliche Sulfidmenge dem Volumen der Flüssigkeit direkt proportional ist, und, falls die Lösung eine genügende Menge des Nitroprussides enthält (5—15 Tropfen einer 10 %-igen Lösung), für eine bestimmte Wassermenge (50 cm^3) fast stets eine bestimmte Sulfidmenge (1 cm^3 einer 0,0045 molaren Lösung) dazu verbraucht wird.

Die Grenzkonzentration des Schwefelwasserstoffes, die auf das Nitroprussidnatrium noch deutlich reagiert, berechnet sich also zu 0,00009 molar. Das stimmt mit Béchamp ziemlich gut überein.

Iimori empfiehlt deshalb, für seine Titrationen bei grösseren Volumen eine Korrektion von 0,1 mg H_2S für je 50 cm^3 Flüssigkeit in Rechnung zu bringen.

Schwefeldioxyd, Sulfite u. Thiosulfate üben nach Playfair [32] keine bemerkliche Einwirkung auf die Nitroprussidverbindungen aus.

Meine Beobachtungen beziehen sich auf die Beständigkeit und Anwendbarkeit einer Nitroprussidnatriumlösung als Indikator nach längerem Stehen. Ich kann sagen, dass es ungeachtet seiner Zersetzlichkeit recht lange als Indikator tauglich bleibt. Ich bereitete nämlich eine 2 %-ge Lösung und bewahrte sie in einem Fläschchen aus durchsichtigem farblosem Glase auf. Nach 6 Monaten war sie noch gelblichbraun, obwohl sie sehr oft in zerstreutem Lichte stand. Nach einem Jahre war sie bereits grünlich. Nach anderthalb Jahren war sie dunkelgrün geworden, doch gab sie mit einer Natriumhydroxyd enthaltenden Ammoniumhydrosulfidlösung noch eine recht schöne violettrote Färbung. Titrieren konnte man mit ihr ebensogut, wie mit einer frisch hergestellten Lösung.

6. Die vorläufigen Titrationen.

Im Anfang wurde versucht, die Ammoniumhydrosulfidlösung direkt mit der Kaliumferricyanidlösung zu titrieren nach Zusatz von 3 Tropfen (à 0,04 cm³) einer 10 %-igen Natriumnitroprussidlösung als Indikator. Der Versuch missglückte, weil die anfangs entstandene blaue Färbung beim Zusatze von Kaliumferricyanidlösung allmählich in eine grüne überging, ohne dass sich ein Übergangspunkt feststellen liess. Darauf versuchte ich in Gegenwart von Natriumhydroxyd zu titrieren. Hier war das Resultat befriedigend, weil der Umschlag deutlich zu unterscheiden war. Wenn die Titrationen genau unter denselben Bedingungen ausgeführt wurden, betrugen die Unterschiede zwischen den einzelnen Titrationen unter 0,05 cm³ $\frac{n}{10}$ K_3FeCy_6-Lösung. Unter verschiedenen Bedingungen aber waren die Unterschiede grösser. Es wurde daher der Einfluss der verschiedenen Bedingungen systematisch untersucht, um festzustellen, ob überhaupt und unter welchen Bedingungen ein richtiges Resultat zu erzielen ist.

Als Beispiel für die Vorversuche mag hier eine Reihe von Titrationen Platz finden, die mit der letzten Ammoniumhydrosulfidlösung, deren Bereitung unter 3 beschrieben worden ist, durchgeführt sind.

Tabelle 8.

Titer der K_3FeCy_6-Lösung = 0,03300 g/cm³ K_3EeCy_6 = 0,001708 g/cm³ H_2S.

H_2S-Menge in 10 cm³ der NH_4SH-Lösung, gewichtsanalytisch und jodometrisch bestimmt (s. unten) = 0,0167 g.

Vers. Nr.	H_2O cm³	n-NaOH cm³	Indikat. 10 % Tropf.	NH_4SH-Lsg. cm³	K_3FeCy_6-Lsg. cm³	H_2S gefunden		Fehler		Bemerkungen
						in g	in %	in mg	in %	
1.	—	—	1	10	?	0,0165	—	—	—	Kein deutlicher Umschlag!
2.	35	2,2	2	„	9,68	0,0165	98,8	—0,2	—1,2	Deutl. Umschl.
3.	„	„	„	„	9,67	0,0164	98,8	—0,2	—1,2	„ „
4.	„	1,0	„	„	9,59	0,0167	98,4	—0,3	—1,6	„ „
5.	—	2,0	1	„	9,77	0,0167	100,0	0,0	0,0	Sehr guter Umschl.
6.	„	„	„	„	9,79	0,0167	100,0	0,0	0,0	„ „ „
7.	„	„	„	„	9,78	0,0167	100,0	0,0	0,0	„ „ „
8.	9	1,0	„	„	9,70	0,0166	99,4	—0,1	—0,6	„ „ „
9.	„	„	„	„	9,72	0,0166	99,4	—0,1	—0,6	„ „ „

7. Die qualitative Analyse der Ammoniumhydrosulfidlösung.

Für die Ausarbeitung einer Methode zum Titrieren des Sulfidschwefels ist es selbstverständlich wichtig, dass die Versuchslösung keine anderen Schwefelverbindungen enthalte.

Meine Lösung, die wie unter 3 beschrieben hergestellt worden war, war ganz farblos und klar. Beim Ansäuern und Stehenlassen war keine Ausscheidung von Schwefel zu bemerken. Daraus konnte man mit Sicherheit schliessen, dass kein Polysulfid sich gebildet hatte.

Zur Entdeckung der anderen Schwefelverbindungen bin ich nach der Methode von Browning und Howe [48] verfahren. Ich nahm ca. 5 cm^3 der Lösung und versetzte sie mit ca. 3 cm^3 einer 10%-igen essigsauren Zinkacetatlösung. Der entstandene schneeweisse Niederschlag ballte sich bald zu Flocken zusammen. Zum Filtrieren benutzte ich ein Barytfilter und einen Trichter mit Rillen, damit das Filtrieren schneller vor sich gehe. Das klare Filtrat gab mit Baryumchlorid keinen Niederschlag, also war kein Sulfat vorhanden.

Darauf tröpfelte ich $\frac{n}{10}$-Jodlösung hinzu. Schon der erste Tropfen färbte die Lösung gelb.

Eine Trübung durch Baryumsulfat trat, auch nachdem die Lösung mittels salzsaurer Stannochloridlösung entfärbt worden war, nicht auf. Folglich war kein Sulfit anwesend.

Nun fügte ich Bromwasser in geringem Überschusse hinzu und entfärbte nochmals mit Stannochloridlösung. Hätte ich ursprünglich Thiosulfat in der Lösung gehabt, so wäre es durch Jod in Tetrathionat übergeführt, das Tetrathionat durch Brom zu Sulfat oxydiert und als $BaSO_4$ abgeschieden worden. Es war aber auch hier keine Trübung im Vergleich mit einem blinden Versuch wahrnehmbar. Um ganz sicher zu sein, überliess ich die Lösung längerem Stehen, aber auch am anderen Tage hatte sich noch keine Spur von einem Niederschlage gebildet. Auf Grund dieser Versuche konnte ich schliessen, dass meine Bestrebung, eine von den genannten Schwefelverbindungen freie Ammoniumhydrosulfidlösung herzustellen, erfolgreich war.

8. Die quantitative Analyse der Ammoniumhydrosulfidlösung.

A. Die Ammoniumbestimmung.

Um die Ammoniummenge in meiner Lösung zu bestimmen, titrierte ich 10 cm³ der Lösung, die mit einem Tropfen Methyloranlösung schwach gelb gefärbt war, mit $\frac{n}{10}$-HCl. Zum besseren und sichereren Erkennen des Endpunktes stellte ich zum Vergleich ebensolche Bechergläser mit ebensoviel dest. Wasser (ca. 15 cm³) und Indikator nebenbei. In einem Glase liess ich die Flüssigkeit neutral, also rein gelb, im anderen Glase machte ich das Wasser mit einem Tropfen $\frac{n}{10}$-Säure sauer, also schwach orange.

Resultate, wie folgt:

Tabelle 9.

$T_{HCl} = 0{,}003630$

Vers. Nr.	NH_4SH-Lsg. cm³	Indik. (M.-or.-Lsg.) Tropfen	HCl $\frac{n}{10}$ cm³	Das Mittel. HCl cm³	T_{NH_4}	Normalität
1.	10	1	4,98			
2.	„	„	5,02	5,00	0,000898	0,0498
3.	„	„	4,99			

B. Die gewichtsanalytische Schwefelbestimmung in der Ammoniumhydrosulfidlösung.

Die gewichtsanalytische Sulfidschwefelbestimmung geschieht bekanntlich in der Weise, dass der Schwefel zuerst zu Schwefelsäure oxydiert, dann mit Baryumchlorid abgeschieden und als Baryumsulfat gewogen wird.

Nun ist aber das Resultat solcher Bestimmungen bekannt-

lich von verschiedenen Bedingungen abhängig, und zwar von der Art der Oxydation und der oxydierenden Substanz, von der Weise, wie man das Baryumsulfat abscheidet, ob bei gewöhnlicher Temperatur oder kochend, ob schnell, in einem Gusse oder tropfenweise, ob konzentriert oder verdünnt, ob man länger stehen lässt oder gleich filtriert, und zuletzt auch von der Anwesenheit verschiedener anderer Ionen.

Es kann somit, wie das Kolthoff u. Vogelenzang [49] betonen, keine allgemeine Vorschrift für die Sulfatbestimmung als $BaSO_4$ in beliebigen Lösungen gegeben werden.

Nach beinahe 40 Versuchen während der ganzen Arbeit konnte ich die folgende Arbeitsweise für richtige gewichtsanalytische Ermittelung des Schwefelgehaltes im vorliegenden Falle ausbilden. Oxydiert wurde dabei sowohl mit ammoniakalischer Wasserstoffsuperoxydlösung als auch mit Bromwasser.

a. Die Oxydation mit ammoniakalischer Wasserstoffsuperoxydlösung.

Es wurden in ein Becherglas von 200 cm^3 27 cm^3 $\frac{n}{10}$-Ammoniaklösung genommen, 3 cm^3 30 % „Perhydrol“ Merck („für Tropen“) zugesetzt und unter Umrühren 10 cm^3 NH_4SH, das Pipettenende in der Flüssigkeit haltend, einfliessen gelassen. Die Flüssigkeit wurde darauf aufgekocht und mit 4 cm^3 n-Salzsäure versetzt. Die Reaktion mit Lackmus war sauer. Nach einer halben Stunde wurde in die siedende Lösung das $1^1/_2$-fache der erforderlichen Menge einer 0,3-normalen heissen Baryumchloridlösung unter Umrühren hineingetröpfelt. Der Niederschlag war grob kristallin und fiel sehr schnell zu Boden. Die Glaswände und der Glasstab wurden mit wenig Wasser nachgespült und dann das Glas über Nacht stehen gelassen. Am andern Tage wurde durch ein Barytfilter filtriert, zum Filtrate etwas $BaCl_2$-Lösung hinzugesetzt und beiseite gestellt. Nach längerem Stehen war kein Niederschlag bemerkbar, also war die Fällung vollständig.

Der Niederschlag wurde zweimal mit kaltem Wasser dekantiert und darauf auf das Filter gespült; der Glasstab und die Wände mit einem mit Gummiende versehenen Glasstabe rein gewischt und mehrmals mit etwas Wasser gespült. Der Nieder-

schlag wurde zuletzt auf dem Filter gewaschen, bis das Filtrat mit Silbernitrat keine Opaleszenz mehr zeigte. Das getrocknete Filter und der Niederschlag wurden endlich unter Beobachtung aller bekannten Massregeln restlos in den Tiegel gebracht, offen 20 bis 30 Minuten geglüht, im Exsikkator erkalten gelassen und gewogen. Gewöhnlich war das Gewicht nach so langem Glühen konstant und änderte sich nicht mehr, auch nach Behandlung mit Bromwasser oder Schwefelsäure.

b. Die Oxydation mit Bromwasser.

50 cm^3 gesättigten Bromwassers wurden in ein Becherglas von ca. 200 cm^3 gegossen und 10 cm^3 Ammoniumhydrosulfidlösung unter Umrühren, das Pipettenende in der Flüssigkeit haltend, hinzufliessen gelassen. Ebenso wie bei *a* war auch hier keine Schwefelabscheidung zu bemerken, die Lösung blieb ganz klar. Das Glas wurde mit einem Uhrglas bedeckt und einige Zeit stehen gelassen; darauf 5 cm^3 Äther zugesetzt [Järvinen (50)], wieder 10 Minuten stehen gelassen, dann auf ein kleines Feuer gestellt. Bei Anwesenheit von Äther verflüchtigt sich, wie ich beobachten konnte, das Brom viel schneller, als ohne Äther. Als die Lösung ganz farblos geworden war, wurden das Deckglas und die Wände abgespült und noch Wasser bis zum ursprünglichen Volumen zugesetzt, aufgekocht und 5 cm^3 einer 3 %-gen $BaCl_2$-Lösung heiss unter tüchtigem Umrühren tropfenweise hinzugefügt; darauf mit 2 Tropfen Methylrot versetzt und 3n-Ammoniak hinzugetröpfelt, bis nur noch eine schwach rote Färbung nachgeblieben war (verbraucht 2,8 cm^3 3n-NH_4OH); über Nacht stehen gelassen, filtriert usw. wie unter *a*.

In derselben Weise wurden sowohl Bromwasser als auch Wasserstoffsuperoxydlösung mit $BaCl_2$ geprüft. Die Niederschläge betrugen unter 0,5 mg, weshalb sie, als in den Fehlergrenzen liegend, nicht in Betracht gezogen worden sind.

Resultate:

nach a. . . . . 0,1141 g $BaSO_4$ = 0,01666 g H_2S in 10 cm^3.
nach b. . . . . 0,1145 g $BaSO_4$ = 0,01672 g H_2S in 10 cm^3.

C. Die jodometrische Schwefelbestimmung.

Die jodometrische Schwefelbestimmung wird gewöhnlich für die leichteste und einfachste Bestimmungsweise gehalten. Sie hat aber doch einige Nachteile, die die Sicherheit und Einfachheit dieser Methode beeinträchtigen. Erstens darf man nicht direkt mit Jodlösung titrieren wegen der Oxydierbarkeit und Flüchtigkeit des Schwefelwasserstoffes. Zweitens besteht bekanntlich die Notwendigkeit in saurer Lösung zu titrieren, was aber den Nachteil hat, dass etwas Schwefel sich als Schwefelwasserstoff verflüchtigt. S. Iimori [1] meint sogar, dass man bei dieser Arbeitsweise nicht selten um 2—6 % zu niedrige Resultate erhält.

Weiter muss man bei der jodometrischen Sulfidbestimmung darüber sicher sein, dass keine anderen oxydierbaren Schwefelverbindungen anwesend sind. Polysulfid wird nicht mitbestimmt, wohl aber Sulfit und Thiosulfat.

Um mit der jodometrischen Arbeitsweise bekannt zu werden und sie mit der Kaliumferricyanidtitration vergleichen zu können, habe ich mehrere Gehaltsbestimmungen meiner Ammoniumhydrosulfidlösungen auch auf jodometrischem Wege durchgeführt. Dabei habe ich unter verschiedenen Bedingungen titriert, um zu sehen, wie das Resultat dadurch beeinflusst wird. Die Angaben über die Bedingungen der Versuche und die erhaltenen Resultate finden sich in der Tabelle 10.

Die Versuche 1—3 sind mit einer Natriumsulfidlösung angestellt, 4—16 — mit einer Ammoniumhydrosulfidlösung, welche Spuren von Thiosulfat und Sulfit enthielt, 17—19 — mit einer reinen Ammoniumhydrosulfidlösung.

Es ist überall mit Thiosulfat bis hellgelb titriert worden, dann wurden 2 cm^3 0,5 % Stärkelösung hinzugefügt und endlich Thiosulfat bis zur Entfärbung hinzugetröpfelt.

Wenn man die Tabelle betrachtet, so sieht man, dass die jodometrischen Resultate recht gut mit den gewichtsanalytischen Resultaten übereinstimmen.

Ferner kann man bemerken, dass es bei der jodometrischen Titration des Ammoniumhydrosulfides ganz gleich ist, ob man in verdünnter oder konzentrierterer Lösung, direkt oder nach schwachem bzw. starkem Ansäuern titriert. Bei starkem An-

säuern stört ein wenig, wie immer bei jodometrischen Titrationen in stark saurer Lösung, das Nachblauen.

Demgegenüber zeigt sich bei der jodometrischen Titration des Natriumsulfides ein recht grosser Unterschied zwischen den Resultaten bei der Titration ohne oder mit Ansäuern. Während die Resultate mit Ansäuern mit dem gravimetrischen Resultat ungefähr übereinstimmen, ist das Resultat ohne Ansäuern viel zu gross.

Tabelle 10.

Vers. Nr.	H_2O cm³	HCl cm³	J+KJ-Lsg. cm³	Na_2S- resp. NH_4SH-Lsg. cm³	$Na_2S_2O_3$-Lsg. cm³	T_J	$T_{Na_2S_2O_3}$ J	H_2S in g gefunden jodom.	H_2S in g gefunden gravim.	Bemerkungen
1.	30	—	20	10	10,54	0,01261	0,01264	0,01415	0,01163	Das Ende schlecht
2.	—	5 (20%)	„	„	13,01	„	„	0,01179	„	Das Ende gut
3.	—	„	„	„	13,05	„	„	0,01183	„	„
4.	—	—	„	„	9,04	0,01256	0,01252	0,01854	0,01857	„
5.	—	7 (0,1n)	„	„	8,99	„	„	0,01863	„	„
6.	—	„	„	„	9,02	„	„	0,01858	„	„
7.	—	—	„	„	9,03	„	„	0,01856	„	„
8.	—	—	„	„	8,97	„	„	0,01866	„	„
9.	—	—	„	„	9,00	„	„	0,01861	„	„
10.	250	—	„	„	8,95	„	„	0,01870	„	„
11.	„	—	„	„	8,98	„	„	0,01864	„	„
12.	250	—	„	„	8,93	„	„	0,01873	„	„
13.	—	10 (0,1n)	„	„	8,98	„	„	0,01864	„	„
14.	400	„	„	„	8,96	„	„	0,01868	„	„
15.	„	10 (20%)	„	„	8,95	„	„	0,01870	„	Blaut nach
16.	—	—	„	„	8,97	„	„	0,01866	„	„
17.	—	—	„	„	10,14	„	0,01248	0,01672	0,01672	„
18.	—	—	„	„	10,15	„	„	0,01671	„	„
19.	—	—	„	„	10,15	„	„	0,01671	„	„

9. Die Untersuchung des Einflusses der verschiedenen Bedingungen auf das Resultat der Titration einer reinen Ammoniumhydrosulfidlösung mit einer ca. $\frac{n}{10}$-Kaliumferricyanidlösung.

a. Der Einfluss der Titrationsgeschwindigkeit.

Tabelle 11.

$T_{K_3FeCy_6} = 0{,}03300$ g/cm³ $K_3FeCy_6 = 0{,}001708$ g/cm³ H_2S.
H_2S-Gehalt in 10 cm³ der NH_4SH-Lösung (gravim.) = 0,0187 g.
NaOH-Lösung 1,000 normal.

Vers. Nr.	H_2O cm³	NaOH cm³	NaOH Aequiv.	NaOH Konz.	Indikat. (10 %) Tropfen	NH_4SH cm³	H_2S-Konz.	Titr.-Dauer in Minuten	K_3FeCy_6 cm³	H_2S gefunden in g	H_2S gefunden in %	Fehler in mg	Fehler in %
1.	38	2,2	2	0,044	2	10	0,011	2	10,85	0,0185	98,9	—0,2	—1,1
2.	„	„	„	„	„	„	„	4	10,83	0,0185	98,9	—0,2	—1,1
3.	„	„	„	„	„	„	„	7	10,60	0,0181	96,8	—0,6	—3,2

Bemerkungen. Die Aequivalente des Natriumhydroxydes beziehen sich auf $^1/_2$S.

Unter der Konzentration ist die Anzahl Mole pro Liter zu verstehen.

Die Titrationsdauer ist die Zeit vom Momente der Entnahme der NH_4SH-Lösung mit der Pipette bis zum Momente, in dem der letzte Tropfen der K_3FeCy_6-Lösung zugesetzt wurde.

Wie auf Grund der Eigenschaften der reagierenden Substanzen zu erwarten ist, hat die Geschwindigkeit des Titrierens einen gewissen, wenn auch geringen Einfluss auf das Resultat. Dieser Einfluss erklärt sich wohl aus der leichten Oxydierbarkeit des Sulfides an der Luft.

Wie ersichtlich, ist dieser Einfluss beim schnellen Titrieren fast ohne Bedeutung. Bei den späteren Versuchen habe ich zu jeder Titration immer ungefähr dieselbe Zeit (3 Min.) gebraucht.

b. Der Einfluss des Flüssigkeitsvolumens.

Tabelle 12.

$T_{K_3FeCy_6} = 0{,}03300$ g/cm³ $K_3FeCy_6 = 0{,}001708$ g/cm³ H_2S.

H_2S-Gehalt in 10 cm³ NH_4SH-Lösung (gravim.) = 0,0167 g.

NaOH-Lösung 1,000 normal.

Vers. Nr.	H_2O cm³	NaOH cm³	NaOH Äq.	NaOH Konz.	Indik. 10% Tr.	NH_4SH cm³	H_2S-Konz.	Gesamtv. cm³	K_3FeCy_6 cm³	H_2S gefunden in g	H_2S gefunden in %	Fehler in mg	Fehler in %	Bemerkungen
1.	—	1	1	0,091	1	10	0,045	11	9,62	0,0164	98,2	—0,3	—1,8	Der Umschlag gut
2.	9	„	„	0,050	„	„	0,024	20	9,62	0,0164	98,2	—0,3	—1,8	„ „ „
3.	19	„	„	0,033	„	„	0,016	30	9,60	0,0164	98,2	—0,3	—1,8	Der Umschlag nicht ganz gut
4.	29	„	„	0,025	„	„	0,012	40	9,59	0,0164	98,2	—0,3	—1,8	Der Umschl. schlecht
5.	39	„	„	0,020	„	„	0,009	50	9,49	0,0162	97,0	—0,5	—3,0	Der Umschl. noch schlechter
6.	59	„	„	0,014	„	„	0,007	70	9,56	0,0163	97,6	—0,4	—2,4	Der Umschlag ganz schlecht. Wahrscheinlich ist übertitriert worden

Hier sind die absoluten Mengen des Natriumhydroxydes und des Indikators überall dieselben. Verändert worden ist nur das Titrationsvolumen durch Verdünnen mit Wasser. Das Wasser war gewöhnliches destilliertes, nicht ausgekochtes. Die Reihenfolge des Zusatzes der Lösungen ist hier, wie auch bei anderen Versuchen, wo sie nicht besonders angegeben ist, Wasser, Natronlauge, Ammoniumhydrosulfid, Natriumnitroprussid und Kaliumferricyanid.

Wie aus der Tabelle ersichtlich, vermindert sich mit dem Vergrössern des Volums, allmählich und ziemlich unbedeutend, die verbrauchte Kaliumferricyanidmenge. Der Farbenumschlag aber wird immer undeutlicher, verschwommener, der Endpunkt also immer unsicherer, je grösser das Titrationsvolumen ist. Bei dem Versuch 6 ist deshalb wahrscheinlich übertitriert worden. Es ist auch möglich, aber unwahrscheinlich, dass beim Versuch 5 der Endpunkt zu früh genommen wurde.

Nach 10 Minuten ist überall noch 1 Tropfen 10%-iger Nitroprussidnatriumlösung hinzugefügt worden, worauf aber keine Farbenänderung mehr zu beobachten war.

Es ist hier, wie auch in der Tabelle 11, überall zu wenig

gefunden worden. Das erklärt sich, wie die folgenden Versuche zeigen werden, daraus, dass zu wenig Natriumhydroxyd genommen worden war.

Auf Grund dieser Tabelle kann man sagen, dass zur Erlangung richtigerer und sicherer Resultate in möglichst kleinem Volum titriert werden muss.

c. Der Einfluss der Natriumhydroxydmenge.

Tabelle 13.

$T_{K_3FeCy_6} = 0{,}03300$ g/cm³ $K_3FeCy_6 = 0{,}001708$ g/cm³ H_2S.

H_2S-Gehalt in 10 cm³ der NH_4SH-Lösung (gravim.) = 0,0167 g.

NaOH-Lösung 1,000 normal.

Vers. Nr.	H_2O cm³	NaOH cm³	NaOH Äq.	NaOH Konz.	Indik. 10 % Tr.	NH_4SH cm³	H_2S-Konz.	Gesamtvol. cm³	K_3FeCy_6 cm³	H_2S gefunden in g	H_2S gefunden in %	Fehler in mg	Fehler in %	Bemerkungen
1.	9,5	0,5	0,5	0,025	1	10	0,025	20	9,26	0,0158	94,6	−0,9	−5,4	Der Umschlag befriedigend
2.	9,0	1,0	1,0	0,050	„	„	„	„	9,66	0,0165	98,8	−0,2	−1,2	„ „ schön: scharf und bleibend
3.	8,5	1,5	1,5	0,075	„	„	„	„	9,73	0,0166	99,4	−0,1	−0,6	Auch gut. Beim Stehen geringes Nachdunkeln
4.	8,0	2,0	2,0	0,100	„	„	„	„	9,70	0,0166	99,4	−0,1	−0,6	„ „
5.	7,5	2,5	2,5	0,125	„	„	„	„	9,72	0,0166	99,4	−0,1	−0,6	
6.	7,0	3,0	3,0	0,150	„	„	„	„	9,79	0,0167	100,0	0,0	0,0	Nach 1 St. + 1 Tr. Npn. + 0,02 cm³ K_3FeCy_6
7.	6,0	4,0	4,0	0,200	„	„	„	„	9,92	0,0169	101,2	+,02	+1,2	„ „ „ „ 0,03 „ „
8.	—	10,0	10,0	0.500	„	„	„	„	10,18	0,0174	104,2	+0,7	+4,2	„ „ „ „ 0,05 „ „
9.	2,0	8,0	8,0	0,400	„	„	„	„	10,14	0,0173	103,6	+0,6	+3,6	„ „ „ „ 0,04 „ „
10.	4,0	6,0	6,0	0.300	„	„	„	„	10,06	0,0172	103,0	+0,5	+3,0	„ „ „ „ 0,04 „ „
11.	5,0	5,0	5,0	0,250	„	„	„	„	9,94	0,0170	101,8	+0,3	+1,8	„ „ „ „ 0,05 „ „
12.	7,0	3,0	3,0	0,150	„	„	„	„	9,83	0,0168	100,6	+0,1	+0,6	„ „ „ „ 0,03 „ „
13.	8,0	2,0	2,0	0,100	„	„	„	„	9,76	0,0167	100,0	0,0	0,0	„ „ „ „ 0,01 „ „
14.	9,0	1,0	1,0	0,050	„	„	„	„	9,65	0,0165	98,8	−0,2	−1,2	„ „ „ „ — „ „

Hier sind die Titrationen bei konstantem Volum durchgeführt, es sind also auch die Indikator- und Schwefelwasserstoffkonzentrationen konstant. Um über die relative Menge des Natriumhydroxydes eine bessere Vorstellung zu haben, ist auch die Äquivalentzahl des Natriumhydroxydes (in bezug auf $^1/_2$S) gesondert angegeben.

Um irgendwelche Tendenz auszuschliessen, habe ich zuerst die Natronlaugemenge vermehrt, dann allmählich vermindert. Wie nun ersichtlich, steigt die verbrauchte Kaliumferricyanidmenge mit der Zunahme, sinkt mit der Abnahme der Natriumhydroxydmenge. Bei dem gegebenen Volum und Schwefelwasserstoffkonzentration erhält man nun ein Resultat, bei dem der Fehler unter 1 % ist, wenn die Äquivalentzahlen des Natriumhydroxydes 1,5 bis 3, bzw. die Konzentrationen 0,075 bis 0,150 Mol/Lit betragen.

Der Einfluss des Natriumhydroxydes ist sehr bedeutend. Wie die vorläufigen Versuche zeigten, gelingt die Titration in Abwesenheit des Natriumhydroxydes überhaupt nicht. Bei ungenügender Menge der Natronlauge (Vers. 1) kann man titrieren, aber der Minus-Fehler ist noch gross.

Der Farbenumschlag ist am besten bei der NaOH-Konzentration = 0,05 (Vers. 2 u. 14). Hier wird die anfänglich rotviolette Farbe zuerst blau, dann gräulichblau, und am Ende verschwindet die blaue Nuance dank einem Tropfen Kaliumferricyanid vollständig und es bleibt ein reines Grünlich-gelblich-weiss zurück. Diese Färbung verändert sich hier nicht mehr, auch nicht nach Zusatz von 1 Tropfen Indikator. Bei den Konzentrationen des Natriumhydroxydes 0,075 — 0,150 ist der Umschlag auch noch gut, beim Stehen ist aber ein geringes Nachblauen zu beobachten, das nach dem Zusatz von etwas Kaliumferricyanid verschwindet und dann nicht mehr wiedererscheint.

Um zu sehen, wie die Titration in Gegenwart von noch mehr Natriumhydroxyd verläuft, habe ich noch eine Reihe von Versuchen angestellt (Tabelle 14).

Hier ist zuerst mit normaler Natronlauge titriert worden, zuletzt aber mit 5-normaler, um das Volumen nicht zu viel zu vergrössern. Überall ist bis zum Verschwinden der bläulichen Nuance titriert worden. Die Endfarbe ist bei Anwesenheit von weniger Natriumhydroxyd gelb, je mehr aber NaOH anwesend ist, um so gelbbrauner wird die Endfarbe. Auch hier ist der Endpunkt um so unsicherer, je grösser das Volumen und je mehr Natriumhydroxyd vorhanden ist. Beim Versuch 6 und weiter

Tabelle 14.

$T_{K_3FeCy_6} = 0{,}03300$ g/cm³ $K_3FeCy_6 = 0{,}001708$ g/cm³ H_2S.

H_2S-Gehalt in 10 cm³ der NH_4SH-Lösung (gravim.) = 0,0167 g.

NaOH-Lösung 1,000 normal und 5,0 normal.

H_2O cm³	(n bzw. 5n) NaOH cm³	Äq.	Konz.	Indik. 10% Tr.	NH_4SH cm³	H_2S-Konz.	Gesamtvol. cm³	K_3FeCy_6 cm³	H_2S gefunden in g	H_2S gefunden in %	Fehler in mg.	Fehler in %	Bemerkungen
9	1 (n)	1	0,050	1	10	0,025	20	9,65	0,0165	98,8	—0,2	—1,2	
„	„	„	„	„	„	„	„	9,60	0,0164	98,2	—0,3	—1,8	
—	2 (n)	2	0,167	„	„	0,042	12	9,75 (9,79)	0,0167 (0,0167)	100,0 (100,0)	0,0	0,0	Nach 5 Min. + 0,04 cm³
8	„	„	„	„	„	0,025	20	9,70 (9,72)	0,0166 (0,0166)	99,4 (99,4)	—0,1 (—0,1)	—0,6 (—0,6)	„ 1 „ + 0,02 „
—	10 (n)	10	0,500	„	„	„	„	10,16 (10,23)	0,0174 (0,0175)	104,2 (104,8)	+0,7 (+0,8)	+4,2 (+4,8)	„ 2 „ + 0,04 „ „ 2 St. + 1 Tr. Npn. + 0,03 cm³
—	30 (n)	30	0,750	„	„	0,012	40	10,47 (10,86)	0,0179 (0,0186)	107,2 (111,4)	+1,2 (+1,9)	+7,2 (+11,4)	„ 5 Min. + 1 „ „ + 0,23 „ „ 2 St. + 2 „ „ + 0,16 „
—	50 (n)	50	0,835	1 + +1 +1	„	0,008	60	11,09 (11,57)	0,0189 (0,0198)	113,2 (118,6)	+2,2 (+3,1)	+13,2 (+18,6)	„ 5 Min. + 1 „ „ + 0,13 „ „ 1 „ + 1 „ „ + 0,07 „ „ 1 St. + 2 „ „ + 0 28 „
—	10 (5 n)	„	2,500	1	„	0,025	20	10,51 (12,04)	0,0180 (0,0205)	107,8 (122,7)	+1,3 (+3,8)	+7,8 (+22,7)	„ 2 Min. + 1 „ „ + 1.19 „ „ 2 „ + 1 „ „ + 0,15 „ „ 1 St. + 2 „ „ + 0,19 „
—	20 (5 n)	100	3,333	„	„	0,016	30	10,49 (14,10)	0,0179 (0,0241)	107,2 (144,2)	+1,2 (+7,4)	+7,2 (+44,2)	„ 1 Min. + 1 „ „ + 2,35 „ „ 3 „ + 1 „ „ + 0,43 „ „ 3 „ + 1 „ „ + 0,36 „ „ 1½ St. + 2 „ „ + 0,47 „
—	50 (5 n)	250	4,166	„	„	0,008	60	9,37 (17,31)	0,0160 (0,0296)	95,8 (177,2)	—0,7 (+12,9)	—4,2 (+77,2)	„ 1 Min. + 3 „ „ + 4,65 „ „ 2 „ + 1 „ „ + 2,05 „ „ 2 „ + 1 „ „ + 0,40 „ „ 1 St. + 2 „ „ + 0,84 „

störte besonders die Erscheinung, dass nach Zusatz von Kaliumferricyanid die blaue Färbung verschwand, beim Umrühren aber nach einigen Sekunden wieder hervortrat.

Bei dem Versuche Nr. 7 wurde die Farbe nach Zusatz von ca. 8 cm³ Kaliumferricyanidlösung so undeutlich, dass es notwendig war, noch einen Tropfen Nitroprussidnatrium zuzusetzen, worauf sich die Lösung stark rötlich färbte. Dasselbe geschah auch nachdem der Zusatz bis 10 cm³ gestiegen war. Da hier mehr Indikator angewendet wurde, war auch der Verbrauch an Kaliumferricyanid grösser.

Bei den Versuchen 5—10 sind nach verschiedenen Zeiträumen 1—2 Tropfen Nitroprussidnatrium zugesetzt worden, worauf eine rötliche Färbung wieder auftrat. Nach einem gewissen Zusatz von Kaliumferricyanid verschwand diese Nuance wieder. Diese Zusätze sind zusammen genommen und der Gesamtverbrauch in Klammern angegeben.

Beim Versuch 10 trat eine eigenartige Erscheinung auf. Nach Zusatz von zwei letzten Tropfen des Indikators, nachdem bereits ca. 17,1 cm^3 K_3FeCy_6-Lösung hinzugetröpfelt worden war, fingen die Tropfen von Kaliumferricyanid an, eine fast schwarze Farbe bzw. einen schwarzen Niederschlag zu bilden, wobei auch die Lösung ganz dunkel wurde. Es wurde bis zu 24,5 cm^3 K_3FeCy_6-Lösung hinzugetröpfelt, wobei nach ca. 21,8 cm^3 die Färbung am tiefsten war (dunkelbraunrot), weiter aber etwas heller wurde. Am andern Tage (nach ca. 12 Stunden) war die Lösung wieder rein gelb geworden. Der Zusatz von 2 Tropfen Nitroprussidnatrium zeigte nun keine Veränderung in der Farbe. Es wurden jetzt noch ca. 12 cm^3 K_3FeCy_6-Lösung hinzugefügt, worauf die Lösung dunkelgrüngelb wurde, die braune Färbung aber nicht mehr auftrat.

Es ist mir nicht ganz klar, wie die Bildung dieser dunklen Farbe zu erklären ist. Wahrscheinlich spielt hier das Ammoniumhydrosulfid keine Rolle, da es bereits längst oxydiert sein müsste; es handelt sich hier vielmehr um eine Reaktion zwischen konzentriertem Natriumhydroxyd, Kaliumferricyanid und Nitroprussidnatrium. Als Bestätigung davon mag folgende Beobachtung dienen. 5-normales Natriumhydroxyd mit Kaliumferricyanid versetzt ergibt eine hellgelbe Färbung, 5-normales NaOH mit 10% Natriumnitroprussid zeigt eine orangegelbe Färbung; beim Zusammengiessen der beiden Lösungen entsteht aber eine braunrote Färbung, die ziemlich ähnlich der beim Titrieren beobachteten (nur freilich etwas heller) aussieht.

Es ist möglich, dass man es hier mit den von K. A. Hofmann (51) angeführten unbeständigen Verbindungen Ferropentacyannitritnatrium, $Na_4FeCy_5NO_2$ welches aus Nitroprussidnatrium durch Natronlauge entsteht und rotgelb ist, und seinem Oxydationsprodukte Ferripentacyannitritnatrium $Na_3FeCy_5NO_2$ (tief carmoisinrot) zu tun hat.

Der letzte Versuch weist auch auf ein mögliches Übertitrieren hin, da augenscheinlich infolge einer gegenseitigen Einwir-

kung von NaOH, K_3FeCy_6 und Nitroprussidnatrium eine rote Färbung entstehen kann, welche ein Vorhandensein von Sulfid vortäuscht.

d. Der Einfluss der Indikatormenge.

Tabelle 15.

$T_{K_3FeCy_6} = 0{,}03300$ g/cm³ $K_3FeCy_6 = 0{,}001708$ g/cm³ H_2S.

H_2S-Gehalt in 10 cm³ der NH_4SH-Lösung (gravim.) = 0,0167 g.

NaOH-Lösung 1,000 normal.

Vers. Nr.	H_2O cm³	NaOH cm³	NaOH Äq.	NaOH Konz.	Indik. Tr.	NH_4SH cm³	H_2S-Konz.	Gesamtvol. cm³	K_3FeCy_6 cm³	H_2S gefunden in g	H_2S gefunden in %	Fehler in mg	Fehler in %	Bemerkungen
1.	9	1	1	0,050	1 (10 %)	10	0,025	20	9,58	0,0164	98,2	—0,3	—1,8	1 Indik.-Tropfen = 0,04 cm³
2.	„	„	„	„	„ („)	„	„	„	9,62	0,0164	98,2	—0,3	—1,8	Gräulichblau → gelb
3.	„	„	„	„	3 („)	„	„	„	9,55	0,0163	97,6	—0,4	—2,4	„ → dunkelgelb
4.	„	„	„	„	„ („)	„	„	„	9,54	0,0163	97,6	—0,4	—2,4	„ „
5.	„	„	„	„	5 („)	„	„	„	9,43	0,0161	96,4	—0,6	—3,6	„ → noch dunkler gelb
6.	„	„	„	„	10 („)	„	„	„	9,18	0,0157	94,0	—1,0	—4,0	„ → „Terrakotta“
7.	„	„	„	„	20 („)	„	„	„	25,00	—	—	—	—	„ → „ Übertitriert worden
8.	„	„	„	„	„ („)	„	„	„	9,00	0,0154	92,2	—1,3	—7,8	„ → „
9.	„	„	„	„	—	„	„	„	9,70	0,0166	99,4	—0,1	—0,6	Weiss → gelblich
10.	„	„	„	„	1+1 (1 %)	„	„	„	9,65	0,0165	98,8	—0,2	—1,2	Gräulichblau → milchweiss
11.	„	„	„	„	5 („)	„	„	„	9,63	0,0165	98,8	—0,2	—1,2	„ → gelblichweiss

Bei den obigen Versuchen sind das Titrationsvolumen und die Konzentrationen konstant gehalten, die Indikatormenge aber ist geändert worden. Eine Titration (№ 9) ist ohne Indikator durchgeführt, die anderen mit 10%- und 1%-igen Nitroprussidlösungen.

Beim Versuch Nr. 9, ohne Indikator, wurde die Lösung im Anfang gelblich, darauf aber reinweiss, welche Farbe am Ende dank 2—3 Tropfen in gelb überging. Es wurde bei elektrischer Beleuchtung (wie auch bei allen anderen Versuchen) titriert, deshalb war das Erscheinen der Gelbfärbung nicht gut bemerkbar, und es schien, als wäre übertitriert worden. Wurde aber 1 Tropfen 10%-Nitroprussidlösung zugesetzt, so färbte sich die Lösung rosa, und wurde erst nach Zusatz von 2 Tropfen = 0,04 cm^3 K_3FeCy_6-Lösung wieder weiss.

Beim Versuch Nr. 10 wurde die Lösung anfangs mit 1 Tropfen 1%-Nitroprussidlösung versetzt; nach Zusatz von ca. 7 cm^3 K_3FeCy_6-Lösung entfärbte sich die Lösung aber gänzlich, so dass es notwendig erschien, noch einen Tropfen Indikator zuzusetzen. Die Blaufärbung trat wieder auf und der Endumschlag war befriedigend (gräulichblau → milchweiss).

Je mehr Nitroprussidnatrium genommen wird, desto brauner ist die gelbe Endfarbe.

Beim Versuch 7 mit 20 Tropfen Indikator verschwand bei ca. 9 cm^3 K_3FeCy_6-Lösung die blaue Nuance, die Lösung war aber noch so dunkel gefärbt (Terrakotta = dunkelbräunlichgelb), dass ich die Titration für noch unbeendet hielt und Kaliumferricyanidlösung weiter hinzutröpfelte. Obwohl ich dabei sogar über 25 cm^3 K_3FeCy_6-Lösung zugab, blieb die Farbe doch ebenso dunkel. Bei dem Versuche 8 ist deshalb der Punkt genommen worden, wo die bläuliche Nuance verschwand, was verhältnismässig gut bemerkbar war.

Wie aus der Tabelle ersichtlich, beeinflusst die Natriumnitroprussidmenge das Resultat ziemlich stark in verminderndem Sinne. Es empfiehlt sich deshalb möglichst wenig Indikator bei der Titration zu verwenden. Auch ist der Farbenumschlag bei wenig Indikator deutlicher.

e. Der Einfluss der Reihenfolge des Zusatzes der Lösungen.

(Tabelle 16.)

Um einen tieferen Einblick in den Titrationsvorgang zu erhalten, habe ich die Reihenfolge des Zusatzes der Lösungen geändert. Die gewöhnliche Reihenfolge war: $NaOH + H_2O + NH_4SH$ + Nitroprussidnatrium + K_3FeCy_6. Nun folgen Versuche, wo Kaliumferricyanid in der Hauptmenge vor dem Ammoniumhydrosulfid in das Reaktionsgemisch hineingebracht wurde. Ein-

c. Der Einfluss der Reihenfolge.

Tabelle 16.

Vers. Nr.	H_2O cm³	NaOH cm³	NaOH Äq.	NaOH Konz.	Indik. 10% Tr.	NH_4SH cm³	H_2S-Konz.	Gesamtvol. cm³	K_3FeCy_6 cm³	Reihenfolge	H_2S gefunden in g	H_2S gefunden in %	Fehler in mg	Fehler in %	Bemerkungen
1.	9	1	1	0,050	1	10	0,025	20	9,58	$NaOH+H_2O+NH_4SH+Npn.+K_3FeCy_6$	0,0164	98,2	−0,3	−1,8	
2.	—	„	„	0,091	„	„	0,045	11	9,61	$NaOH+H_2O+NH_4SH+Npn.+K_3FeCy_6$	0,0164	98,2	−0,3	−1,8	
3.	—	„	„	0,050	„	„	0,025	20	9,88	$NaOH+9,4\ cm^3\ K_3FeCy_6+NH_4SH+Npn.+K_3FeCy_6$	0,0169	101,2	+0,2	+1,2	Der Umschlag scharf. Rot→blau→gelblichweiss
4.	—	„	„	„	„	„	„	„	9,87	$NaOH+9,4\ cm^3\ K_3FeCy_6+NH_4SH+Npn.+K_3FeCy_6$	0,0169	101,2	+0,2	+1,2	Der Umschlag scharf. Rot→blau→gelblichweiss
5.	9	„	„	0,033	„	„	0,017	30	9,88	$H_2O+9,5cm^3\ K_3FeCy_6+NaOH+NH_4SH+Npn.+K_3FeCy_6$	0,0169	101,2	+0,2	+1,2	Der Umschlag scharf. Rot→blau→gelblichweiss
6.	„	„	„	„	„	„	„	„	9,76	$H_2O+NaOH+9,5cm^3\ K_3FeCy_6+$ Stehen $+NH_4SH+Npn.+K_3FeCy_6$	0,0167	100,0	0,0	0,0	10 Min. Stehen im Dunkeln. Scharf
7.	„	„	„	„	„	„	„	„	9,82	$H_2O+NaOH+9,5cm^3\ K_3FeCy_6+$ Stehen $+NH_4SH+Npn.+K_3FeCy_6$	0,0168	100,6	+0,1	+0,6	10 Min. Stehen im elektr. Lichte. Scharf
8.	—	„	„	0,050	„	„	0,025	20	9,80	$NaOH+9,5cm^3\ K_3FeCy_6+Npn.+NH_4SH+K_3FeCy_6$	0,0167	100,0	0,0	0,0	+Npn.: gelb→rötlich. Der Umschlag auch schön (→gelblichweiss)
9.	9	„	„	0,033	„	„	0,017	30	9,68	$H_2O+NaOH+NH_4SH+9,5cm^3\ K_3FeCy_6+Npn.+K_3FeCy_6$	0,0165	98,8	−0,2	−1,2	Scharf, ohne Nachblauen
10.	„	„	„	„	„	„	„	„	9,74	$H_2O+NaOH+NH_4SH+9,5cm^3\ K_3FeCy_6+Npn.+K_3FeCy_6$	0,0166	99,4	−0,1	−0,6	„ „ „
11.	„	„	„	„	„	„	„	„	9,68	$H_2O+NaOH+NH_4SH+9,5cm^3\ K_3FeCy_6+Npn.+K_3FeCy_6$	0,0165	98,8	−0,2	−1,2	„ „ „
12.	8	2	2	0,067	„	„	„	„	9,88	$H_2O+NaOH+NH_4SH+9,5cm^3\ K_3FeCy_6+Npn.+K_3FeCy_6$	0,0169	101,2	+0,2	+1,2	„ „ „
13.	„	„	„	„	„	„	„	„	9,89	$H_2O+NaOH+NH_4SH+9,5cm^3\ K_3FeCy_6+Npn.+K_3FeCy_6$	0,0169	101,2	+0,2	+1,2	„ „ „
14.	—	10	10	0,500	„	„	0,025	20	10,16	$NaOH+NH_4SH+Npn.+K_3FeCy_6$	0,0174	104,2	+0,7	+4,2	Nach 1 Min. →bläulich+0,06 cm³ „ 1 „ +1 Tr. Npn. +0,04cm³
15.	—	„	„	0,333	„	„	0,017	30	11,12	$NaOH+9,5cm^3\ K_3FeCy_6+NH_4SH+Npn.+K_3FeCy_6$	0,0190	113,7	+2,3	+13,7	Gut. Rot→gelb. Blaut nach. +1 Tropfen Npn.+0,05cm³

mal wurde auch Nitroprussidnatrium vor dem Ammoniumhydrosulfid zugesetzt. Es sind auch Titrierungen ausgeführt worden, bei welchen das Nitroprussidnatrium erst kurz vor Beendigung der Titration eingeführt wurde.

Wie ersichtlich, ist es nicht einerlei, in welcher Reihenfolge die Lösungen beim Titrieren zugesetzt werden. Besonders nimmt das Resultat zu, wenn Kaliumferricyanid vor dem Ammoniumhydrosulfid zum Gemische hinzugefügt wird.

Das Resultat wird, wie man aus der Tabelle sieht, etwas auch dadurch beeinflusst, ob das Nitroprussidnatrium vor oder nach dem Ammoniumhydrosulfid hinzugesetzt wird. Wenn es eben vor dem Schluss der Titration hinzugesetzt wird, ist der Endumschlag sehr deutlich, besser als gewöhnlich, es wird aber etwas mehr Kaliumferricyanid verbraucht. Das Nitroprussidnatrium hat wahrscheinlich keine Zeit sich zu zersetzen, die Farbe ist rein (rot oder rosa, nicht gräulich, wie sonst) und schlägt scharf um.

Zwei Versuche sind angestellt worden (Nr. 6 u. 7), um zu prüfen, ob das Stehen des Kaliumferricyanides mit Natronlauge im Dunkeln und im elektrischen Lichte irgendeinen Einfluss auf das Resultat ausübt. Im Lichte ist freilich etwas mehr verbraucht worden, es scheint also, als ob etwas Kaliumferricyanid sich im Lichte zersetzt habe; doch fällt die Differenz fast in die Fehlergrenzen der Titration.

Augenfällig ist der Unterschied zwischen den Resultaten der Versuche 6, 7 und 5. Diese Differenz übersteigt die gewöhnliche Fehlergrenze und muss irgendeinen besonderen Grund haben. Dass bei den Versuchen 6 u. 7 die Flüssigkeit vor dem Zusatze des Ammoniumhydrosulfides stehen gelassen worden ist, sollte eigentlich einen Unterschied in entgegengesetzter Richtung ergeben. Sonst liegt ein Unterschied in der Ausführung noch darin, dass bei dem Versuche 5 die Kaliumferricyanidlösung vor, bei den Versuchen 6 u. 7 aber nach der Natronlauge in das Verdünnungswasser gegossen wurde.

Eine mögliche Erklärung dieser Differenz werde ich später im Zusammenhange mit anderen Beobachtungen zu geben versuchen.

Bemerkenswert ist der grosse Einfluss der Veränderung der Reihenfolge bei der Titrierung mit grösserem Natriumhydroxydgehalt (Versuche 14 u. 15).

Es sind weiter noch Versuche angestellt worden (Tabelle 17), um zu entscheiden, ob die Äquivalentzahl oder die Konzentration des Natriumhydroxydes bei der Titration Bedeutung haben.

Tabelle 17.

Vers. Nr.	H_2O cm³	NaOH cm³	NaOH Aq.	NaOH Konz.	Indik. 10 % Tr.	NH_4SH cm³	H_2S Konz.	Gesamtvol. cm³	K_3FeCy_6 cm³	Reihenfolge	H_2S gefunden in g	H_2S gefunden in %	Fehler in mg	Fehler in %	Bemerkungen
1.	9	1	1	0,050	1	10	0,025	20	9,57	H_2O (gew. dest.) + NaOH + NH_4SH + + Npn. + K_3FeCy_6	0,0163	97,6	−0,4	−2,4	Die Endfarbe milchweiss
2.	28	2	2	„	2	„	0,012	40	9,59	H_2O (gew. dest.) + NaOH + NH_4SH + + Npn. + K_3FeCy_6	0,0164	98,2	−0,3	−1,8	„ „ dunkelgelb
3.	47	3	3	„	3	„	0,008	60	9,64	H_2O (gew. dest.) + NaOH + NH_4SH + + Npn. + K_3FeCy_6	0,0165	98,8	−0,2	−1,8	„ „ grünlichgelb
4.	„	„	„	„	„	„	„	„	9,58 (9,65)	H_2O (gew. dest.) + NaOH + NH_4SH + + Npn. + K_3FeCy_6	0,0164 (0,0165)	98,2 (98,8)	−0,3 (−0,2)	−1,8 (−1,2)	Nach $^1/_2$ Min. + 0,07 cm³
5.	66	4	4	„	4	„	0,006	80	9,63	H_2O (gew. dest.) + NaOH + NH_4SH + + Npn. + K_3FeCy_6	0,0165	98,8	−0,2	−1,2	Schlechter Umschlag (violettblau → gräulichgrün)
6.	„	„	„	„	„	„	„	„	9,63	H_2O (gew. dest.) + NaOH + NH_4SH + + Npn. + K_3FeCy_6	0,0165	98,8	−0,2	−1,2	„ „ „
7.	„	„	„	0,044	„	„	„	90	10,12	H_2O (g. dest.) + NaOH + 9,5 cm³ K_3FeCy_6 + + NH_4SH + Npn. + K_3FeCy_6	0,0173	103,6	+0,6	+3,6	Sehr schöner Umschlag (violettrot → fast weiss)
8.	„	„	„	„	„	„	„	„	10,20	H_2O (g. dest.) + NaOH + 9,5 cm³ K_3FeCy_6 + + NH_4SH + Npn. + K_3FeCy_6	0,0173	103,6	+0,6	+3,6	„ „ „
9.	„	„	„	„	„	„	„	„	10,20	H_2O (ausgekocht) + NaOH + 9,5 cm³ K_3FeCy_6 + NH_4SH + Npn. + K_3FeCy_6	0,0173	103,6	+0,6	+3,6	„ „ „
10.	„	„	„	„	„	„	„	„	9,66	H_2O (ausgek.) + NaOH + 9,5 cm³ K_3FeCy_6 + + NH_4SH + Npn. + K_3FeCy_6	0,0174	104,2	+0,7	+4,2	„ „ „
11.	„	„	„	0,050	„	„	„	80	9,66	H_2O (ausgekocht) + NaOH + NH_4SH + + Npn. + K_3FeCy_6	0,0165	98,8	−0,2	−1,2	Schlecht. Die Endfarbe dunkel

Wie aus der Tabelle ersichtlich, halten Verdünnung und Vermehrung der Natriumhydroxydmenge einander das Gleichgewicht, so dass das Resultat sich nur ganz unbedeutend verändert. Die wichtigste Folgerung aus diesen Versuchen ist, dass bei bestimmter Natriumhydroxydkonzentration das Resultat, unabhängig vom Volumen, ungefähr konstant bleibt. Das richtige Resultat erhält man also bei einer Konzentration von 0,075 bis 0,150 (vgl. S. 32), während die Äquivalentzahl des Natriumhydroxydes keine Bedeutung hat.

Doch wird das Titrieren immer schwieriger und unsicherer, je grösser das Volumen ist. Der Farbenumschlag wird immer schlechter und verschwommener, die Endfarbe immer dunkler. Man kann freilich in grösserem Volumen titrieren, und die Resultate können sogar gut miteinander übereinstimmen (vgl. Vers. 5 u. 6), aber man muss darin besonders geübt sein; dabei ist das Resultat doch nicht so sicher, wie bei kleinerem Volum.

Wenn die Reihenfolge des Zusatzes derart verändert worden ist, dass Nitroprussidnatrium erst kurz vor der Beendigung der Titration hinzugesetzt wird, so ist der Umschlag wieder sehr schön, aber der Mehrverbrauch an Kaliumferricyanid doch sehr bedeutend.

Zuletzt ist noch untersucht worden, ob der im Verdünnungswasser gelöste Sauerstoff irgendeinen Einfluss auf das Resultat ausübt. Wie die Versuche 7—10 zeigen, geht bei Benutzung von gekochtem Wasser etwas mehr Kaliumferricyanid auf: also muss auch hier, wie am Anfange bei der Nachprüfung der Versuche von Iimori, angenommen werden, dass der im Wasser gelöste Sauerstoff an der Oxydation teilnimmt.

S. Iimori (52) nimmt zur Erklärung des Mehrverbrauches an Kaliumferricyanid bei grösseren Mengen des Natriumhydroxydes in der Lösung an, dass etwas Schwefel durch Natriumhydroxyd wieder in die Sulfidform übergeführt wird. In geringem Masse kann das möglich sein, wahrscheinlich aber wirkt auch ein anderer Umstand mit. Auf Grund meiner Versuche (s. besonders Tab. 14, Vers. 10; Tab. 16, Vers. 3—8 u. 14—15) muss wohl angenommen werden, dass etwas Kaliumferricyanid durch Natronlauge zersetzt wird. Diese Zersetzung verläuft parallel mit der Hauptreaktion und ist um so bedeutender, je konzentrierter die Natronlauge ist und je schneller die K_3FeCy_6-Lösung hineingegossen wird (zeitweilige lokale Konzentrationssteigerung).

Tabelle 18.

Vers. Nr.	H_2O cm³	NaOH cm³	NaOH Konz.	Indik. 10% Tr.	NH_4SH cm³	H_2S-Konz.	Na_2SO_3(0,5n) cm³	$Na_2S_2O_3$ (0,1 n) cm³	Polysulfid cm³	Gesamtvol. cm³	Reihenfolge	K_3FeCy_6 cm³	H_2S gefunden in g	H_2S gefunden in %	Fehler in mg	Fehler in %	Bemerkungen
1.	9	1	0,050	1	10	0,025	—	—	—	20	H_2O+NaOH+NH_4SH+ +3,5 cm³K_3FeCy_6+Npn.+ +K_3FeCy_6	9,70	0,0166	99,4	—0,1	—0,6	
2.	7	„	„	„	„	„	2	—	—	„	H_2O+NaOH+Na_2SO_3+NH_4SH+ +9,5cm³K_3FeCy_6+Npn.+ +K_3FeCy_6	9,75	0,0167	100,0	0,0	0,0	Die Endfarbe grün (rosa→grün)
3.	3	„	„	„	„	„	6	—	—	„	„ „ „ „ „	9,70 (9,74)	0,0166 (0,0166)	99,4 (99,4)	—0,1 (—0,1)	—0,6 (—0,6)	Nachrötung. + 1Tr. Npn.+0,04 cm³. Kein Schwefel
4.	—	„	„	„	„	„	9	—	—	„	„ „ „ „ „	9,53 (9,79)	0,0163 (0,0167)	97,6 (100)	—0,4 (0,0)	—2,4 (0,0)	Rosa→hellgrün. Nachrötung. +1Tr.Npn.+0,26 cm³
5.	—	„	„	„	„	„	—	9	—	„	NaOH+$Na_2S_2O_3$+NH_4SH+ +9,5cm³K_3FeCy_6+Npn.+ +K_3FeCy_6	9,69	0,0166	99,4	—0,1	—0,6	Gut. Rosa→grünlichgrau. Scharf
6.	—	„	„	„	„	„	1	8	—	„	NaOH+$Na_2S_2O_3$+Na_2SO_3+ +NH_4SH+9,5 cm³K_3FeCy_6+ +Npn.+K_3FeCy_6	9,69 (9,73)	0,0166 (0,0166)	99,4 (99,4)	—0,1 (—0,1)	—0,6 (—0,6)	Gut. Rosa→hellgrün. Nachrötung Nach 3 Min.+1Tr.Npn. +0,04 cm³ → gräulichgrün
7.	9	„	„	„	—	ca.0,025	—	—	10	„	H_2O+NaOH+Polysulf.+ 8cm³K_3FeCy_6+Npn.+K_3FeCy_6	9,54	0,0163	97,6	—0,4	—2,4	Gut. Rosa→gelblichweiss
8.	—	„	„	„	—	„	1	8	10	„	NaOH+$Na_2S_2O_3$+Na_2SO_3+Polysulf.+8cm³K_3FeCy_6+Npn.+ K_3FeCy_6	9,49 (9,55)	0,0162 (0,0163)	97,0 (97,6)	—0,5 (—0,4)	—3,0 (—2,4)	Rosa → grün. Nachrötung Nach 1 Min.+1Tr.Npn. +0,06 cm³
9.	—	2	0,100	„	10	ca. 0,05	—	—	10	„	NaOH+Polysulf.+NH_4SH+ 18cm³K_3FeCy_6+Npn.+ +K_3FeCy_6	19,20	0,0328	98,2	—0,6	—1,8	Gut. Violettblau→gelb. Beim Stehen keine Veränderung. (9,70 cm³ + 9,54 cm³ = 19,24 cm³)

10. Die Titration des Ammoniumhydrosulfides in Gegenwart von Sulfit, Thiosulfat und Polysulfid.

(Tabelle 18).

Es ist bei gewöhnlicher Temperatur (ca. 16° C) titriert worden. Da der Umschlag bei veränderter Reihenfolge, bei welcher der Indikator erst kurz vor der Beendigung der Titration hinzugefügt wird, recht deutlich ist und man dabei auch gut übereinstimmende Resultate erhält, so ist hier diese Reihenfolge benutzt worden. Bei etwas niedrigerer Konzentration des Natriumhydroxydes erhält man augenscheinlich auch bei dieser Reihenfolge ganz richtige Resultate.

Wie ersichtlich, ist der Einfluss des Sulfites nicht gross. Es ist doch Sulfit in ziemlich grossem Überschusse (1 bis 4,5 Äquiv.) angewendet worden. In Gegenwart von Sulfit entsteht nur die Unannehmlichkeit, dass die Endfarbe nicht weiss bzw. gelb ist, sondern grün. Bei einer grösseren Menge von Sulfit verschwindet die Rosafärbung vorzeitig, beim Stehen beobachtet man dann eine Nachrötung. Wenn man die zur Beseitigung dieser Nachrötung notwendige Menge von Kaliumferricyanid in Rechnung zieht, ist das Resultat befriedigend.

Die Gegenwart von Thiosulfat beeinflusst das Resultat nicht merklich. Ebenso übt die gleichzeitige Anwesenheit von Sulfit und Thiosulfat keinerlei merkbaren Einfluss aus.

Zur Herstellung von Polysulfid wurde in eine Flasche von 50 cm^3 0,0829 g Schwefelblumen geschüttet, die Flasche evakuiert, darauf Wasserstoffgas hineingelassen, wieder ein Vakuum erzeugt, die Flasche hierauf mit der Ammoniumhydrosulfidflasche verbunden und ca. 55 cm^3 NH_4SH-Lösung eintreten gelassen. Es wurde öfters umgeschüttelt und nach 3 Tagen titriert. Der gesamte Schwefel wurde dabei nicht aufgelöst, doch war die Flüssigkeit tiefgelb geworden.

Wenn Polysulfid mittitriert worden wäre, hätte ich einen höheren Wert erhalten. Dass weniger gefunden worden ist, zeigt, dass der Mehrbetrag an S im Polysulfid gegen Sulfid keinen Einfluss hat. Der geringere Wert ist durch die Herstellung und die Weise, wie die Probe genommen wurde (Einsaugen in die Pipette, um den Versuch nicht kompliziert zu machen), erklärbar.

Aus den angestellten Versuchen folgt, dass mittels der Kaliumferricyanidtitration die Sulfidmenge bei gleichzeitiger An-

wesenheit von Thiosulfat, Polysulfid und nicht zu grossen Sulfitmengen ganz sicher bestimmbar ist, natürlich bei Beachtung der oben festgestellten Bedingungen. Man braucht dabei nicht durchaus bei niedriger Temperatur zu titrieren, wie es S. Iimori gemacht hat, da man augenscheinlich auch bei gewöhnlicher Temperatur befriedigende Resultate erzielt.

11. Zusammenstellung der Bedingungen zur Ermittelung eines richtigen Resultates. Beurteilung der Methode.

Es seien hier die notwendigen Bedingungen zur Erzielung eines richtigen Resultates zusammengefasst.

Die Reihenfolge des Zusatzes der Lösungen soll NaOH+ $+NH_4SH+$ Nitroprussidnatrium $+K_3FeCy_6$ sein. Diese Reihenfolge darf ohne weiteres nicht geändert werden. Die Titrationsdauer muss möglichst kurz sein, 2—4 Minuten. Die Alkalinität der Lösung muss vorher ermittelt und so geregelt werden, dass die Konzentration des freien Natrium- bzw. Kaliumhydroxydes in den Grenzen von 0,075 bis 0,150 Mole pro Liter bleibt (die Konzentration des H_2S sei dabei unter 0,05). Das Volumen darf variieren, doch ist die Titration in kleinerem Volumen (10 bis 20 cm^3) glatter und schärfer. Die Indikatormenge sei möglichst gering, 1 Tropfen einer 10%-gen Natriumnitroprussidlösung genügt vollkommen. Die Beleuchtung spielt keine Rolle: man erhält dasselbe Resultat, ob man bei Tageslicht oder elektrischem Lichte titriert.

Bei Beachtung der angegebenen Bedingungen ist eine solche Titration nicht unsicherer, als die jodometrische oder alle anderen Titrationen, bei denen ja auch gewisse Bedingungen zu beachten sind. In der Anwendbarkeit zur Bestimmung des Sulfidions übertrifft diese Methode die jodometrische, da hier die Anwesenheit von Thiosulfat, Polysulfat und kleineren Mengen Sulfit nicht stört.

Besonders geeignet ist diese Methode zur Verfolgung der Veränderung einer Sulfidmenge bei bestimmten Reaktionen, wie z. B. bei der Oxydation an der Luft, wo Produkte entstehen, die auf Kaliumferricyanid und Nitroprussidnatrium nicht einwirken.

12. Zusammenfassung der Resultate der vorliegenden Arbeit.

1. Es ist gezeigt worden, dass, im Gegensatz zu der Meinung von S. Iimori, der im Verdünnungswasser gelöste Sauerstoff an der Oxydation der Sulfide teilnimmt und merklich die verbrauchte Kaliumferricyanidmenge vermindert.

2. Es ist ein Verfahren ausgearbeitet worden zur Herstellung und Aufbewahrung einer reinen Ammoniumhydrosulfidlösung.

3. Es ist die jodometrische Bestimmung des Ammoniumhydrosulfides näher untersucht worden.

4. Es sind genauere Vorschriften zur gewichtsanalytischen Bestimmung des Ammoniumhydrosulfidschwefels als $BaSO_4$ ausgearbeitet worden.

5. Es ist die Anwendbarkeit der Kaliumferricyanidlösung zur Titration des Ammoniumhydrosulfides näher untersucht und eine Titrationsanweisung gegeben worden.

6. Es ist eine durch Versuche gestützte neue Annahme gemacht worden zur Erklärung des Mehrverbrauches an Kaliumferricyanid bei der Vergrösserung der Alkalikonzentration in der Lösung (vgl. S. 36).

7. Es ist gezeigt worden, dass Sulfit, Thiosulfat und Polysulfid das Resultat auch bei gewöhnlicher Temperatur nicht beeinflussen.

Zum Schluss möchte ich Herrn Prof. G. Landesen für die Anregung zur vorliegenden Arbeit sowie für seine Hinweise und Ratschläge meinen herzlichsten Dank aussprechen.

Literaturverzeichnis.

1. Satoyasu Iimori, Japan. Journ. of Chem. 1 (1922) 43—54.
2. W. P. Bloxam, Journ. of the Chem. Soc. 67 (1895) 283.
3. E. Schobig, J. f. prakt. Ch. [N. F.] 14 (1876) 289; Z. f. anal. Ch. 17 (1878) 348.
4. Boudault, J. f. pr. Ch. [1] 36 (1845) 24.
5. Wallace, J. of the Chem. Soc. 7 (1855) 77.
6. Luckow, Chem. Zeit. 15 (1891) 1492.
7. Schönbein, Ann. der Phys. u. Ch. 67 (1846) 89.
8. Matuschek, Chem. Zeit. 25 (1901) 411, 522, 601, 742.
9. Monthiers, J. f. pr. Ch. [1] 41 (1847) 118.
10. Playfair, J. of the Ch. Soc. 9 (1857) 129.
11. Bloxam, Chem. News 48 (1883) 73.
12. Kassner, Chem. Zeit. 13 (1889) 1407.
13. Prud'homme, Bull. de la Soc. Chim. de France 29 (1903) 1010.
14. Kassner, Arch. d. Pharm. 234 (1896) 330.
15. Iimori, Japan. J. of Chem. 1 (1922) 44.
16. Lenssen, J. f. pr. Ch. 80 (1860) 408.
17. Williamson, Liebig's Annalen 57 (1846) 237.
18. Venditori, Atti della Reale Accademia dei Lincei (Rendiconti) [5] 15 (1906), I, 370.
19. Matuschek, Chem. Zeit. 25 (1901) 587.
20. E. de Haën, Lieb. Ann. 90 (1854) 160.
21. Beckurts, Massanalyse (1913) 555.
22. Gintl, Wien. akad. Ber. 1867, II, 841.
23. Kassner, Arch. d. Pharm. 228 (1890) 182.
24. E. Müller u. O. Diefenthäler, Z. f. anorg. Ch. 67 (1910) 418.
25. E. Lenssen, Lieb. Ann. 91 (1854) 240.
26. C. Mohr, Lieb. Ann. 105 (1858) 60.
27. Topf, Z. f. anal. Ch. 26 (1887) 137, 277.
28. Foerster u. Gyr, Z. f. Elektroch. 9 (1903) 1.
29. W. Mecklenburg, Z. f. anorg. Ch. 67 (1910) 322.
30. E. Müller u. O. Diefenthäler, Z. f. anorg. Ch. 67 (1910) 432.
31. Treadwell, Lehrb. d. analyt. Ch. II (1921) 550.
32. Playfair, Lieb. Ann. 74 (1850) 317—340.
33. Overbeck, Ann. der Phys. u. Ch. 87 (1852) 110.
34. Städeler, Lieb. Ann. 151 (1869) 17.
35. Weith, Lieb. Ann. 147 (1868) 315.

36. Pavel, Ber. d. Deutsch. Chem. Ges. 15 (1882) 2614.
37. K. A. Hofmann, Z. f. anorg. Ch. 10 (1895) 264.
38. Roussin, Lieb. Ann. 107 (1858) 124.
39. Playfair, Lieb. Ann. 74 (1850) 318.
40. Oppenheim, J. f. pr. Ch. [1] 81 (1860) 305.
41. Hadow, J. of the Chem. Soc. 19 (1866) 344.
42. Béchamp, Compt. rend. 62 (1866) 1087 u. 1089; Z. f. anal. Ch. 5 (1866) 442; Ann. de Ch. Phys. (IV) 16 (1869) 202; Z. f. anal. Ch. 9 (1870) 77.
43. Bong, Bull. de la Soc. Ch. de Paris [2] 24 (1875) 268.
44-a. K. A. Hofmann, Z. f. anorg. Ch. 12 (1896) 162; Lieb. Ann. 312 (1900) 28.
44-b. K. A. Hofmann, Z. f. anorg. Ch. 12 (1896) 165.
44-c. K. A. Hofmann, Lieb. Ann. 312 (1900) 31.
45. J. Fages Virgili, Z. f. anal. Ch. 45 (1906) 409—439.
46. Reichard, Z. f. anal. Ch. 43 (1904) 222—230.
47. Iimori, Japan. J. of Chem. 1 (1922) 50.
48. Browning u. Howe, Z. f. anorg. Ch. 18 (1898) 371.
49. Kolthoff u. Vogelenzang, Z. f. anal. Ch. 58 (1919) 49—69.
50. K. K. Järvinen, Z. f. anal. Ch. 63 (1923) 378.
51. K. A. Hofmann, Lieb. Ann. 312 (1900) 1.
52. Iimori, Japan. J. of Chem. 1 (1922) 52.
53. I. M. Kolthoff, Z. f. anal. Ch. 60 (1921) 454.
54. R. Lang, Z. f. anorg. Ch. 138 (1924) 271.

Literatur

über Nachweis und Bestimmung der Sulfide, Hydro- und Polysulfide, sowie Sulfite, Thiosulfate und Sulfate nebeneinander.

№	Autor.	Literaturstelle.	Inhalt der Arbeit (kurz angedeutet).
		Qualitative Methoden.	
1	C. Boedeker.	Lieb. Ann. 117 (1861) 193.	SO_3'' in Ggw. von S_2O_6'' u. S_2O_3''. $ZnSO_4$ + Nitroprussidnatrium + $SO_3'' \rightarrow$ → rote Färbung. Verstärkung durch K_4FeCy_6.
2	B. Reinitzer.	C. [3. F.] 12, 465; Z. anal. Ch. 22 (1883) 254.	Eine Berichtigung zu (1).
3	A. Villiers.	Bull. de la Soc. Chim. de Paris 47, 546; Z. anal. Ch. 27 (1888) 393.	SO_3'' in Ggw. von S_2O_3'' u. SO_4'' (auch Tionsäuren). K_2SO_3 (alk. R.) + $BaCl_2$ = = $BaSO_3$ + 2 KCl (neutr. R.). 2 $KHSO_3$ (neutr. R.) + $BaCl_2$ = 2 KCl + + $BaSO_3$ + H_2O + SO_2 (saure R.). Neutr. mit HCl + $BaCl_2$ + Dest. → SO_2! oder + Filtr. + J → $BaSO_4$.
4	R. Greig Smith.	Chem. News 72, 39; Z. anal. Ch. 39 (1900) 461.	Die Lsg. wird behandelt mit $BaCl_2$, HCl, J u. Br — (S'', SO_4'', SO_3'', S_2O_3'')! Sulfid wird durch CO_2 entfernt.
5	W. P. Bloxam.	Chem. News 72, 63; Z. anal. Ch. 39 (1900) 461.	Einige Bemerkungen zu (4). Anstatt CO_2 wird ein Gemisch von $ZnCl_2$ + $CdCl_2$ + + NH_4Cl + NH_3 empfohlen.
6	P. E. Browning u. E. Howe.	Z. anorg. Ch. 18 (1898) 371—7; Z. anal. Ch. 39 (1900) 463.	Verbesserungen zu (4).
7	C. Arnold u. C. Mentzel.	Z. f. Unters. d. Nahr.- u. Genussmittel 6 (1903) 550.	S_2O_3'' neben SO_3'' in Lebensmitteln. S_2O_3'' wird mit Na-Amalg. zu H_2S reduz. u. mit Nitroprussid-Na nachgewiesen.
8	A. Gutmann.	Z. anal. Ch. 46 (1907) 490.	$S'' + SO_3'' + SO_4'' + S_2O_3''$. Alkal. Lsg. + $CdCO_3$-Brei — S''! Filtrat + KCN-Lsg. + Neutralisieren (fast) + $BaCl_2$ ↓ SO_3'' u. SO_4''. Filtr. + HCl + $FeCl_3$ → rote F. — S_2O_3''! SO_3'' getrennt mit Nitropr.-Na.
9	E. Votoček.	Ber. 40 (1907) 414—18; C. 1907, 1843.	SO_3'' neben S_2O_3'' u. Thionaten. (Auch norm. Sulfite neben SO_2 u. Bisulfiten; norm. Sulfide neben Sulfhydraten). Norm. Sulfite, Monosulfide u. Polysulfide entfärben verd. Lsgg. von Farbstoffen der Triphenylmethanreihe (Fuchsin u. a.).

№	Autor.	Literaturstelle.	Inhalt der Arbeit (kurz angedeutet).
10	Fr. E. Weston u. C. W. Jeffreys.	C. 1908, I, 1210; Chem. News 97 (1908) 85.	SO_3'' neben SO_4'' u. S_2O_3''. $PbSO_4$, $PbSO_3$ u. PbS_2O_3 sind in H_2O unlösl. $PbSO_4$ u. PbS_2O_3 sind in $Na_2S_2O_3$ löslich, $PbSO_3$ unlöslich.
11	Fr. E. Weston.	C. 1910, I, 379; Chem. News 100 (1909) 176.	SO_3'' neben SO_4'' u. S_2O_3''. Na_2SO_3 (neutr. od. alk.) + H_2O + J_2 = = Na_2SO_4 + 2 HJ (sauer). Wenn ungenügend J : Na_2SO_3 + 2 HJ = = 2 NaJ + H_2O + SO_2. ↑ Geruch od. Grünfärbung des $K_2Cr_2O_7$ — SO_3''!
12	W. Alexandrow.	Z. anal. Ch. 48 (1909) 31—2.	SO_4'' + SO_3'' + S_2O_3''. Verschiedene Löslichkeit der Ba-Salze u. das Verhalten der Ag-Salze.
13	J. Bodnár.	Chem. Zeit. 38 (1914) 146; Z. anal. Ch. 58 (1919) 140.	S_2O_3''-Spuren im SO_3''. Verhalten der Ag-Salze.
14	Hahn u. Windisch.	Ber. 55 (1922) 3163; Z. anal. Ch. 63 (1923) 411.	SO_3''-Spuren neben S_2O_3''. Es verbr. eine SO_3'' enthaltende S_2O_3''-Lsg. bei Jodatzusatz weniger Jod als jodatfrei.
15	Karaoglanow.	Z. anal. Ch. 62 (1923) 218—9.	SO_3'' + S_2O_3'' + S''. Lsg. + $ZnCl_2$ + Filtrieren + CH_3COOH → → H_2S → PbS — S''! Lsg. + Verdünnen + 2 nCH_3COOH + H_2 → → SO_2 — SO_3''! Lsg. + H_2SO_4 → S — S_2O_3''!
16	W. Autenrieth u. A. Windaus.	Z. anal. Ch. 37 (1898) 290—300.	S'' + SO_3'' + S_2O_3'' + SO_4''. Lsg. + $ZnSO_4$ → ZnS — S''! Filtrat + $Sr(NO_3)_2$ → Nd. ($SrSO_3$ + $SrSO_4$), in Lsg. SrS_2O_3 + Filtrieren. Filtrat + HCl → S — S_2O_3''! Nd. + HCl → SO_2 — SO_3''! (Kontr. mit Jod). Es bleibt ein Rückstand — $SrSO_4$ — SO_4''! (Kontr. nach Zersetzung der ursprüngl. Substanz mit HCl).

Quantitative Methoden.

1	J. Grossmann.	Z. anal. Ch. 18 (1879) 79.	SO_3'' + S_2O_3'' (+ S'' + SO_4''). 1) Titration mit Jod, 2) Oxydation mit Cl_2 od. Br_2. S'' wird mit $CdCO_3$ entfernt. Zur SO_4''-Best. werden alle and. mit HCl in CO_2-Atm. zersetzt.
2	K. Jurisch.	Dingl. p. J. 237 (1880) 309, 312; Z. anal. Ch. 20 (1881) 583.	Methoden zur Analyse des Mond'schen sowie des Weldon-Schlammes.
3	Lunge u. Smith.	J. Soc. Chem. Ind. 1883, 301.	SO_3'' + S_2O_3''. 1) Titr. mit Jod : SO_3'' → SO_4''; S_2O_3'' → S_4O_6''. 2) Titr. mit $KMnO_4$: beide zu SO_4''.

№	Autor.	Literaturstelle.	Inhalt der Arbeit (kurz angedeutet).
4	A. Classen u. O. Bauer.	Ber. 16 (1883) 1061; Z. anal. Ch. 23 (1884) 220.	$SO_3'' + S_2O_3'' + SO_4''$. 1) Dest. mit HCl → SO_2 ($SO_3'' + S_2O_3''$); $H_2O_2 + SO_2 \rightarrow SO_4$; + $BaCl_2$ → $BaSO_4$. 2) Filtr. — S — S_2O_3''! 3) Filtr. + $BaCl_2$ — — SO_4''!
5	W. Kalmann u. J. Spüller.	Z. anal. Ch. 29 (1890) 629.	Analyse von Soda-Rohlaugen und Mutterlaugen (Na_2CO_3, Na_2S, NaOH, Na_2SO_3, $Na_2S_2O_3$). Kombinierte alkali- u. jodometrische M. 5 Titrierungen.
6	Richardson u. Aykroyd.	J. Soc. Chem. Ind. 15 (1896) 171; C. 1896, I, 1080.	$S'' + SO_3'' + S_2O_3'' + SO_4''$. SO_4'': in zitronensaurer Lsg. + $BaCl_2$ in d. Kälte. S'': Titr. mit ammon. Zn-Lsg. nach Schwarz. SO_3'' u. S_2O_3'': Titr. mit Jod im Filtr. von S'' u. acidim. Best. der entst. Säure.
7	W. Autenrieth u. A. Windaus.	Z. anal. Ch. 37 (1898) 290—300.	$S'' + SO_3'' + S_2O_3'' + SO_4''$. S'': → CdS → SO_4'' → $BaSO_4$. SO_3'' u. S_2O_3'': 1) Gesamtjodverbrauch; 2) Jodverbrauch nach dem Fällen des SO_3'' als $SrSO_3$. Korrektur. SO_4'': → $BaSO_4$, nach dem Verjagen von SO_2 u. H_2S in CO_2-Atm. durch Kochen mit HCl.
8	W. Feld.	Chem. Ind. 21, 372—80: C. 1898, II, 868.	a) S'' in wasserlösl. Sulfiden: Zers. mit CO_2; „ „ „ unlösl. „ „ „ „ in Ggw. von $MgCl_2$. b) SO_3'': Zers. mit HCl, Dest., SO_2 jodometrisch. c) S_2O_3'': Oxyd. mit J, Redukt. mit (Al + HCl) zu H_2S; H_2S jodometrisch. d) $S_2O_3'' + SO_3''$: 1) Titr. mit J; 2) Redukt. des entst. S_4O_6'' mit Al + HCl zu H_2S; H_2S jodom. e) SO_3'' neben S_2O_3'': 1) S_2O_3'' zu (HgS + + SO_4'') mit $HgCl_2$; 2) + HCl + Sieden → → SO_2 — jodom. — SO_3''! f) $S'' + SO_3'' + S_2O_3''$: 1) S'' nach a. 2) Rückstand im Kolben + $HgCl_2$ + Dest. mit HCl — SO_3''! 3) Eine frische Portion + J + Dest. mit (Al + HCl) im CO_2-Strome → H_2S jodom. — S_2O_3''! g) Alkali- u. Erdalk. -S'' + -Polys. + + -SO_3'' + -S_2O_3'' + freier S + Metallsulfid: 1) Freier S: Extr. mit CS_2 + + Verdampf. 2) S'': Rückstand von (1) + $MgCl_2$ + Dest. mit CO_2 nach a. 3) Polys. S: scheidet sich bei (2) aus + + Extr. mit CS_2 nach (1). 4) FeS: Rückst. von (3) + Oxyd. mit J + Extr. mit CS_2. 5) S_2O_3'': nach c. 6) SO_3'' (kann nur anwesend sein, wenn kein fr. S u. Polys. vorhanden sind): nach e.

№	Autor.	Literaturstelle.	Inhalt der Arbeit (kurz angedeutet).
9	G. Lunge u. D. Segaller.	J. Soc. Chem. Ind. 19 (1900) 221—3; C. 1900, I, 1037.	$SO_3''+S_2O_3''$. Verteidigung von (3) gegen Angriffe von (6).
10	A. Gautier.	Compt. rend. 132 (1901) 518—23; C. 1901, I, 853.	$S''+SH'+Sn+S_2O_3''$. Dest. im CO_2-Strome 1) bei 60°, 2) im Vakuum bei 25—30°. H_2S gewogen als Ag_2S.
11	Dupré jun. u. W. Korn.	Z. ang. Ch. 15, 225; Z. anal. Ch. 44 (1905) 557.	$S''+SO_3''+S_2O_3''$. 1) Gesamtjodverbrauch. 2) S″ als CdS gefällt; Filtrat in 2 Hälften geteilt: I) $S_2O_3''+SO_3''$ jodometrisch; II) SO_3'' durch Kochen mit ($CH_3COOH+3CH_3COONa$)$+KClO_3$ zersetzt und S_2O_3'' jodometrisch.
12	G. Hübener.	Chem. Zeit. 1906, 58—60.	$S''+SO_3''+S_2O_3''+SO_4''$. Lsg.$+CdCO_3 \rightarrow CdS+Br \rightarrow SO_4'' \rightarrow BaSO_4$ — —S″! Filtrat in 3 Teile geteilt: I) Gesamtjodverbrauch. II) Dest. mit verd. H_2SO_4 im CO_2-Strome; Titr. mit J. Aus I u. II ber. SO_3'' u. S_2O_3''! III) Oxyd. mit übersch. $J+BaCl_2 \rightarrow BaSO_4$; —($SO_3''$)—$SO_4''$!
13	E. Rupp.	Chem. Zeit. 1906, 924—4.	$S''+SO_3''+S_2O_3''+S_4O_6''$. Titrationen mit Jod in neutr. und alkal. Lsgg.
14	A. Gutmann.	Z. anal. Ch. 46 (1907) 491; C. 1907, II, 1267.	$S''+SO_3''+S_2O_3''+SO_4''$. Lsg.$+CdCO_3 \rightarrow CdS \rightarrow BaSO_4$—S″! Filtrat in 3 Teile geteilt: I) $+Br \rightarrow BaSO_4$— Gesamtschwefel! II) Dest. mit H_3PO_4 im CO_2-Strom $\rightarrow$ $\rightarrow SO_2$; Titr. mit J: $SO_3''+{}^1/_2S_2O_3''$! III) + Kochen mit $KCN(S_2O_3'' \rightarrow CNS')$; Titr. mit $AgNO_3$—S_2O_3''!
15	F. Dhuique-Mayer.	Rev. gén. de Ch. pure et appl. 11 (1908) 273; C. 1908, II, 1124.	$S''+SH'+Sn+S_2O_3''$. Kombinierte jodometrische, alkali- u. acidimetrische Methode.
16	W. Feld.	Z. angew. Ch. 24 (1911) 290—4.	$S_2O_3''+SO_2+$Polythionate. 1) Titr. mit J und NaOH in Ggw. von NH_4Cl. 2) Titr. mit NaOH nach Zers. der Lsg. mit $HgCl_2$.
17	„	Z. angew. Ch. 26 (1913) 286—8; C. 1913, II, 382.	$SO_2+S_2O_3''+S_4O_6''$. 1) $SO_2+S_2O_3''$ jodom.; $+NH_4Cl$+Titr. mit NaOH. 2) Lsg.$+MnS$; in Nd. SO_3''. Filtr.$+HgCl_2$+ +acidimetr. Titr.

№	Autor.	Literaturstelle.	Inhalt der Arbeit (kurz angedeutet).
18	E. Bosshard u. W. Grob.	Chem. Zeit. 37 (1913) 465; Z. anal. Ch. 53 (1914) 124.	$SO_3''+HSO_3'+S_2O_3''$. 1) Alkalim.- u. acidim. Titrr. mit Methylor. und Phenolpht. $-SO_3''$! HSO_3'! 2) $+ HgCl_2+NaCl+NH_4Cl+$ acidim. Titr. mit M.-or. $- S_2O_3''$!
19	A. Besson.	Chem. Zeit. 37 (1913) 926—6.	$SO_3''+HSO_3'+S_2O_3''$. 1) Wie bei (18). 2) Lsg.+Kochen mit $\frac{n}{10}$ NaOH und H_2O_2; alkalim. Titr. des NaOH-Überschusses.
20	J. Bodnár.	Z. anal. Ch. 53 (1914) 37—41.	S_2O_3'' neben SO_3''. Lsg.+$AgNO_3$; $Ag_2S_2O_3 + H_2O = H_2SO_4 +$ $+ Ag_2S$. Acidim. Ag_2SO_3 zersetzt sich nicht bei gew. Temp.
21	W. Iwanow.	J. russ. phys.-chem. Ges. 46 (1914) 419.	$S_2O_3''+SO_3''$. Kritik zu (20). Eigenes Verf.: 1) $S_2O_3''+SO_3''$ jodom. 2) Lsg.+KJO_3+KJ+Stehen($SO_3''\rightarrow SO_4''$)+ + Titr. mit $J-S_2O_3''$!
22	A. Sander.	Z. angew. Ch. 28 (1915) 9—12; C. 1915, I, 345.	Auf das Verhalten von $HgCl_2$ zu S-Verbb. sind gegründet die Bestimmungen von 1) freier H_2SO_3 neben H_2SO_4 u. and. Säuren; 2) Polythionat neben Thiosulfat u. fr. SO_2.
23	„	Chem. Zeit. 39 (1915) 945—7; C. 1916, I, 267; Z. anal. Ch. 55 (1916) 340.	Verwertung der $HgCl_2$-Reaktionen: 1) $S'' + S_2O_3''$: a) Gesamtjodverbrauch; b) Lsg.+$HgCl_2$+ acidim. Titr. $-S_2O_3''$! 2) $S_2O_3''+SO_3''$: ebenso. 3) $HSO_3'+SO_3''$: ebenso. 4) $S_2O_3'' + SO_3''+S''$: a) Gesamtjodverbrauch; b) in derselben Lsg. acidim. Titr. $-SO_3''$! c) Lsg.+$HgCl_2$+ acidim. Titr. $-S_2O_3''$! Aus der Differenz S''!
24	„	Z. angew. Ch. 29 (1916) 11—12.	Näheres über die Rkk. von $HgCl_2$ mit S-Verbb.
25	J. A. Muller.	Bull. Soc. Chim. de France [4] 19 (1916) 8—9; C. 1916, I, 598.	$S''+S_2O_3''+S_2O_6''+SO_4''$. 1) Gesamtjodverbrauch. 2) Jodverbrauch nach dem Schütteln unter Einw. eines Vakuums in essigs. Lsg. ($H_2S\uparrow$)$-S_2O_3''$! Aus d. Differenz S''! 3) SO_4''-Best. in verd. essigs. Lsg. in CO_2-Atm. als $BaSO_4$. 4) Lsg. + Vertreiben des H_2S wie bei (2) + Schmelzen des Rückst. mit KOH u. KNO_3 im Ag-Tiegel (S_2O_6'' u. $S_2O_3''\rightarrow SO_4''$); aus der Differenz S_2O_6''!
26	J. Bodnár.	Chem. Zeit. 39 (1915) 715; Z. anal. Ch. 55 (1916) 208—10.	Analyse der Schwefelkalkbrühe. ($S''+S_n+S_2O_3''+SO_3''+SO_4''$). Die M. beruht auf den Rkk. des $AgNO_3$ mit den Polysulfiden und dem Thiosulfat. 2 Filtrationen, eine Wägung im Gooch-Tiegel, 1 acidim., 1 alkalim., 1 Titr. mit $AgNO_3$ nach Mohr.

№	Autor.	Literaturstelle.	Inhalt der Arbeit (kurz angedeutet).
			1) Titr. mit Jod — SO_3'' + S_2O_3''! 2) Lsg. + $BaCl_2$ — SO_4''! 3) Lsg. + $SrNO_3$ → SO_4'' + SO_3'' ↓ + + Stehen + Filtr. Filtrat → Titr. mit Jod — S_2O_3''! Aus der Differenz — SO_3''!
40	K. Pauli.	Z. anal. Ch. 68 (1926) 286—98.	HS' + S'' + S_2O_3'' + SO_3'' + CO_3'' + + HCO_3' + OH'. Kritik zu (29). Eigenes Verf.: Ein Teil der Lsg. wird mit $Ba(OH)_2$ carbonatfrei gemacht und darauf „vor" und „nach" der Ba-Fällung streng parallel 1) der Jod-Verbrauch, 2) die J-Acidität (jodom.), 3) die Hg-Acidität (M.-or.), 4) die Alkalität (M.-or.) ermittelt.

Anorganisch-analytisches Laboratorium
der Universität Tartu (Dorpat).
November, 1926.

ÜBER DIE RHYTHMISCHEN NIEDERSCHLÄGE VON PbJ_2, Ag_2CrO_4 UND AgCl IM KAPILLAREN RAUME

VON

N. KING

TARTU 1927

K. Mattiesen, Tartu (Dorpat).

Von Notboom[1]) und Brodersen[2]) stammen die ersten Versuche und Beobachtungen über rhythmische Niederschlagsbildung im kapillaren Raume zwischen zwei Glasplättchen (mikroskopisches Objekt- und Deckgläschen). Notboom untersuchte den Niederschlag von PbJ_2, Brodersen denjenigen von AgCl.

Die folgende Arbeit enthält einige Untersuchungen über die rhythmische Fällung von PbJ_2, Ag_2CrO_4 und AgCl.

Die zu fällende Lösung befand sich im kapillaren Raume zwischen Objekt- und Deckgläschen (wobei das Deckgläschen mit Vaselin umrandet wurde), das fällende Reagens diffundierte durch eine kleine Öffnung im Deckgläschen.

Die Dicke der kapillaren Schicht wurde ermittelt 1) mit Hilfe der Mikrometerschraube des Mikroskops und 2) aus dem Volum der im kapillaren Raume befindlichen Lösung. Das Volum des Tropfens, der gerade in den kapillaren Raum passte, wurde mit Hilfe einer Mikrobürette ermittelt. Das erhaltene Volum wurde durch die Grundfläche des Raumes (Deckgläschenfläche) dividiert. Aus beiden Messungen ergab sich die mittlere Dicke des kapillaren Raumes zu etwa 6 μ.

Beobachtet wurde mit Vergrösserungen von 30 bis 300, hauptsächlich im Dunkelfeld. Als Dunkelfeldkondensoren wurden angewandt: Planktonkondensor von Zeiss bei kleinen Vergrösserungen und grossem Sehfelde und Spiegelkondensor von Leitz bei grösseren Vergrösserungen.

Es wurden regelmässig verändert 1) die Konzentration der im kapillaren Raume befindlichen Lösung und 2) die Anordnung des Hineindiffundierens.

1. PbJ_2.

Bei der ersten Versuchsreihe wurde die Diffusionsanordnung $Pb(NO_3)_2 \rightarrow KJ$ untersucht, wobei die Konzentration von $Pb(NO_3)_2$

1) Kolloid-Zeitschr. 32, 247—252 (1923).
2) Kolloid-Zeitschr. 35, 21—23 (1924).

1 m war, hingegen die Konzentration der sich im kapillaren Raume befindenden KJ-Lösung zwischen 1 m und 0,002 m variierte.

Bei stärkeren Konzentrationen von KJ — 1 m, 0,5 m und 0,25 m — beobachtet man in der Nähe des Diffusionszentrums ein Fällungsfeld mit stetigem Niederschlage, das mit sinkender Konzentration von KJ immer schmäler wird (KJ 0,125 m), um bei der Konzentration 0,063 m ganz zu verschwinden. Diese Niederschlagszone geht allmählich in eine solche der rhythmischen Fällung über, die besonders gut bei den Konzentrationen 0,25 m, 0,125 m und 0,063 m hervortritt (Fig. 1). Bei den Konzentrationen 0,032 m, 0,016 m, 0,008 m, 0,004 m und 0,002 m beobachtet man nur teilweise gut ausgebildete rhythmische Fällung. Zuletzt wird der Niederschlag ganz schwach.

Je näher zur Peripherie des Fällungsfeldes, desto breiter werden die Zwischenräume zwischen den einzelnen Streifen, und desto grösser die Kristalle, aus denen die Niederschlagsstreifen bestehen, bis endlich das rhythmische Fällungsfeld verschwindet und sich nur noch vereinzelte grosse Kristalle bilden.

Bei der Unterbrechung des Eindiffundierens bildet sich auf der Fällungsfront eine braune Membran.

Nach einiger Zeit (etwa 10 Minuten) fängt das Fällungsfeld an, sich beim Diffusionszentrum aufzulösen. Das Auflösungsfeld reicht aber nicht bis zur Peripherie.

Das Fällungsfeld besteht aus den sechsseitigen Kristallen von PbJ_2, die mehr oder weniger deformiert sind. Der Durchmesser der Kristalle erreicht in der Nähe des Diffusionszentrums etwa 7 μ, in der Nähe der Peripherie etwa 500 μ. Bisweilen treten auch dendritische Zusammenwachsungen auf.

Oft beobachtet man „Spuren" — leere Räume hinter den grösseren Kristallen. Manchmal weisen aber solche „Spuren" guten Rhythmus auf. Allerdings ist dieser rhythmische Niederschlag weniger dicht als im übrigen Felde (Fig. 2).

Was die Lokalisierung des Niederschlages anbetrifft, so scheint er an beiden Flächen des kapillaren Raumes zu haften. Dazwischen scheint sich aber ein niederschlagsleerer Raum zu befinden. Man beobachtet nämlich oft eine Wanderung der Kristalle mit dem Diffusionsstrome zwischen den Streifen des rhythmischen Niederschlages. Man kann auch vorsichtig das Deckgläschen vom Objektglase entfernen und dann die gut erhaltene Struktur

des Niederschlages beobachten, die sogar dem Wasserstrahl der Spritzflasche widersteht.

Interessant ist die Struktur einiger „Spuren". Auf einem Glase (Objektglase) sind grosse Kristalle mit leeren Räumen hinter ihnen erhalten geblieben, die entsprechende Stelle auf dem anderen Glase (Deckglase) aber ist mit einem rhythmischen Niederschlage bedeckt.

Was die Bildung eines einzelnen Niederschlagsstreifens anbelangt, so entsteht er aus einzelnen Teilen, die in tangentialer Richtung wachsend zu einem zusammenhängenden Streifen verschmelzen. Manchmal bilden sich „Verschiebungen" — der Streifen ist unterbrochen, ganze Teile des Fällungsfeldes scheinen gegeneinander verschoben zu sein (Fig. 1).

Bei der Beobachtung im Dunkelfeld bemerkt man vor der Bildung des neuen Streifens ein Aufhellen des Feldes.

Die radiale Verbreitung des Streifens ist folgende: es entsteht plötzlich ein scharfer, intensiver Rand des Streifens, der in peripherer Richtung sich verbreitend mehr und mehr an Intensität — Dichte des Niederschlages — verliert. Die Kristalle, aus denen der Streifen besteht, wachsen bis zu einem gewissen Grade. Dann hört ihr Wachstum auf.

Bei den grösseren Konzentrationen von KJ (1 m, 0,5 m) sind die Zwischenräume der Streifen ziemlich schmal, etwa von der Hälfte der Streifenbreite.

Je kleiner die Konzentration von KJ wird, desto breiter werden die Zwischenräume, desto schärfer die Ränder der Streifen.

Nun wurde die Diffusionsanordnung umgekehrt: im kapillaren Raume befand sich $Pb(NO_3)_2$, dessen Konzentration zwischen 1 m und 0,001 m variierte, die hineindiffundierende Lösung war 1 m KJ.

In diesem Falle ist das rhythmische Fällungsfeld schwach — nur teilweise wahrnehmbar. Wie im vorigen Falle, so entsteht auch hier ein Lösungsfeld. Am Rande des Lösungsfeldes entstehen aber nach einiger Zeit Bündel von langen durchsichtigen Nadeln, wahrscheinlich das komplexe Salz $KPbJ_3 . 2H_2O$ (Fig. 3). Die Bildung der Bündel verbreitet sich nach einiger Zeit über das ganze Fällungsfeld. Dann beobachtet man aber einen Rückgang der Reaktion, die Nadeln verwandeln sich zurück in kleine PbJ_2-Sechsecke. Die Reaktion schreitet in der Richtung zum

Zentrum fort, und nach einigen Stunden sind die Nadeln in PbJ_2-Sechsecke verwandelt (Fig. 4). Die Bildung der Nadelbündel war bemerkbar bei $Pb(NO_3)_2$-Konzentrationen von 1 m bis 0,032 m, der Rückgang der Reaktion nur bei Konzentrationen von 1 m und 0,5 m.

2. Ag_2CrO_4.

Besonders interessant versprachen Beobachtungen über den Silberchromat-Niederschlag zu werden, welcher schon bei zahlreichen qualitativen und quantitativen Untersuchungen über die rhythmischen Fällungen benutzt worden ist.

Es wurden folgende Diffusionsanordnungen untersucht:

1. $AgNO_3 \rightarrow K_2CrO_4$
2. $K_2CrO_4 \rightarrow AgNO_3$
3. $AgNO_3 \rightarrow K_2Cr_2O_7$
4. $K_2Cr_2O_7 \rightarrow AgNO_3$

Bei der Diffusionsanordnung $AgNO_3 \rightarrow K_2CrO_4$ wurde 2 m $AgNO_3$ angewandt. Die im kapillaren Raume befindliche K_2CrO_4-Lösungskonzentration variierte zwischen 1 m und 0,008 m.

Bei den K_2CrO_4-Konzentrationen 1 m, 0,5 m und 0,25 m wurde die Bildung eines rhythmischen Niederschlagsfeldes beobachtet, das ganz verschieden vom rhythmischen Felde beim PbJ_2-Niederschlage aussah. Während das rhythmische Feld des PbJ_2-Niederschlages aus Niederschlagsstreifen bestand, deren Zwischenräume leer waren oder nur vereinzelte Kriställchen enthielten, und deren Abstand regelmässig (übrigens sehr langsam) zunahm, sieht man hier sehr feine Streifen, deren Abstände ganz unregelmässig sind. Die Zwischenräume sind nicht leer, sondern enthalten einen zusammenhängenden Niederschlag, so dass die Streifen nur dichtere Stellen (Anhäufungsstellen) des Niederschlagsfeldes darstellen. Dieser Rhythmus ist am besten wahrnehmbar bei der Konzentration des K_2CrO_4 1 m.

Bei den Konzentrationen 0,125 m, 0,063 m, 0,032 m und 0,016 m beobachtet man gewöhnlich ein stetiges Niederschlagsfeld, das allmählich in ein rhythmisches übergeht, welches nach seiner Struktur dem PbJ_2-Felde ähnlich ist. Besonders in der Nähe der Peripherie lässt sich solch ein Rhythmus beobachten.

Der Niederschlag besteht aus kleinen roten Rhomben und Nädelchen. Er haftet nur unbedeutend am Glase, schon mit dem Strahl der Spritzflasche kann man ihn fortspülen.

Bei umgekehrter Anordnung $K_2CrO_4 \rightarrow AgNO_3$ war die eindiffundierende K_2CrO_4-Lösung 1 m. Bei der Konzentration von $AgNO_3$ 1 m beginnt das rhythmische Fällungsfeld zuweilen schon am Diffusionszentrum. Der Rhythmus erinnert an den PbJ_2-Rhythmus; nur die Zwischenräume sind mit feinkörnigem Niederschlage gefüllt, während die Streifen aus mehr grobkörnigem bestehen.

Das rhythmische Feld bildet sich auf folgende Weise. In einiger Entfernung von der Bildungsfront des feinkörnigen Niederschlags entsteht plötzlich ein Streifen aus gröberen Kristallen (Rhomben, deren grössere Diagonale etwa 6 μ erreicht). Dann breitet sich der feinkörnige Niederschlag bis zu diesem Streifen aus. Jetzt bildet sich von neuem ein Streifen aus grösseren Kristallen in einiger Entfernung u. s. f. Die Bildung des einzelnen Streifens erfolgt ebenso wie beim PbJ_2 — zuerst entsteht der scharfe Rand, der Streifen wird aber in radialer Richtung sich verbreitend immer schwächer.

In der Nähe der Peripherie beobachtet man eine besondere Deformation der Rhomben. Sie entsenden nämlich aus ihren Ecken lange Nädelchen, die gewöhnlich nach der Peripherie gerichtet sind (Fig. 5).

Bei der Konzentration des $AgNO_3$ 0,25 m bildet sich — besonders in der Nähe der Peripherie — zwischen den grobkörnigen Hauptstreifen ein sekundärer Rhythmus (Fig. 6). Bei der Konzentration 0,125 m und 0,063 m ist ein solches Feld mit sekundärem Rhythmus über das ganze Präparat verbreitet. Besonders gut ausgebildet ist dieser Doppelrhythmus bei der Konzentration 0,063 m. Die Hauptstreifen bilden Verwerfungen und Anastomosen (Fig. 6). Die Breite der Zwischenräume wächst regelmässig in der Richtung zur Peripherie.

Bei Verminderung der Konzentration von $AgNO_3$ bis 0,032 m wird die Anzahl der Streifen des sekundären Rhythmus in einem Zwischenraume immer kleiner, bis sie zuletzt auf 2 (Fig. 7), sogar auf 1 schwachen Streifen herabsinkt. Dann wechseln regelmässig intensive grobkörnige mit schwachen feinkörnigen Streifen. Zwischen den Streifen sind leere Räume.

Noch bei den Konzentrationen 0,016 m und 0,008 m bildete sich der Doppelrhythmus.

Nun wurde anstatt K_2CrO_4 $K_2Cr_2O_7$ genommen. Bei der Diffusionsanordnung $AgNO_3 \rightarrow K_2Cr_2O_7$ war die hineindiffundierende $AgNO_3$-Lösung 2 m.

Bei den Konzentrationen von $K_2Cr_2O_7$ 0,25 m, 0,125 m und 0,063 m entstand ein Fällungsfeld mit Doppelrhythmus. Das Feld bildeten abwechselnd feinkörnige Streifen, aus kleinen Rhomben (2 μ) bestehend, und grobkörnige Streifen, sich aus Spiessen (Länge 5—6 μ, in der Nähe der Peripherie bis 1 mm) zusammensetzend. Gewöhnlich beginnt das rhythmische Feld schon beim Diffusionszentrum. Nach einigen Minuten verwandeln sich die schwachroten, gelblichen Spiesse in ein Gemenge von dunkelroten kleinen Rhomben (Fig. 8). Der Rhythmus bildet sich auf folgende Weise: es entsteht plötzlich ein schmaler Streifen aus grobkörnigen Kristallspiessen. Dabei ist zunächst zwischen den älteren und den neugebildeten Streifen ein leerer Zwischenraum. Plötzlich erscheint da ein breiter Streifen aus feinkörnigem Niederschlage. Dann bildet sich von neuem ein grobkörniger Streifen u. s. f.

An der Peripherie beobachtet man bisweilen kreuzförmige Kristalle mit dunklerem Mittelteil (Fig. 9).

Bei der Konzentration 0,016 m beobachtet man zwischen den feinkörnigen Streifen nur vereinzelte Spiesskristalle.

Hierauf wurde die entgegengesetzte Diffusionsanordnung $K_2Cr_2O_7 \rightarrow AgNO_3$ untersucht. Die eindiffundierende $K_2Cr_2O_7$-Lösung war 0,25 m. Bei der Konzentration von $AgNO_3$ 0,25 m bildete sich nur ein schwer bemerkbarer, bei der Konzentration 0,125 m aber ein teilweise ziemlich guter Rhythmus — schmale, scharfe Streifen mit breiten Zwischenräumen, in denen sich nach einiger Zeit (15—30 Minuten) ein schwacher, feinkörniger Niederschlag bildete (Fig. 10). Die Streifen bestehen aus kleinen roten Rhomben (2 μ) und sind oft gefaltet, besonders in der Nähe des Diffusionszentrums. Zuweilen beobachtet man Anastomosen und Verwerfungen (Fig. 11).

Der Mechanismus der Streifenbildung ist ähnlich dem beim PbJ_2-Niederschlage. Mit der Verbreitung des Streifens in radialer Richtung werden die Kristalle immer kleiner, so dass mit der Verkleinerung der Intensität des Streifens auch die Grösse der Kristalle abnimmt.

Besonders gut ausgebildet ist der Rhythmus bei der Konzentration von $AgNO_3$ 0,063 m und 0,032 m.

Bei der Konzentration 0,004 m ist nur ein schwaches rhythmisches Feld zu beobachten.

3. AgCl.

Zuerst wurde die Diffusionsanordnung $AgNO_3$ > KCl untersucht, wobei die hineindiffundierende $AgNO_3$-Lösung 2 m war.

Bei der Konzentration von KCl 1 m bildet sich in der Nähe des Diffusionszentrums ein Fällungsfeld aus AgCl-Flocken. Dieses Feld geht schliesslich in ein graues dichtes Niederschlagsfeld über, das sich in der Nähe der Peripherie in ein weniger dichtes bläuliches Feld verwandelt. Auf diesen Feldern bilden sich sehr scharfe und schmale Streifen — Häufungslinien des Niederschlages (die ähnlich sind den Häufungsstreifen bei der Diffusionsanordnung $AgNO_3$ 2 m → K_2CrO_4 1 m) — Fig. 12. Bei diesem rhythmischen Felde wurden keine Verwerfungen und Anastomosen beobachtet.

Nach einiger Zeit (3—4 Stunden) bemerkt man kleine Kriställchen von AgCl — Dreiecke mit der Kantenlänge 7—10 μ und Vierecke mit der Kantenlänge 3—4 μ. Manchmal beobachtete man nach längerem Stehenlassen lange Nadeln (bis 170 μ).

Ausser dem beschriebenen Rhythmus beobachtete man zuweilen einen anderen, der an den von Brodersen beschriebenen erinnert. Auch ein dem von PbJ_2 ähnlicher Rhythmus wurde beobachtet.

Gute Häufungslinien wurden beobachtet bei den Konzentrationen von KCl 0,5 m und 0,25 m. Bei kleineren Konzentrationen begegnete man dem Häufungsrhythmus oft in den Deckglasecken.

Bei der entgegengesetzten Diffusionsanordnung KCl 1 m → $AgNO_3$ wurden dieselben Erscheinungen beobachtet ($AgNO_3$-Konzentration 1 m und 0,5 m).

Auch mit dem $PbCrO_4$-Niederschlage wurde eine Reihe von Versuchen gemacht. Es bildeten sich Häufungslinien des Niederschlages, die denen des AgCl-Niederschlages ähnelten, nur war die Ausbildung nicht so gut.

Die Rhythmenbildung in kapillaren Räumen scheint auf die Entstehung der rhythmischen Bänderung des estländischen Dictyonemaschiefers Licht zu werfen. Man findet nämlich Schieferexemplare, die eine ausgezeichnete Bänderung (braune Bänder) tragen. Hierbei bilden die einzelnen Schieferschichten eine Menge aufeinanderliegender Kapillarräume.

Zusammenfassung.

1. Die Rhythmenbildung wurde im kapillaren Raume (bei bestimmter Höhe des Raumes) an den PbJ_2-, Ag_2CrO_4- und AgCl-Niederschlägen in Abhängigkeit von der Konzentration der im kapillaren Raume befindlichen Lösung und der Diffusionsanordnung beobachtet.

2. Bei den erwähnten Niederschlägen wurden folgende Rhythmen festgestellt:

a) Niederschlagsstreifen, mit beinahe leeren, mehr oder minder breiten Zwischenräumen (charakteristisch für den PbJ_2-Niederschlag);

b) Doppelrhythmus, der abwechselnd aus klein- und grobkörnigen Streifen besteht (Ag_2CrO_4 - Niederschlag);

c) schmale, scharfe Häufungslinien des Niederschlages auf stetigem Felde (AgCl-Niederschlag).

3. Der rhythmische Niederschlag haftet bei PbJ_2- und Ag_2CrO_4-Niederschlägen an den beiden Glasflächen (Objekt- und Deckglas), während sich dazwischen ein niederschlagsleerer Raum befindet.

Abschliessend gestatte ich mir, Herrn Assist. K. Duhmberg für seine Hilfe beim Zustandekommen dieser Arbeit meinen besten Dank auszusprechen.

Tartu (Dorpat), Mineralogisches Institut
der Universität, Mai 1926.

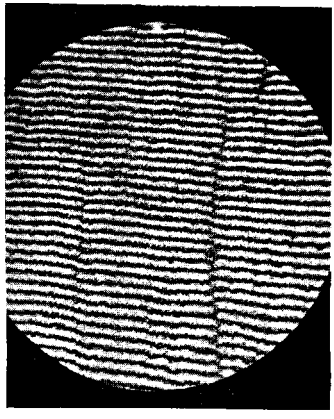


Fig. 1.
$Pb(NO_3)_2$ 1 m → KJ 0,25 m.
Vergrösserung 30.

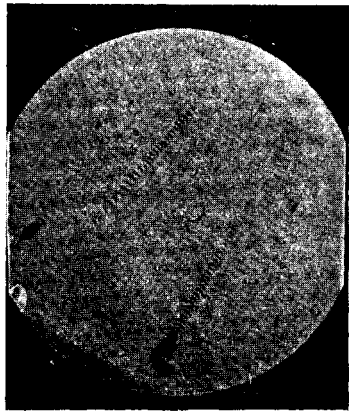


Fig. 2.
$Pb(NO_3)_2$ 1 m → KJ 0,25 m.
Vergrösserung 30.

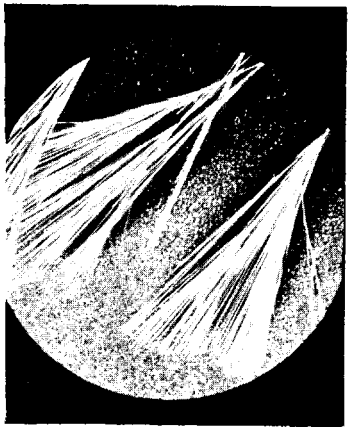


Fig. 3.
KJ 1 m → $Pb(NO_3)_2$ 1 m.
Vergrösserung 30.

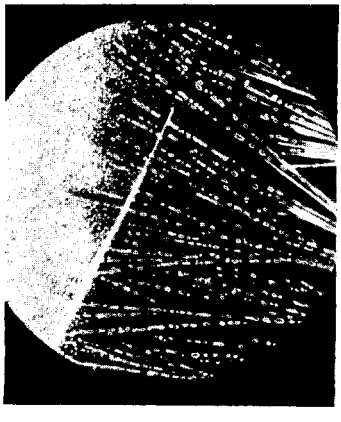


Fig. 4.
KJ 1 m → $Pb(NO_3)_2$ 1 m.
Vergrösserung 30.

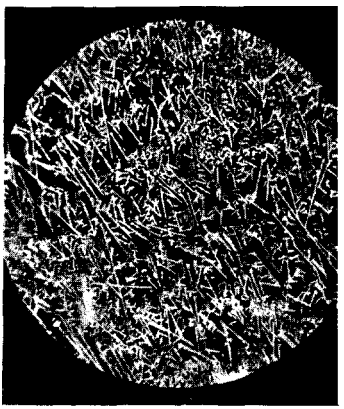


Fig. 5.
K_2CrO_4 1 m → $AgNO_3$ 1 m.
Vergrösserung 30.

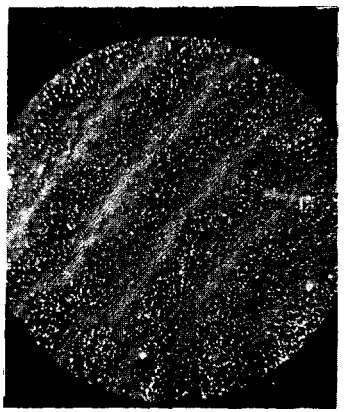


Fig. 6.
K_2CrO_4 1 m → $AgNO_3$ 0,25 m.
Vergrösserung 30.

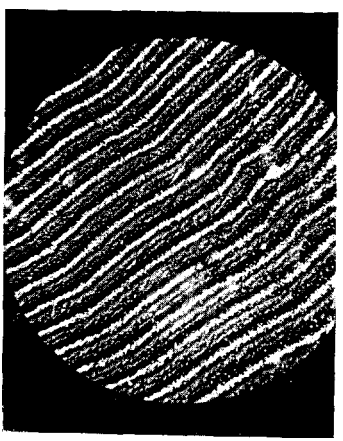


Fig. 7.
K_2CrO_4 1 m → $AgNO_3$ 0,032 m.
Vergrösserung 30.

Fig. 8.
$AgNO_3$ 2 m → $K_2Cr_2O_7$ 0,25 m.
Vergrösserung 30.

Tafel III.

Fig. 9.
$AgNO_3$ 2 m → $K_2Cr_2O_7$ 0,016 m.
Vergrösserung 130.

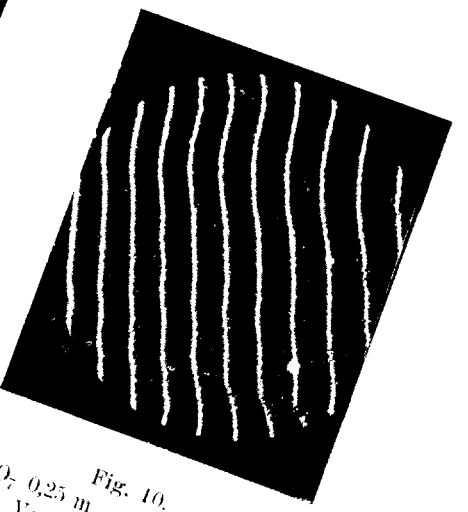


Fig. 10.
$K_2Cr_2O_7$ 0,25 m → $AgNO_3$ 0,032 m.
Vergrösserung 30.

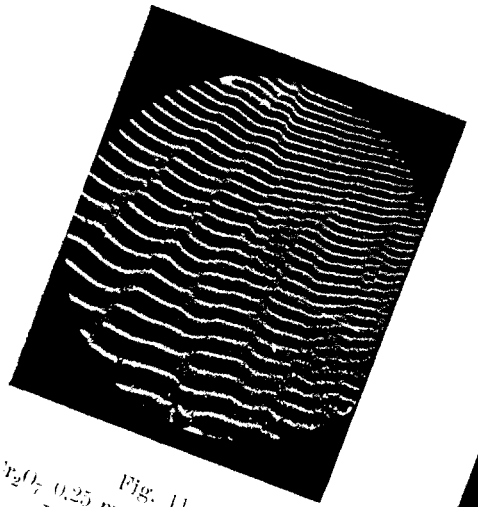


Fig. 11.
$K_2Cr_2O_7$ 0,25 m → $AgNO_3$ 0,032 m.
Vergrösserung 30.

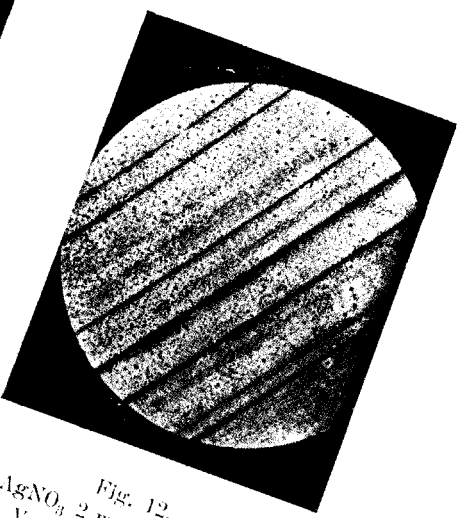


Fig. 12.
$AgNO_3$ 2 m → KCl 1 m.
Vergrösserung 130.

C. Mattiesen, Tartu

PHYSICAL CONSTANTS OF SOME ALKYL CARBONATES

BY

P. N. KOGERMAN and **J. KRANIG**

TARTU 1927

K. Mattiesen, Tartu (Dorpat).

Introduction.

Some of the lower members of the alkyl carbonate series have been prepared as long ago as 80 years, and their boiling points, specific gravities and refractive indices have not been corrected since. These constants were determined sometimes by very poor methods and at different temperatures, and there still exist in the literature fairly wide differences in the above mentioned data. The present research attempts to check the values of some physical constants of seven alkyl carbonates, thus giving the corrected data for them.

The constants determined are: (i) boiling points, (ii) specific gravities, (iii) refractive indices and (iv) molecular refractivities at 15°, 20°, and 50° C.

Apparatus and methods used.

Specific gravities were determined by Sprengel-Ostwald's U-shaped pyknometer [1]) of about 9 cc. capacity, but for di-*iso*-propyl and di-*n*-propyl carbonates a small 2 cc. pyknometer of the same type was used.

The observed specific gravities were reduced to vacuum by applying the formula: $d_4^{t^0} = F. \frac{Q - 0{,}0012}{W} + 0{,}0012$ (where F = weight of substance, W = weight of water, Q = density of water at t^0 [2]).

Both pyknometers were also checked, a difference being found in the fourth decimal place only.

Refractive indices were determined by an Abbé's refractometer, supplied by Goertz & Co., Germany. For the calculation of molecular refractivities the Lorenz-Lorenz formula was applied [3]).

1) Fr. Kohlrausch, Lehrbuch der praktischen Physik, 1921, p. 63.
2) W. A. Roth und F. Eisenlohr, Refraktometrisches Hilfsbuch, 1911, p. 68.
3) W. Nernst, Theoretische Chemie, 1921, p. 359.

$$M_r = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{M}{d}$$

The temperatures were recorded to an accuracy of 0,1° C. A corrected (normal) thermometer was always used. The determinations of boiling points were made with a set of thermometers, 50° C interval each (i.e., 0° — 50°, 50° — 100°, 100° — 150°, etc.), tested at the Physikalisch-Technische Reichsanstalt at Charlottenburg, Germany (certificate dated 10. June 1925).

As it was difficult to keep the temperature constant at 50° C for a long time, the refractive indices were recorded at the moment, when the liquid very slowly reached the desired temperature, and on cooling passed this point again; the difference between the two observations did not exceed 0,0002 units.

Experimental.

1. Dimetyl carbonate, $OC(OCH_3)_2$, mol. wt. 90.046.

A pure preparation, supplied by C. A. F. Kahlbaum Ltd., Berlin, three times refractionated, was used. The figures below are an average of two determinations.

a) B. P.: 90'5°C (corr.). Recorded: 90.6° (corr.) [C. Councler[1]) and B. Röse[2])], 91°/732 mm.Hg. [L. Schreiner[3])] and 89.7° adopted for International Critical Tables[4]).

b) Specific gravities:

$$d_4^{15^0} = 1{,}0759; \quad d_4^{20^0} = 1{,}0694; \quad d_4^{50^0} = 1{,}0295.$$

Recorded: $d^{22^0} = 1{,}069$ [Councler[1])]; $d^{17^0R} = 1{,}065$ [B. Röse[2])]; adopted for I. C. T.: $d^{22^0} = 1{,}069$.

c) Refractive indices. Table I, given below, shows the results of determinations of refractive indices and molecular refractivities. Given by B. Röse[2]): $n^{22-23^0} = 1{,}3748$; calculated on the base of Table I: $n^{22.5^0} = 1{,}3769$, diff.: $= 0{,}0021$ units.

1) C. Councler, Ber. 13, 1698 (1880).
2) B. Röse, Annalen 205, 232 (1880).
3) L. Schreiner, J. pr. Chem. (2) 22, 357 (1880).
4) International Critical Tables, by the National Research Council of U. S. A., Vol. 1, 1926.

Table I.

Refractive indices of dimethyl carbonate.

Temp. °C	n_D	$\lg \frac{n^2-1}{n^2+2}$	Mol. refr. : R_L [1]		Difference per cent
			Observed	Calculated	
15°	1,3725	$\bar{1}$,35708	19,04		−0,35
20°	1,3687	$\bar{1}$,35310	18,94	19,35	−0,45
50°	1,3463	$\bar{1}$,32869	18,64		−0,79

2. Diethyl carbonate, $OC(OC_2H_5)_2$; mol. wt. 118.08. Diethyl carbonate is the most widely investigated alkyl carbonate. It has been synthesised from diethyl oxalate by the action of sodium (or potassium) by Löwig & Weidemann [2]), and Schreiner [3]); from ethyl iodide and silver carbonate by Clermont [4]) and Kopp [5]); from ethyl alcohol and ethyl chlorocarbonate by Brühl [6]); by adding ethyl chloroformate and absolute alcohol to powdered potassium cyanide in absolute alcohol, by Druschel and Knapp [7]); from phosgene and ethyl alcohol in presence of dialkyl-aniline by Boehringer and Soehne [8]). Further it was obtained as a byproduct by Wurz [9]), Chancel [10]), Ladenburg and Wichelhaus [11]).

The present authors used: (i) a purified C. A. F. Kahlbaum's preparation, and (ii) a preparation, synthesised by the Löwig & Weidemann's method. The preparations were identical.

a) B. P.: 125.8° (corr.). Recorded: 127—129° [Curtis [12])]; 125.8° (corr.) [Kopp [5])]; 126.7—127.2° (corr.) [Perkin [13])]; 126.8°/760 mm.

---

1) Adopted from the International Physico-chemical Symbols, publ. by the Chemical Society, see J. Chem. Soc. April 1921, p. 505.

2) Löwig & Weidemann, Annalen 36, 301 (1840).

3) loc. cit.

4) Ph. v. Clermont, Annalen 91, 376 (1854).

5) H. Kopp, *ibid.* 95, 325 (1855).

6) J. W. Brühl, *ibid.* 203, 23 (1880).

7) W. Druschel und D. Knapp, Chem. Zentr. 1916, I, 144.

8) C. Boehringer u. Soehne, *ibid.* 1922, IV, 44.

9) A. Wurz, Annalen 79, 286 (1851).

10) G. Chancel, Jahresber. 1851, 512.

11) A. Ladenburg u. Wichelhaus, Annalen 152, 165.

12) Curtis, Am. Chem. Journ. 19, 698 (1836).

13) Perkin, Journ. Chem. Soc. 65, 421.

Hg. [Luginin [1])]; 126—126.4°/748 mm.Hg. [Brühl [2])]; in I. C. T. 125.8°.

b) Sp. gravity: $d_4^{15^0} = 0.9808$; $d_4^{20^0} = 0.9752$; $d_4^{50^0} = 0.9415$.

Recorded: $d_4^{20^0} = 0.9762$ [Brühl [2])] and $d_4^{20} = 0.979$ [K. v. Auvers]; the latter is adopted for I. C. T.

c) Refractive index and mol. refractivity of diethyl carbonate are given in Table II below:

Table II.

Refractive indices of diethyl carbonate.

Temp. °C	n_D	$\lg \frac{n^2-1}{n^2+2}$	R_L		Difference per cent
			Observed	Calculated	
15°	1,3887	$\bar{1}$,37355	28,47		—0,10
20°	1,3852	$\bar{1}$,37006	28,39	28,58	—0,15
50°	1,3635	$\bar{1}$,34756	27,92		—0,56

Recorded: $n_D^{20^0} = 1{,}38523$ [Brühl [2])]; $n_{He}^{14{,}75^0} = 1{,}38780$ [K. v. Auvers [3])]; in I. C. T. 1.3852, which corresponds to our figure.

III. Di-*n*-propyl carbonate, $OC(OC_3H_7)_2$, mol. wt. 146.11. Di-*n*-propyl carbonate has been prepared by two methods: Röse [4]) synthesised it from sodium propylate and *n*-propyl chlorocarbonate, while Cahours [5]) obtained it by the action of sodium on dipropyl oxalate.

In the present research the ester was prepared by Röse's method, slightly modified, taking pure propyl alcohol (in excess) instead of sodium propylate.

(50 gm. of propyl chlorocarbonate and 26 gm. of propyl alcohol yielded 40 gm. of pure di-*n*-propyl carbonate.)

a) B. P. of di-*n*-propyl carbonate was 168.5° (corr.). Recorded: 168.2° (corr.) [Röse [4]), also in I. C. T.].

1) Luginin, Bull. Soc. chim. (3) 15, 47.
2) loc. cit.
3) K. v. Auvers, Chem. Zentr. 1923, III, 544.
4) loc. cit.
5) A. Cahours, Jahresber. **1874**, 333 (1876).

b) Sp. gravity: $d_4^{15^0} = 0{,}9460$; $d_4^{20^0} = 0{,}9411$; $d_4^{50^0} = 0.9107$.

The figures recorded show fairly wide differences, namely: $d^{17^0} = 0{,}949$ [B. Röse]; $d^{22^0} = 0.968$ [Cahours], adopted for I. C. T. The difference = 0.021 units.

c) Refractive indices and molecular refractivities are given in Table III below: —

Table III.

Refractive indices of di-*n*-propyl carbonate.

Temp. °C	n_D	$\lg \frac{n^2-1}{n^2+2}$	R_L Observed	R_L Calculated	Difference per cent
15°	1,4048	$\bar{1}$,38915	37,84		+0,01
20°	1.4014	$\bar{1}$,38592	37,75	37,82	—0.04
50°	1,3799	$\bar{1}$,36471	37,16		—0,45

Recorded: $n^{22-23^0} = 1.3980$ [B. Röse]. Interpolated from Table III, $n_D^{22.5} = 1{,}3997$; diff. = +0,0017.

IV. Di-*iso*-propyl carbonate, $OC[OCH(CH_3)_2]_2$, mol. wt. 146,11. The authors did not find any description of this ester in the literature and it is left out in the C-table of I. C. T.

Procedure. — The ester was prepared by boiling (on an oil-bath) *iso*-propyl iodide with silver carbonate. After the products of reaction were separated by distillation, the distillate was boiled once more with silver carbonate. The fraction b. p. 146—147°C was taken for analysis. A test for presence of iodide gave negative results. This fraction was redistilled until constant boiling point and refractive index were obtained.

a) B. P. of di-*iso*-propyl carbonate: 147.2° (corr.).

b) Sp. gravity: $d_4^{15^0} = 0.9212$; $d_4^{20^0} = 0.9162$; $d_4^{50^0} = 0.8846$.

c) The following Table IV shows the determinations of refractive index and molecular refractivity: —

Comparing these data with those of the normal ester, we can conclude that the general rule[1]) is applicable to this case

1) J. B. Cohen, Organic chemistry for advanced students, II, 22 (1919).

Table IV.

Refractive indices of di-*iso*-propyl carbonate.

Temp. °C	n_D	$\lg \frac{n^2-1}{n^2+2}$	R_L		Difference per cent
			Observed	Calculated	
15°	1,3967	$\bar{1}$,38139	38,17		+0,24
20°	1,3932	$\bar{1}$,37799	38,08	37,82	+0,17
50°	1,3715	$\bar{1}$,35604	37,50		—0,22

too, *i. e.*: the molecular refractivity of di-*iso*-propyl carbonate is identical with that of the normal ester, but the boiling point and specific gravity are lower.

V. Di-*n*-butyl carbonate, $OC(OC_4H_9)_2$, mol. wt. 174.14. This ester has been prepared previously by Lieben and Rossi [1]) from silver carbonate and *n*-butyl iodide.

The present authors synthesised it from *n*-butyl chlorocarbonate and *n*-butyl alcohol by boiling on an oil-bath. The reaction proceeded very smoothly. [44 gm. of *n*-butyl chlorocarbonate and 30 gm. of *n*-butyl alcohol yielded 40 gm. of pure ester].

a) B. P.: 207.5° (corr.). Recorded: 207° (corr.)/740 mm. [Lieben and Rossi]; in I. C. T. (p. 230): 207,7° C.

b) Specific gravity: $d_4^{15^0} = 0.9283$; $d_4^{20^0} = 0.9238$; $d_4^{50^0} = 0.8961$. Recorded: $d^{0^0} = 0.9407$; $d^{20^0} = 0.9244$; $d^{40^0} = 0.9111$ [Lieben and Rossi]. Adopted in I. C. T.: 0.924 (20°). All these figures are very close to ours.

c. Molecular refractivities are given in Table V below: —

Table V.

Refractivities of di-*n*-butyl carbonate.

Temp. °C	n_D	$\lg \frac{n^2-1}{n^2+2}$	R_L		Difference per cent
			Observed	Calculated	
15°	1,4152	$\bar{1}$,39885	46,97		—0,05
20°	1,4117	$\bar{1}$,39562	46,85	47,06	—0,12
50°	1,3917	$\bar{1}$,37646	46,21		—0,50

1) A. D. Lieben und A. Rossi, Annalen 165, 112 (1874).

VI. Di-*iso*-butyl carbonate $OC[OCH_2CH(CH_3)_2]_2$, mol. wt. 174. 14.

For the preparation of di-*iso*-butyl carbonate, A. Wurz [1]) heated silver carbonate and *iso*-butyl iodide in sealed tubes, while B. Röse [2]) used for the same purpose *iso*-butyl chlorocarbonate and *iso*-butyl alcohol.

The latter procedure was applied also by the present authors: a mixture of *iso*-butyl carbonate (44 gm.) and *iso*-butyl alcohol (30 gm.) was boiled on an oil-bath for 4—5 hrs., in the beginning a considerable amount of HCl was eliminated, the reaction proceeded quietly; yield: 40 gm. of pure ester, or 70 per cent of theory.

a) B. P.: 189.8° (corr.). Recorded: 190° [A. Wurz]; 190.3° [B. Röse, also in I. C. T.].

b) Sp. gravity: $d_4^{15^0} = 0.9186$; $d_4^{20^0} = 0.9138$; $d_4^{50^0} = 0.8849$.

Recorded: $d^{15^0} = 0.919$ [B. Röse, in I. C. T.].

c) Refractive indices are given in Table VI below: —

Table VI.

Refractivities of di-*iso*-butyl carbonate.

Temp. °C	n_D	$\lg \frac{n^2-1}{n^2+2}$	R_L Observed	R_L Calculated	Difference per cent
15°	1,4107	$\bar{1},39469$	47,01		—0,03
20°	1,4072	$\bar{1},39141$	46,90	47,06	—0,10
50°	1,3859	$\bar{1},37073$	46,19		—0,50

Recorded: $n^{22-23^0} = 1.4048$ [B. Röse]. Interpolated from Table VI: $n^{22.5^0} = 1,4055$.

VII. Di-*iso*-amyl carbonate, $OC[O(CH_2)_2CH(CH_3)_2]_2$, mol. wt. 202. 17. Di-*iso*-amyl carbonate may be synthesised according to J. Bruce [3]) by the action of potassium or sodium on

1) A. Wurz, Annalen 93, 119 (1855).
2) loc. cit.
3) J. Bruce, Annalen 85, 16 (1853).

di-*iso*-amyl oxalate; B. Röse [1]) prepared it from *iso*-amyl chloroformate and *iso*-amyl alcohol. The method of Bruce was chosen for the present research, but it was found, that excess of sodium should be avoided, otherwise the ester chars (for 20 gm. of *iso*-amyl oxalate only 1 gm. of sodium can be used). The ester formed was found to be identical with the preparation supplied by C. A. F. Kahlbaum & Co.

a) B. P.: 233° (corr.)[2]). Recorded: 226° [J. Bruce [3])]; 228.7° [Röse, also in I. C. T.].

b) Sp. gravity: $d_4^{15^0} = 0.9110$; $d_4^{20^0} = 0.9067$; $d_4^{50^0} = 0.8807$.

Recorded: $d^{15.5^0} = 0.9065$ [Bruce]; $d^{15^0} = 0.912$ [Röse and I. C. T.].

c) Table VII shows the results of determinations of refractive index: —

Table VII.

Refractive indices of di-*iso*-amyl carbonate.

Temp. °C	n_D	$\lg \frac{n^2-1}{n^2+2}$	R_L		Difference per cent
			Observed	Calculated	
15°	1,4208	$\bar{1}$,40395	56,26		—0,01
20°	1,4174	$\bar{1}$,40086	56,12	56,29	—0,08
50°	1,3965	$\bar{1}$,38120	55,20		—0,50

Recorded: $n^{22-23^0} = 1{,}4153$ [Röse]. Interpolated from Table VII: $n^{22.5^0} = 1{,}4157$.

Summary. The boiling points, specific gravities and refractivities of six known and one new (di-*iso*-propyl carbonate) alkyl carbonates were determined. As regards the boiling points, very little difference was found between the authors corrected values and those recorded in the literature, except in the case of di-*iso*-

1) loc. cit.

2) When an ordinary thermometer, calibrated from 0° to 360°, is used, the temperature observed is 226°.

3) loc. cit.

amyl carbonate, when the difference amounts to about 6° C. Wider differences are found in specific gravities and refractivities. If the specific gravities and refractivities of each ester are plotted against temperature, they would lie on a straight line.

The difference between the observed molecular refractivity and that calculated from atomic refractivities increases with the temperature, amounting to 0.79% at 50° in the case of dimethyl carbonate.

The coefficient or correction of refractive index per degree is constant for all esters below 20° C, and amounts to 0.00070. But for temperatures between 20°—50° C it is slightly higher, on an average: 0.00072. This value is twice the value given by A. F. Joseph [1]) for fixed oils.

The authors desire to record their thanks to Mr. W. E. Stockings, M. Sc., the Imperial College of Science and Technology, London, for reading the manuscript.

Tartu, December 1926.

1) A. F. Joseph, The change of refractive indices of fixed oils with temperature, Journ. Soc. Chem. Indust., Vol. XXXIX, No 5, p. 66 (1920).

ÜBER BRUNSTERZEUGENDE STOFFE IM PFLANZENREICH

VORLÄUFIGE MITTEILUNG

VON

EDM. SPOHR

DORPAT 1927

C. Mattiesen, Tartu (Dorpat).

Morphologische und zytologische Studien über die Geschlechtsdifferenzierung bei verschiedenen Blütenpflanzen und Beobachtungen der Parthenokarpie bei *Stratiotes aloides* lösten u. a. den Wunsch aus, der Frage nachzugehen, ob biochemisch fassbare qualitative Unterschiede der Geschlechter im Pflanzenreich nachweisbar wären.

Die leitenden Gedanken bei dieser Fragestellung gingen von der prinzipiellen Annahme aus, dass in den pflanzlichen Geweben neben rein mengenmässigen biochemischen geschlechtseignen Differenzen[1]) vielleicht auch durch besondere geschlechtseigene Stoffe bedingte qualitative Unterschiede auffindbar sein könnten. Ist es doch bekannt, dass im Pflanzenkörper spezifische Erreger oder Reizstoffe als wichtige Regulatoren des Stoffwechsels, als sogen. Wund- und Wuchshormone, Aktivierungshormone, Antihormone u. a. m. verschiedentlich beobachtet, gedeutet und benannt worden sind; diesbezüglich sei hier nur auf die übersichtlichen Zusammenstellungen von *Weber*[2]), *Tschirch*[3]) und *Raab*[4]) hingewiesen.

Bei der Fahndung nach derartigen Geschlechtsmerkmalen wurde daher von der Benutzung der üblichen physiologischen und chemischen Methoden, wie sie für quantitative Untersuchungen

1) Beispielsweise sollen hier inbezug auf quantitative Geschlechtsunterschiede nur die Versuche von *Minenkov, A. R.* (Versuch der Geschlechtsbestimmung. Journal f. Landw. Wissensch. Moskau. **1.** 1924. 29—47. Nach dem Ref. im Botan. Centralbl. **5.** 1925. S. 349—350) und die Untersuchungen von *Satina, S.* u. *Blakeslee, A. F.* (1. Studies on biochemical differences between (+) and (—) sexes in mucors. 2. A preliminary report on the Manoilov Reaction and other tests. Biochemical differences between sexes in green plants. Proc. Nat. Acad. of Sc. **12.** 1926. Nach dem Refer. in d. Zeitschr. für Botanik. **19.** 1926. S. 196—199) angeführt sein.

2) *Weber, F.* Hormone im Pflanzenreich. Naturwissensch. Wochenschr. NF. **19.** 1920. S. 241—253.

3) *Tschirch, A.* Besitzen die Pflanzen Hormone? Pharmazeutische Monatshefte. 1924. S-A.

4) *Raab, W.* Hormone und Stoffwechsel. Naturw. u. Landwirtsch. H. 10 Freising-München. 1926.

des stofflichen Aufbaus und Stoffwechsels in Frage kämen, abgesehen und das Augenmerk auf die Wahl von möglichst speziellen, spezifische qualitative Geschlechtsunterschiede erschliessenden Methoden gerichtet.

Von solchen Methoden, die event. durch ihre direkten oder indirekten Anwendungsmöglichkeiten den gestellten Anforderungen mehr oder weniger entsprechen konnten, kamen 1925, als die vorliegende Frage in Angriff genommen wurde, folgende 2 in Betracht[5]: 1. die Manoilovsche Reaktion und 2. die sogen. „Brunstreaktion“[6]).

Der Umstand, dass der Wert und der Charakter der Manoilovschen Reaktion im Sommer 1925 noch nicht genügend geklärt war, aber Vermutungen über den quantitativen und nicht spezifischen Charakter dieser Reaktion, die sich inzwischen bestätigt haben[7]), bereits vorlagen, sowie naheliegende örtliche und technische Gründe bedingten die Wahl der sogen. „Brunstreaktion.“

5) Die von *Bernatzky, M. A.* (Die spezifische Reaktion pflanzlicher u. tierischer Gewebe hinsichtlich des Geschlechts. Ber. d. Kalijanetzschen staatl. landw. Instit. Moskau. **1.** 1924. Nach dem Refer. im Botan. Centralbl. **7.** 1926. S. 358) erfundene Farbreaktion ist erst im verflossenen Jahr dem Verfasser bekannt geworden.

6) Vgl. *Doisy, E. A., Ralls, J. O., Allen, E.* und *Johnston, C. G.* Journ. of Biolog. Chemistry. **61.** 1924.

7) Die Manoilovsche Farbreaktion hat seit ihrer Veröffentlichung im Jahre 1923 einen lebhaften Widerhall gefunden und eine Anzahl von Nachprüfungen und Erweiterungen hervorgerufen. Einerseits ist die Manoilovsche Reaktion verschiedentlich mit positivem Erfolge angewandt worden; inbezug auf pflanzliche Objekte sei hier nur auf die Versuche von *Manoilov, E. O.* selbst (Über eine chemische Reaktion bei der Geschlechtsbestimmung der zweihäusigen Pflanzen. Bull. Appl. Bot. and Plantbreed. **13.** 1923), *Satina, S.* u. *Blakeslee, A. F.* a. a. O. (in 92 % der untersuchten Fälle) hingewiesen. *Dahlgren, K. V. O.* (Några försök med Manoilovs könsreaktion. Bot. Notiser. Lund. 1926. S. 341—348) gelang es vorschriftsmässige eindeutige Reaktionen nur bei einem Teil der von ihm untersuchten Pflanzen und Tiere zu beobachten. Andererseits jedoch haben in letzter Zeit eine ganze Reihe von Untersuchungen den Chemismus und Mechanismus der Reaktion sowohl für tierische, als auch für pflanzliche Objekte geklärt und den Nachweis erbracht, dass es sich dabei nicht um spezifische qualitative Geschlechtsunterschiede, sondern nur um quantitative, vornehmlich durch den verschiedenen Gehalt an Eiweissstoffen bedingte Erscheinungen handelt und der regelmässige Reaktionsverlauf nicht allgemeingültig gewährleistet ist; vergl. hierzu folgende Abhandlungen: *Galwialo, M. J., Wladimirow, G. E., Winogradow, A. P.* und *Oppel, W. W.*

Die letzgenannte Reaktion wird im Pharmakologischen Institut der Univ. Tartu (Dorpat) von Prof. Dr. *S. Loewe* auf tierische Gewebe mit Erfolg angewandt und ist von ihm durch wertvolle Vervollständigungen, insbesondere inbezug auf die zahlenmässig erfassende Gehaltsbestimmung, ausgebaut worden.

Im wesentlichen handelt es sich bei der Brunstreaktion um die künstliche Erzeugung von Scheidenbrunst bei kastrierten Nagerweibchen durch subkutane Injektion eines weiblichen Sexualhormons — Thelykinin (*Loewe*)[8]) — das bei den Weibchen verschiedener Säugerarten in den letzten Jahren nachgewiesen worden ist. Der Vorgang der Scheidenbrunst wird mit Hilfe der zytologischen Untersuchung von Scheidenabstrichen des injizierten Testtiers verfolgt, wobei auch zugleich eine Wertbestimmung der eingespritzten Hormonzubereitung nach dem *Loewe*'schen[9]) Zählverfahren ausgeführt und in Mäuseeinheiten zum Ausdruck gebracht werden kann.

Vor allem galt es nun, die bisher nur am tierischen Gewebe erprobte Brunstreaktion auch auf ihre Anwendbarkeit auf Pflanzengewebe zu prüfen, indem folgende zwei Hauptfragen zu beantworten waren: 1) gibt es im Pflanzenreich thelykininähnliche oder deren Wirkung gleichkommende brunsterzeugende Stoffe und 2) wenn solche vorhanden sind, wie weit erweisen sie sich dann als geschlechtsspezifisch?

Es traf sich günstig, dass Herr Prof. Dr. *S. Loewe* die Klärung dieser von mir aufgeworfenen Fragen seit dem Sommer 1925 in den Komplex seiner eingehenden Forschungen über Thelykinine aufnehmen konnte.

Die vorliegenden Untersuchungen sind im hiesigen Pharmakologischen Institut gemeinschaftlich mit Herrn Prof.

(Zur Frage nach dem Chemismus der Manoilovschen Reaktion und ihrer Spezifität. Biochem. Zeitschr. **176**. 1926. S. 189—197), *Schmidt, A. A.* und *Perewosskaja, N. O.* (Physiologisch-chemische Begründung der Manoilovschen Reaktion. Ebenda S. 198—209), *Alsterberg, G.* und *Håkansson, A.* (Über Manoilovs Reaktionen und die Möglichkeit mit Hilfe dieser das Geschlecht zu bestimmen. Ebenda S. 251—265).

8) Deutsche med. Wochenschr. 1926. Nr. 40.

9) Verh. d. Deutschen Pharmakol. Ges. Rostock. 1925; Deutsche med. Wochenschr. 1926. Nr. 8, Nr. 14 und Nr. 31; Zeitschr. f. d. ges. experim. Medizin. **51**. 1926. S. 284.

Dr. *S. Loewe* und teilweise unter Mitwirkung seiner Mitarbeiter Dr. *F. Lange* und Dr. *W. Faure* ausgeführt.

Es soll nun im folgenden kurz das Ergebnis der bisherigen Untersuchungen [10]), die sich auf die sub 1) gestellte Hauptfrage beziehen, mitgeteilt werden; wegen Einzelheiten sei auf die eingehende andererorts [11]) veröffentlichte Darlegung hingewiesen.

Die Wahl geeigneter pflanzlicher Ausgangsobjekte wurde von folgenden Gedankengängen geleitet:

1) Wenn im Pflanzenkörper brunsterzeugende thelykininartige Stoffe vorhanden sein sollten, so dürfte ihre grösste Menge wohl am ehesten im weiblichen Geschlechtsorgan, im Stempel, bzw. in den Samenknospen zu vermuten sein; enthält doch nach den vorliegenden Erfahrungen der reife Follikularapparat des tierischen Ovars die grösste Thelykininmenge [12]). Es mussten also leicht isolierbare empfängnisreife, wünschenswerterweise unbestäubte (vergl. Follikelreife des tierischen Weibchens) Stempel, bzw. Fruchtknoten in grösserer Menge ausfindig gemacht werden.

2) Um die Verarbeitung schnell und unter möglichst einheitlichen Bedingungen durchführen zu können, war es geboten, das Ausgangsmaterial gleichzeitig und im gleichen Entwicklungsstadium zu beschaffen.

Nachdem im Sommer 1925 durch Vorversuche mit einigen isolierten Fruchtknoten von *Nuphar luteum* qualitativ eindeutige positive Ergebnisse erzielt worden waren, wurde beschlossen, in der Vegetationsperiode 1926 an einer grösseren Menge einheitlichen Ausgangsmaterials Messungen des Gehalts an brunsterzeugenden Stoffen durchzuführen.

Da den oben aufgestellten Anforderungen am meisten die weiblichen Weidenkätzchen entsprechen, dienten als Hauptuntersuchungsobjekt die weiblichen Kätzchen einer in voller Blüte frei stehenden, nicht bestäubten (mikroskopisch kontrollierten) Saalweide (*Salix caprea*), die am 15. V 26 gefällt und deren

10) Eine Erstmitteilung vom 5. Juni 1926 wurde bei der Akademie der Wissenschaften in Wien niedergelegt (vergl. die Veröffentlichung im Akademischen Anzeiger Nr. 19. Wien. 1926).

11) In der Biochem. Zeitschr., im Erscheinen.

12) Z. B. nach *Doisy, E. A., Ralls, I. O., Allen, E.* u. *Johnston, C. G.* a. a. O. S. 725.

Blütenstände in grösserer Menge (7 kg) abgeerntet und verarbeitet wurden.

Fernerhin wurden vergleichsweise auch die vegetativen Teile von *Impatiens parviflora* (Sommer 26) und *Althaea rosea* (Spätsommer 26) untersucht.

Die Ausgangsstoffe gelangten sowohl „feucht", als auch „trocken" in Verarbeitung. Im ersteren Fall wurden aus den frischen Pflanzenteilen Äthyl- oder Methylalkoholextrakte hergestellt, im letzteren Fall die Pflanzenmassen im Wärmeschrank bei 50° C getrocknet und dann mit Äther im Soxhletapparat ausgezogen.

Die so gewonnenen Rohextrakte wurden nun mit Hilfe verschiedener Fraktionierungsmethoden weiter gereinigt, gut entwässert, zum Schluss das Lösungsmittel verjagt, der Rückstand in entsprechendem Volumen Oliven- oder Sesamöl gelöst und kastrierten Weibchen der weissen Maus als Testtieren subkutan injiziert.

Auf diese Weise gelang es, in den oben erwähnten Pflanzenteilen die Anwesenheit von brunsterzeugenden, ihrer Wirkung nach thelykininähnlichen Stoffen nachzuweisen.

In ihrer Wirkungsweise unterschieden sich in den vorliegenden Versuchen die pflanzlichen brunsterzeugenden Stoffe von den früher beobachteten tierischen Thelykininen in zeitlicher Hinsicht insofern, als die pflanzlichen Stoffe eine sich später entfaltende, manchmal schubweise verlaufende Brunsterscheinung hervorriefen.

Die nach dem Zählverfahren ausgeführten Gehaltsbestimmungen führten zu folgenden Ergebnissen:

Die grösste Menge von brunsterzeugenden Stoffen fand sich in den Stempeln der Saalweide, dagegen war in ihren isolierten Narben der Gehalt bedeutend geringer; die vegetativen Teile blühender *Impatiens parviflora* und *Althaea rosea*-Stöcke wiesen brunsterzeugende Stoffe nur in verschwindender Menge auf. Die Voruntersuchungen mit *Nuphar luteum* konnten quantitativ mit Sicherheit nicht verwertet werden.

Künftig in Aussicht genommene Untersuchungen hätten zu entscheiden, wie weit diese brunsterzeugenden Stoffe im Pflanzenreich verbreitet sind, inwieweit sie mit dem tierischen Thelykinin in Beziehung stehen und ob und in welch einem Masse

sie sich als Träger geschlechtsspezifischer Eigenschaften des Pflanzenkörpers erweisen.

Von theoretischen Erörterungen soll hier bis zur weiteren Klärung dieser Frage abgesehen werden.

Erwähnt sei nur, dass beim Forschen nach biochemisch fassbaren Trägern geschlechtsspezifischer Prägungsmerkmale bei den Pflanzen neben der Geschlechtsverteilung (Monözie, Diözie, Monoklinie) auch die Vererbungserscheinung der Geschlechtsbestimmung (ob sie phäno- oder genotypisch bedingt ist) sowie der Phasenwechsel (ob Haplo- oder Diplophase bzw. ob Haplo- oder Diplobionten vorliegen) im Auge zu behalten sind.

27. Januar 1927.

Eelmiste köidete sisu. — Contenu des volumes precédents.

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 ultramaksimum-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.** А. Томсонъ (A. Thomson). Значеніе аммонійныхъ солей для питанія высшихъ культурныхъ растеній. (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 Esthonian M.-Ordovician oil-bearing mineral „Kukersite". — **7.** M. Wittlich und S. Weshnjakow. Beitrag zur Kenntnis des estländischen Ölschiefers, genannt Kukkersit. — **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. Lüüs. Ergebnisse der Krüppelkinder-Statistik in Eesti. — **3.** C. Schlossmann. Culture in vitro des protozoaires de l'intestin humain. — **4.** H. Kaho. Über die physiologische Wirkung der Neutralsalze auf das Pflanzenplasma. — **5.** Y. Kauko. Beiträge zur Kenntnis der Torfzersetzung und Vertorfung. — **6.** A. Tammekann. Eesti diktüoneema-kihi uurimine tema tekkimise, vanaduse ja levimise kohta. (Untersuchung des Dictyonema-Schiefers in Estland nach Entstehung, Alter und Verbreitung.) — **7.** Y. Kauko. Zur Bestimmung des Vertorfungsgrades. — **8.** N. Weiderpass. Eesti piparmündi-õli (*Oleum menthae esthicum*). (Das estnische Pfefferminzöl.)

A VI (1924). **1.** H. Bekker. Mõned uued andmed Kukruse lademe stratigraafiast 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. Kauko. Über die Vertorfungswärme. — **7.** Y. Kauko. Eigentümlichkeiten der H_2O- und CO_2-Gehalte bei der unvollständigen Verbrennung. — **8.** M. Tilzen und Y. Kauko. 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 mõnesuguste 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 Verschwelungsprodukten. — **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 Hafenstadt 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 geomeetrilised joonised. (Die geometrischen Figuren des Ahmes.) — **6.** K. Jaansoon-Orviku. Beiträge zur Kenntnis der Aseri- und der Tallinna-Stufe in Eesti. I.

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. Quaestiunculae 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. Курчинскій (M. A. Kurtschinsky). Соціальный 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 fabulis 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. Teil (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. Курчинскій (M. A. Kurtschinsky). Европейскій 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 restauratsiooniajal (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. Teil (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. Teil (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. Teil (S. 417—512). — **3.** E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. V.

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. (Aastaaruanded.)

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.