

Der estländische Obolenphosphorit

Von

A. Ö P I K

Mit 6 Abbildungen und 2 Karten

Im Verlage des estländischen Handels- und Gewerbeministeriums
Tallinn, 1929

Trükitud Riigi trükikojas. Tallinn, Niine tän. 11.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Vom Verfasser	5
I. Geschichtliche Übersicht. Literatur	7
II. Geologie des Obolensandsteines	11
III. Die Aufschlüsse des Obolensandsteines	17
IV. Die chemische und mineralogische Beschaffenheit des Obolensandsteines	24
V. Die Petrographie des Obolensandsteines und der Markasitbank	31
VI. Die Vorräte der Obolenphosphorite	38
VII. Die Abbauwürdigkeit des Obolenphosphorites	48
Register der Ortschaftsnamen	51

Abbildungen.

1. Profil des Obolensandsteines, Iru	13
2. Profil des Obolensandsteines, Iru (Photo)	14
3. Markasitbank mit Wellenfurchen, Leetse (Photo)	16
4. Profil des Obolensandsteines aus Mäeküla (Photo)	18
5. Profil im Bergwerk „Ülgase“ (Photo)	20
6. Phosphoritfabrik „Ülgase“ (Photo)	49

Einleitung.

Im Mai 1925 machte Herr Ing. J. Kark, der Leiter des Bergamtes in Estland, im Einvernehmen mit Dr. H. Bekker, weil. Professor der Geologie an der Universität Tartu, dem Verfasser dieser Schrift den Vorschlag, an den Untersuchungen über den estländischen Obolenphosphorit Teil zu nehmen und eine Beschreibung zusammenzustellen.

Während der Untersuchungen wurden vom Bergamt vier Diamantbohrungen ausgeführt; die Feldarbeiten des Verfassers wurden mit Geldmitteln unterstützt.

Auf Kosten des Bergamtes wurden die chemischen Untersuchungen unternommen, welche Herr chem. S. Paul im Mineralogischen Laboratorium zu Tartu (Dorpat) ausführte.

Herr Berging. J. Reinwald, Berginspektor, sorgte für die Phosphoritproben, leitete die Bohrungen und von ihm sind die Bohrprofile zusammengestellt worden.

Die Daten für das Feld „Rootsikalavere“ stammen aus einem Gutachten (zusammengesetzt von A. Öpik), welches die A/G. „Eesti Vosvoriit“ dem Verfasser zur Verfügung stellte.

Herr H. v. Winkler unterstützte den Verfasser mit sonst schwer zugänglicher Literatur und stellte ihm die im Museum zu Tallinn (Reval) aufbewahrte Obolenkollektion von A. Mickwitz zur Verfügung.

Allen, besonders aber seinem zeitweiligen Mitarbeiter Herrn stud. chem. S. Paul ist der Verfasser zum besten Dank für Ratschläge, Hilfe und Teilnahme verpflichtet.

Tartu (Dorpat), d. 21. Dezember 1925.

I.

Geschichtliche Übersicht.

Literatur.

Phosphoritvorkommen sind in verschiedenen Horizonten des estländischen Paläozoikums vermerkt worden. So begegnet man im Grunde des Glaukonitsandes und des westlichen Vaginatenkalkes aus Phosphoritknollen bestehenden Anhäufungen, und die „Linsen“ oder Oolithe der unteren (B III) und oberen (C_{1a}) Linsenschichten enthalten gleichfalls etwas Phosphorsäure.

Alle angeführten Phosphoritvorkommen haben keine industrielle Bedeutung. Sie gehören in das Unterordovizium. Selben Alters ist auch der weiter zu besprechende Obolusphosphorit, der im gleichnamigen Sandstein an der Basis des Ordoviziums abgelagert ist, und im Gegensatz zu den anderen, einigen wirtschaftlichen Wert besitzt.

In der unten angeführten Literaturverzeichnis sind nur diejenigen Arbeiten genannt worden, welche hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung, der Entstehung oder der wirtschaftlichen Verwertung des estnischen Obolusphosphorites wichtig zu sein schienen.

Über den Markasit- (resp. Pyrit-) Sand, der an der Grenze des Obolensandsteines und Dictyonemaschiefers liegt, sind in der Literatur nur wenige Notizen zu finden.

Es ist sicherlich nicht die gesamte Literatur über die Phosphoritfrage in Estland mir zu Verfügung gewesen. So fehlte mir die Arbeit K. Schmidt's, aus dem Jahre 1861. In dieser Untersuchung wird auf Grund einer Analyse die Konstitution der Obolenschalen als Fluorapatit bestimmt und neun Jahre später wird diese Meinung durch Kupffer's Untersuchungen bestätigt.

Den chemischen Untersuchungen folgt im 1895 die bemerkenswerte paläontologische Monographie von A. Mickwitz „Über die Brachiopodengattung Obolus Eichw.“, wo auch Angaben über die physikalischen Eigenschaften der Obolen zu finden sind.

Einen wichtigen Beitrag stellt weiter der Artikel von Beyschlag und v. zur Mühlen vom Jahre 1918 dar, die zum ersten mal die Frage der Gewinnung und Verwertung der Obolenschalen behandeln und die Aufmerksamkeit grösserer Kreise erregen. Es werden wieder Chemiker tätig (Wrangell, Winkler), es werden landwirtschaftliche Experimente ausgeführt (Wrangell, Ümarik, Liidemann u. a.) und die Frage über die

Entstehung der Obolenflöze, von Samoiloff angeschnitten, kommt wieder in Fluss.

Eine Reihe Privatforscher, die aus kaufmännischen Gründen sich mit der Frage beschäftigten, und die in der Literatur fast spurlos bleiben, suchten die Möglichkeit einer rationellen Gewinnung und besonders einer Anreicherung des Obolusphosphorites festzustellen. Dieses gelang der estnischen Aktiengesellschaft „Eesti Vosvoriit“; es wurde ein Bergwerk angelegt und im Jahre 1924 eine Anreicherungsanlage nebst Mühle gebaut.

1861. K. Schmidt. „Agriculator-chemische Untersuchungen“. Livländische Jahrbücher der Landwirtschaft, Seite 169. Zum ersten mal wird die Aufmerksamkeit auf den Phosphorsäuregehalt der Obolus-Schalen gelenkt, eine Analyse angeführt und die Konstitution der Schalen gleich der Fluorapatits gesetzt (referiert nach Samoiloff, 1924).

1870. Kupffer, August. „Über die chemische Konstitution der baltisch-silurischen Schichten“. Archiv für Naturkunde Liv-, Est- und Kurlands, ser. I, Bd. V. 128 Seiten. Ungulitensandstein S. 43.—48.

Es werden einige Profile eingehend beschrieben und die Resultate von vier Analysen gegeben, von denen sich eine auf reine Obolenschalen (Jamburg) bezieht; die anderen drei aber sind Analysen einiger Obolenbänke, also Gesteinsanalysen. Aus diesen Analysen folgert Kupffer, dass die Obolen eine dem Fluorapatit ähnliche Zusammensetzung besitzen. Die Untersuchung von K. Schmidt wird nicht zitiert.

1886. Grewingk, C. „Übersicht der Mineralien und Gesteine Liv-, Est- und Kurlands und ihre Nutzbarkeit“. Sitzungsberichte der Naturforscher-Gesellschaft bei der Universität Dorpat, VIII, 1889. S. 43—59.

S. 45. Es wird das Vorkommen von Markasit an der Grenze des Obolensandsteines und Dictyonemaschiefers berichtet, mit folgender Randbemerkung: „bis lang noch nicht zur Schwefelsäure-Gewinnung verwendet“ (S. 57).—S. 51. Es werden die estländischen Phosphorite genannt, von denen die reichsten (19% P_2O_5) an der Basis des Vaginatenkalks auf der Halbinsel Baltischport vorkommen. Das sind alles Knollenphosphate und sie werden für nicht abbauwürdig erklärt.—Seite 56—57. Ungulitensand. Es wird besonders das Vorkommen von Ilgast (Ülgase) hervorgehoben: „ungeachtet des bedeutenden Phosphorsäure-Gehaltes der, als Fluorapatit organischen Ursprungs zu betrachtenden Unguliten (Obolen), bisher noch nicht zur Darstellung von Superphosphat benutzt“.

1895. Mickwitz, August. „Über die Brachiopodengattung *Obolus Eichwald*“. Mem. de l'Acad. de St. Pét., Vol. IV. nr. 2, 1896. 215 Seiten. S. 108.—116 finden sich einige Betrachtungen über die chemische Zusammensetzung der Obolenschalen, wobei die Kupffer'schen Analysen vorgelegt werden mit der unrichtigen Voraussetzung, dass diese sich nur auf die Art *O. Apollinis* beziehen. Die mikroskopische Untersuchung zeigt, dass die Schalen aus abwechselnden Kalkkarbonat- und Fluorapatitlamellen bestehen.

1895. Andersson, J. G. „Über cambrische und silurische phosphorit-führende Gesteine aus Schweden“. Bulletin of The Geological Institution of the University of Upsala, 1896, S. 133—238. In dieser Untersuchung wird auch das schwedische, dem estnischen äquivalente, Obolenkonglomerat genannt und seine wirtschaftliche Minderwertigkeit bestätigt.
1898. Andersson, J. G. et Sahlbom, N. „Sur la teneur en fluor des phosphorites suédoises“. Bulletin of the Geol. Inst. of the University of Upsala, Vol. IV, Nr. 5, 1900, p. 79—87.
Auf Grund einer Reihe von Analysen zeigen die Autoren, dass das Verhältnis von Fluor und Phosphorsäure in den Obolen und bei der *Lingula anatina* dem des Apatites entspricht. Die Entstehung einer Reihe schwedischer Phosphorite wird dem *Obolus* zugeschrieben. Die Apatitsubstanz der Obolenschalen wird für primär gehalten.
1918. Beyschlag F. und L. v. zur Mühlen. „Die Bodenschätze Estlands“. Zeitschrift für prakt. Geol. Heft 10, S. 141—150. Über den Obolensandstein mit seinen Phosphoritlagern berichten die Autoren auf den Seiten 142 bis 144, wobei mehrere Profilmessungen angeführt werden. Nur für zwei Fundorte wird der Gehalt an P_2O_5 zahlenmässig ausgedrückt, nämlich das Obolenkonglomerat von Joa mit 20,31% und von Harku mit 5,79.
1920. Wrangell, M. v. „Ein estländischer Rohphosphat und seine Wirkung auf verschiedene Pflanzen“. 44 Seiten und 8 Tafeln. Berlin.
Eine der Autorin nicht günstige Kritik der landwirtschaftlichen Kapiteln ist bei Liidemann (1922) zu finden. Die Unwissenschaftlichkeit dieser Arbeit wird auch von Samoiloff (1924) unterstrichen. Obwohl die Untersuchungen Wrangell's anfangs eine Begeisterung auslösten, später aber abgelehnt wurden, sind sie doch nicht spurlos im Sande verlaufen, sondern haben ein besonderes Interesse für die landwirtschaftliche Verwertung des Obolenphosphorits hervorgerufen.
1920. Wrangell, M. „Phosphorsäureaufnahme und Bodenreaktion“. 49 Seiten und 3 Tafeln. Berlin.
Fortsetzung der Vegetations- (Topf-) Versuche mit verschiedenen Pflanzen und verschiedenen Phosphaten, wobei der Wert des rohen Obolenphosphates im allgemeinen mit dem Thomasmehl verglichen wird.
1920. H. v. Winkler. „Über Umfang und Abbauwürdigkeit estländischer Bodenschätze“. Mitteilungen aus dem Geol. Institut der Universität Greifswald. 27 Seiten.
S. 23. Markasit (rsp. Pyrit). Der Verfasser spricht von der Möglichkeit einer technischen Verwertung estländischer Pyrite, besonders der Marksitbank an der Grenze des Obolensandsteins und Dictyomaschiefers.
S. 25. Neben einem Hinweis auf die Untersuchungen M. v. Wrangell's wird gesagt, dass der Verfasser ein Patent auf Verwertung des feinzermahlenden Rohphosphates ohne vorhergehende chemische Umarbeitung erhalten hat. Die Vorräte des Obolenphosphates („Für

einzelne Bezirke“, ohne diese näher zu nennen) betragen nach der Schätzung des Verfassers mindestens 1.710.000 t. (pro quadr. Klm. ?).

1921. Gäbert, C. „Über die Ölschiefer in Estland“. Braunkohle Nr. nr. 48—49, S. 598—621.

Es werden vorübergehend auch die Markasitbank und die Obolenbänke genannt und zum Teil für abbauwürdig gehalten, besonders bei einer gleichzeitigen Ausbeutung der drei nutzbaren Schichten: Dictyonema (Öl-) Schiefer, Markasitbank und Obolenphosphat.

1921. Ümarik, J. Agronom. „Eesti Vosvoriit“ („Estnisches Phosphorit“). Estnisch. „Agronomiam“ Nr. 1 p. 3—9.

Auf Grund weniger Messungen wird der Gesamtvorrat estnischer Phosphorite auf 5—6.000 Millionen t. (!) geschätzt. Der Verfasser meint, auf feuchtem Boden könne der Rohphosphat mit Superphosphat konkurrieren. Die vom Verfasser im Jahre 1920 ausgeführten Vegetationsversuche zeigen, dass der Rohphosphat gewissermassen den Pflanzen nützlich sein kann.

1922. Winkler, H. v. „Eestimaa geologia I“ („Estlands Geologie I“). Estnisch. Tallinn (Reval), 179 Seiten, 3 Tafeln und eine Karte.

Obolensandstein, S. 27 bis 36. Die reichsten Lagerstätten des Obolenphosphates befinden sich nach der Meinung des Verfassers zwischen den Flüssen Brigitten (Pirita) und Jaggowal (Jägala). Für diese Gegend wird ein Vorrat von 1.710.000 t. pro quadr. Klm. angegeben.

1922. Liidemann, K. Agronom. „Vosvoriit väetusainena“ („Phosphorit als Düngungsmittel“). „Agronomiam“ Nr. 2, Tartu (Dorpat), S. 49—61. Estnisch.

In diesem Artikel findet sich die Kritik der landwirtschaftlichen Untersuchungen Wrangell's.

Betreffs des Obolenphosphates selber glaubt der Verfasser, dass eine unmittelbare Verwendung des Rohphosphates sich im allgemeinen nicht gut lohnen wird, es muss vorher zu einem löslichen Produkt verarbeitet werden. Interessant sind die Hinweise auf die Verwertung des einfachen rohen Obolenphosphates auf sauren Böden, Mooren oder mit Torf gemengt und auf die aufschliessende Wirkung der Lupinus-Arten.

1923. Erassi, N. (Manuskript.) Seines frühzeitigen Todes wegen blieb die von ihm begonnene Untersuchung unvollendet. Die von ihm hinterlassenen Schriften wollte Prof. H. Scupin veröffentlichen, später aber übergab er sie teilweise mir. Doch weil zu der Zeit (Oktober 1925) meine Feldarbeiten und zum Teil dieses Heft fertig waren, kann ich nur einige von Erassi's Daten, die noch nicht veraltet waren, zum Vergleich mit den meinigen anführen.

Es sind im Ganzen drei Manuskripte in russischer Sprache vorhanden: 1. „Геологическое путешествие. Лето 1923“ („Geologische Reise. Sommer 1923“). Das ist sein Tagebuch mit 36 Profilangaben, von denen nur wenige genau ausgemessen sind. Selbst die meisten Mächtigkeitenangaben der Obolenkonglomerate sind nur annähernd gegeben. Mehrere wichtige Fundorte (Mäeküla, Rootsikalavere u. a.) sind nicht genannt.

2. „18.VI.23“. Mit diesem Datum ist von 8 losen Blättern das erste bezeichnet. Diese enthalten analytische Daten für folgende Ortschaften: 1. Iru (Hirro), Stollen am Fluss, Analyse des Obolenkonglomerates; 2. Joa — drei Obolenkonglomerate; 3. Valkla (Walkül) — eine Analyse und 4. „NO von Turja“ — unbeeendet.

3. „Тетрадь I. Описание обнажений“ („Erstes Heft. Die Beschreibung der Aufschlüsse“). Es enthält die Daten des Tagebuches.

Ausserdem sind noch einige unbrauchbare Handstücke und Proben vorhanden.

1923. Илькевичъ, П. Н. „Отчет разведки по выходам фосфоритовых месторождений Ирро и „Ротсикаллафер“. („Gutachten über die Phosphoritlagern bei Iru (= Hirro) und Rootsikalavere (-Rotsikallafer)“, vom Berging. P. N. Ilkewitsch. Russisches Manuskript mit einer Karte und Profilzeichnungen. Aus den Akten des Bergamtes.

Dieses Gutachten, von einem Fachmann ausgeführt, gibt ein Bild der Lagerungs-Verhältnisse und eine Reihe von Profilen mit einschlägigen analytischen Daten. Für Iru wird für eine Fläche von 0,5 km. ein Vorrat von 875.000 t. angegeben, welches auf ein quadr. Klm. umgerechnet fast die Winkler'sche Zahl ergibt 1.750.000 t. (bei Winkler 1.710.000). Die Phosphoritlager enthalten 13 bis 16% P_2O_5 .

1924. Samoiloff, J. V. „Vosvoriidi leukohad Eestis“ (Deutsches Referat „Phosphoritlager Estlands“) „Agronomiam“ Nr. 1 Tartu (Dorpat) S. 1—13. Neben einem etwas veralteten geologischen Überblick wird auch die Literatur mit einigen kritischen Bemerkungen besprochen. Dem Obolusphosphorit wird eine Verwertungsmöglichkeit zugesprochen; die Obolen selber werden als Biolithe bezeichnet, deren ursprüngliche chemische Zusammensetzung beibehalten ist. Als Schlussfolgerung wird ausgesprochen, dass einige von den paläozoischen Phosphoriten nach ihrer Entstehung von hornschaligen Brachiopoden abzuleiten sind.

1924. Liidemann, K. „Eesti ja Vjatka vosvoriitide võrdluskatse“ („Ein Vergleichsversuch des Estnischen und Vjatka'schen Phosphorites“). „Agronomiam“ Nr. 12 S. 463—464. Der Verfasser berichtet über seine landwirtschaftliche Vegetationsexperimente und folgert aus diesen, dass der Obolenphosphorit für mehrere landwirtschaftliche Pflanzen bei neutraler Reaktion schwer aufnehmbar ist — bei saurer, im Überschuss verwendet, können die Resultate befriedigend sein.

II.

Geologie des Obolensandsteins.

Der Obolensandstein, der Träger der Phosphatlagen, ist ein tieferes Glied des Glintes und, wie alle Schichten desselben, besitzt er ein geringes Einfallen nach Süden, welches im allgemeinen 12' bis 15' beträgt. Ausser diesem allgemeinen NS Einfallen macht sich eine geringe Abdachung von

den Meridianen Kunda-Aseri (Asserin) nach Ost und West bemerkbar, so dass wir ganz Estland als einen flachen Sattel uns vorstellen müssen. Diese interessante Tatsache ist nicht näher erforscht worden. Bei Mikwitz, Schmidt und Wahl finden sich einige Hinweise darüber. Am Glint kommt dieser Sattel in dem Sinn zu Tage, dass die bei Pakerort liegenden Schichten (der Obolensandstein befindet sich dort nur 3 m. über dem Meeresspiegel) nach Osten heransteigen, so dass bei Ülgase der Obolensandstein schon 35 m. hoch liegt; weiter bis zu dem genannten Meridian ist dieses Heransteigen schwächer und bei Narwa sind die Schichten wieder dem Meeresspiegel sehr nahe.

Beyschlag und v. zur Mühlen überschätzen das Einfallen der Schichten des Ordoviziums, in dem sie die Grösse mit 2⁰ bis 5⁰ angeben.

Mickwitz und Schmidt schlossen den Obolensandstein zusammen mit dem Dictyonemaschiefer dem Oberkambrium an, ihn mit den Olenuschichten vergleichend.

Nach den Untersuchungen schwedischer Forscher (Moberg, Holm) ist der Obolensandstein ein wenig jünger und im Einverständniss mit ihnen können wir diesen Sandstein als die Basis des Ordoviziums betrachten. Von dem liegenden unterkambrischen petrefaktenleeren Sandstein ist der Obolensandstein durch eine Abtragungsfläche und ein Transgressionskonglomerat getrennt. In neuerer Zeit haben diese Frage Raymond¹⁾ und Rüger²⁾ behandelt.

Der Obolensandstein wird vom Dictyonemaschiefer überdacht und die oberen Teile des Obolensandsteins enthalten mehrere von 1 bis 10 cm mächtige Schiefer-Zwischenschichten, die auf einen engen Verband beider Bildungen hinweisen.

Von Pakerort bis Walkla (Walküll) bildet eine von 5 bis 30 cm mächtige Markasit-Sandbank die oberste Schicht des Obolensandsteins und unter dieser Bank liegt eine stellenweise 1,20 bis 2,00 m., gewöhnlich aber 0,60 bis 0,80 m mächtige kreuzgeschichtete Sandsteinschicht, die zahllose Obolentrümmer führt. Diese Schicht wollen wir weiter die „Detritusbank“ oder einfach „Detritus“ nennen. Das östlichste bekannte Vorkommen des Detritus ist Nõmmeveski und im Westen von diesem Punkte ist die Bank ausnahmslos in jedem Aufschluss vorhanden. Im Osten fehlen sowohl die Markasit- als auch die Detritusbank und der Obolensandstein geht durch Wechsellagerung in den Dictyonemaschiefer über. Aber auch im Westen, unter der Detritusschicht, finden wir diese Wechsellagerung und im ganzen Gebiete, von Pakerort bis Utria (bei Mereküla = Mereküll) enthalten die Tonschieferzwischenlagen und der Sandstein selber gut erhaltene und erkennbare Reste des *Dictyonema flabelliforme* Eichw. Diesen Graptolithen habe ich ausnahmslos in jedem Aufschluss des Obolensandsteins gefunden, und zwar immer in den oberen Schichten, welche die Schieferlagen führen.

Dieser ganze Schichtenkomplex, nämlich der Detritus mit der Markasitbank und den Schichten mit *Dictyonema flabelliforme* bilden zu-

1) P. Raymond. „The correlation of the ordovician strata of the Baltic Basin with those of Eastern North America“. Cambridge U. S. A. 1925.

2) Rüger, L. „Paläogeographische Untersuchungen im baltischen Cambrium unter Berücksichtigung Schwedens“. Centralblatt f. Mineral. etc. 1923, Nr. 4—5 S. 117—128; 142 — 155).

sammen die obere Zone des Obolensandsteins, welche im ganzen Glint ansteht und, wie gesagt, zwei Entwicklungsformen aufweist: die westliche, von Pakerort bis Nömmeveski mit der Detritus- und Markasitbank, und die östliche, wo diese beiden fehlen, während die darunterliegenden Obolensandsteine mit den Schiefer-Zwischenschichten ebenso, wenn nicht besser, entwickelt sind. Die Mächtigkeit dieser Zone ist gering und schwankt zwischen 2 und 3,5 m.

Gleich unter diesen Schichten mit *Dictyonema flabelliforme* folgen Sandsteine mit den linsenartig ausgebildeten Obolenbänken (rsp. Konglomeraten), welche im Maximum die folgenden 2 m einnehmen. Es sind gleichzeitig bis 3 aufeinanderfolgende Bänke beobachtet worden, wie z. B. bei Joa und Walkla.

Die Konglomerate sind unten immer scharf begrenzt, die obere Grenze aber ist gewöhnlich verschwommen. Es ist die mittlere Zone des Sandsteines.

Unter diesen Konglomeratschichten können noch bis 3 m mächtige Sandsteine liegen, die eine eigentümliche Fauna mit *Lingula*, *Obolus* und *Acrotreta* führt. Diese Schichten bilden die tiefste Zone unseres Sandsteines.

Das Profil aus Iru (Abb. 1) enthält alle diese Glieder des Obolus-Sandsteines in schönster Entwicklung, wobei auch die unteren Schichten zum Vorschein kommen, was nicht immer der Fall ist.

Die Abb. 2 zeigt die mittleren Schichten des Obolus-Sandsteines, gleichfalls aus Iru (Hirro) mit den schön entwickelten Obolusbänken.

Die untere Zone ist aber nicht im ganzen Gebiete zu finden. Auf der Halbinsel Baltischport finden wir unter der 3,5 m. mächtigen *Dictyonema flabelliforme*-Zone nur das Transgressionskonglomerat mit einer bis 15 cm. mächtigen Obolenschicht verbunden. Nach Osten aber wächst die Zone und in

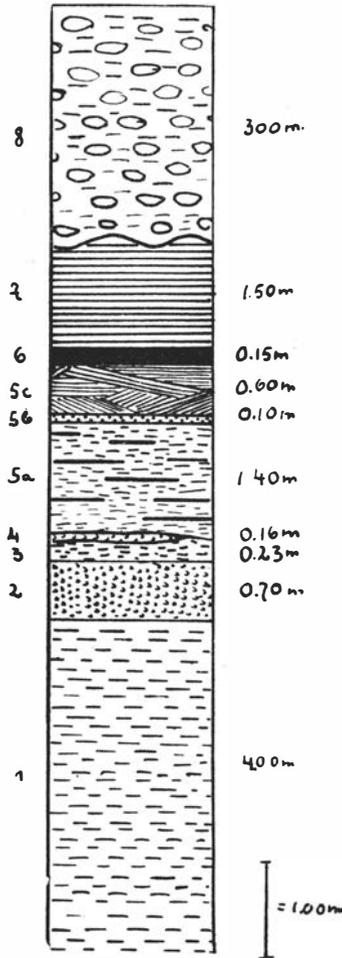


Abb. 1. Profil des Obolensandsteins am Stollen bei Iru. 1. Heller Sandstein der unteren Zone mit wenigen Tonzwischenschichten über 4 m mächtig; 2. Obolenbank 0,70 m; 3. Heller obolenarmer Sandstein 0,23; 4. Eine Obolenlinse. Diese Schichten gehören der mittleren Zone an. 5. Zone mit *Dictyonema flabelliforme*. a) Sandstein mit wenigen Obolen und regelmässigen Schieferzwischenschichten. *Dictyonema* selten, 1,40 m; b) Sandstein mit zahlreichen Graptolithen (*D. flabelliforme*) — 0,1 m; c) Detritus — 0,60 m; 6. Markasitbank bis 0,15 m; 7. *Dictyonema*-Schiefer (z. T. abgetragen) 1,5 m; 8: Alter Strandwall. Siehe auch die Abb. 2.

der Stadt Tallinna (Reval) im Park Kadriorg (Katharinental) finden wir den Obolenssandstein in seiner vollen Entwicklung. Von da an wird auch der Sandstein „flözführend“, es kommen die Obolenkonglomerate hinzu; sie wachsen in ihrer Mächtigkeit und Ausdehnung nach Osten, erreichen ihr Maximum bei Rootsikalavere und Ülgase (Ilgast) und sind noch bis Tsitri (Zitter) zu verfolgen. Bei Nõmmeveski ist der Obolenssandstein noch in derselben stratigraphischen Entwicklung vorhanden, von den Obolenkonglomeraten dagegen sind nur noch Spuren zu sehen.



Abb. 2. Profil des Obolenssandsteines am Stollen bei Iru. Die Bezeichnungen der Schichten wie in der Abb. 1. Phot. d. Verfassers.

Weiter nach Osten fehlt die untere Zone, nur bei Purtsje (Isenhof) und Saka (Sackhof) kommt sie in schwacher Entwicklung zum Vorschein und ist weiter wie bei Pakertort, nur noch durch das Transgressionskonglomerat vertreten.

Die geschilderten Tatsachen geben uns die Möglichkeit das ganze Areal des Obolenssandsteins in ziemlich bestimmte Gebiete einzuteilen.

Wirtschaftliche Wichtigkeit besitzen in Obolenssandstein der Detritus und die Obolenbänke (resp. Konglomerate), die wir als Grundlage unserer

geographischen und zum Teil auch paläogeographischen Gliederung wählen und somit die folgende Tabelle erhalten:

Packerort, Tallinn, Iru, Ülgaste, Joa; Nõmmeveski, Kunda bis Utria, Narva					
Detritus und Konglomerat.	Markasitbank und Detritus gut entwickelt und zum Teil produktiv.			Aufschlüsse unbekannt.	Markasitbank und Detritus fehlen. Konglomerate entwickelt.
	Konglomerate angedeutet.	Konglomerate in produktiver Entwicklung.	Konglomerate angedeutet.		

Folglich ist das in wirtschaftlichem Sinne wichtigste Gebiet die Strecke von Tallinna (Reval) bis Nõmmeveski, wo auch stratigraphisch der Obolensandstein am vollständigsten entwickelt ist. Diesem Gebiete folgt eine 50 km. lange Strecke des Glintes bis Kunda, wo Quartärablagerungen alle Aufschlüsse verdecken. Von Kunda aber und Aseri (Asserin) finden wir nur noch ein im allgemeinen nur selten über 30 cm mächtiges Obolenkonglomerat, das fast immer mit dem Transgressionskonglomerat verbunden ist.

Über die Entstehung des Obolensandsteins mit seinem Obolen- (Phosphorit-) Bänken sind Hypothesen ausgesprochen worden, die alle sich darin einigen, dass es Strandbildungen sind. Die Anhäufung der Schalen wird durch Wellentätigkeit erklärt und Samoiloff (1924) vergleicht die Obolenbänke mit von Weigelt und Andrée beschriebenen Strandwällen an den Ufern der Ost- und Nordsee. H. Scupin glaubt sogar, dass diese Konglomerate „zwischen Ebbe und Flut“ entstanden und gelegen sind. Die Wirklichkeit aber ist hier etwas komplizierter, denn für Strandwälle spricht nur die Kreuzschichtung, während die Schalen selber nicht in dem Maasse sortiert worden sind, dass es möglich wäre eine Auswahl nach dem sp. Gewicht und der Krümmung der Schalen, wie Samoiloff es vermutet, festzustellen. Ausserdem muss ganz scharf zwischen dem Detritus und den Konglomeraten unterschieden werden, welche beide, wegen ihrer flächenartiger und verhältnismässig gleichartiger Verbreitung nicht in den engen Rahmen des Strandwalles passen. Auch die ziemlich konstante Mächtigkeit der Zonen, die auffallend grosse Verbreitung und schöne Erhaltung der zarten *Dictyonema flabelliforme* — alles vereinigt sich zu dem Bilde eines ausgedehnten flachen Meerbusens mit verhältnismässig ruhigem Wasser und grossen Brachiopodenbänken. Dieses Vorwalten und Anhäufung weniger *Obolus*-Arten macht aber immerhin den Eindruck eines flachen, abgeschlossenen Beckens, indem möglicherweise auch der Salzgehalt von der Norm abwich. Nur der Detritus entspricht einem kurz dauerndem und nicht allgemeinem Trockenliegen oder sogar nur einer zeitlichen Verflachung des ordovizischen transgredierenden Meeres.

Die Fauna des Obolensandsteines wurde von Mickwitz und Schmidt als sehr eintönig geschildert und die grosse Anhäufung der *Obolus*-Arten erzeugt anfangs wirklich diesen Eindruck. Aber wenn wir die Faunenliste näher ansehen, so wird uns diese eigentümliche „Phosphoritfauna“ ein anderes Bild geben. Es sind aus dem Obolussandstein 6 Gattungen schloss-

loser Brachiopoden bekannt und zwar: *Obolus* mit wenigstens 7 Arten; *Schmidtia* mit 4 Arten; *Lingula* mit 1—2 Arten; *Keyserlingia* mit 1 (2?) Arten; *Helmersenia* — 1 Art; *Siphonotreta* — 1 Art, zusammen wenigstens 15 Arten. Eine Graptolithengattung mit der Art *Dictyonema flabelliforme* Eichw.; eine Bryozoengattung mit *Heteronema priscum* Bassler; ein zweifelloser Trilobit, von Mickwitz und Schmidt gefunden; Konodonten, wenigstens in zwei Arten. Im ganzen sind im Obolensandstein 10 verschiedene Gattungen mit wenigstens 20 Arten zu finden, von denen alle, ausser 2—3 Obolusarten, häufig sind. Bei dem beträchtlichen Alter dieser Fauna kann sie nicht als „sehr“ arm bezeichnet werden.

Es ist schwer in einem Kapitel die stratigraphischen und paläontologischen Tatsachen mit allen Folgerungen darzustellen. Ich beabsichtige nächstens diese Fragen in einer besonderen Arbeit zusammenzufassen, welche die ganze Pakerortstufe, also den Obolensandstein und den Dictyonemaschiefer behandeln wird*).

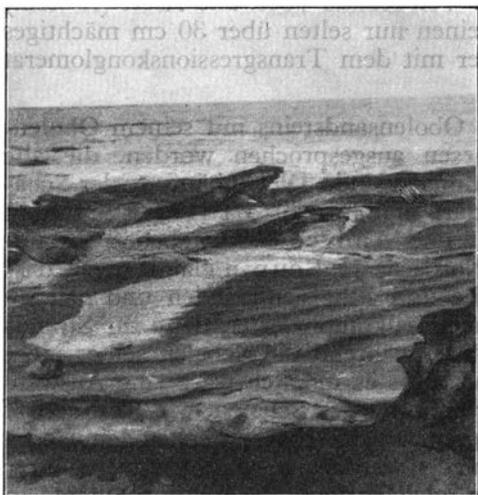


Abb. 3. Die Markasitbank am Strande von Leetse. Wellenfurchen auf der Oberfläche gegen den (abgetragenen) Dictyonemaschiefer. Der unter der Bank liegende Detritus ist zum Teil ausgewaschen, so dass die Bank unterhöhlt ist.

(Photo des Verfassers.)

Hier möchte ich aber noch bei der Entstehungsfrage der Markasitbank verweilen. Die Markasitbank bildet den oberen Teil des Detritus und ist gegen ihn unscharf abgegrenzt, so dass ein Übergang zwischen den beiden wahrnehmbar ist. Der Markasit ist zum Teil in Körnern, zum Teil als Zement vorhanden und bildet die Hauptmasse des Gesteins. Der übrige Teil besteht aus Quarzsand und reichlicheren oder spärlicheren Obolentrümmern. Die obere, gegen den Dictyonemaschiefer gerichtete Grenze ist dagegen scharf und führt häufig Wellenfurchen. Besonders schön sind diese bei Leetse (Leets, Letz), wo die Markasitbank an der Uferlinie ansteht und von der Brandung reingewaschen wird (siehe Abb. 3.).

Eine sekundäre Entstehung dieser Markasitbank ist schwer möglich. Es lagerte sich der Markasit gleichzeitig mit dem Detritus ab, wurde möglicher Weise durch natürliches Schlämmen angereichert und später, mit der Zeit, zementiert.

*) Siehe auch: 1925 A. Öpik. „Über die Ergebnisse neuerer Untersuchungen im estländischen Unterordovizium“: 1922—1924. Vorläufige Mitteilung. Centralblatt f. Miner. etc. Nr. 8, S. 257—258.

III.

Die Aufschlüsse des Obolus-Sandsteins.

Der Obolensandstein mit seinen Markasit- und Phosphoritlagern, gleichwie die übrigen Glieder des ostbaltischen Unterordiviziums und Kambriums ist mit dem Glint verbunden, wo er zahlreiche Aufschlüsse bildet.

Die vorliegenden Karten enthalten estnische Ortschaftsnamen wie diese von der Bevölkerung an Ort und Stelle gebraucht werden. Weil aber in der Literatur und auf den russischen topographischen Karten die Ortsnamen von denen auf der unseren Karte zum Teil verschieden sind, so werden die Synonyma, wo diese vorhanden sind, in Klammern wiedergegeben. Zum Schluss des Textes findet sich ein alphabetisches Register der Ortschaften.

Der Kliff des Glintes ist auf der Karte mit schwarzer Linie und Schraffen nach dem Abhange hin bezeichnet.

Mit doppelten Kreisen sind die Bohrlöcher von Lagedi (Laakt) Saha (Sage), Kostivere (Kostifer) und Kiiu (Kida) bezeichnet worden.

1. Pakerort. An der Spitze der Halbinsel Baltischport wird der Obolensandstein in einer Mächtigkeit von 3,5 bis 3,7 m sichtbar. Markasitbank und Detritus gut entwickelt, gleichartig auf der West- und Ostküste. Der Detritus wurde von A. Kupffer (1870) analysiert.
2. Leetse mõis (Lets, Letz, Leets). Gut am Oststrand der Halbinsel Baltischport. Auf einem über 1 klm langen Strecke dicht am Ufer sind die Markasitbank (Abb. 3) und der Detritus sichtbar.
3. Keila-Joa (Gut Fall). Unterhalb des Wasserfalles ist der Detritus und die Markasitbank anstehend vorhanden.
4. Türisalu (Türpsel). Der Obolensandstein ist in voller Mächtigkeit am Glint zwischen Joa (Gut Fall) und dem Dorfe Türisalu auf mehreren Stellen aufgeschlossen. Markasitbank und Detritus vorhanden.
5. Vitimõisa (Gut Witi, Witenpöwel, Witenpewel). Der Glint ist hier in zwei Terrassen zerlegt, von denen die untere vom Obolensandstein gebildet wird. Einige hundert Meter südlich vom Gut ist der Obolensandstein mit dem Detritus und der Markasitbank in einem kriegszeitlichen Festungsgraben aufgeschlossen und noch jetzt gut zugänglich. Etwas nördlicher, im Bette des kleinen Bächleins finden wir den Obolensandstein wieder.
6. Suuropi (Surop) unweit des Leuchtturmes sind mehrere künstliche, zum Teil verschüttete Aufschlüsse vorhanden.
7. Rannamõisa (Strandhof). Alle Glieder des Glintes vom Echinospaeritenkalk bis zum Eophytonsandstein, mitunter auch der Obolensandstein sind aufgeschlossen.
8. Kallaste. Am Hohlwege kommt der Detritus und die Markasitbank zum Vorschein.

9. Mäeküla. 3 km östlich vom Gute Hark beim Dorf Mäeküla liegen grossartige künstliche Aufschlüsse. Unter dem Abhang des Glintes, angegangen von der Stelle, wo die Landstrasse den Abhang hinaufsteigt, sind mehrere Festungskeller in dem Schiefer und dem Kalkstein angelegt worden und durch einen tiefen Entwässerungsgraben verbunden. Dieser Graben (Abb. 4) durchschneidet den Obolensandstein; die beiden Schichten des Markasits und des Detritus sind schön aufgeschlossen, und zugänglich. Von der Stadt Tallinna (Reval) liegen diese Aufschlüsse 9 km nach Westen entfernt.

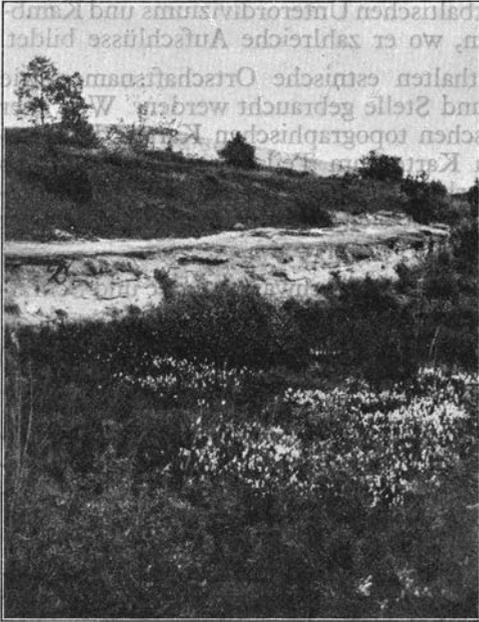


Abb. 4. Mäeküla, 9 km westlich von Tallinn (Reval). Am Ufer des Entwässerungsgrabens sind aufgeschlossen (von unten an): Obolensandstein (hell); über ihm, etwas dunkler (D), der 0,80 m mächtige Detritus; noch höher die Oberfläche der kleinen Terrasse bildend, liegt die Markasitbank. Weiter liegt eine Halde des abgeräumten Dictyonemaschiefers (Photo des Verfassers).

10. Tallinna (Reval). Ein lehrreiches Profil befindet sich am Abhang des Domberges auf der Nonnenstrasse. Unter dem Dictyonemaschiefer liegt der über 1 m mächtige Detritus, während die Markasitbank nur angedeutet ist. Gut zugänglich und von der Stadtverwaltung in Ordnung gehalten. Ausserdem liegen mehrere Strassen und Gebäude auf dem Obolussandstein (Karlskirche, Antoniusberg).
11. Katharinental (estnisch: Kadriorg). Diesen Namen trägt der Park im östlichen Teil der Stadt Reval. Der Glint ist hier in zwei und östlicher in drei Terrassen zerlegt, von denen die mittlere vom Obolussandstein gebildet wird. In der Nähe des Stadions, im Entwässerungskanal des Obersees liegt der Obolensandstein durchgeschnitten da, und führt die bis 15 m mächtige Markasitschicht, den bis 0,80 m mächtigen Detritus und 1,5 m niedriger — ein bis 25 cm mächtiges Oboluskonglomerat mit schwarzen Schalen. Es ist dieses das westlichste Vorkommen des Oboluskonglomerates.
12. „Wolfsschlucht“ (estn. Hundikuristik). 4 km östlich von Tallinn, wo die Landstrasse nach Narva den Glint ansteigt, in einer kleinen

Schlucht kommt der Obolussandstein mit dem Detritus und dem Markasit zum Vorschein. Sehr schön findet sich der Sandstein im Hohlwege der Strasse. Der Detritus wurde von Kupffer (1870) analysiert.

13. Karlova. Unweit des Gutes, dort, wo die Landstrasse sich dem Abhang nähert, sind im Glint einige tiefe Festungskeller in dem Obolensandstein hineingebaut. Detritus und Markasit vorhanden. Der letztere nur 5 bis 10 cm mächtig.
14. Viimsi (Gut Wiems). An der Westseite des Restberges, nördlich vom Gut, auf einer 1 km langen Strecke finden sich im Glint zahlreiche Aufschlüsse des Obolensandsteines. Die Markasitbank ist undeutlich; Detritus schwankt zwischen 0,75 und 0,85 m; ein kontinuierliches Oboluskonglomerat von 0,35 bis 0,50 m Mächtigkeit vorhanden, über 20% P_2O_5 führend. Der Restberg wird „Lubjamägi“ (Kalkberg) genannt.
15. Iru (Hirro, Irro). Unter diesem Namen wird eine Reihe von künstlichen Aufschlüssen bezeichnet, die östlich vom Piiritajögi (-Pirita, Brigitten-Fluss) in der Umgebung des Dorfes Iru liegen. Auf der Karte II sind diese Aufschlüsse mit kleinen lateinischen Buchstaben eingetragen.
 - a) Stollen in der Nähe des Flusses, östlich von der Brücke. Das Profil ist auf der Seite 13 gegeben. Die Proben Wrangell's stammen aus diesem Aufschluss.
 - b) bis i) Im ganzen 8 Schächte, die wohl alle bis zum Obolensandstein reichen und mit einem Entwässerungsstollen verbunden sind (a), in denen aber nicht überall die Phosphoritschichten nachgewiesen wurden.
16. Glint zwischen Iru und Kärmu. Der Obolensandstein ist hier verdeckt. Die Schürfungen von Ilkewitsch aber zeigen das Vorhandensein von Detritus und an manchen Stellen sind auch Konglomerate nachgewiesen worden. Auf der Karte II sind diese Schürfungen mit 16 a bis 16 h eingetragen.
17. Rootsikalavere (Rootsikallafer). 17 a bis 17 e und 17 g sind zum Teil von Ilkewitsch, zum Teil von mir ausgeführte Schürfungen; 17 f ist ein 2 m tiefer Entwässerungsgraben unter dem Äs Rootsimägi. In schönster Weise sind hier 3 aufeinanderfolgende Obolungskonglomerate sichtbar.
18. Rootsikalavere. Dort wo der Abhang der Terrasse die Ostrichtung annimmt und eine Ecke bildet, ist der Obolensandstein sichtbar. Doch es sind nur dünne Schichten mit Obolen vorhanden, weil sie schon der unteren Abteilung des Sandsteines angehören.
19. Rootsikalavere. In der Schlucht des Baches sind die unteren Schichten des Obolensandsteines sichtbar.
20. Kure. Im Sumpfe konnte ich beim Schürfen das Vorhandensein von Sand mit Obolustrümmern nachweisen. Knollenartiger Vivianit, von denselben Obolentrümmern durchsetzt, ist nicht selten.
21. Sarapiku, Gesinde. Beim Schürfen sind die unteren Schichten des Obolensandsteines nachgewiesen worden.

22. Sarapiku, $\frac{1}{2}$ klm östlicher. Beim Schürfen konnte ich ein 0,45 m mächtiges Obolenkonglomerat feststellen, das fast unmittelbar unter dem Sandstein mit *Dictyonema flabelliforme* liegt.
23. Die untere Terasse des Glintes von 22 bis 24 besteht aus Obolensandstein, der beim Schürfen erreicht wurde.
24. Ülgase (Ilgast). $\frac{1}{2}$ klm westlich vom Gut, im Brunnen auf der Terasse, ist ein 12 cm mächtiges Konglomerat vorhanden, das dem Konglomerat in 22 gleich ist.



Abb. 5. Bergwerk „Ülgase“ Unten: heller diagonalgeschichteter obolenarmer Sandstein. Höher, vom liegenden Sandstein scharf abgegrenzt, ebenfalls diagonalgeschichtet, das 1,06 m mächtige „Hauptkonglomerat“. Unten ist er dunkel, höher wird er heller, was einer Abnahme der Obolenzahl entspricht. (Photo des Verfassers.)

25. Ülgase, Abhang des Glintes. Auf mehreren Stellen ist der Obolensandstein sichtbar und es sind hier der Markasit, der Detritus und die Konglomerate gut entwickelt. Im Stollen des Bergwerkes der Aktiengesellschaft „Eesti Vosvoriit“ besitzt das untere Konglomerat eine Mächtigkeit von 0,90 bis 1,06 m. Unten ist die Schicht scharf begrenzt und sehr schalenreich. 25—35 cm höher nimmt die Zahl der Schalen ab, an Stelle der grossen Obolusarten wird die *Schmidtia* häufiger. Über diesem Hauptkonglomerat sind rund 1 m höher 1 bis 2 unbedeutende höchstens 15 cm mächtige Linsen zu beobachten.

In dieser Ausbildung sind die Phosphoritschichten noch 1 klm nach Osten zu verfolgen, wo die Mächtigkeit abnimmt.

26. Ülgase, 2 klm östlich vom Gut, wo der Glint sich wieder in zwei Terrassen spaltet, finden sich in der Schlucht des kleinen Baches sowohl der Markasit als auch der Detritus im allgemeinen unverändert. Es sind auch zwei Konglomerate vorhanden, von denen das obere, den oberen Konglomeraten von Ülgase entsprechend, schalenreich ist und bis 0,25 m mächtig werden kann. Das untere, dem Hauptkonglomerate des Bergwerkes von Ülgase entsprechend, ist ganz verarmt, aber noch erkennbar.
27. Ristimäe. Wo der Weg aus Manniva den Abhang der Obolensandstein-Terrasse hinauf steigt, bildet ein 0,16 m mächtiges Obolenkonglomerat die Oberfläche der Terasse. Die niedriger liegenden Sandsteinschichten enthalten zerstreute Schalen. Der Ackerboden der Terasse zwischen den Aufschlüssen 26 und 27 ist zum grösseren Teil aus dem obolenführenden Sandstein zusammengesetzt, stellenweise ist das ursprüngliche Konglomerat noch erkennbar. Auch am Abhang kommt auf mehreren Stellen das Obolenkonglomerat bis 30 cm mächtig zum Vorschein.

28. Joa (Jägala-Joa). Ein klm nördlich von der Fabrik, am Fluss, kommt der Obolenssandstein am linken Ufer mit einem bis 0,20 m mächtigen Obolenkonglomerat vor.
29. Joa. Am linken Ufer des Jägala (Jaggowal) Flusses, gegenüber der Fabrik, liegt das von Mickwitz untersuchte Profil des Obolenssandsteins. Gut entwickelt sind der Markasit (unterhalb des Wasserfalles) und der Detritus; ausserdem sind zwei Konglomerate vorhanden. Mühlen und Erassi haben ebenfalls die Stelle untersucht und beide geben den Gehalt mit 20% P_2O_5 an.
30. Joa. Rechtes Ufer des Jägala-Flusses. Der Obolenssandstein mit vereinzelt Obolen kommt zum Vorschein.
31. Ubari. Nördlich vom Gesinde. Im Glint liegt eine Aushöhlung in ziemlich harten Sandstein. Erassi hat in den oberen Schichten dieses Sandsteins Obolenschalen nachgewiesen.
32. Walkla (Walkül, Gut). Im Tal des Baches sind Detritus und zwei Konglomerate zu finden. Das untere ist reich und nähert sich dem Ülgase-Typus. Besonders schön ist es oberhalb des Gutes im Bache selbst.
33. Tsitre (Zitter, Gut). 1 klm südwestlich vom Gute, im Glint in einer Schlucht oberhalb des kleinen Wasserfalles kommt ein ziemlich reiches Konglomerat vor. Höher ist auch der Detritus nachweisbar.
34. Nõmmeveski. Der Fluss Valge (Walgejögi, Weissfluss) durchschneidet den von mächtigen Quartärablagerungen verdeckten Abhang des Glintes und bildet einen kleinen Wasserfall. Unterhalb des Wasserfalles im Cañon findet sich der über 6 m mächtige Obolenssandstein mit angedeuteten Konglomeraten.
Von Nõmmeveski bis Kunda ist der Glint verdeckt und der Obolenssandstein kommt nicht zu Tage. Der Abhang des Glints ist aber vorhanden und gut zu verfolgen.
35. Kunda. 1,5 km westlich, am Abhange des Glints werden dessen obere Schichten vom Obolussandstein gebildet. Südlicher, in einem Graben, habe ich Obolentrümmer beobachtet.
36. Kalvi (Gut Pöddes). Erassi berichtet, dass an der Stelle, wo die beiden Terrassen des Glints sich vereinigen, 2,5 m unter dem Dictyonemaschiefer, ein 5 bis 10 cm mächtiges Obolenkonglomerat zu finden ist.
37. Aseri (Asserin). Im Abhang des Glints ist unter anderem auch der Obolenssandstein sichtbar mit einem bis 30 cm mächtigen Konglomerat.
38. Puritse (Alt-Isenhof). Nördlich vom Gut, östlich von der Mündung des Flusses, im Abhang des Restberges Hüemägi ist der Obolenssandstein mit einer bis 1,5 m mächtigen Obolenssandstein mit einer bis 1,5 m mächtigen Obolen- (resp. Schmidtien-) Schicht sichtbar, die 1 m unterhalb des Dictyonemaschiefers ihre obere Grenze hat. Die unteren 10 cm bilden ein reiches Konglomerat.
39. Saka (Gut Sackhof). Der Glint ist hier dicht ans Meer herangerückt doch ist er verwachsen und nur wenige Stellen zeigen zugängliche Profile des Obolenssandsteins.

Unter dem Dictyonemaschiefer, 1,6 m tief, liegen 1,43 m mächtige Sandsteinschichten, die ähnlich wie bei Purtsch Schmidia und Obolusschalen führen. Die reichste Schicht ist 32 cm mächtig und enthält 14% P_2O_5 .

40. Ontika. Auf der Strecke zwischen Saka und Ontika sind vielfach Aufschlüsse zu beobachten, die aber unzugänglich sind. Abgestürzte Blöcke, die oft fast das ganze Profil des Obolussandsteins wiedergeben, führen von 0,10 bis 0,50 m mächtige Obolenschichten. Das von Kupffer (1870) gemessene und auch analysierte Vorkommen bei Ontika ist zum Teil verwachsen.
41. Walaste, Dorf. Der hier vorhandene Entwässerungsgraben bildet einen kleinen aber recht hohen Wasserfall, der auch den Obolussandstein bespült. Es ist eine Phosphoritschicht von 0,20 m zu beobachten.
42. Toila Vorwerk. Ein ziemlich zugängliches Profil mit einer bis 0,30 m mächtigen Obolenschicht.
43. Martsa (Marts). Der Weg, welcher vom Glint zum Strande hinabsteigt, durchschneidet den Obolussandstein, der in seinem Grunde eine bis 0,40 m mächtige obolenhaltige Schicht führt.
44. Toila. Am Wege, der zum Strande führt, liegt im Obolussandstein eine bis 0,20 m mächtige Obolenschicht.
45. Oru. Am rechten Ufer des Pühajögi-Tales, dicht unter der Villa ist die Obolenschicht 0,20 m mächtig.
46. Woka (Gut Chudleigh). Fast die ganze Strecke des Glints von Pühajögi bis zum Gute bildet einen ununterbrochenen steilen und hohen Aufschluss. Der Obolussandstein ist nur ausnahmsweise zugänglich. Es ist eine Phosphoritschicht vorhanden, die mit dem Transgressionskonglomerat zusammenzufallen scheint. Anstehend und an abgestürzten Blöcken gemessen ist die Schicht, 0, 0,06—0,30 m mächtig und ziemlich fest.
47. Künnapää. Am Glint hat das Obolenkonglomerat eine Mächtigkeit von etwa 0,25 m.
48. Päite (Peuthof). Der Glint zwischen Künnapää und dem Kordon von Päite besitzt mehrere Stellen, wo der fast überall aufgeschlossene Obolussandstein zugänglich ist. Das Obolenkonglomerat schwankt zwischen 0,10—0,20—0,35 m.
49. Kannuka. Am Wege, der am Glint hinabführt, ist Obolussandstein mit seltenen Schalen anstehend zu finden.
50. Utria. (Udrias) Das Obolenkonglomerat ist deutlich, besitzt eine Mächtigkeit von 0,05 bis 0,50 m, erfüllt taschenartig die Senkungen des abgetragenen petrefaktenleeren Sandsteines. Die Schicht ist obolenarm und markasitreich.
51. Narwa. An den Steilufeln des Flusses liegt der rötlich-violette Obolussandstein, ziemlich dicht von Obolenbruchstücken durchsetzt. Das Grundkonglomerat führt ziemlich grosse Obolenreste.

Diese 51 Fundstellen des Obolussandsteines am Glint, mehr als 100 einzelnen Aufschlüssen und Profilen entsprechend, geben ein ziemlich deutliches Bild der Verteilung und der Vorräte des Obolenphosphorites. Auffallend ist die ununterbrochene Folge des Detritus im Westen und des Obolenkonglomerates im Osten, welche innerhalb gewisser Grenzen grosse

Gleichartigkeit aufweisen, sowohl in ihrer Mächtigkeit, als auch in dem Gehalt an Phosphorsäure.

Aus dem Bohrprofilen, die wir hier angeben, folgt dasselbe, wobei auch eine Vorstellung über die südliche Verbreitung der Phosphoritfelder erhalten wird.

1. Bohrloch Lagedi (Laakt). Unter dem Dictyonemaschiefer sind erbohrt worden:

In der Tiefe von 31,30 m.

- | | |
|--|--------|
| 1. Markasitbank | 0,08 m |
| 2. Detritus (grauer) | 0,60 „ |
| 3. Heller Sandstein mit wenigen Obolen | 0,85 „ |
| 4. Obolenkonglomerat aus schwarzen Schalen bestehend, mit kalkigem Bindemittel | 0,12 „ |
| 5. Härterer Sandstein mit Glaukonitkörnchen und seltenen Obolen | 0,62 „ |
| 6. Harter Sandstein mit wenigen Obolen | 0,14 „ |
| 7. Lockerer Sandstein und Sand mit wenigen Obolen und Glaukonitkörnchen | 2,08 „ |

Erbohrte Mächtigkeit des Obolensandsteines über 4,41 m
Im ganzen ist das Bohrloch 35,82 m tief.

Des Profil von Lagedi weist eine grosse Ähnlichkeit auf mit dem Profil in Kadriorg (Katharinenthal).

2. Bohrung Saha. Hangendes: Dictyonemaschiefer.

In der Tiefe von 20,51 m:

- | | |
|--|--------|
| 1. Markasitbank | 0,05 m |
| 2. Detritus, aus schwarzen und grauen Obolentrümmern bestehend, sehr locker | 0,65 „ |
| 3. Sehr lockerer heller Sandstein mit schwarzen Schiefer-Zwischenschichten und spärlichen Obolen | 1,24 „ |
| 4. Konglomerat mit schwarzen Obolen | 0,26 „ |
| 5. Heller Sandstein | 1,10 „ |

Erbohrte Mächtigkeit des Obolensandsteines über 2,91 m
Diese Bohrung ist nicht genügend tief, um über Vorhandensein oder Abwesenheit abbauwürdiger Konglomerate zu urteilen.

Die Tiefe der Bohrung beträgt 23,44 m.

3. Bohrung Kostivere (Kostifer). Hangendes: Dictyonemaschiefer.

In der Tiefe von 23,88 m:

- | | |
|--|--------|
| 1. Markasitbank | 0,07 m |
| 2. Detritus, wie vorher, aber mit Schieferschichten | 0,60 „ |
| 3. Hellgrauer Sandstein mit wenigen Obolen und Glaukonitkörnchen | 1,54 „ |

In der Tiefe von 26,10 m:

- | | |
|---|--------|
| 4. Konglomerat mit schwarzen Obolentrümmern | 0,15 m |
| 5. Hellgrauer, fast weisser Sandstein mit Glaukonit und seltenen Obolentrümmern | 3,03 „ |

Erbohrte Mächtigkeit des Obolensandsteines über 5,40 m
Tiefe der Bohrung: 29,29 m.

4. Bohrung Kiiu (Kida). Hangendes: Dictyonemaschiefer.

In der Tiefe von 19 m:

- | | |
|---|--------|
| 1. Markasitbank | 0,08 m |
| 2. Grauer Sandstein mit Schiefer-Zwischenschichten und wenigen Obolentrümmern | 1,60 „ |
| 3. Der an Obolentrümmern (Detritus) reichste Teil des grauen Sandsteines | 0,60 „ |
| 4. Hellgrauer, fast weisser Sandstein mit einzelnen Schieferförschichten | 1,13 „ |

In der Tiefe von 22,41 m:

- | | |
|--|--------|
| 5. Oboluskonglomerat mit schwarzen Schalen, reich | 0,40 „ |
| 6. Dem Oboluskonglomerat (5) anschliessend, Sandstein mit reichlichen grossen Obolentrümmern | 0,59 „ |
| 7. Grauer heller Sandstein mit Obolentrümmern | 1,46 „ |

In der Tiefe von 24,90 m:

- | | |
|--|--------|
| 8. Konglomerat mit Obolentrümmern und erhaltenen Obolen | 0,14 „ |
| 9. Hellgrauer Sandstein mit wenigen Obolen und Glaukonitkörnchen | 2,45 „ |
| Erbohrte Mächtigkeit des Obolensandsteines über | |
| 8,42 m | |

Besonderes interessant entwickelt ist in dem Bohrkern Kiiu der Detritus. Zwischen ihm und der Markasitbank liegen Sandsteinschichten, die westlicher ganz fehlen; im Aufschluss Walkla und besonders bei Nömmeski finden wir solche Ausbildung wieder, so dass diese Erscheinung für örtlich erklärt werden kann.

Als wichtig muss hervorgehoben werden die fast durchweg lockere Zementierung der Sandsteinschichten.

Die angegebenen Messungen sind aus den Bohrprofilen des Herrn J. Reinwald entnommen. Eine eingehendere geologische Behandlung der Bohrungen wird in einer nächsten Abhandlung gegeben.

IV.

Die chemische und mineralogische Beschaffenheit des Obolusphosphorites.

C. Schmidt, A. Kupffer und M. Wrangell beschäftigten sich mit dieser Frage von chemisch-analytischem Standpunkt ausgehend, und Mikwitz suchte durch mikroskopische Forschungen den Aufbau der Schalen des *Obolus Apollinis* zu ergründen. Niggli (bei Wrangell) untersuchte die optischen Eigenschaften; von Winkler sind die spezifischen Gewichte bestimmt worden.

Kupffer gibt im ganzen vier Analysen an, von denen die erste sich auf reine sandfreie Schalen aus Jamburg bezieht, und findet folgende Zusammensetzung in %/0: unlöslich in Säuren 0,53; CO₂—2,42; Fe₂O₃ — 4,90; Glühverlust — 2,57; P₂O₅ — 36,57; CaO — 50,47; MgO — 0,62. Die anderen drei Analysen beziehen sich auf das Gestein — Ungulitensand

mit Obolenschalen und nach Abzug des unlöslichen Anteils (Quarzsand) können wir den Schalen aus Jamburg ähnliche Daten erhalten. Eine der Gesteinsproben stammt aus einer *Schmidtia*-reichen Schicht bei Ontika, während die anderen, nach Profil, Ortschaft (Baltischport-Baltiski und Reval-Tallinn) und Zusammensetzung dem Detritus angehören.

Aus diesen Analysen macht Kupffer den gleichen Schluss wie G. Schmidt, nämlich, dass die Obolenschalen die chemische Zusammensetzung eines Fluorapatits besitzen. Die Kohlen- und die Schwefelsäure bei der Berechnung der Formel werden nicht berücksichtigt.

Die Kupffer'schen Analysen sind von späteren Forschern offenbar nicht immer richtig verstanden worden. Mickwitz (1895, p. 109) schreibt ganz ohne Grund „dass diese Analysen sich nur auf den *Obolus apollinis Eichw.* beziehen und sowohl die Schmidtien wie auch die Obolen des Untersilurs ausschliessen“. Die *Schmidtia*, nämlich, war ganz bestimmt mit analysiert worden, weil es sich in allen Fällen um ein Gemisch unbestimmter Arten handelte. Nur die Analyse „Jamburg“ kann vielleicht als eine Analyse des *Obolus apollinis* mit seinen Varietäten gelten. M. Wrangell (120, I p. 4) meint sogar, dass „A. Kupffer bei Obolen verschiedener Fundstellen 4,75 bis 36,57% Phosphorsäure konstatierte“. In Wirklichkeit aber ist der Gehalt 36,57% für „ausgesuchte Unguliten“ gefunden, die anderen aber beziehen sich auf „ungulitenführende Quarzsandschichten“ (Kupffer, 1870).

Fünfundzwanzig Jahre nach A. Kupffer sind die Obolen zum zweiten Male von M. Wrangell in Hohenheim analysiert worden. Diesmal waren es Obolen nur aus einem Fundort (Iru-Hiro-Hirro) und nach diesem zu urteilen, stellten sie ein Gemisch von der Art *Apollinis* und seiner var. *maxima* dar. Eine Analyse (p. 7. Anal. I) enthält folgende %: P_2O_5 — 35,93; CaO — 51,92; FeS_2 — 0,29; $(AlFe)_2O_3$ — 1,75; MgO — 0,24; $KNaO$ — 1,26; F — 2,66; SO_3 — 1,24; Cl — 0,09. Ausserdem unterscheidet M. Wrangell zwischen weissen und schwarzen Schalen, von denen die zweiten reicher an organischen Substanzen — „Kohle?“ — sein müssen.

Bei der Berechnung der chemischen Formel denkt sich M. Wrangell die Kohlensäure und die Schwefelsäure mit dem Apatit-Molekül verbunden. Sie schreibt die Formel: $3Ca_3(PO_4)_2 CaF_2.CaCO_3$ und gibt sogar eine Strukturformel, in der auch die Schwefelsäure Platz findet. Nach diesen Analysen bestimmt Wrangell, gestützt auf eine briefliche Mitteilung P. Niggli's, der die mikrochemische und optische Untersuchung übernommen hatte, das Mineral als Karbonatapatit — Staffelit.

Der Forscherin aber waren sicherlich die schönen mikroskopischen Untersuchungen Mickwitz's über den lamellaren Aufbau der Obolenschalen bekannt; M. Wrangell schliesst sich ihnen sogar an, wie aus folgenden Zitaten zu ersehen ist. (1920, I. Seite 3) „Das Weichtier baute seine Schale aus 2 verschiedenen Schichten auf; die äussere ist aus schwarzer, homogener, horniger Substanz hergestellt, während die inneren Schichten aus porösen Kalkblättern bestehen“. Daraus könnte der Leser schliessen, wie es auch wahrscheinlich ist, dass die gegenwärtige Schalensubstanz die primäre, vom „Weichtier aufgebaute“ ist. Die Verfasserin aber vermutet eine Pseudomorphose und bemerkt dazu (S. 12). „Die Frage der Pseudo-

morphose der Obolen wird wohl eher vom Geologen als vom Chemiker gelöst werden, obgleich ihre Lösung auch dem Chemiker interessante Anhaltspunkte bietet, so der wechselnde Gehalt von Phosphorsäure und Kohlensäure an der Oberfläche und in dem Inneren der Schalen“. Das heisst also, dass die Beobachtungen und die Folgerungen einander aufheben. Es folgt, nämlich, aus den Beobachtungen, dass der kohlen saure Kalk nicht gleichartig in den Schalen verteilt ist und dass diese, wie die Untersuchungen von A. Mickwitz zeigen, aus apatitartigen und kalkartigen Lamellen aufgebaut sind. Also auch Verfasserin gibt zu, dass die Kohlensäure in diesem Fall nicht mit der Apatitmolekel verbunden ist.

Mit der Frage nach dem Ursprung der Schalensubstanz beschäftigten sich Mickwitz (1895) und Andersson und Sahlbom (1898).

Auf Grund beweisender qualitativer Experimente kommt Mickwitz zum Schluss, dass die Apatitsubstanz der Obolen vom Tiere selbst ausgeschieden wurde und keine Pseudomorphose darstellt. Mickwitz kommt aber auch zur gewagten Folgerung, dass das Obolenmeer mit den Sandablagerungen reicher an phosphorsaurem Kalk war als später, wo die Kalksteine des übrigen Ordoviziums zur Absetzung kamen.

Andersson und Sahlbom vergleichen mehrere schwedische Phosphorite bezüglich ihrer chemischen Zusammensetzung und besonders ihres Fluorgehaltes mit der rezenten *Lingula anatina* und mit den Obolenschalen, wobei die Verfasser folgenden Schluss aussprechen: „les coquilles recentes de *Lingula* ont une teneur en fluor qui se rapproche au moins fortement de celle de l'apatite fluorique, résultat que de son côté, nous montre la probabilité de ce que la teneur en fluor des coquilles siluriennes est primaire et qu'elle a passé de là à la phosphorite“ (p. 87).

Samoiloff (1924) bezeichnet die Obolen als Biolithe, welche in bewunderungswürdiger Weise ihre ursprüngliche Zusammensetzung behalten haben. Gleich Andersson und Sahlbom meint Samoiloff, dass die Obolusschalen als Ursprung mancher anscheinlich anorganischer Phosphorite dienen könnten, und dass eine solche Entstehung der Phosphorite aus Schalen schlossloser Brachiopoden, besonders im Paläozoikum, vielfach stattgefunden habe.

Diese Ansicht über den primären organischen Ursprung der Obolenschalen findet eine starke Stütze in der auffallenden Konstanz ihrer chemischen Beschaffenheit.

Für in Schweden gefundene Obolenschalen geben Andersson und Sahlbom folgende Zusammensetzung an: CaO — 50,45%; $Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$ — 1,80; P_2O_5 — 36,54; Fe — 2,78; unlöslich in HCl — 1,72. Für aus Jamburg stammende Obolen gibt Kupffer folgende %: P_2O_5 — 36,57; CaO — 50,47; F — 3,31. Die Übereinstimmung von Phosphorsäure und Kalk ist überraschend.

Man könnte aber erwarten, dass verschiedene *Obolus*-Arten keine vollständig gleiche chemische Zusammensetzung besitzen, besonders, weil der sp. Gewicht innerhalb ein und derselben Art Schwankungen aufwies.

Die folgende Tabelle, aus den Beobachtungen des Herrn Chem. S.

Paul zusammengesetzt, illustriert dieses Schwanken des sp. Gewichtes bei den Schalen der Grundform des *Obolus apollinis*.

S p. G e w i c h t e		Farbe in gepulvertem Zustande
Stielklappen	Brachialklappen	
3,002	—	Dunkelgrau fast schwarz  Hellgrau
2,976	—	
2,951	2,952	
2,944	—	
2,942	2,931	
2,939	2,928	
2,926	2,927	
2,925	2,918	
2,897	2,879	

Herr S. Paul machte auch die interessante Beobachtung, dass mit der Zunahme des sp. Gewichtes die Farbe dunkler wird und dass beim Zerkleinern der schwereren Schalen ein stechender Geruch (SO₂?) wahrnehmbar wird.

Gleichfalls ist aus der Tabelle ersichtlich, dass im allgemeinen die Stielklappen ein etwas höheres sp. Gewicht besitzen als die Brachialklappen, was in Zusammenhang mit dem massiven Aufbau der Stielklappen gebracht werden kann („Der Kalkwulst“, nach Mickwitz).

Ein Zusammenhang des sp. Gewichtes mit dem Gewichte der Schalen konnte nicht festgestellt werden.

Bei der var. *maxima* konnte ich ein ähnliches Verhalten feststellen. Das grösste sp. Gewicht (2,907) besass eine Stielklappe, das kleinste — eine Brachialklappe (2,784).

Die Schalen des kleinen *Obolus (Schmidtia) celatus* und seiner Gattungsgenossen weichen von diesen Zahlen wenig ab. Ebenfalls ist eine Übereinstimmung mit den Untersuchungen v. Winklers vorhanden.

Um die vermeintliche Abhängigkeit des sp. Gewichtes von der chemischen Beschaffenheit festzustellen, mussten die schwersten und die leichtesten Klappen analysiert werden, wobei sich folgende Resultate ergaben (S. Paul's Analyse):

Obolus apollinis Eichw., forma typica.

%%	S t i e l k l a p p e n		B r a c h i a l k l a p p e n	
	Sp. Gew.: 3,002	Sp. Gew.: 2,897	Sp. Gew.: 2,952	Sp. Gew.: 2,897
P ₂ O ₅	33,86	36,59	36,43	36,94
CaO	46,12	50,62	50,38	51,71
MgO	—	0,15	0,36	0,12
CO ₂	2,06	2,52	2,12	2,44
Fe ₃ O ₃	8,59	1,91	1,20	1,55
Al ₂ O ₃	0,51	0,26	0,28	0,36
Feuchtigkeit . .	0,83	0,81	0,86	0,82
Unlöslich . . .	0,30	0,77	0,19	0,33

Das analysierte Material stammt aus dem Bergwerk Ülgase, wobei ich nur graue Schalen auswählte, deren FeS₂—Substanz noch ganz unzeretzt war. Die Schalen wurden unter der Lupe von Sand befreit; die paläon-

tologische Bestimmung wurde so durchgeführt, dass es kein Zweifel sowohl über die Identität der Arten als auch der Varietäten nachbleiben konnte.

Wegen der Kleinheit der Schalen war es unmöglich aus einer Schale alle Bestandteile zu bestimmen. Von den wichtigeren Bestandteilen blieben F, S und SO₄ unbestimmt; Eisen wurde als Oxyd berechnet, obwohl ein grosser Teil als Sulfid vorhanden war. Auch der Glühverlust blieb unbestimmt, weil der Schwefelgehalt nicht bestimmt werden konnte.

Aus diesen Analysen folgt ohne weiteres: 1) dass das sp. Gewicht vom Eisen (welches in der Form von FeS₂ vorliegt) abhängig ist; 2) dass der Gehalt an CaO, P₂O₅ und CO₂ sich entgegengesetzt dem Eisengehalte verändert. Dieser Umstand kommt besonders in den weiteren Analysen zum Ausdruck; 3) auch die Farbe ist vom Eisengehalt (rsp. Pyritgehalt) abhängig.

Die übrigen Schalen wurden ebenfalls, aber zusammen, analysiert, und ausserdem wurde eine Analyse der Brachialschalen der kleinen Art *Schmidtia celata* ausgeführt um ein Vergleich der Gattung *Obolus* mit *Schmidtia* zu erhalten. Die Analysen sind vom Herrn Chemiker S. Paul im Mineralogischen Laboratorium zu Tartu (Dorpat) asugeführt worden.

Die Chemische Zusammensetzung der Obolenschalen.

Bestandteile	<i>Obolus apollinis</i> (typicus)		<i>Schmidtia celata</i> .
	Stielklappen	Brachialklappen	Brachialklappen
Feuchtigkeit . . .	0,89	0,93	0,90
Unlöslich . . .	0,67	0,46	0,67
Glühverlust . . .	2,62	2,54	2,59
CO ₂	2,20	2,07	2,09
P ₂ O ₅	35,45	34,93	36,07
SO ₃	1,21	1,32	1,84
F	2,77	2,72	2,79
Cl	0,11	Spur	—
CaO	50,22	49,22	50,95
MgO	0,16	0,37	0,07
FeS ₂	3,46	3,99	0,50
Fe ₂ O ₃	0,97	2,76	3,17
Al ₂ O ₃	0,34	0,39	—
KNaO	Spur	—	—
	101,07	101,70	101,64
Abzug für O . . .	1,16	1,14	1,18
Summa	99,91	100,56	100,46

Aus diesen Analysen schliessen wir, dass die Zusammensetzung der Schalen im wesentlichen konstant ist. Die kleinen Schwankungen sind nicht von Art und Gattung abhängig, sondern sie sind durch die accessoirischen Beimengungen verursacht worden.

Weil die Schalen längere Zeit in gleicher Umgebung aufbewahrt wurden, ist die Feuchtigkeit in allen Proben fast die Gleiche. Diese Gleichheit der Feuchtigkeit kann auch durch gleiches Adsorptionsvermögen erklärt werden, welches seinerseits durch den ähnlichen Feinbau bedingt wird.

Der Glühverlust ist fast konstant und besteht aus organischer Substanz und Kristallwasser des immer vorhandenen CaSO_4 .

Unlöslich in Säuren ist nur Quarzsand, der von den Schalen mit der Nadel nicht entfernt werden konnte. Von Alkalien sind nur Spuren nachgewiesen worden. Schwefelkies ist in den Schalen sekundär vorhanden und grossen Schwankungen unterlegen. Dasselbe gilt auch von den Oxyden des Eisens und Aluminiums. Auch der Gehalt an Magnesia stammt möglicherweise von Verunreinigungen her. Mangan ist qualitativ nachgewiesen worden. Alle diese Bestandteile müssen für unwesentlich oder sekundär gehalten werden; beim ursprünglichen Aufbau der Schalen haben diese offenbar keinen Anteil gehabt.

Kalk, Phosphorsäure, Kohlensäure, Schwefelsäure und Fluor aber müssen als ursprüngliche Bestandteile der Obolenschalen angesprochen werden und die rezente *Lingula anatina*, welche alle diese Bestandteile aufweist, kann als Beispiel einer solchen Zusammensetzung aus der Gegenwart dienen.

	<i>Obolus apollinis</i> (typicus)		<i>Obolus celatus</i> •
	Stielklappen	Brachialklappen	Brachialklappen
CaO	50,88	50,74	50,60
CaF ₂	6,26	6,26	6,18
P ₂ O ₅	39,09	39,20	38,97
CO ₂	2,43	2,32	2,26
SO ₃	1,34	1,48	1,99
	100,00	100,00	100,00

Die vorstehende Tabelle ist aus den Analysen gewonnen, in dem nur die ursprünglichen Bestandteile, nach Abzug aller anderen, auf 100% berechnet worden sind. Alle Proben zeigen eine gute Übereinstimmung in allen Bestandteilen, nur die Schwefelsäure zeigt eine grössere Abweichung. Das war aber nicht unerwartet, denn die entsprechende Verbindung — $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ist im Vergleich mit den anderen sogar im Wasser gut löslich.

Die Resultate der Analysen auf die Salze einzelner Säuren umgerechnet, ergeben folgende Tabellen:

	<i>Obolus apollinis</i> (typicus)		<i>Obolus celatus</i>
	Stielklappen	Brachialklappen	Brachialklappen
Ca ₃ (PO ₄) ₂	85,83	85,89	85,28
CaF ₂	6,30	6,28	6,19
CaCO ₃	5,59	5,30	5,14
CaSO ₄	2,28	2,53	3,39
	100,00	100,00	100,00
CaF ₂	6,84	6,82	6,77
Ca ₃ (PO ₄) ₂	93,16	93,18	93,23
	100,00	100,00	100,00

Beim Kalziumsulfat wurde das Kristallwasser nicht berücksichtigt, weil es nicht möglich war das Vorhandensein dieses Bestandteiles festzustellen. Wenn aber wirklich ein solches im Kalziumsulfat der analysierten Schalen vorhanden war, so ist es dem Glühverlust zugerechnet worden.

Bei dem Gehalt an Kalziumphosphat und Kalziumfluorid ergibt sich eine deutliche Abweichung von den theoretischen Zahlen des Fluorapatites, für welchen 7,73% CaF_2 und 92,27% $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ erforderlich sind. Kupffer (1870) fand in seinen Proben fast theoretische Zahlen: Jamburg CaF_2 — 7,18 oder F — 3,31%; dass von Andersson und Sahlbom angeführte Obolenphosphorit zeigt dagegen 2,78% F, was mehr mit den Analysen S. Paul's übereinstimmt (2,72, 2,77 und 2,79). Diese Abweichungen können erklärt werden entweder so, dass in den Obolenschalen neben der Apatitsubstanz noch etwas überschüssiges $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ vorhanden ist, oder wahrscheinlicher diese Abweichungen sind durch die Verschiedenheit der verwendeten analytischen Methoden zu erklären.

Über den Aufbau der Obolenschalen sind drei Meinungen ausgesprochen worden; 1) C. Schmidt (1869) und A. Kupffer (1870) halten diese Obolenschalen nur für Fluorapatit und vernachlässigen alle anderen Bestandteile; 2) A. Mickwitz (1895) behauptete auf Grund mikroskopischer Untersuchungen, dass die Obolenschalen aus abwechselnden Fluorapatit- und Kalkkarbonat-Lamellen bestehen, wobei im Inneren der Schalen eine Anreicherung von Kalkkarbonat stattfindet (Kalkwulst „Kanalschicht“); 3) M. Wrangell (1920) behauptet, dass die Obolenschalen ein homogenes, dem Staffelit ähnliches, Mineral darstellen.

Von diesen Meinungen ist die erste nur zum Teil annehmbar, weil es ziemlich sicher zu sein scheint, dass nicht nur Fluorapatit, sondern auch Kalkkarbonat und -Sulfat beim Aufbau der Schalen teilnehmen (Analogie mit *Lingula anatina*).

Die Widersprüche in der Auffassung Wrangell's wurden schon besprochen.

Einen Beweis der Homogenität der Obolenschalen glaubte Wrangell auch in dem Umstande zu finden, dass beim Auflösen einer ganzen Schale in Säure die Kohlensäure sich gleichmässig bis zum Ende der Reaktion entwickelt habe. Dieses kann aber nicht nur dann geschehn, wenn die Kohlensäure an die Apatitmolekel gebunden ist, sondern auch wenn eine Karbonatlamelle zwischen zwei und zudem dickeren Apatitlamellen liegt, welche schwerer als Kalzit löslich sind. Solange die Apatitlamellen noch vorhanden sind, ist die Kalklamelle nur an den Kanten angreifbar und es wird eine gleichmässige Gasentwicklung stattfinden.

„Der Gehalt an Schwefelsäure“, schreibt M. Wrangell, „unterliegt keinen Schwankungen und ist in verschiedenen Proben mehrfach zu 1,24% bestimmt worden“. Diese Tatsache hat bei der Zusammensetzung des Obolenmoleküls von M. Wrangell offenbar mitgewirkt. Aus den Analysen Kupffer's und S. Paul's schliessen wir aber, dass die Schwefelsäure Schwankungen unterliegt, ja sie kann sogar fehlen, wie es die Kupffer'sche Analyse „Jamburg“ zeigt. Wir müssen deshalb annehmen, dass SO_3 nicht an das „Obolenmolekül“ gebunden ist, sondern als Gyps anliegt, welches in den Schalen durch chemisch-geologische Vorgänge angereichert oder ausgelaugt sein konnte. Ausserdem kann man mit heissem Wasser fast das ganze CaSO_4 aus den feingepulverten Obolenschalen extrahieren.

Der Gehalt an Kohlensäure beträgt nach M. Wrangell im Minimum 1,53%, im Maximum 2,65%. Diese Schwankungen im Vergleich mit der ganzen Masse der Obolenschalen (100%) sind wirklich gering, doch auf Kohlensäure bezogen haben wir eine 25%-ige Abweichung vom Mittelwert. In diesem Falle ist es gewagt von einer Konstanz zu reden. Ausserdem ist die Kohlensäure in den Schalen ungleichmässig verteilt (auch von Wrangell zugegeben!) und so ist kein Grund vorhanden für die Auffassung, dass die Kohlensäure an das Apatitmolekül gebunden ist. Ebenso fehlt jeder Grund von einer besonderen homogenen Obolensubstanz, oder vom Staffelit, resp. Dahlit, der Obolenschalen zu reden. Es scheint die Auffassung von Mickwitz die richtigste zu sein, nämlich, dass die Obolen aus Schichten von Fluorapatit und Kalk aufgebaut sind. Es können noch Gypseinlagerungen hinzukommen, wie dieses auch aus den chemischen Betrachtungen folgt. Gyps kann aber auch nur accessorisch vorhanden sein, aus zersetztem Schwefelkies hervorgehend.

Die Substanz der Obolenschalen ist kristallin und einaxig, was schon von P. Niggli erkannt wurde. Die Hauptzone ist nach Niggli optisch negativ. Im Schnitt senkrecht dazu sind Achsenbilder optisch einachsiger oder schwach anomal zweiachsiger Kristalle wahrnehmbar mit deutlich positivem Charakter. (Niggli und Beyer, nach Wrangell). Daraus wird geschlossen, dass es sich um Karbonatapatit handelt.

Jedenfalls verhält sich das Schalenmaterial nicht wie ein homogenes Mineral.

Die optischen Eigenschaften widersprechen nicht dem vom Mickwitz entdeckten lamellaren Aufbau, so dass man vielleicht annehmen darf, dass die negativen Lamellen die des Apatites oder Kalkspates sind.

Die Härte der äusseren Schalenschicht ist gleich 5, die inneren dagegen sind weicher und bei zersetzten Schalen kommen erdige Schichten vor.

Auf Grund des Gesagten müssen wir schliessen, dass die Obolenschalen gleichzeitig aus: 1) Apatitartigen-, 2) Kalk- und 3) Gypslamellen aufgebaut sind, wobei die durchschnittliche Zusammensetzung keinem bekannten Mineral entspricht. Das Schalenmaterial ist kein Apatit, Staffelit, Dahlit oder sowas ähnliches und wenn wir von ihm, wie von einem Mineral reden wollen, wird „*Obolusphosphorit*“ oder „*Obolenphosphorit*“ der beste Name sein.

V.

Die Petrographie des Obolensandsteines und der Markasitbank.

Aus paläontologischen und stratigraphischen Gründen gliederten wir den Obolensandstein in Zonen und es ist noch die Möglichkeit vorhanden einzelne Entwicklungsphasen innerhalb der Zonen zu unterscheiden. Petrographisch aber ist es nicht möglich die Trennung scharf durchzuführen, weil der Quarzsand alle anderen anorganischen Bestandteile ähnlich wie *Obolus apollinis* mit der übrigen Fauna es tut, mit seiner Masse verdeckt und unterdrückt. Drei Gesteine können wir doch unterscheiden, nämlich; die Markasitbank, den Sandstein und die Schieferlamellen der oberen Zone. Der Sandstein selbst aber führt die Obolenschalen, welche in einer mehr oder

weniger grossen Anhäufung den Rohphosphat bilden und in zwei besonderen Ausbildungsformen vorkommen. Das ist der Detritus und die sogenannten Obolenkonglomerate.

Der Detritus

ist verhältnismässig arm an Phosphorsäure. Die Sandkörner und die Obolentrümmer sind gut abgerundet und glänzend angeschliffen. Das auffallendste ist das vollständige Fehlen von erhaltenen Schalen oder nur paläontologisch bestimmbaren Bruchstücken. Die Farbe ist hellgrau, stahlgrau bis schwarz oder wenn der Schwefelkies zu Eisenoxyd zersetzt ist, gelb bis rostbraun. Bei Narwa (dort fehlt aber der Detritus) besitzt der Obolensandstein eine rotviolette Farbe, welche durch Beimengung von Eisenoxyd und Mangan verursacht ist.

Der Detritus ist zum grössten Teil locker oder durch Eisenoxyd schwach zementiert, selten ist auch CaCO_3 als Bindemittel zu finden.

T a b e l l e I.

Detritus.

Ortschaft und Nr. der Aufschlüsse	P_2O_5 %	Unlöslich	Löslich	P_2O_5 : löslich	Sp. Gew.
Pakerort	2,84	88,68	11,32	25,10	2,64
Kiiu (Bohrung) IV	2,86	85,93	14,07	20,03	2,62
Valkla	3,75	88,58	11,42	32,8	2,63
Mäeküla 9.	4,65	67,42	32,58	14,0	2,73
Iru 15 e	6,46	78,04	21,96	29,42	—
Viimsi 14	6,78	78,66	21,34	31,1	2,65
Rannamöisa 7	9,16	71,66	28,34	31,0	2,62
Iru 16 b	14,15	48,68	31,32	28,16	—
Iru 16 a	16,31	49,84	30,16	32,52	—

In der Tabelle I sind Detritusproben aus verschiedenen Fundstellen nach dem P_2O_5 -Gehalt geordnet worden. Es lässt sich eine gewisse Gesetzmässigkeit in der Veränderung des unlöslichen (resp. löslichen) Anteils und des sp. Gewichtes beobachten. Der unlösliche Anteil wird mit der Phosphorsäure kleiner und dementsprechend nimmt der lösliche Anteil im allgemeinen zu. Man müsste aber auch erwarten, dass das Verhältnis des löslichen Anteils zur Phosphorsäure annähernd konstant bleiben müsste, der Konstanz des Gehaltes der reinen Schalen entsprechend. Weil aber das Gestein nicht nur aus unlöslichem Quarzsand und den löslichen Obolentrümmern besteht, sondern noch andere, in Säuren lösliche, Mineralien hinzukommen, wie Kalkcarbonat, Schwefelkies, Gyps, Eisenoxyd, so wird das Verhältnis P_2O_5 :löslicher Anteil herabgedrückt. Besonders klein ist es bei Mäeküla (Nr. 9), wo wir 13,6 bis 17,5% Kalkabronat im Durchschnitt haben. Mit der Zunahme an Phosphorsäure aber wird der Einfluss fremder Stoffe kleiner und das erwähnte Verhältnis nähert sich schon dem der reinen Schalen. Beim sp. Gewicht können wir keine auffallende Schwankungen beobachten. Immerhin ist aber eine Vergrösserung wahrnehmbar bei einer Zunahme des löslichen Anteils, wie wir es bei Mäeküla mit 2,73 sehen. In anderen Fundstellen schwankt das sp. Gewicht zwischen 2,62 und 2,65. Das sp. Gewicht des Quarzsandes ist auch im Durchschnitt 2,62, so dass die Schalen wenig Einfluss auf diese Grösse ausüben. Eine grössere

Bedeutung hat der Schwefelkies, der in den untersuchten Fällen aber fast gänzlich fehlt.

Die (Gesteins-) Analysen des Detritus aus zwei Fundorten gibt Kupffer, obwohl er selber keinen Unterschied zwischen den einzelnen Phosphoritschichten machte.

Kupffer's Analysen (1870, p. 47).

	Baltischport	Reval
Quarz	78,14	38,86
SiO ₂	8,62	—
CO ₂	Spur	1,80
SO ₃	„	1,88
P ₂ O ₅	4,75	19,29
F	0,36	1,77
CaO	5,17	25,86
MgO	0,33	Spur
Fe ₂ O ₃	1,07	4,42
FeO	—	0,53
Al ₂ O ₃	0,20	1,61
NaKO	0,31	0,83
FeS ₂	1,27	0,61
Glühverlust	—	1,86
	100,22	99,39

Die Analyse „Baltischport“ entspricht unserem Aufschluss Nr. 1. (Pakerort) und die Analyse „Reval“ dem Aufschluss Nr. 12 (Wolfsschlucht). Zufälliger Weise trägt diese Kupffer'sche Analyse auch die Nr. 12. Nach dem Profil zu urteilen, sind die beiden Proben aus dem Detritus genommen (Kupffer, Seite 18: „Profil am Laaksberge, im Hohlweg an der Petersburger Strasse kurz vor Katharinenthal. 10. Bituminöser Tonschiefer 3,46; Ungulitensandstein: 11. Eisenkieslage 0,06; 12. Durch Eisenoxyd rotbraun gefärbter Quarzsand, erfüllt mit Unguliten 1,00.“ Seite 21. VI. „Profil bei Pakerort, an der Spitze der Halbinsel von Baltischport. 15. Eisenkieslage 0,15; 16. Durch Eisenoxyd rotbraun gefärbter mit Unguliten erfüllter Quarzsand usw. 0,70“). Die von Kupffer bestimmte Zusammensetzung kann als normal für den Detritus gelten.

Beim Detritus muss man noch seine Kreuzschichtung erwähnen und den nicht scharfen Übergang in die ihn überlagernde Markasitbank, welche stratigraphisch vom Detritus nicht zu unterscheiden ist, petrographisch aber ein besonderes Gestein bildet.

Herr Mgstd. N. King hat einige Messungen der Korngrößen des Detritus ausgeführt.

Phosphoritkörner mit einem Durchmesser von 0,15 bis 0,30 mm machen 35% der gesamten Zahl der gemessenen Teilchen aus; 51% besitzt eine Grösse von 0,30 bis 0,45 mm und über 0,45 mm wurden 13% gezählt. Auch bei den Sandkörnchen liegt die grösste Zahl (52%) der Körner, wie bei den Obolenstrümmern, zwischen 0,30 und 0,45 mm; für die kleineren und grösseren muss mit je 24% gerechnet werden. Es sind auch Körner zu beobachten, die bis 2 mm erreichen, oder unter 0,15 sinken. Die Zahl und die Menge der beiden kann aber vernachlässigt werden.

Aus den angeführten Zahlen folgt, dass die Hauptmasse des Detritus aus über 0,30 mm grossen Körnern gebildet wird. Die kleineren Körner

sind häufig, doch die Masse ist verhältnismässig klein und kann vernachlässigt werden.

Diese Bestimmungen sind mehr qualitativen Charakters, doch ist es möglich aus diesen eine wichtige Folgerung zu ziehen, nämlich dass keine Möglichkeit vorhanden ist auf mechanischem Wege die Obolentrümmer des Detritus vom Sande zu trennen. Die Korngrössen unterscheiden sich so wenig von einander, dass es durch Sieben unmöglich ist, besonders im technischen Grossbetrieb, wo die Maschen durch Abnutzung sich noch vergrössern, die Trennung durchzuführen. Das einfache Schlämmen aber wird erschwert durch die kleine Differenz der spezifischen Gewichte. In der Zukunft, wenn es überhaupt einmal zur Ausbeutung dieser minderwertigen Phosphoriten kommen sollte, muss die Anreicherung entweder auf rein chemischen Wege geschehen, oder Mittels eines besonderen Schwimmverfahrens.

Es sind aber auch Gegenden bekannt, wo die Kornunterschiede grösser sind, wie zum Beispiel beim reicheren Detritus von Iru. Dort wird es vielleicht möglich sein den Phosphorit durch Sieben in einem lohnenden Quantum bis zu einem hohen Phosphorsäuregehalt anzureichern.

Das Obolenkonglomerat

(rsp. die Konglomerate) unterscheidet sich im wesentlichen vom Detritus durch die grössere Anhäufung und die schöne Erhaltung der Schalen und durch das Vorkommen von flachen schwarzen, Obolentrümmer führenden, Sandsteingeröllen, von denen auch die Benennung „Konglomerat“ herrührt. Ganz unverletzte Obolenschalen von den grossen Arten, wie *Obolus apollinis* und *triangularis* sind äusserst selten. Gewöhnlich ist der Vorderrand abgebrochen. Es kommen auch ziemlich kleine Bruchstücke vor, doch niemals sind diese abgerundet und geschliffen, wie im Detritus. Die ursprünglichen Bruchcken und Kanten sind immer erkennbar. Unbeschädigte Schalen der kleinen *Schmidtia*-Arten sind dagegen sehr häufig, weil sie im Vergleich zu ihrer Grösse gleichmässiger und dabei massiver aufgebaut sind, als die grossen Arten. Wenn der Sandstein, in dem die Obolen eingebettet liegen, deutliche Schichtung zeigt, was fast immer der Fall ist, so sind die meisten Obolenklappen den Schichten parallel angeordnet. Besonders tritt dieser Umstand dort hervor, wo Kreuzschichtung oder Schieferlamellen vorhanden sind. Die Farbe und die Zementierung stimmen im allgemeinen mit denen des Detritus überein.

Tabelle 2.

Konglomerat.

Ortschaft und Nr. der Aufschlüsse	P ₂ O ₅ %	Unlöslich in Säuren	Löslich	P ₅ O ₂ : löslich	Sp. Gew.
Saha, Bohrung II	6,86	73,74	26,26	26,1	2,74
Oru Nr. 45	9,07	74,0	26,0	34,5	2,69
Rootsikalavere 17e Untere Schicht	14,06	59,38	40,62	34,6	2,73
Kiiu, Bohrung IV.	17,34	46,26	53,74	32,3	2,88
Katharinenthal 11	18,79	5,64	94,36	18,7	3,1
Viimsi Nr. 14	22,25	38,90	60,20	36,7	2,70
Iru 16-c	27,69	10,60	89,40	30,9	—
Rootsikalavere 17-d	29,49	16,62	84,38	34,9	—

Die Tabelle 2 enthält dieselben Daten für das Konglomerat, wie die Tab. 1 für den Detritus. Beim regelmässigen Zuwachs des P_2O_5 -Gehaltes verringert sich der unlösliche und wächst der lösliche Anteil viel regelmässiger als im Detritus. Eine grosse Ausnahme liegt aber vor, nämlich aus Katharinenthal No 11, wo bei 18,79% P_2O_5 in Säuren unlöslicher Substanz nur 5,64% gefunden wurde. Diese Probe enthält dabei 21,61% $CaCO_3$, so dass wir schon von einem obolenführenden wenig sandigen Kalkstein reden können. Der Kalk ist nur mit dem Konglomerat verbunden, kristallin und setzte sich gleichzeitig mit der Obolenbank ab. Es ist auch ein hoher FeS_2 -Gehalt vorhanden (bis 6%), so dass das sp. Gewicht 3,1 ganz verständlich ist. Den reinsten Sandstein stellt Viimsi No 14 dar, wo das Verhältnis der Phosphorsäure zum löslichen Anteil dem Gehalt der reinen Schalen (36,70) gleich ist, und nur in diesen und ähnlichen Fällen kann der Wert des löslichen Anteils für das Mass der reinen Obolen im Sandstein dienen. Es wird oft schon für reichere Konglomerate der Ausdruck „fast aus reinen Schalen bestehend“, oder „fast sandfrei“, gebraucht. Beim reichsten Vorkommen — Rootsikalavere 17-d — besteht also das Konglomerat aus 84% Obolenschalen, in gewöhnlicheren Fällen (14 bis 20% P_2O_5) machen die Obolen 40 bis 60% des Gesteines aus.

Eine Gesteinsanalyse des Konglomerates ist die Analyse „Ontika“ bei Kupffer. Das Schmittiareiche Konglomerat enthält: Quarzsand — 46,82; Kieselsäure — 7,75; CO_2 — Spur; SO_3 — 3,76; P_2O_5 — 13,28; F — 1,17%; CaO — 16,82; MgO — Spur; $Fe_2O_3 + FeO$ — 5,30; Al_2O_3 — Spur; $NaKO$ — Spur; Glühverlust — 3,84; FeS_2 — 2,18 — Summe 100,92—0,49 (Abzug für O) = 100,43%.

Die Konglomerate bilden die wichtigsten Phosphoritlager und deshalb ist auch die Frage nach der Festigkeit und dem zementierenden Material nicht ohne Bedeutung. In der Nähe der Aufschlüsse sind die Konglomerate, wie auch andere Schichten der Obolensandsteins, durch Eisenoxyd zementiert; je tiefer sie aber in den Glint hinein gehen, desto lockerer wird der Sand, so dass es sogar schwer wird ein Handstück herauszuschlagen oder es aufzubewahren. Die von Beyschlag und v. zur Mühlen (1918) geäusserte Meinung, dass die Festigkeit des Zements mit der Entfernung von der Glintlinie zunehmen muss, ist in der Tat nicht begründet.

Es wurde bemerkt, dass die Benennung „Konglomerat“ von eigenartigem Gerölle herrührt. Das sind flache, von 0,5 bis 6 cm. im Durchmesser haltende, längliche oder seltener formlose Rollstücke aus Quarzsandstein mit einem schwarzen, aus organischen Substanzen, Eisenoxyd und FeS_2 bestehenden Bindemittel und mit einem hohen Gehalt an Obolentrümmern. Die Obolentrümmern deuten darauf hin, dass diese Gebilde gleichzeitig mit dem Gestein entstanden sind. Mit Unrecht hält Grewingk dieses Geröll für Phosphorite im mineralogischen Sinn. Es ist nur ein Gemenge von Quarzsand und Obolentrümmern.

Bei Ilkewitsch finden wir eine Analyse dieser Geschiebe aus Iru (15 a); SiO_2 — 55,50%; CaO — 20,40%; $AlFeO_3$ — 5,30%; MgO — 0,17%; $KNaO$ — 1,01%; P_2O_5 — 13,82%; SO_3 — 2,97%; CO_2 — 0,88%; Summe — 100,05. Samoiloff gibt den Gehalt an Phosphorsäure mit 13,3% und des unlöslichen Anteils mit 58,6% an.

Von anderen Mineralien sind im Obolensandstein anzutreffen:

Phosphorit. Strahlig ausgebildete Knollen, von aussen schwarz und innen grau. In der mitte ist zuweilen ein von Kalzitkristallen ausgefüllter Hohlraum. Nur bei Nömmeveski gefunden worden, bis 6 cm im Durchmesser.

Vivianit. Neubildungen in den Obolenskonglomeraten bei Rootsikalavere. Erdig, weiss bis blau.

Markasit. Sphärische Knollen mit nieriger Oberfläche, Kristallflächen nicht zu erkennen; in kleinen Körnern im Sandstein zerstreut. Gesteinbildend (Markasitbank).

Pyrit. Kleine Konkretionen, die oft Würfel- und Oktaederflächen zeigen. Zuweilen ist die Obere Schicht der Markasitbank in Pyrit umgewandelt.

Gyps. In einzelnen durchsichtigen Kristallen oder Kristallaggregaten an der Oberfläche alter Obolensandsteinaufschlüsse, besonders bei Nömmeveski.

Eisenvitriol. Als Zersetzungsprodukt des Schwefelkieses. Von A. Kupffer beschrieben. Sehr selten.

Glaukonit. Dunkelgrüne, sehr kleine Körner kommen im ganzen Sandstein zerstreut vor. Die Körnchen sind erdig und im zerriebenen Zustande leuchtend grün. Häufiger in Katharinenthal in den unteren Schichten, aber auch in der Bohrkernen beobachtet.

Kalzit. Kalzitdrusen sind häufig im Transgressionskonglomerate bei Pakerort. Sonst selten.

Glimmer. Helle Muscovit- und dunkle Biotitblättchen kommen in allen Schichten, aber zerstreut und sehr selten vor.

Feldspat. Fleischrote abgerundete Orthoklaskörner, sind aber äusserst selten im Sandstein zu finden.

Quarz. Ausser dem feinen Sande kommen auch einzelne, bis 1 cm. grosse gelbliche, trübe Quarzkörner mit unebenabgerundeter Oberfläche vor.

Die Markasitbank.

Die Markasitbank, welche an der Grenze des Obolensandsteines gegen den Dictyonemaschiefer liegt, ist stratigraphisch und genetisch mit dem Detritus verbunden. Gleich wie der Detritus, enthält die Markasitschicht Obolentrümmer und der stets vorhandene Quarzsand nimmt gegen den Detritus an Masse zu, so dass man von einem Übergang des einen in den anderen reden kann. Stellenweise, wie bei Mäcküla, dringen die Markasitschichten in den Dictyonemaschiefer herein und bilden in ihm sandfreie dünne Lagen. Häufiger aber ist die Grenze gegen den Schiefer scharf ausgeprägt; auf der Oberfläche der Markasitschicht kommen sogar Wellenfurchen vor, wie es die Abb. 3 darstellt.

Die Markasitschicht enthält bis 34% Quarzsand, der durch den Markasit zum Teil zementiert ist, nämlich in den oberen Schichten, welche deshalb hart und widerstandsfähig sind. Wo der Markasit durch Abtragung freigelegt ist, bildet er eine wasserundurchlässige feinkristalline Schicht und besteht zum Teil aus Pyrit.

Die untere Hälfte der Schicht ist viel lockerer. Zum Teil weil sie sandreicher ist, zum Teil, weil der Markasit nicht in Kristallen, sondern in feinen Körnchen vorliegt. Bei der Bearbeitung mit dem Ham-

mer zerfällt dieser Teil der Markasitschicht in den gröberen Quarzsand und den Markasitstaub, was mit den härteren pyrithaltigen Schichten schwieriger durchzuführen ist.

Einzelne Kristalle oder Kristallflächen sind nicht beobachtet worden.

Diese Unterschiede zwischen den oberen und unteren Schichten der Markasitbank sind aber nicht durchgehend vorhanden. Stellenweise ist der Markasit durchweg hart, oder durchweg locker. Für die ursprüngliche Modifikation muss der lockere Markasit gehalten werden, während die härteren Schichten durch spätere Umkristallisation entstanden sein könnten.

Die Markasitbank kommt in jedem Aufschluss des Obolensandsteines vor, von Pakerort angefangen bis zum Bohrloch Kiiu. Östlicher, bei Nömmeveski, ist er verschwunden und so hat er dieselbe Verbreitung wie der Detritus.

Mickwitz kannte die Markasitbank unter dem Namen des „verkjæstet Konglomerates“ und annähernd war ihm ihre Verbreitung bekannt. Östlich von Narova ist der Obolensandstein ebenso wie bei Narova gelblich rot bis rot-violett gefärbt und aus dieser Farbe einerseits und andererseits aus dem vollständigen Fehlen des Schwefelkieses in den genannten Aufschlüssen meint A. Mickwitz (s. 33), dass der früher vorhandene Kies schon vollständig oxydiert ist und dass die Färbung der Sandsteine durch Eisenoxyde sekundär verursacht sei. Westlich von Narva schreitet diese Oxydation noch eben fort und westlich von Joa, also im Gebiete der Markasitbank hat die Oxydation der Markasite noch fast garnicht begonnen.

Das Vorhandensein der Markasitbank und der höhere Kiesgehalt des Obolensandsteines im Westen kann auch in dem Sinn erklärt werden, dass der Markasit als Sediment im Westen reichlicher abgelagert wurde, im Osten aber, vielleicht wegen des Mangels an Schwefel, das Eisenoxyd sich absetzte. Auch im Westen, zwischen Joa und Pakerort, ist die Markasitbank an vielen Aufschlüssen in Brauneisen umgewandelt zu finden; im Osten aber, von Nömmeveski bis nach Narva, ist sowohl die Markasitschicht als auch deren Zersetzungsprodukt nicht beobachtet worden und wir können mit gewisser Sicherheit annehmen, dass diese dort von Anfang an fehlte.

Das Zusammenfallen des Vorkommens des Detritus mit der Markasitbank deutet auf besondere Bedingungen während der Sedimentation. Weil im Osten Schwefelkies viel weniger vorhanden war als im Westen, konnte er schliesslich auch wirklich schneller oxydiert werden.

Für eine Probe der Markasitbank aus Kadriorg (Katharinenthal) mit dem sp. Gewicht von 3,44, fand stud. chem. Elbrei die folgende Zusammensetzung:

Unlöslich in Säuren	40,21%
FeS ₂	42,59%
FeO	8,78%
CaO	6,05%
SO ₃	1,07%
P ₂ O ₅	0,51%
Feuchtigkeit . . .	0,63%
	<hr/>
	99,84%

Diese Probe enthält also 22,93% Schwefel. Der Markasit aus Mäeküla (9) besass 30,55 und der von Leetse (Letz, Aufschluss 2) — 22,15% Schwefel. Es wird wahrscheinlich möglich sein, den Schwefelkies vom Sande zu befreien und eine Anreicherung auszuführen, solche Experimente sind aber noch nicht ausgeführt worden. Die Mächtigkeit der Markasitbank schwankt zwischen 6 und 30 cm, gewöhnlich aber steigt diese nicht über 10 cm. Für sich ist dieses Erz, von der grossen Verbreitung abgesehen, zu arm um eine Ausbeutung zu ermöglichen und erst dann wird dieses vielleicht möglich sein, wenn gleichzeitig auch der Phosphorit des Detritus und der Dictyonemaschiefer gewonnen werden. (Siehe Gäbert, 1920.)

VI.

Die Vorräte der Obolus-Phosphorite.

(Karten I und II.)

Es ist unmöglich die Südgrenze der Phosphorite zu bestimmen, doch die fast 150 klm lange Glintlinie Estlands mit den zahlreichen Aufschlüssen des Obolensandsteines ist mit seinen Phosphoritlagern weit nach Russland zu verfolgen und gibt eine annähernde Vorstellung über die Flächen, welche wir auch im Süden vom Glint erwarten könnten. Die Berechnung der Vorräte ist aber nur auf Grund der Glintaufschlüsse und der vom Bergamt ausgeführten 4 Diamantbohrungen möglich, von denen die Bohrung Lagedi (Laakt) 8 km vom Glint entfernt liegt, den von ihm entferntesten Aufschluss des Obolensandsteines bildend. Deshalb sind unsere Kenntnisse der Phosphorite auf einen schmalen Streifen längst des Glintes beschränkt und die südlich davon liegenden Lagerstätten, von den Kalksteinserien der Ordoviziums verdeckt, müssen noch lange unerreichbar bleiben.

Die Glintlinie wird vielfach von breiten Tälern durchschnitten oder ist an ihren Abhängen von mächtigen Quartärablagerungen verdeckt, die den Obolensandstein schwer erreichbar machen. Diesen geographischen Zügen folgend, müssen wir nur mit einzelnen Phosphoritfeldern rechnen, deren Nordgrenzen der Glint bildet, als Südgrenzen aber wurden, nach dem Vorschlage des Chefs des Bergamtes, Herrn J. Kark, die Verbindungslinien zwischen den südlichsten Aufschlüssen der Felder angenommen.

Auf den Karten sind die Felder mit römischen Zahlen bezeichnet. Feld I. Im Norden der Halbinsel Baltiski (Baltischport). Die Südgrenze ist gleichzeitig die Nullhöhe des Detritus, der als einzige Phosphoritschicht vorliegt.

Aufschlüsse 1 und 2; Flächeninhalt 6 km².

Feld II. Es wird durch die Aufschlüsse von Keila-Joa (Fall) und Türisalu charakterisiert. Nur Detritus vorhanden.

Aufschlüsse 3, 4; Flächeninhalt 6 km².

Feld III. Von dem Feld II ist dieses durch das breite Tal des Väana-jögi (Fena-Fluss) getrennt. Seine wichtigsten Aufschlüsse liegen bei Mäeküla und Rannamõisa (Strandhof). Detritus als einzige Phosphoritschicht.

Aufschlüsse 5—9; Flächeninhalt: 38,0 km².

Feld IV. Der Restberg Lubjamägi (Kalkberg) auf der Halbinsel Viimsi (Wims). Detritus und ein Obolenkonglomerat entwickelt.
Flächeninhalt: 1 km².

Feld V. Iru (Hirro). Es führt einen reichen Detritus und das Vorhandensein einer Obolenbank ist festgestellt worden.
Flächeninhalt: 2,7 km².

Feld VI. Dieses Feld, „Rootsikalavere“, ist vom vorhergehenden Felde „Iru“ durch die tiefe Senke des abgelaufenen Kärmu oder Maardu-See getrennt. Der Obolensandstein ist hier anscheinend ausgewaschen. Gegen Norden vom abgelaufenen See liegen über 15 m mächtige quartäre Deltasande und Strandwälle, deren Untergrund glaziale Bändertone bilden, so dass der Obolensandstein in dieser Gegend überhaupt nicht zu erwarten sein dürfte.

Das Feld von Rootsikalavere liegt auf der Terrasse des Obolensandsteines; der Detritus ist abgetragen; es sind drei aufeinander folgende Obolenkonglomerate vorhanden.

Flächeninhalt: 1,4 km².

Feld VII. Ülgase. Vom vorhergehenden Felde ist dieses durch sumpfige Flächen getrennt, deren Untergrund vom Obolensandstein gebildet wird. Es scheint, dass alle Phosphoritschichten in dieser Gegend abgetragen sind.

Im Felde Ülgase sind Detritus und drei Konglomerate vorhanden, von denen das Unterste am besten entwickelt ist und abgebaut wird.

Flächeninhalt: 1 km².

Feld VIII. Es ist eigentlich kein „Feld“ im früher gebrauchten Sinne. Es sind mehrere Felder, die wegen der mangelhaften Zahl der Aufschlüsse vereinigt wurden.

Dieses Gebiet ist im Süden durch die Verbindungslinie der Bohrungen begrenzt und führt durchgehend den Detritus. Die Konglomerate sind im allgemeinen schwach entwickelt. Im östlichen Teil aber kommen diese wieder zum Vorschein in den Glintaufschlüssen Valkla und im Bohrkern von Kiiu.

Flächeninhalt: 120 km².

Feld (Gebiet) IX. In diesem Gebiete fehlt der Detritus gänzlich, nur bei Narva finden wir eine grössere Anhäufung von Obolentrümmern im oberen Obolensandstein. Als Phosphoritschicht ist hier ein fast überall vorhandene Obolenkonglomerat zu nennen.

Flächeninhalt: 150 km².

Zwischen den Gebieten VIII und IX erstreckt sich ein aufschlussloses Areal, wo der Glint zum grössten Teil durch Quartärsande verdeckt ist.

Bei Nõmmeveski am Valgejõgi (Fluss Valge) durchschneidet der Fluss die Quartärablagerungen und das Ordovizium bis zum tiefsten Obolengestein, der hier ca. 7 m mächtig ist. Seine obere Schichten sind vom Detritus zusammengesetzt, welcher vom westlichen Typus abweicht. Er besitzt eine ähnliche Ausbildung wie bei Valkla und in der Bohrung Kiiu. Seine gesamte Mächtigkeit beträgt 2,5 m und eine ärmere Schicht enthielt 3,06 P₂O₅.

Im Osten dieses Feldes, bei Kalvi und Aseri liegt der Obolensandstein wieder zu Tage, doch ohne den Detritus, dessen Stelle einige Schichten mit erhaltenen Obolen ersetzen.

Über den Umfang der Phosphorite in diesem Gebiete kann nichts näheres berichtet werden.

Die folgenden mit „a“ bezeichneten Tabellen enthalten die Daten zur Berechnung der Vorräte und mit „b“ — die Vorräte, welche in metrischen Tonnen ausgedrückt worden sind. Das spezifische Gewicht wird nicht besonders angegeben. Beim Rechnen wird es gleich 2,70 angenommen und diese Zahl ist der Mittelwert des sp. Gewichtes für den Detritus aus 12 und für die Konglomerate aus 16 verschiedenen Fundstellen. Beim berechnen des $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ wird der Faktor 2,18 verwendet. Die Proben der Konglomerate sind vorwiegend Mittelproben. Der Detritus ist vorwiegend durch petrographische Proben vertreten.

In den „b“-Tabellen der Felder, wo sichtbare Obolenkonglomerate festgestellt worden sind, ist die Abteilung „angereichert“ zu finden. Als Anreicherungsgrenze der Phosphorite sind die reinen Obolenschalen anzunehmen, die rund 35% P_2O_5 oder 76% $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ enthalten. Die Erfahrung zeigt aber, dass es schwer ist die Obolen vom Sande vollständig zu befreien. In der Fabrik in Ülgase wird durch sieben ein 30%-iges (P_2O_5) Produkt erhalten, und es wird möglich sein auch Konglomerate anderer Fundstellen bis zu demselben Gehalt anzureichern, weil diese alle die gleichen Eigenschaften besitzen. Deshalb verstehen wir unter den angereicherten Phosphoriten der „b“-Tabellen ein Produkt mit 30% P_2O_5 oder mit 65% $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$; wenn das Gewicht dieses angereicherten Phosphorites um 5% verringert wird, so ergibt sich das Gewicht der reinen Obolenschalen (mit 35% P_2O_5), welche als die höchste Grenze der mechanischen Anreicherung unseres Phosphorites anzusehen ist.

Die Anreicherung des Detritus ist vorläufig misslungen und deshalb fehlt die Möglichkeit den Umfang des angereicherten Produktes anzugeben.

Tabelle I-a.

Die Phosphorite des Feldes IV (Viimsi).

Flächeninhalt: 1 km²; Aufschlüsse Nr. 14.

Die phosphoritführenden Schichten		Bestimmungen	
		Detritus	Konglomerat
Detritus. Kreuzschichtig, locker, gelb bis rost-braun.	Unlöslich in Säuren P_2O_5	78,66	39,80
		6,78	22,25
Konglomerat. Obolenreich, locker, gelb bis rost-braun . .	Mächtigkeit	0,60; 0,80;	0,30; 0,30;
		0,75;	0,25; 0,50;
		Mittel: 0,70	Mittel: 0,30

Der Detritus und das Obolenkonglomerat dieses kleinen abgesonderten Phosphoritfeldes sind nur mit je einer Analyse charakterisiert worden. Das Vergleichen der Proben und der Profile bestätigte die annähernd-gleichartige Beschaffenheit der Schichten, gleich wie ihre Beständigkeit in horizontaler Richtung.

Tabelle I-b.

Die Phosphorite des Feldes IV (Viimsi).

	Gewicht in Tonnen					
	Detritus		Konglomerat		Summe	
	1 m ²	1 km ²	1 m ²	1 km ²	1 m ²	1 km ²
P ₂ O ₅	0,128	128.000	0,170	170.000	0,298	298.000
Umgerechnet auf Ca ₃ P ₂ O ₈	0,280	280.000	0,370	370.000	0,650	650.000
Angereichert bis 30% P ₂ O ₅	—	—	0,566	566.000	—	566.000
Rohphosphat	1,890	1.890.000	0,810	810.000	2,700	2.700.000

Tabelle II-a.

Die Phosphorite des Feldes V (Iru).

Flächeninhalt: 2,7 km².

Diese Tabelle ist nach den Angaben des Ing. Ilkewitsch zusammengesetzt worden.

%%	D e t r i t u s										Mittel- werte		
	Stollen, Schächte (Aufschlüsse Nr. 15)							Schürfe am Glint Nr. 16					
	a	b	c	d	e	f	i	a	b	c		d	e
Unlöslich in Säuren	—	48,68	51,40	39,92	78,04	59,66	70,52	49,84	66,84	66,84	—	74,12	62,89
P ₂ O ₅ . . .	12-13	14,45	14,45	16,50	6,46	9,98	8,51	16,31	8,76	10,10	—	7,86	11,15
Mächtigkeit . . .	0,80	0,75	0,75	0,75	0,50	0,55	0,80	0,80	0,70	0,80	—	—	0,72

Tauber Sandstein mit kleinen linsenartigen Obolenschichten und Schieferschnitzen.

	O b o l e n k o n g l o m e r a t								
Unlösll. .	34,00				—	10,60	32,78	—	28,69
P ₂ O ₅ . . .	21,75	nicht erreicht	Spuren	—	—	27,69	21,50	—	23,91
Mächtigkeit .	0,71				0,40	0,50	0,65	—	0,55

Dieses Gebiet muss, wie die Daten zeigen, für reich gehalten werden. Der Detritus und seine Verbreitung macht keine Schwierigkeiten, die Verbreitung der Konglomerate aber ist nicht genügend erforscht worden. Die Aufschlüsse No 15 sind für Kriegszwecke abgeteufte Schächte, welche aber nicht die Tiefe der Konglomerate erreichen. Der Entwässerungsstollen (15-a) an seiner Mündung in den Fluss, also an seiner tiefsten Stelle, zeigt das vollständige Profil (Abb. 1) mit dem 0,71 m mächtigen Obolenflöz. Das Fehlen dieser Schichten in den Schürfen (Aufschlüsse No 16) beweist nicht das Fehlen des Obolenkonglomerates überhaupt. Ing. Ilkewitsch, aus dessen Gutachten

die Daten der Tabelle II-a stammen, ist derselben Meinung, da der grösste Teil der Schürfe entweder wegen der Schuttdecke oder der Wasserverhältnisse nur unvollständige Profile gaben.

Bei der Berechnung der Konglomeratenfläche wird deshalb nur die Hälfte der ganzen Oberfläche des Feldes angenommen, also rund 1,3 km².

Tabelle II-b.
Die Phosphorite des Feldes V (Iru).

Pro	G e w i c h t i n T o n n e n								
	Detritus			Konglomerat			S u m m e		
	1 m ²	1 km ²	2,7 km ²	1 m ²	1 km ²	2,7 km ²	1 m ²	1 km ²	2,7 km ²
P ₂ O ₅ .	0,208	208.000	561.600	0,346	346.000	467.000	0,554	554.000	1.028.000
Ca ₃ P ₂ O ₈	0,455	455.000	1.228.000	0,754	754.000	1.017.000	1,209	1.209.000	2.437.000
Ange- reich.	—	—	—	1,150	1.150.000	1.552.000	1,150	1.150.000	1.552.000
Roh- phosph.	1,890	1.890.000	5.103.000	1.485	1.485.000	2.004.000	3,375	3,375.000	7.107.000

Für diese Gegend berechnete v. Winkler einen Vorrat von 1.710.000 T. des Rohphosphates ungeachtet des von ihm zu hoch angenommen sp. Gewichtes (2,85); Ilkewitsch findet bei einem sp. Gew. von 2,5, 875.000 t. pro ½ km, also 1.750.000. Die Zahlen beider Forscher sind nur für den Detritus berechnet worden.

Tabelle III-a.
Die Phosphorite des Feldes VI (Rootsikalavere).
Flächeninhalt: 1,4 km².

P r o f i l	A u f s c h l ü s s e N r. 17 a—g						Mittel- werte
	a	b	d	e	f	g	
Detritus. Abgetragen. 1. Konglomerat, rost- braun, locker, <i>Schmidtia</i> - reich.	Unlöslich in Säuren P ₅ O ₂	nicht vorhanden (abgetragen)			47,30 17,35	nicht vor- handen	17,35
	Mächtigg.				0,35		0,35
	Sandstein mit zerstreuten Schalen bis 0,45 m						
2. Konglomerat. Locker grau, stellen- weise sandfrei; lin- senartig auskeilend und wiedererschei- nend.	Unlöslich in Säuren	22,98	15,62	36,40	40,09	19,80	
	P ₂ O ₅	25,84	29,49	22,43	19,74	28,21	25,54
	Mächtigg.	0,30: 0,40	0,60	0,45	0,14: 0,55	0,55	0,45
Sandstein mit zerstreuten Schalen von 0,05 bis 0,48 m							
3. Konglomerat. Här- ter als die vorigen, grau: reich an grossen Obolen.	Unlöslich in Säuren	nicht erreicht?		59,38	47,70		
	P ₂ O ₅			14,06	18,30	vorhanden	16,18
	Mächtigg.			0,50	0,25		0,30

Die Profile e und f sind von Verfasser untersucht und die Analysen sind von Herrn S. Paul ausgeführt worden. Alle übrigen Daten stammen aus dem Gutachten des Berging. Ilkewitsch.

Das erste Konglomerat habe ich nachweisen können im nördlichen Teil des Feldes, wo es gleich unter dem Ackerboden liegt und wenigstens 0,2 km² einnimmt. Das zweite Konglomerat ist offenbar durchgehend zu finden; vom dritten Konglomerat wird ebenfalls im Norden des Feldes, wenigstens 0,3 km² eingenommen.

Tabelle III-b.

Die Phosphorite des Feldes VI. (Rootsikalavere).

Pro	Gewicht in Tonnen						Summe im ganzen F.
	1. Konglomerat		2. Konglomerat		3. Konglomerat		
	1 m ²	0,2 km ²	1 m ²	1,4 km ²	1 m ²	0,3 km ²	
P ₂ O ₅	0,164	32.800	0,310	434.000	0,130	39.000	505.000
Ca ₃ P ₂ O ₈	0,358	71.600	0,675	945.000	0,283	84.900	1.100.000
Angereichert . .	0,546	109.200	1,033	1.446.000	0,433	130.000	1.685.000
Rohphosphat . .	0,945	189.000	1,215	1.701.000	0,810	243.000	2.133.000

Dieses VI Feld (Rootsikalavere) ist in der Hinsicht bemerkenswert, dass hier der Phosphorit ausnahmsweise im Tagebau gewonnen sein kann.

Diese östliche Seite des Feldes ist von mächtiger Grundmoräne und zum Teil vom Ose Roosimägi verdeckt, und wie es aus zufälligen Aufschlüssen (Feldgraben) zu urteilen möglich war, kann auch der Detritus zum Teil noch unzerstört sein.

Tabelle IV-a.

Die Phosphorite des Feldes VII (Ülgase).

Flächeninhalt: 1 km².

Profil		Aufschl. 22	Nr. 24	Bergwerk Ülgase Nr. 25	Mittel
Immer 1 bis 2 Konglomerate, entweder gleichzeitig oder abwechselnd vorhanden. Locker, rostbraun, gelb, tiefer grau. Unten <i>Ob. Apollinis</i> , höher <i>Schmidtia</i>	Unlöslich in Säuren	40,07	—	—	—
	P ₂ O ₅	20,13	18 bis 20	14	17,3
	Mächtigkeit	0,45	0,12	0,9—1,06	63,2

In diesem Felde ist der Detritus nachgewiesen worden, doch eingehend nicht erforscht.

Mit Nr. 22 und 24 bezeichnete Konglomerate sind nicht mit Nr. 25 ident. Die beiden ersten bilden das oberste Konglomerat, während das unterste, welches im Bergwerk gewonnen wird, in den Schürfen nicht erreicht worden ist. Auch beim Bergwerk 1,5 m über dem „Haupt-

konglomerat“ liegt ein zweites, stellenweise sogar ein drittes. Ein jedes von diesen kann bis 0,15 mächtig werden.

Das untere, Hauptkonglomerat, besteht aus zwei, unscharf abgetrennten Teilen. Der untere, 0,20—0,30 m mächtig ist sehr schalenreich und besteht fast nur aus der grossen Art *apollinis* mit seinen Varietäten; höher nehmen diese an Zahl und Anhäufung ab und die *Schmidtia* tritt hervor.

Tabelle IV-b.
Die Phosphorite des Feldes VII (Ülgase).

	Gewicht in Tonnen	
	pro 1 m ²	pro 1 km ²
P ₂ O ₅	0,287	287.000
Ca ₂ P ₅ O ₈	0,625	625.000
Angereichert	0,956	956.000
Rohphosphat	1,700	1.700.000

Tabelle V-a.
Die Phosphorite des Feldes VIII.
Flächeninhalt: 120 km².

Bohrprofile				Aufschlüsse am Glint							Mittelwerte aus Iru aus der Tabelle II-a	Mittel
	Nr. 1 Lagedi	Nr. 2 Saha	Nr. 3 Kostivere	Nr. 4 Kiüu	Nr. 11 Kadriörg	Nr. 12 Hundikuristik	Nr. 29 Joa	Nr. 32 Valkia				
1. Detritus wie vorher	Unlöslich in Säuren	70,35	78,47	86,37	85,93	50,45	36,86	vorhanden	88,58	62,89	—	
	P ₂ O ₅	6,63	5,40	3,10	2,86	8,87	19,29		3,75	11,15	7,63	
	Mächtigtg.	0,70	0,65	0,60	0,60	0,80	0,70		0,75	0,72	0,69	
Tauber Sandstein 1,5 bis 2 m.												
Erstes Konglomerat	Unlöslich in Säuren	28,49	73,74	—	46,76	5,64	—	—	59,97	28,69	—	
	P ₂ O ₅	21,60	6,86	—	17,34	18,79	—	19,72	13,89	23,91	15,27	
	Mächtigtg.	0,12	0,26	0,15	0,40	0,05	Spuren 0,20	0,10 0,15	0,68	0,55	0,23	
Tauber Sandstein bis 1,5 m												
Zweites (unterstes) Konglomerat	Unlöslich in Säuren	—	—	—	32,91	—	—	—	—	—	—	
	P ₂ O ₅	—	—	—	22,30	—	—	16,0	—	—	—	
	Mächtigtg.	—	—	—	0,14	—	—	0,20 0,30	0,30	—	—	

Bei der Berechnung dieses Feldes wurden, nach Beratung mit Herrn J. Kark, nicht alle Aufschlüsse am Glint verwendet, denn die

Zahl dieser um ein brauchbares Mittelwert zu erhalten, muss nicht die Zahl der Bohrungen übertreffen. Deshalb sind in die Tabelle die noch nicht verwendeten Aufschlüsse am Glint eingenommen und neben diesen finden wir auch die Mittelwerte für „Iru“. Dieses ist notwendig um die Glintstrecke zwischen Hundikuristik (Wolfschlucht) und Jägala-Joa (Joa) zu illustrieren.

In der Tabelle fehlen folgende Aufschlüsse, welche keinen Anteil im Mittelwerte haben: 1) alle Aufschlüsse zwischen Ülgase und Joa, wo ein 0,16 bis 0,20 m mächtiges Konglomerat zu finden ist. 2) Tsitri (Zitter) Nr. 33. Ein Obolenkonglomerat ist nachgewiesen worden, in einer Mächtigkeit von 0,35 m, mit 22,16% P_2O_5 .

Die Daten zu Aufschluss Nr. 12 (Hundikuristik — Wolfschlucht) sind aus der Arbeit A. Kupffer's genommen worden und für Joa — aus dem Manuscripte N. Erassi's.

Das untere Konglomerat wird nicht in Acht genommen, das obere wird als durchgehend berechnet.

Tabelle V-b.

Die Phosphorite des Feldes VIII.

(Lagedi-Kiiu).

Pro	Gewicht in Tonnen						
	Detritus			Konglomerat			Summa
	1 m ²	1 km ²	120 km ²	1 m ²	1 km ²	120 km ²	120 km ²
P_2O_5	0,141	141.000	16.920.000	0,093	93.000	11.160.000	28.080.000
$Ca_3P_2O_8$	0,307	307.000	36.840.000	0,202	202.000	24.240.000	61.080.000
Rohphosphat	1,863	1.863.000	223.560.000	0,621	621.000	74.520.000	298.080.000

Tabelle VI-a.

Phosphorite der Felder: I (Pakerort) mit 6 km², II (Türisalu) mit 6 km² und III (Rannamöisa-Mäeküla) mit 20 km².

		Aufschlüsse				
		Nr. 1 Pakerort	Nr. 4 Türisalu	Nr. 7 Ranna- möisa	Nr. 9 Mäeküla	Mittel- werte
Detritus	Unlöslich					
wie	in Säuren	89,68	62,34	71,66	67,42	72,27
	P_2O_5	2,24	4,70	9,16	4,65	5,34
vorher	Mächtigkeit	0,80	0,65 bis 0,85	0,75	0,70	0,75

Für Pakerort bestimmte Kupffer ein Gehalt von 4,75 P_2O_5 und für Mäeküla (Hark) fanden Beyschlag und v. z. Mühlen 5,79% P_2O_5 .

Tabelle VI-b.

Phosphorite der Felder I (Pakerort), II (Türisalu) und III (Ranna-möisa-Mäeküla).

	Gewicht in Tonnen					Summa
	Pro 1 m ²	Pro 1 km ²	In den Feldern			
			I (Pakerort) mit 6 km ²	II (Türisalu) mit 6 km ²	III (Mäeküla) mit 20 km ²	
P ₂ O ₅	0,107	107.000	642.000	642.000	2.140.000	3.424.000
Ca ₃ P ₂ O ₈	0,233	233.000	1.398.000	1.398.000	4.660.000	7.456.000
Rohphosphat	2,025	2.025.000	12.150.000	12.150.000	40.500.000	64.800.000

Tabelle VII-a.

Phosphorite des Feldes IX (Purtse-Narva).

Flächeinhalt: 150 km². Aufschlüsse Nr. 38—51.

		Nr. 39 Sakka	Nr. 40 Ontika	Nr. 45 Oru	Mittel- werte
Ein Konglomerat mit grauen resp. braunen Obolenschalen. Stellenweise zerfällt es in 2 bis 3 besondere Schichten	Unlöslich in Säuren	60,65	54,57	74,0	—
	P ₂ O ₅	13,72	13,28	9,07	12,02
	Mächtiggk.	0,30	über 1 m	0,34	0,35

Die Daten „Ontika Nr. 40“ stammen aus der Arbeit von Kupffer. Die gesamte Mächtigkeit der Phosphoritschichten bei Saka (Sackhof) beträgt 1 m 43 cm; die in der Tabelle vorhandene Zahl (0,30) entspricht der analysierten Schicht. Mit Mächtigkeit 1,40 ist der Phosphorit bei der Mündung des Flusses Purtse (Purtsejögi) zu finden (Aufschluss 38); auf der ganzen Strecke von Purtse (38) bis Ontika (40) war es möglich anstehend und in abgestürzten Blöcken das Vorhandensein einer ziemlich reichen Obolenschicht festzustellen, deren Mächtigkeit zwischen 0,20 und 0,60 schwankt. Östlich von Ontika ist die Schicht dünner, gewöhnlich zwischen 0,20 und 0,30 schwankend. Seltener sinkt die Mächtigkeit unter 0,1 m herab. Der Mittelwert der Mächtigkeit (0,35 m) ist aus mehr als 20 Messungen der anstehenden Schichten gewonnen.

Tabelle VII-b.

Phosphorite des Feldes IX (Purtse-Narva).

	Gewicht in Tonnen		
	pro 1 m ²	pro 1 km ²	pro 150 km ²
P ₂ O ₅	0,113	113.000	19.950.000
Ca ₃ P ₂ O ₈	0,246	246.000	36.000.000
Rohphosphat	0,945	945.000	141.750.000

Vor Zusammenstellung der Schlusstabellen, müssen wir bemerken, dass auch ausserhalb der besprochenen Felder Phosphorite gewiss vorhanden sind, doch ist es unmöglich jene Vorräte zahlenmässig auszudrücken. Die Phosphoritschichten befinden sich in Estland auf einem über 200 km langen Glinstreifen und sind weiter nach Russland zu verfolgen. Solche weite Verbreitung in Betracht ziehend, ist es wahrscheinlich, dass die südliche Erstreckung der Phosphorite auch beträchtlich sein kann.

Zwischen den Feldern VIII und IX ist der Glint ohne Aufschlüsse und nur im Osten (Kalvi und Aseri) und im Westen (Nõmmeveski) sind Aufschlüsse des Obolensandsteines anzutreffen. Diese unterscheiden sich wesentlich voneinander, in dem bei Nõmmeveski noch der Detritus ansteht, während bei Kalvi und Aseri ein solcher fehlt. Wahrscheinlich stellt dieses unbekannte Areal einen Übergang zwischen dem westlichen und östlichen Entwicklungstypus des Obolensandsteines mit seinen Phosphoriten dar.

Tabelle VIII.

Umfang und Klassifikation der Vorräte nach der internationalen Skala (Sichtbare, tatsächlich nachweisbare, möglicherweise vorhandene-mögliche).

A. Sichtbare Vorräte (reserves actuelles)				
Gewicht in Tonnen	P ₂ O ₅	Ca ₃ (PO ₄) ₂	Angereichert (bis 30% P ₂ O ₅)	Rohphosphat
IV. Feld „Wiimsi“	298.000	650.000	566.000	2.700.000
V. Feld „Iru“	1.028.000	2.437.000	1.552.000	7.107.000
VI. Feld „Rootsikalavere“	505.000	1.100.000	1.685.000	2.133.000
VII. Feld „Ülgase“	287.000	625.000	956.000	1.700.000
Summa:	2.118.000	4.812.000	4.759.000	13.640.000
B. Möglicherweise vorhandene Vorräte (reserves probables)				
	P ₂ O ₅	Ca ₃ (PO ₄) ₂		Rohphosphat
I, II, III Felder	3.424.000	7.456.000	—	64.800.000
VII Feld „Lagedi-Kiiu“	28.080.000	61.080.000	—	298.080.000
IX Feld (Purtse-Narva)	16.950.000	36.000.000	—	141.750.000
Summa:	48.545.000	104.536.000	—	504.640.000
Summa summarum:	50.572.000	109.348.000	4.757.000	518.270.000
C. Mögliche Vorräte (reserves possibles)				
Felder: 1. Zwischen Nõmmeveski und Purtse; 2. Im Süden von den bekannten Vorkommen.				

Der ganze Vorrat an reichen Phosphoriten dürfte also nach vorliegenden Berechnungen 13,5 Mill. Tonn. betragen. Umarik gibt für die hochprozentigen Phosphorite (17—20% P_2O_5) eine enorme Zahl von 5 bis 6 Tausend Millionen Tonnen an, welche er als Minimum-Zahl bezeichnet, während in der Tat „viel mehr“ vorhanden sei. Unsere Zahl ist mehr als 400 Mal kleiner. Die ganze Summe aller Rohphosphorite ist aber über 10 Mal kleiner.

Von den „Vorhandenen“ Vorräten muss ein Teil, nämlich die Konglomerate des Feldes VIII (Lagedi-Küü) als hochwertig bezeichnet werden, weil auch diese angereichert werden können (siehe Tabelle V-a-b). Dasselbe ist auch zum Teil in Bezug auf das Feld IX zu erwarten, während die anderen den Detritus darstellen, dessen Anreicherung noch nicht durchgeführt worden ist.

Die Konglomerate des VIII Feldes führen 74,5 Mill. T. Rohphosphat mit 11,1 Mill. T P_2O_5 (15%).

VII.

Die Abbauwürdigkeit des Obolus-Phosphorites.

Der grösste Teil dieser Vorräte des Phosphorites ist bei gegenwärtigem Stande der Technik nicht abbauwürdig, weil sie verhältnismässig arm und stellenweise schwer zugänglich sind. Besonders gilt dieses für den Detritus, dessen Anreicherung wegen des kleinen Kornes sich mit einfachen Mitteln nicht bewerkstelligen lässt.

Für eine Abbaumöglichkeit in der Gegenwart können wir nur mit den Konglomeratfeldern am Glint rechnen, wobei auch der Detritus zum Teil in Anspruch genommen werden könnte. Es sind nämlich die in der Tabelle VIII als sichtbar bezeichnete Phosphorite.

Als nächstfolgende Stufe könnten wir noch mit einem Teil des Detritus am Glint des VIII Feldes, mit den Konglomeraten von Valkla, Kiiu und Tsitri und mit dem Konglomerate zwischen Purtse und Ontika rechnen, doch in welchem Masse dieses möglich wäre, bedarf weiterer Forschungsarbeiten.

Obwohl die abbauwürdigen Vorräte nicht allzugross sind und der Phosphorit verhältnismässig arm ist, besitzt er doch mehrere Eigenschaften, die seinen Abbau und seine Verarbeitung erleichtern. Nämlich der Sand, die Gangart ist so locker, dass überhaupt keine Zerkleinerungsvorrichtungen erforderlich sind, um die Schalen vom Sande zu befreien.

Der Sandstein wird vom Dictyonemaschiefer überdacht, der ein vorzügliches Hangendes darstellt und dabei wasserundurchlässig ist und die Entwässerungsfrage erleichtert. In den verlassenen Stollen bei Karlova, die seit Jahren nicht entwässert worden sind, steht das Wasser höchstens 1 m hoch.

Die chemische Zusammensetzung ermöglicht eine Umarbeitung in Superphosphat. Ausserdem ist in genügender Zerkleinerung der Phosphorit ohne chemische Umarbeitung zum Teil citratlöslich und unter gewissen Bedingungen (saure Boden) von den Pflanzen aufnehmbar.

Die Phosphoritlager haben eine günstige Lage am Meere, was den Transport erleichtert.

In Berücksichtigung aller diesen Eigenschaften, wurde in Reval im Jahre 1920 die Aktiengesellschaft „Eesti Vosvoriit“ gegründet und im Jahre 1921 wurde am Glint bei Ülgase ein Bergwerk angelegt und im Jahre 1925 eine Anreicherungsanlage mit einer Mühle.



Phosphoritfabrik und Bergwerk Ülgase, 23 km östlich von Tallinn (Reval). Rechts der verwachsene Glint. Oben (X) der Eingang in den Phosphoritstollen.

Die Schwierigkeit beim estnischen Phosphorit besteht in der Anreicherung; beim Konglomerate gelang es der Gesellschaft diese Frage zu lösen. Es wird ein rotierendes Sieb verwendet, dass die Schalen behält und den Sand durchlässt. Seine Maschengrösse ist so gewählt, dass von der ganzen Masse der Phosphorites 2 bis 5% verloren gehen, weil die Korngrösse dieses Anteiles dem des Sandes nahe steht. Dieser Verlust ist schwer zu vermeiden, weil beim Durchsieben die Schalen kleine Splitter abgeben. Es wird etwa vom 12—14%-igen Rohphosphat ausgegangen, während der angereicherte Phosphorit dagegen rund 30% Phosphorsäure (P_2O_5) enthält. Er wird zum Teil nach Finnland und Schweden als Rohprodukt für die Superphosphatwerke ausgeführt, zum Teil wird er aber schon im zermahlenem Zustande im Lande verkauft und als Düngemittel verwendet. Es herrscht die Meinung, dass die dreifache Menge des 30%-igem rohen Obolenphosphorites in seiner Wirkung dem Thomasmehl entsprechen soll, wobei der Preis der löslichen Phosphorsäure in diesem Fall immer noch 10% niedriger ist als der des Thomasmehles. Eine solche Verwendungsart des Rohphosphorites ist auch durch landwirtschaftliche Experimente zum Teil bestätigt worden, doch vorläufig noch nicht in dem Umfange, dass man mit Sicherheit diese Methode bei allen Pflanzen und Böden empfehlen kann.

Register der Ortschaftsnamen.

Es finden sich in diesem Register die vorkommenden geographischen Namen, wobei auch Rücksicht genommen wurde auf die in der Literatur gebrauchten Synonyme oder deutsche Ortschaftsnamen.

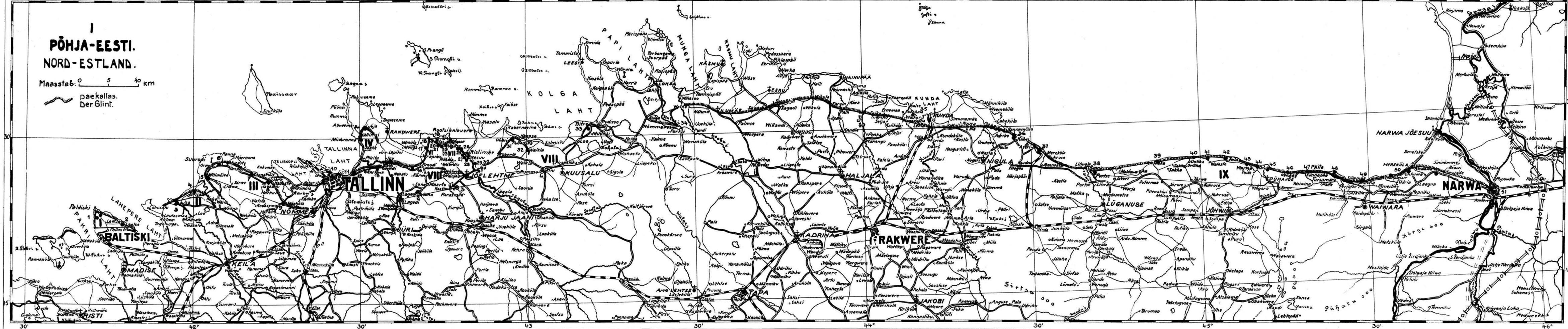
- | | |
|--|--|
| Aseri (Asserin) | Oru (Orro) |
| Asserin (siehe Aseri) | Paltiski (siehe Baltiski) |
| Baltiski (Paldiski; Baltischport) | Pakerort |
| Baltischport (siehe Baltiski) | Päite (Peuthof) |
| Fall (siehe Keila-Joa) | Peddes (Kalvi) |
| Hark (Harku) | Peuthof (Päite) |
| Harku (Hark) | Purtse (Alt-Isenhof, Purts) |
| Hirro (siehe Iru) | Purtsejõgi (Isenhofscher Bach,
Fluss Purts) |
| Hundikuristik (Wolfsschlucht) | Purts (siehe Purts) |
| Ilgast (siehe Ülgase) | Ranna |
| Iru (Hirro, Irro, Hiro) | Reval (Tallinn) |
| Isenhof, Alt (siehe Purts) | Ristimäe |
| Isenhof, Bach (siehe Fluss Purts) | Rootsikallafer (Rootsikalavere) |
| Jaggowal (siehe Jägalajõgi, J.-Fluss) | Rootsikalavere (Rotsikallafer) |
| Jamburg | Sackhof (Saka) |
| Joa (siehe: Keila-Joa = Fall; Jä-
gala-Joa) | Sage (siehe Saha) |
| Kallaste | Saha (Sage, Sahe) |
| Kalvi (Peddes) | Sahe (siehe Saba) |
| Kannuka | Saka (Sackhof) |
| Karlova (Karlshof) | Sarapiku |
| Karlshof (siehe Karlova) | Surop (Suuropi) |
| Katharinenthal | Suuropi (Surop) |
| Keila-Joa (Fall) | Tallinn (Reval) |
| Kida (siehe Kiiu) | Toila |
| Kiiu (Kida) | Tsitri (Zitter) |
| Kostifer (Kostivere) | Türisalu (Türisal) |
| Kostivere (Kostifer) | Türisal (Türisalu) |
| Kurda | Ubari |
| Künnapää | Udrias (Utria) |
| Laakt (Lagedi) | Utria (Udrias) |
| Lagedi (Laakt) | Ülemistejärv (Obersee) |
| Leetz (Leetse) | Valaste (Wallaste) |
| Leetse (Leetz) | Wallaste (Valaste) |
| Lubjamägi | Valgejõgi (Fluss Walge) |
| Martsa (Murtz) | Valkla (Walküll) |
| Mäeküla | Walküll (Valkla) |
| Murtz (Martsa) | Viimsi (Wiems) |
| Narva | Wiems (Viimsi) |
| Narva jõgi (Fluss Narva, Narova) | Witenpövel (Vitimõisa) |
| Nõmmeveski | Vitimõisa (Witi, Witenpövel) |
| Obersee (Ülemistejärv) | Wolfsschlucht (Hundikuristik) |
| Ontika | Zitter (Tsitri) |
| Orro (Oru) | |
-

30' 42° 30' 43° 30' 44° 30' 45° 30' 46°

PÕHJA-EESTI. NORD-ESTLAND.

Maasstab: 0 5 10 km

paekallas.
Der Glint.



30' 42° 30' 43° 30' 44° 30' 45° 30' 46°

II TALLINNA-JÕELEHTME PIIRKOND

Mõõt/Maasslab 0 0,5 1,0 1,5 2,0 km.

-  Obolus-liivakivi
-  Obolus-Sandstein
-  paekallas
Der Glint

