

II. Besprechungen.

Die Ergebnisse neuerer Untersuchungen über den estnischen Kuckersit und einige sich daran knüpfende Fragen.

Von **L. Rüger** (Heidelberg).

Seit der ersten wissenschaftlichen Untersuchung des Kuckersits durch G. v. HELMERSEN im Jahre 1838 (zuerst erwähnt bereits von GEORGI 1791) hatte sich die Aufmerksamkeit in- und ausländischer Geologen und Chemiker immer wieder diesem in jeder Hinsicht einzigartigen Gestein zugewendet. Eine sehr umfangreiche z. T. äußerst zerstreute Literatur existiert darüber, und unter den vielen Namen der Bearbeiter seien nur die von G. v. HELMERSEN, F. SCHMIDT, HEHN, SCHAMARIN, FOKIN, WINKLER, GÄBERT, ZALESSKY, BEKKER, LINDENBEIN, POGREBOV genannt.

Der Heizstoffmangel im Kriege veranlaßte die russische Regierung, erneut ihr Augenmerk auf den Kuckersit zu richten, welcher vor allem für die Petersburger Gaswerke verwendet werden sollte. Nach der Okkupation Estlands durch unsere Truppen erfuhr das Vorkommen eine ebenso eingehende Bearbeitung von deutscher Seite, wo unter der Leitung von GÄBERT eine systematische Aufnahme erfolgte. Einen kürzeren Auszug aus der sehr umfangreichen für die Heeresverwaltung bestimmten Denkschrift veröffentlichte GÄBERT in der „Braunkohle“ (1921). Man hoffte im Krieg vor allem schwer gefrierbare Öle für Flugzeugmotore herzustellen, was indessen nicht mehr zur Ausführung kam.

Nach Kriegsende stellt der Kuckersit für den jungen estnischen Staat, in dessen Grenzen die wichtigsten Vorkommen liegen, den wertvollsten Bodenschatz dar¹⁾.

Hatten so die praktischen Erfordernisse des letzten Jahrzehnts eine erneute gründliche Durchforschung gebracht, so erwachsen zugleich eine Reihe wissenschaftlicher Probleme, welche sich auf die Stratigraphie, Paläontologie, Sedimentpetrographie u. a. erstreckten. Diese Untersuchungen haben Ergebnisse gebracht, die einen gewissen Ab-

¹⁾ Eine besondere Aufmerksamkeit wird dem Kuckersit von englischer Seite gewidmet, wie zahlreiche Arbeiten in der *Petrol. times* und *Chem. abstr.* zeigen, ein Zeichen der wirtschaftspolitischen Bedeutung, welche man dem Stoffe beimißt.

schluß darstellen und einen zusammenfassenden Bericht rechtfertigen dürften, besonders da ein Teil der Arbeiten hier in Deutschland weniger bekannt ist. Nur die allerwichtigste Literatur soll dabei angeführt werden.

Was zunächst die neueren Arbeiten betrifft, welche die geologische Grundlage für die Abbaumöglichkeiten des Kuckersits geben sollen, so ist unter diesen vor allem die ausgezeichnete Darstellung GÄBERTS (1921) zu nennen, welche durch zahlreiche Karten und Profile erläutert wird. Den gleichen Zweck verfolgen die Arbeiten von BEYSCHLAG und VON ZUR MÜHLEN (1918), BEHR (1919), WINKLER (1921), VON ZUR MÜHLEN (1921), VON ANTROPOFF (1921), HENTZE (1922).

Den Chemismus vorwiegend hinsichtlich technischer Verwendung behandeln außer den genannten Autoren WITTLICH und WESHNJAKOFF (1922), WITTLICH (1924), KOGERMANN (1922), CUNNINGHAM CRAIG (1922), WINKLER (1919), SCHNEIDER (1920), VON DOEPP (1919).

Die Petrographie des Kuckersits blieb bis vor wenigen Jahren völlig ungeklärt. Als erster war es FOKIN (1913), welcher das Gestein petrographisch untersuchte und Gebilde feststellte, welche er als Algen ansprach, eine Deutung, die sich später bestätigte. Seine Folgerung daraus war, daß es sich bei dem Bitumen des Kuckersits nicht um eingewanderte Kohlenwasserstoffe handelt, sondern daß es aus den Organismen selbst stammt. BORN (1914) kommt auf Grund der Verteilung der Fossilien in den Kalk- und Kuckersitbänken zu dem Schluß, daß es sich um eine autochthone Bildung aus Tang bzw. Algenrasen handelt.

Im Kriege nahm der russische Botaniker ZALESSKY (1916, 1917, LINDENBEIN 1920), durch die Arbeiten FOKINS angeregt, die Untersuchung wieder auf, wobei ihm die endgültige Klärung gelang. Die in den Schliffen sichtbaren Formelemente erwiesen sich einwandfrei als Algen und zeigten nach seiner Auffassung am meisten Ähnlichkeit mit den Cyanophyceen und unter ihnen besonders mit der rezenten Form *Gloeocapsa*. Auf Grund dieser Ähnlichkeit bezeichnete er die silurische Alge als *Gloeocapsomorpha* (*Gloeocapsomorpha prisca* nov. gen. nov. sp.). Auch die Bezeichnung „Kuckersit“ (nach dem Gut Kuckers im mittleren Nordestland, wo das Gestein zum erstenmal gefunden wurde) geht auf seinen Vorschlag zurück.

Die eingehendsten mikroskopischen Untersuchungen am Kuckersit unternahm LINDENBEIN (1921 a—d), welcher die Algennatur bestätigte, im einzelnen aber zu anderen Ergebnissen als ZALESSKY gelangte.

Bevor auf diese Arbeiten eingegangen sei, sind zunächst einige allgemeine Bemerkungen vorwegzunehmen. Der Kuckersit stellt ein braunes, mit dem Fingernagel ritzbare Gestein dar, dessen sp. Gew. im reinen Zustand 1,2 beträgt. An offener Flamme (schon leicht am Zündholz entzündbar) verbrennt er mit rußender Flamme unter Copraartigem Geruch und gibt einen schwarzen koksartigen Rückstand.

Bei starker Hitze bleibt eine rote pulverige Asche zurück. Kalilauge wird leicht gelb gefärbt. Trotz seines außerordentlich hohen Bitumengehalts, welcher bis 52% steigen kann, fehlt dem Kuckersit der charakteristische Geruch bituminöser Gesteine, den diese beim Schlagen, Reiben oder sonstigen mechanischen Insulten entwickeln.

Sein Auftreten ist in Form verschieden mächtiger Flöze, welche von millimeterdünnen Schmitzen bis 80 cm ansteigen können. Die Zahl der Flöze schwankt zwischen 6 und 8. Die einschließenden Gesteine sind Kalke, Mergelkalke oder Mergel. Die tiefsten Flöze sind i. a. die mächtigsten. Seine Hauptentwicklung liegt im mittleren Nord-estland. Gegen Westen läßt sich sein Auskeilen verfolgen (Laaksberg in Reval), während gegen Osten das Schichtpaket unter jüngere Schichten untertaucht. Er tritt indessen auf russischem Gebiet wieder auf, von welchem, abgesehen von beiläufigen Notizen, nähere Beschreibungen fehlen. Ein weiteres Vorkommen soll angeblich unmittelbar nördlich des Peipussees liegen, wo das Ordovizium infolge einer wahrscheinlich undatorischen Aufwölbung nochmals zu Tage kommt. Es wäre dies, wenn die Nachricht wahr ist, das südlichste Vorkommen, was für paläogeographische Fragen von gewissem Interesse ist.

Die Reinheit der Flöze ist verschieden, da der Kalk im Kuckersit in wechselnden Mengen bis zur völligen Verdrängung auftreten kann.

Die Parallelisierung der Kuckersschen Schicht mit entsprechenden ordovizischen Schichten anderer Länder ist z. T. noch strittig. In Schweden entsprechen der Kuckersschen Schicht die Kalke mit *Chasmops macrurus*, *Iliaenus Linnarsoni*, *Chasmops maximus*. In Norwegen ist nach HOLTEDAHL (cit. nach BEKKER 1921) das Äquivalent der Kuckersschen Schicht in der Etage 4b (mit *Chasmops conicophtalmus*) zu suchen. Eine ziemliche Übereinstimmung beruht vor allem, wie BEKKER zeigte, in der Brachiopodenführung. In der Graptolithenfazies entspricht der Kuckersschen Schicht die Zone mit *Diplograptus pusillus* oder *Nemagraptus gracilis*, also etwa der obere Teil der unteren Dicellograptusschiefer oder deren unterer Teil in der mittleren Abteilung.

Bedeutend schwieriger ist die Verbindung mit dem englisch-schottischen Ordovizium. JONES (Mitteilung an BEKKER 1924) kommt zu dem Schluß, das Äquivalent im Llandeilo zu suchen und zwar etwas höher als die Zone mit *Nemagraptus gracilis* (mittleres Llandeilo), aber tiefer als die Zone mit *Climacograptus Wilsoni* (unteres Caradoc). Dies würde also der Zone des *Climacograptus peltifer* (oberes Llandeilo) entsprechen, wenn man nicht beide Zonen unter Zuweisung in das untere Caradoc vereinigen und die Dreiteilung des Llandeilo aufgeben will.

Die Parallelisierung mit Nordamerika wird von RAYMOND (1916) versucht, welche indessen nicht allzu überzeugend aussieht. Auf

einige Übereinstimmungen mit den ostasiatischen Silurprovinzen weist weiter BEKKER (1921) hin, auf dessen vorzügliche monographische Bearbeitung der Kuckersschen Schicht ganz besonders hingewiesen sei.

Die Untersuchung des Materials erfolgt entweder im Dünnschliff, wozu man zweckmäßig kalkiges Material herausucht, oder mittels Mikrotomschnitten, die eine ziemlich zeitraubende Vorbereitung gebrauchen. LINDENBEIN (1921 a) gibt hierzu verschiedene Methoden an, die alle auf die Isolierung des reinen Kuckersitpulvers hinzielen. Als Verunreinigungen kommen in erster Linie Kalzit, alphititische Substanzen, Pyrit bzw. Brauneisen, untergeordnet Glaukonit (im Kalk) und spärlich Quarz (u. d. M. erkennbar) in Betracht. Der pulverisierte Kuckersit wird zunächst in Chloroform vom sp. Gew. 1,48 gebracht, wobei die schweren Mineralien und ein Teil des Kalzites zu Boden sinken. Der Rückstand wird auf dem Wasserbad mit verdünnter Salzsäure bis zum vollständigen Vertreiben des restlichen Kalkes erwärmt. Nach Auswaschen und Filtrieren und Trocknen bei 110° enthält der Kuckersit nur noch die alphititischen Beimengungen, die nach dem Verfahren von JEFFREY und CHRYSLEY mit Flußsäure entfernt werden. Wesentlich bei dem ganzen Verfahren ist, daß hierbei die organischen Formelemente keine Veränderung erfahren. Die so gewonnene, nun reine Kuckersitmasse wird nun in der üblichen Weise mit Paraffin versetzt, und hieraus werden Mikrotomschnitte hergestellt.

U. d. M. beobachtet man regellos verteilte Anhäufungen von bernsteingelben bis bräunlichen Massen von unregelmäßig rundlicher Gestalt, in welchen sich zahlreiche kleine dunkel- bis tiefbraune mehr oder weniger ovale Körper finden. Die Größe der erstgenannten Gebilde schwankt zwischen 40 und 100 μ , die der eingeschlossenen dunklen Körper in der großen Achse zwischen 3—10 μ , in der kleinen zwischen $1/2$ —4 μ . Die Deutung geht, wie schon FOKIN vermutete und ZALESSKY bestätigte, dahin, in den dunklen Körnern Zellen zu sehen, während die umhüllende, randlich oft struierte Masse die ehemalige Gallerte darstellt, welche durch Verquellung der Zellmembrane entstand und zur Bildung von Zellkolonien führte. ZALESSKY ging noch weiter. Es schien ihm dies von so vorzüglicher Erhaltung, daß er glaubte, die Substanz sei nicht weiter verändert, sondern nur eingetrocknet. Unter dieser Annahme mußte die Gallerte als Gel bei Zusatz von Flüssigkeiten quellen. Er behandelte so die Kuckersitpräparate mit Wasser, Chloralhydrat, Nelkenöl u. a., wobei in der Tat Quellung stattfand, was ihn in der unrichtigen Voraussetzung bestärkte. LINDENBEIN weist darauf hin, daß auch Bitumina das gleiche Verhalten zeigen können. Auch zeigt schon der Chemismus des Gesteins, daß die Folgerungen von ZALESSKY nicht zutreffen können. Immerhin hat das Aufquellungsvermögen den Vorteil, eine starke Aufhellung der Präparate herbeizuführen. Entgegen der Behauptung ZALESSKYs, daß die Aufquellung $1/2$ bis $1/4$ des Volumens ausmacht, gelangt LINDENBEIN zu bedeutend geringeren Zahlen ($1/10$ — $1/30$).

Während bei der rezenten *Gloeocapsa* und bei fast allen Cyanophyceen eine regellose Verteilung der Zellen in der Gallerte besteht, ist bei *Gloeocapsomorpha* durchweg eine radialstrahlige Struktur erkennbar, welche es nicht möglich macht, diese Form mit der rezenten *Gloeocapsa* oder anderen Cyanophyceen (etwa *Gomphosphaeria*, bei der die Zellen peripherisch im Thallus liegen) zu vergleichen. Es läßt sich vielmehr erkennen, daß es sich innerhalb einer „Kolonie“ wiederum um immer wiederkehrende Merkmale handelt, indem der Thallus nach Art einer unechten Verzweigung in kurze Fadenstücke geteilt ist, die ihrerseits wieder, mehrere zusammen, gegeneinander durch struierte „Gallerte“ abgetrennt sind. Körperlich bilden sie konische Formen, deren Spitzen gegen das Zentrum der ganzen Kolonie liegen. Aus der Anordnung ist zu schließen, daß es sich bei der ganzen Kolonieforn um eine vorwiegend kugelige Gestalt handelt, wobei ev. eine kleine Abplattung besteht. Besonders gut ist diese Anordnung bei kleinen Exemplaren zu sehen, während diese Anordnung bei größeren zurücktritt; da alle Übergänge zu verfolgen sind, sieht LINDENBEIN darin einen Altersunterschied. Bis sechs solcher konischen Einzelstücke setzen eine Kolonie zusammen, die also, wie gesagt, dann in sich diese oben erwähnte Verzweigung in kurze Fadenstücke zeigt. An den peripheren Teilen der letzteren und zwar der gegen den Außenrand der ganzen Kolonie gelegenen, treten andersgestaltige Zellformen auf von mehr bläschenartigem Charakter. LINDENBEIN glaubt, daß es sich hier um Schwärmsporen handeln könnte. Indessen sind seine Angaben hierbei widersprechend, da er an anderer Stelle die Existenz von Zoosporen ausdrücklich verneint und aus deren Fehlen u. a. auch Vergleiche mit rezenten Algengruppen zieht.

LINDENBEIN betont noch besonders, daß es sich also bei den beschriebenen Strukturen keineswegs um organische handeln würde, eine Frage, die ja neuerdings wieder umstritten wird, da sich manche der aus älteren Formationen beschriebenen Algen (z. B. *Pila* und *Reinschia*) nach R. POTONÉ (1924) als Gerinnungsstrukturen erweisen, wie sie in Sapropeliten häufig sind.

Freilich sind dies alles Merkmale, welche durchaus nicht gestatten, *Gloeocapsomorpha* einer der jetzt lebenden Algenordnungen zuzuweisen. Gemeinsam mit dem Genfer Botaniker CHODAT schlägt LINDENBEIN deshalb vor, für diese silurische Alge eine besondere Ordnung aufzustellen, welcher er den Namen „*Protophycea*“ gibt. Als deren einziger Vertreter ist bisher *Gloeocapsomorpha prisca* ZAL. bekannt. Gewisse Ähnlichkeiten mit Cyanophyceen wie auch mit den Rhodophyceen sind vorhanden, können aber ebensogut Konvergenzerscheinungen sein, so daß sie jedenfalls systematisch nicht zu verwenden sind.

Damit stellt der Kuckersit einwandfrei das älteste Algengestein dar, welches sonst kein Analogon, wenigstens in dieser Erhaltungsart besitzt. Doch liegt es nahe, nach veränderten Gesteinen zu suchen,

die vielleicht hierher gehören. Hierbei ist vor allem an den Shungit des Jatulian zu denken. Als eine Humuskohle läßt er sich dem faziellen Verband nach zu urteilen immerhin schwer deuten, obwohl ja echte Gefäßpflanzen bereits aus dem Algonkium bekannt sind. Gegen eine karbonisierte Asphaltlagerstätte spricht die Art des Auftretens. Aber da an der Existenz von Algen und zwar sicherlich schon in großer Verbreitung im Präkambrium kaum zu zweifeln ist, erscheint es nicht ausgeschlossen, daß hier ein devolatilisiertes und karbonisiertes autochthones Algensapropellager vorliegt.

BEKKER (1921) glaubt noch weitere Gebilde zu erkennen, denen er Ähnlichkeit mit rezenten Algenformen zuschreibt: *Myconostoca*, *Aphanocapsa*, *Chroococcus*, *Gloeotheca*. ZALESSKY weist auf winzige punktförmige Gebilde hin, die sich bei stärkster Vergrößerung als zu Linien oder Gruppen angeordnet zu erkennen geben. Daneben treten Formen von stäbchen- und faserartiger Gestaltung auf. Er hält es nicht für ausgeschlossen, daß es sich um Mikrokokken handelt, welche in dem Schleim der Alge lebten.

Sedimentationsbedingungen: Zuvor wäre hierfür die Frage nach der Lebensweise von *Gloeocapsomorpha* zu behandeln, nämlich ob es sich um planktonische oder benthonische Formen gehandelt hat. Die vorwiegend kugelige Gestalt der Kolonien läßt, wie LINDENBEIN hervorhebt, keine diesbezüglichen Schlüsse zu, da sie sowohl bei planktonischen als benthonischen Formen auftritt. ZALESSKY spricht sich zugunsten einer planktonischen Lebensweise aus, wobei er rezente Analoga heranzieht. Ihm erscheint es wahrscheinlich, daß *Gloeocapsomorpha* freischwebend im Wasser lebte und zur Zeit der Blüte besonders starke Überzüge auf der Wasseroberfläche bildete. Auch BEKKER (1921) schließt sich dieser Auffassung an. Damit wäre also die Bildung einer Kuckersitlage der Ausdruck einer bestimmten Jahreszeit, man müßte also doch dann einen rhythmischen Wechsel sehr regelmäßiger Art erwarten. Dies ist aber, wie die Profile zeigen, nicht der Fall. Wohl liegt eine gewisse Periodizität der Sedimentation vor, die aber nicht in dieser Weise gedeutet werden kann. ZALESSKY läßt noch eine zweite Möglichkeit offen, daß *Gloeocapsomorpha* an anderen Stellen des Meeres Überzüge auf Felsen bildete, diese durch Sturmfluten abgerissen, verfrachtet und an ruhigen Wasserstellen abgelagert wurden. Dies sollte vom Strand her geschehen sein. Um die Mächtigkeit und immerhin große Reinheit (an herbeigeführtem Material) der Kuckersitlagen zu erklären, muß er längeres Anhalten der wirksamen Kraft annehmen und glaubt dies in jahreszeitlich konstanten Windrichtungen zu sehen. Es muß dem aber gegenübergehalten werden, daß man doch zu wenig von der Umrandung des Kuckersitmeeres weiß, um die notwendigen Voraussetzungen zu machen. Man darf höchstens annehmen, daß die Küste im Norden, sei es im Gebiet des heutigen finnischen Meerbusens, sei es noch weiter nörd-

lich auf finnischem Boden verlief. Über die Küstenbeschaffenheit weiß man nichts, möglich das sie aus kristallinem Material, vielleicht auch aus freigelegten tieferen kambro-silurischen Schichten bestand.

LINDENBEIN (1921 e S. 408 ff) hält eine benthonische Lebensweise für sehr wahrscheinlich, da eine Abhängigkeit von den umgebenden Sedimenten insofern besteht, als der Kuckersit vorwiegend an mergelige, untergeordnet an reiner kalkige und kaum an brekziöse Kalkbildungen gebunden ist. Ferner weist er darauf hin, was auch zutrifft, daß die Protophyceen im Kalk viel besser als in den reinen Algenanhäufungen erhalten sind. Es könne dies nicht durch eine bessere Fossilisation erklärt werden, wenn man eine planktonische Lebensweise annimmt, bei welchen sich dann die verschiedenen Erhaltungsstufen gleichmäßig in tonigen wie kalkigen Sedimenten verteilt finden müßten. Wenn gleich man seiner daraus gezogenen Folgerung Recht geben muß, daß benthonische Lebensweise vorliegt, sind die von ihm angeführten Gründe als solche nicht zwingend. Wohl ist aber im ersten Punkt, in der Abhängigkeit vom Sediment die stärkste Stütze zu sehen, daß es sich um eine autochthone Bildung, also um eine benthonische Lebensweise handelt. Diese läßt sich aber noch anders deuten, wie gezeigt wird. LINDENBEIN setzt sich somit entschieden für eine benthonische Lebensweise der Protophyceen ein, wobei er, ohne daß er es besonders ausspricht, das Gesetz der Korrelation der Fazies zur Grundlage seiner Betrachtung macht. Er führt die Sedimentation vor allem auf Bodenbewegungen zurück. Mergel mit wechselndem Tongehalt, Kalke und Brekzienkalke sind die Sedimente, denen der Kuckersit eingelagert ist. Der beste Standort sind die tonreichen Mergel (zu reinen Tonbildungen kommt es nicht, wie man beim Lesen von LINDENBEINS Arbeiten glauben könnte). Die Bodenströmungen waren fähig, besonders die jungen Thalli zu verfrachten und sie bis in den Bereich rein kalkiger Sedimente zu bringen: dies würde erklären, daß man, wie schon erwähnt, in den Kalken besonders häufig die besonders gut erhaltenen kleineren jungen Formen findet. Besonders günstige Lebensbedingungen fanden sie in dem Kalkschlamm nicht vor, so daß sie bald eingingen. Ging die Verfrachtung bis in Gebiete der Bildung brekziöser Kalke, wo man also auf starke mechanische Wirkungen schließen muß, so fielen sie schnell der Zerstörung anheim. Diese hier geschilderten nebeneinanderliegenden faziellen Bildungen finden sich bei Bodenbewegungen nach dem Gesetz der Korrelation der Fazies dann übereinander.

Aus der Feinheit der minerogenen Komponenten terrigener Herkunft folgert LINDENBEIN auf eine größere Entfernung der Küste. Die Meerestiefe war gering, da die Existenz der Algen vom Licht abhängig war. Wieweit die erste Annahme zu Recht besteht, mag dahingestellt bleiben, wenn man bedenkt, daß die grobklastische Zufuhr in den baltischen Sedimenten bereits zur Bildungszeit des Glaukonitsandes für lange Zeit

(bis Devon) aufhörte, was ebenfalls dahin gedeutet werden könnte, daß ein gewisser Gefällsausgleich zwischen dem Sedimentationsraum und dem Abtragungsraum eingetreten war. Mit der Küstennähe hätte dies also nichts zu tun.

Es lassen sich nun die Sedimentationsbedingungen m. E. auch unter anderen Gesichtspunkten betrachten, als ZALESSKY und LINDENBEIN es tun, wobei man an ernährungsphysiologische Ursachen bei den Algen denken könnte. Hierzu seien nochmals einige Bemerkungen über die Art des Auftretens wiederholt: der Kuckersit tritt in Form mehrerer Flöze auf, die von wenigen Millimetern bis zu 80 cm schwanken können. Die umgebenden Gesteine sind Kalke, kalkige Mergel und Mergel. Die Grenzen der Kuckersitflöze sind auf den ersten Blick scheinbar gegen das Hangende und Liegende scharf, indessen läßt sich bei genauer Betrachtung doch in den Kuckersitflözen gegen das Hangende und Liegende Zunahme des Kalkgehalts bemerken, wie darüber bzw. darunter im Nebengesteine der Kuckersit in Form immer kleiner werdender Schmitzen ausklingt.

Wie die Untersuchungen BEKKERS (1921, 1924) gezeigt haben, bestehen wohl in der Faunenführung der Kuckersit- und Kalklagen gewisse Unterschiede, sie sind aber durchaus nicht so stark, daß man auf ganz andere ökologische Bedingungen während der Sedimentation beider Gesteine schließen könnte. Diese Erscheinung ist wichtig und gestattet verschiedene Schlüsse auf etwaige Zusammenhänge zwischen der Kuckersit- und Kalksedimentation. Quantitativ ist der Kuckersit in der kalkigen Schichtfolge untergeordnet, er stellt einen Fremdkörper dar, der eine Unterbrechung der Kalksedimentation bedingte. Für eine allochthone Bildung ist die ganze Art des Auftretens viel zu konstant, überdies sollte bei einem solchen Ausmaß von Verfrachtungen, wie sie ZALESSKY annimmt, zu erwarten sein, daß auch fremde Faunenelemente anderer Lebensräume mit zum Transport gelangten, was mindestens bisher unbewiesen ist. Das starke Vorherrschen der Bryozoen im Kuckersit in oft prachtvollster Erhaltung läßt sich zwangloser durch Autochthonie erklären.

In der Abwechslung zwischen Kalk- und Kuckersitlagen ist, wie auch LINDENBEIN betont, wohl eine gewisse Periodizität zu beobachten, wengleich die Einzelprofile untereinander Abweichungen aufweisen. Gerade das letztere zeigt aber, daß es sich nicht um allgemein herrschende Ursachen außerhalb des Sedimentationsraumes, etwa tektonischer oder klimatischer Art handeln dürfte, sondern um solche, die in diesem selbst und hier in lokal verschiedener Intensität liegen. Es zeigt sich, daß die Kuckersitbildung in der Schichtfolge zunächst ganz unvermittelt einsetzt, wobei die Basalflöze i. a. die mächtigsten und die reinsten sind. Gegen oben erreicht der Kuckersit nur lokal (besonders im Raume zwischen Kochtel-Powando und Gut Kuckers) nochmals größere Mächtigkeit, sonst tritt er in immer schwächeren mehr oder

minder reinen Flözen an, bzw. es stellen sich Kalkbänke ein, die das Kuckersitmaterial in verschiedenen Quantitäten — als dünne Schmitzen oder Bänder — enthalten: der Impuls, welcher zur Kuckersitbildung führte, unterliegt im Kampf gegen die Kalksedimentation. Dies scheint m. E. der Eindruck zu sein, wobei es sich allerdings um einen nicht häufigen Fall der rhythmischen Sedimentation handelt, nämlich um einen wohl physiologisch bedingten.

Die Sedimentation des Kalkes schließt die des Kuckersits aus und umgekehrt. Dies legt den Gedanken nahe, nach einer Ursache zu suchen, welche sich in Beziehung zu der vermuteten Bildungsweise beider Gesteine bringen läßt. Als eine solche Ursache könnten aber die Stoffwechselforgänge der Protophyceen in Frage kommen. Diese können unter bestimmten Annahmen auch für die Kalkbildung eine ausschlaggebende Rolle spielen und zwar, wenn man deren Bildung nach Art der „Verwesungsfällungskalke“ (ANDRÉE: Geol. d. Meeresbodens) sich vorstellt. Das könnte mit Hinblick auf das reiche organische Leben, was aus dem sehr großen Fossilreichtum geschlossen werden muß, wohl der Fall sein, wobei das nötige Fällungsmittel postmortal geliefert wurde. Hierbei handelt es sich vor allem um Ammoniak bzw. Ammoniumkarbonat. Es ist aber denkbar, daß die Protophyceen vor allem auf die Stickstoffassimilation angewiesen waren, welche sie den tierischen Verwesungsprodukten entnahmen, so daß es für die Kalkbildung ausschied. Bestand ein Überschuß der tierischen Verwesungsprodukte, so wäre theoretisch auch ein Überhandnehmen alkalischer Reaktionen (Na-Gehalt der Eiweißsubstanzen!) zu erwarten, welche das Wachstum der Algen beeinträchtigten. Die Entstehung des einen oder anderen Gesteins wäre damit also von einer Art chemisch-biologischen Gleichgewichtes abhängig, von dem Kreislauf der sich im Abbau und Aufbau befindenden Materie. Es scheint m. E. zweckmäßig zu sein, auch auf solche und ähnliche Zusammenhänge mehr Rücksicht zu nehmen als es bisher geschah, da sich damit manche Sedimentationserscheinungen der organischen Sedimente erklären ließen. Hier wäre z. B. an den Posidonienschiefer zu denken, der stellenweise (z. B. in Franken) einen auffallend regelmäßigen Wechsel mit Stinkkalkbänken zeigt.

Gleichgewichtsstörungen bei rein anorganischen Sedimenten sind zur Genüge bekannt (z. B. bei der Bildung der Salzlager), in unserem Falle würde es sich aber außerdem darum handeln, Zusammenhänge mit biologischen Erscheinungen zu finden.

Chemismus und petrographische Stellung: Den Chemismus des Kuckersits behandelt ebenfalls eine äußerst umfangreiche Literatur, von welcher bereits eingangs einiges erwähnt wurde. Von besonderem Interesse sind die Untersuchungen von WITTLICH und WESHNJAKOW, welche in einer für sedimentpetrographische Zwecke ausgezeichneten Weise ganze Profile chemisch untersuchten, sowohl die Flöze als

auch die Nebengesteine. Der Anteil des Bitumens im Kuckersit steigt etwas über 50%, die anorganische Substanz besteht aus Kalkkarbonat, etwas Quarz und sehr wenig Glaukonit, und vor allem Alumo-Kieselsäurehydroxyde („Ton“). Auffallend ist die Elementarzusammensetzung der organischen Substanz, welche unter Angabe der Zusammensetzung von anderen bituminösen Gesteinen in nachfolgender Tabelle wiedergegeben ist:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
C	65,16	80,77	76,21	77,65	81,09	75,16	71,5	71,3	71,6	58,28
H	8,51	11,10	10,20	8,96	9,78	7,59	8,4	8,4	8,6	6,32
O	23,99	6,81	11,60	10,24	6,14	15,46	19,9	20,1	19,6	34,00
N	2,34	1,32	1,99	3,15	2,99	1,79	0,2	0,2	0,2	2,00
S	zu O gerechnet	weggelassen	weggelassen	weggelassen	weggelassen					
H auf C = 100	13,06	13,74	13,38	11,54	12,06	10,09	11,75	11,78	12,01	10,84

I. Dysodil. Vermutlich jungtertiär. Nach SPÄTE 1907.

II. Posidonienschiefer von Reutlingen. Lias. Nach FLACHS 1902.

III. desgl. von Holzmaden. Nach SPÄTE 1907.

IV. Mansfelder Kupferschiefer. Zechstein. Nach SPÄTE 1907.

V. Schiefer von Autun. Perm. Nach SPÄTE 1907.

VI. Bogheadkohle. Karbon. Nach SPÄTE 1907.

VII. Kuckersit von Powando. Grundflöz. WITTLICH und WESHNIAKOW 1922.

VIII. desgl. Eines der mittleren Flöze

IX. desgl. Oberes Flöz.

X. Dictyonemaschiefer von Ontika. Untersilur. Nach SPÄTE 1907.

Mit Ausnahme des Dictyonemaschiefers (X), welcher überhaupt vollkommen aus der Reihe fällt, nimmt der Kuckersit innerhalb der anderen polybituminösen Gesteine eine auffallende Sonderstellung ein. Der Unterschied liegt im hohen O-Gehalt und geringen N-Gehalt. Im übrigen ist zu sagen, daß die Schwankungen in der Elementaranalyse sehr gering sind (besonders bei N und H). An der Richtigkeit der Untersuchungen ist nicht zu zweifeln, da die alten Untersuchungen von SCHAMARIN 1870, HEHN 1871 u. a. durch die neuesten Untersuchungen von WITTLICH u. a. vollkommen bestätigt wurden. Die Bedenken, die SPÄTE gegen die alten Analysen aus analytisch-methodischen Gründen aussprach und deren Ergebnisse durchaus nicht in die von ihm festgestellten Erscheinungen hineinpaßten,

fallen also fort, es bleibt aber damit die eigentümliche Stellung, welche der Kuckersit unter den bituminösen Gesteinen einnimmt.

Es liegt nahe, aus dem starken Zurücktreten des N auf weitgehende Zerstörung etwaiger Proteïnsubstanzen vor der Bituminierung zu schließen oder aber, daß nur Fettstoffe als Ausgangsmaterial überhaupt vorhanden waren. Im ersteren Falle könnte man ev. an Verbrauch für das Kalkfällungsmittel denken. Schwer erklärlich im Rahmen des Bituminierungsprozesses ist, worauf auch schon SPÄTE beim Dictyonemaschiefer hinweist, die hohe Sauerstoffzahl, welche dem Alter des Gesteins nach viel geringer sein müßte.

Vielleicht hängt diese eigenartige Zusammensetzung des Bitumens mit der großen tektonischen Ruhe zusammen, welche die baltische Schichttafel überhaupt auszeichnet, da ja der Werdegang der Bitumina in hohem Grade von der tektonischen Beanspruchung des Gesteins abhängig ist. Dafür spräche auch das prinzipiell übereinstimmende Verhalten des Dictyonemaschiefers und schließlich die überhaupt eigenartige Diagenese mancher baltischen Sedimente, wie des blauen Tones, welcher nach Auffassung einiger spätarchäozisch, nach andern frühkambrisch ist.

Die genaue Zusammensetzung der Öle ist noch relativ wenig bekannt. Nach KOGERMANN (1922) enthalten sie große Mengen an Olefinen, ungesättigten cyklischen Kohlenwasserstoffen und ungesättigten Säuren bei geringem Paraffingehalt.

Um primäres Bitumen handelt es sich ohne Zweifel. Dies zeigt das mikroskopische Bild, die Algen sind „bituminirt“. In der tonigen Substanz in gleichen Schliffen findet sich kein Bitumen, was im Gegensatz zu anderen bituminösen Gesteinen merkwürdig ist. Es ist nur auf die Algen beschränkt. Der hohe Sauerstoffgehalt zeigt, daß es sich um ein Anfangsstadium in dem Bituminierungsprozeß handeln muß und zwar um ein Polybitumen. Anabitumen, zu welchem ENGLER u. a. auch das Leichenwachs stellt, kann es seiner Zusammensetzung nach nicht sein, überdies ist dieses Stadium auch sicher nicht von einer derartigen Stabilität¹⁾. Gegen Katabitumen im Sinne der Definition ENGLERS spricht die Unlöslichkeit in den üblichen Lösungsmitteln. So bleibt einzig nur das Polybitumen übrig, was zeigt, daß sich unter diesem Sammelnamen vielleicht doch so verschiedenartige Bitumina finden, daß eine weitere Klassifikation noch notwendig sein wird. Wenn CUNNINGHAM CRAIG (1922) schreibt, „we can only conceive of such a rich oilshale being formed by im-

¹⁾ Vgl. dazu Paläontologische Zeitschrift Bd. VII, H. 1, 1925. Hier wird ein Fisch aus der Oberkreide von Chotzen (Böhmen) erwähnt, welcher in einer Substanz erhalten ist, die dem Leichenwachs sehr ähnlich sein soll. Dies verdiente eine genauere chemische Untersuchung, da dies jedenfalls ein Kuriosum darstellt.

pregnation with inspissated petroleum," so entbehrt dies jeder Begründung im Tatsachenmaterial.

So nimmt der Kuckersit auch in chemischer Hinsicht eine Ausnahmestellung ein, die gerade auch im Hinblick auf das Alter und die Tektonik zu denken gibt.

Was die Herkunft des Bitumens anlangt, so haben wir es mit KOGERMANN u. a. ohne jeden Zweifel aus den Algen selbst stammend, anzunehmen, da der Bitumenreichtum mit der Abnahme der Protophyceen zusammengeht.

Schwierig ist auch die petrographische Stellung, welche man diesem Gestein geben will. ZALESSKY bezeichnet es in Anlehnung an POTONIE als Sapanthakon und vergleicht es mit den Bogheadkoblen und ähnlichem, deren Algennatur aber, wie vorher erwähnt, heute widerlegt ist. Um es zu den reinen Sapropelen zu stellen, ist der Gehalt an anorganischer Substanz immerhin noch reichlich und der zuerst ins Auge fallende Kalkgehalt spräche eher dafür, das Gestein den Kalksapropelen anzuschließen, wenngleich es auch hier keinen guten Platz finden würde. Es unterscheidet sich eben in jeder Hinsicht so sehr von jedem anderen Gestein, daß eine Zuweisung zur einen oder anderen der bisher aufgestellten Gruppen nicht möglich erscheint, um so mehr als eine genaue Systematik wohl auch mehr als bisher auf den Chemismus der organischen Substanz zu achten hätte, da auch darin wesentliche, genetisch begründete Unterscheidungsmerkmale liegen können.

Literatur.

- 1838 G. VON HELMERSEN: Über den bituminösen Tonschiefer von Fall und Tolks in Estland (Russisch). „Bergjournal“ Bd. 3, H. 8, p. 258. Petersburg.
- 1870 A. SCHAMARIN, Über die chemische Zusammensetzung des Brandschiefers von Kuckers. Sitzungsber. d. Ges. f. Naturkunde zu Dorpat Bd. 3.
- 1871 R. HEHN, Die Produkte der trockenen Destillation des Brandschiefers von Kuckers. Baltische Wochenschrift für Landwirtschaft, Gewerbeleiß und Handel. Jg. 9.
- 1902 A. FLACHS, Über das Bitumen des Reutlinger Schiefers, ein Beitrag zur Theorie der Erdbildung. Diss. Basel.
- 1907 F. SPÄTE, Die Bituminierung. Ein Beitrag zur Chemie der Faulschlammgesteine. Diss. Berlin.
- 1913 F. FOKIN, Über den Aufbau und die Zerfallsprodukte bituminöser Gesteine Nordestlands. (Russisch). „Bergjournal“.
- 1914 A. BORN, Der untersilurische Brandschiefer von Kuckers (Estland). Geol. Rundschau Bd. V, H. 4.
- 1916 P. E. RAYMOND, The correlation of the ordovician strata of the Baltik basin with those of eastern North-Amerika. Bull. of the Museum of Comparative Zoology. Bd. 56, 3.
- 1916 M. D. ZALESSKY, Sur le sapropélite marin de l'âge silurien formé par une algue cyanophycée. Ann. de la soc. pal. de Russie. Bd. I. Petersburg.
- 1917 M. D. ZALESSKY, Über einen marinen Sapropel silurischen Alters, aus einer Cyanalge gebildet. (Russisch). Bull. de l'academie imp. de sc. Petersburg.

- 1918 F. BEYSCHLAG und L. VON ZUR MÜHLEN, Die Bodenschätze Estlands. Zeitschr. prakt. Geol., Bd. 26.
- 1919 M. BEHR, Die Vorkommen von Erdöl, Erdölgasen und Brandschiefern in den baltischen Ostseeprovinzen Estland, Livland und Kurland. „Petroleum“ Jg. 14, Nr. 15, 16.
- 1919 G. VON DOEPP, Über die technische Verwendung der baltischen Brandschiefer. Zeitschr. für Dampfkessel und Maschinenbetrieb.
- 1919 H. VON WINKLER, Destillationsprodukte des Kuckersits. „Petroleum“ Jg. 15, Nr. 6.
- 1920 H. LINDENBEIN, Übersetzung von ZALESSKY (1917). Centralbl. f. Min. Nr. 5—6.
- 1920 W. SCHNEIDER, Kuckersit. Gesammelte Abhandlungen zur Kenntnis der Kohle, Bd. V. (Herausgegeben von FISCHER.)
- 1921 H. BEKKER, The Kuckers stage of the ordovician rocks of NE Estonia. Acta et commentationes Universitatis Dorpatensis. A II, 1.
- 1921 C. GÄBERT, Über die Ölschiefer in Estland. „Braunkohle“, Jg. 19, Nr. 48—49.
- 1921 a H. LINDENBEIN, Les protophycées (*Gloeocapsomorpha prisca* Zal.), une flore marine du Silurien inférieur de la Baltique. Bull. de la soc. botanique de Genève.
- 1921 b H. LINDENBEIN, La Kuckersite. Etude d'un dépôt marin phytogène du silurien inférieur d'Estonie. Diss. Genf.
- 1921 c H. LINDENBEIN, La Kuckersite. Etude d'un dépôt marin phytogène du silurien inférieur de la Baltique. Compte rendu des séances de la soc. de physique et d'histoire nat. de Genève. Bd. 38, Nr. 2.
- 1921 d H. LINDENBEIN, Une flore marine sapropéolithique de l'Ordovicien moyen de la Baltique. Ebenda.
- 1921 e La Kuckersite. Archives des sc. phys. et naturelles. Genf. Jg. 126, 5. Periode, Bd. 3.
- 1921 H. VON WINKLER, Über Umfang und Abbauwürdigkeit estländischer Bodenschätze. Mitt. aus dem geol. Institut Greifswald.
- 1922 A. VON ANTROPOFF, Ölschieferlager und Ölschieferindustrie in Estland. Zeitschr. f. angewandte Chemie. Jg. 35, Nr. 91.
- 1922 E. H. CRAIG, CUNNINGHAM, Kuckersite, the oilshale of Esthonia. Journ. of the Institute of petrol. technologists. Bd. VIII, Nr. 32.
- 1922 E. HENTZE, Beiträge zur Kenntnis d. Ölschiefer. „Petroleum“ Bd. XVIII, Nr. 29.
- 1922 N. KOGERMANN, The chemical composition of the Estonian, M-Ordovician oil-bearing mineral Kuckersite. Acta et commentationes Universitatis Dorpatensis. A III.
- 1922 M. WITTLICH und S. WESHNJAKOW, Beitrag zur Kenntnis des estländischen Ölschiefers, genannt Kuckersit. Ebenda.
- 1924 H. BEKKER, Stratigraphische und palaeontologische Ergänzungen zu der Kuckersschen Schicht ordovizischen Alters in Eesti. (Estnisch).
- 1924 R. POTONÉ, Einführung in die allgemeine Kohlenpetrographie. Berlin.
- 1924 M. WITTLICH, Beitrag zur Untersuchung des Öles aus estländischen Ölschiefen. Acta et commentationes etc. A VI, 9.