

Kapitel I.

Der Kukersit.

Die Kukersitlager sind im Ordoviciun von Nord-Estland enthalten. Auf dem folgenden schematischen Profil (Abb. 1) ist ihre Lage in den Schichten sichtbar. Die Kukersitschichten treten in Nord-Estland in der Nähe des Finnischen Meerbusens zutage.

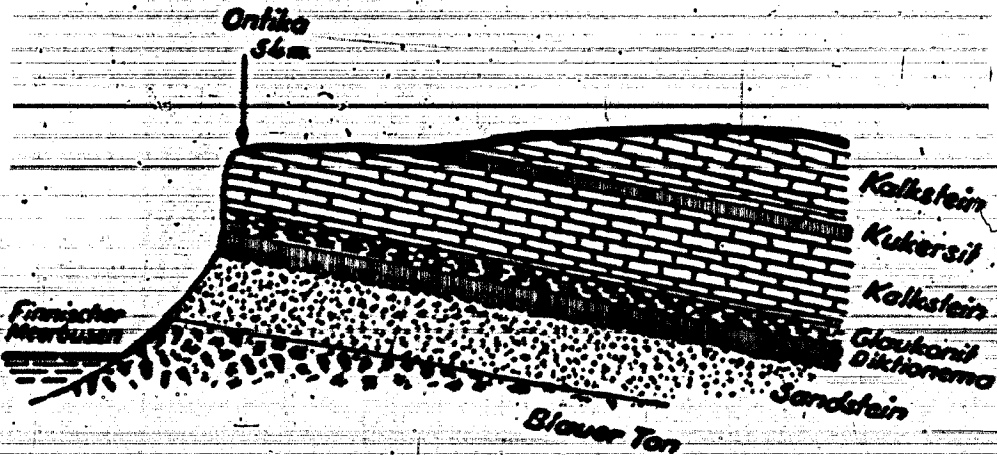
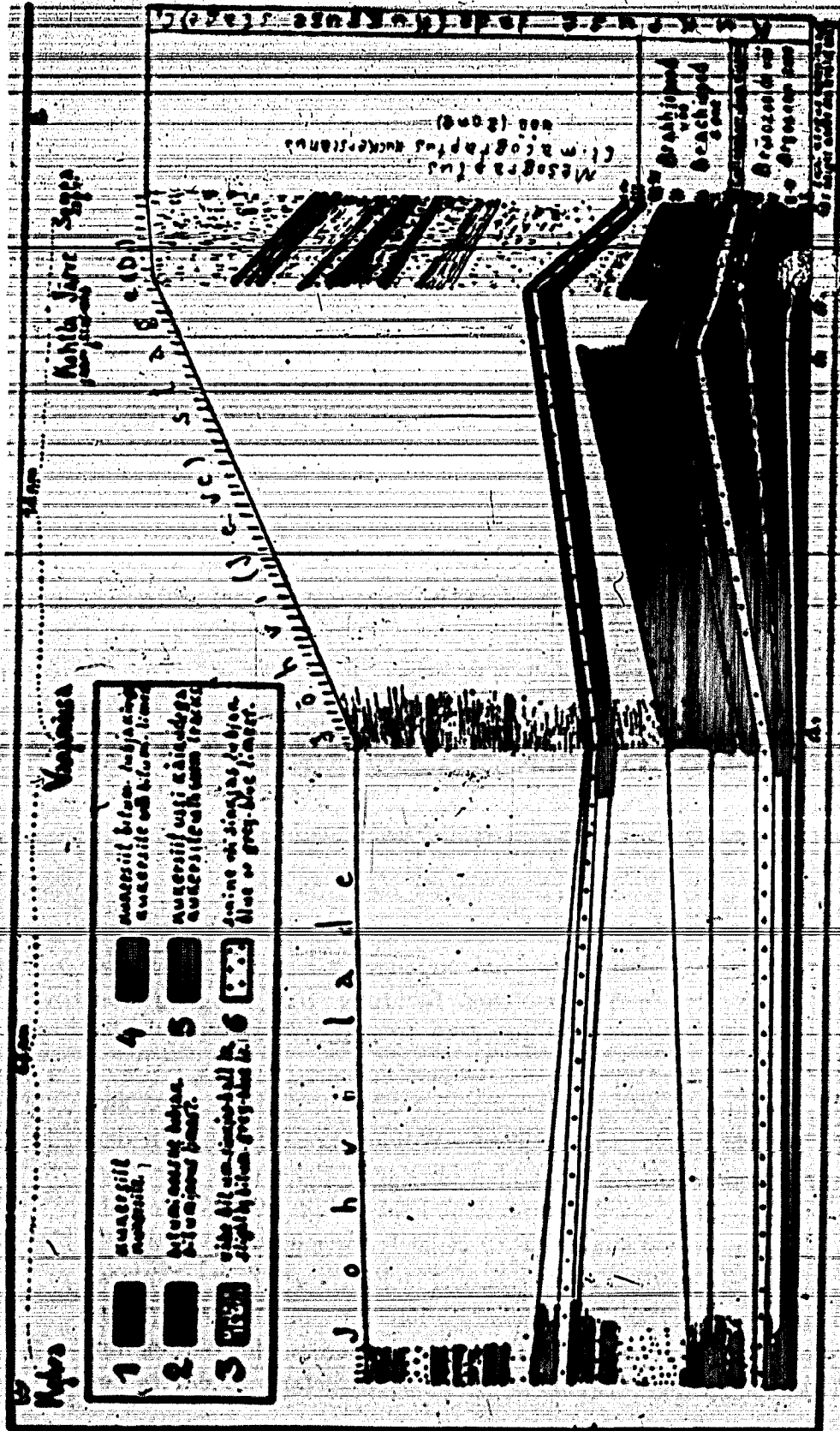


Abb. 1. Schichtenlagerung des Brennschiefers am Finnischen Meerbusen in Nord-Estland.

Den anderen Ordoviciunsschichten entsprechend weisen auch die Kukersitschichten in südwestlicher Richtung eine Neigung von 3,5 m pro Kilometer oder ungefähr 12' auf. Obgleich sich die Kukersitschichten von Westen nach Osten durch ganz Estland ziehen, beschränkt sich ihr industriell wertvoller Teil nur auf das Areal zwischen den Städten Taps—Wesenberg—Narwa. In der Richtung von Norden nach Süden ist durch Bohrungen die Ausdehnung des industriell wertvollen Feldes bis Isak festgestellt worden, was einer Länge von 30 Kilometern entspricht. Mithin beträgt die industriell verwertbare Fläche dieses Bodenschatzes, rund gerechnet, 120×30 Quadratkilometer und da jeder Quadratmeter, rund gerechnet, im Osten 1,8 Tonnen und im Westen nur unbedeutend weniger Brennschieferausbeute liefert, so dürfte der



1	Kalkstein	1. Kalkstein
2	Blauer oder bläulicher Kalkstein	2. Blauer oder bläulicher Kalkstein
3	Schwach bituminöser Kalkstein	3. Schwach bituminöser Kalkstein
4	Kalkstein mit bituminösem Kalk	4. Kalkstein mit bituminösem Kalk
5	Kalkstein mit Warringängen	5. Kalkstein mit Warringängen
6	Blauer oder bläulicher Kalkstein	6. Blauer oder bläulicher Kalkstein

Abb. 2. Schematische Darstellung der Kalksteinschichten von Kuhle bis Jere (nach H. Becker) 1. Kalkstein; 2. Blauer oder bläulicher Kalkstein; 3. Schwach bituminöser Kalkstein; 4. Kalkstein mit bituminösem Kalk; 5. Kalkstein mit Warringängen; 6. Blauer oder bläulicher Kalkstein.

Gesamtwert der Brennschieferlager im Mittel genommen 6,0 Milliarden Tonnen betragen.

In Übereinstimmung mit der allgemeinen Beständigkeit der Ordoviciumschichten weist auch die Kukersitstufe einen beständigen Charakter auf. Über die ganze genannte Landfläche verläuft ein und dieselbe normale Schichtfolge (siehe Abb. 2). Unregelmässigkeiten bestehen nur darin, dass die Schichten A, B und C im Westen schmaler und wertloser werden, während, im Gegenteil, die Schichten E und D in der Umgebung von Wesenberg an Stärke zunehmen.

Die jüngsten geologischen Forschungen in Russland, jenseits des Peipus, haben eine grosse Erweiterung der bisher angenommenen Ausdehnung der Kukersitflöze ergeben; so sind sie bei Sabsk und Lutschna, 50–60 km östlich von dem Narowa-Flusse, festgestellt worden. Ebenso steht jetzt fest, dass die Kukersitflöze von Gdow ununterbrochen bis nach Weimarn gehen, und von da vielleicht noch weiter nach Gatschina. Ihre Tiefe beträgt bei Gdow 60 bis 70 m.

Jedenfalls scheinen die Schichten nach Osten auszuklingen. So wird bei Gdow folgendes Profil angegeben (Abb. 3). Die Schichten IV, III und II entsprechen wahrscheinlich unseren A-, B- und C-Schichten. Die Kalk-



Abb. 3. Profil des Gdow'schen Brennschiefervorkommens.

schicht (0,286 m dick) zwischen den Schichten I und II scheint unser „Doppelkalk“ zu sein. In diesem Falle muss die dünne Kalkschicht (0,128 m) unserem bituminösen Kalk B/C entsprechen. Die Schicht I soll ihrerseits an Stelle unserer Schichten E und D liegen.

Die vorläufige Untersuchung¹⁾ der Flöze bei Gdow hat folgenden Aschengehalt ergeben:

¹⁾ И. Нухаев и В. Цыбасов. Предвар. данные по исследованию гдовских сланцев. Сборник „Гор. Сланцы“, 1933, № 3.

Schicht:	I.	II.	III.	IV.
Feuchtigkeit der Probe	8,50	11,4	9,4	9,6
Mineralasche, auf trockenen Schiefer bezogen	47,4	47,5	41,5	52,7
CO ₂	19,3	11,8	12,9	13,6
Analysen der Asche:				
SiO ₂	24,8	40,2	33,5	42,9
Al ₂ O ₃	8,7	8,0	8,1	9,8
Fe ₂ O ₃	8,8	8,0	8,8	7,6
CaO	46,8	34,5	39,8	30,7
MgO	2,4	2,6	2,8	2,5
SO ₃	7,7	5,8	7,0	5,1

Die Olausbeute aus den Schichten schwankt zwischen 21 bis 32%. Die beste Schicht ist die dritte.

Das Profil des Weimarnschen Schiefervorkommens wird wie folgt angegeben ¹⁾:

I. Brennschieferschicht	0,30 m
Kalkzwischen-schicht	0,34 "
II. Brennschieferschicht	0,12 "
Kalkzwischen-schicht	0,13 "
III. Brennschieferschicht	0,15 "
Im Ganzen 1,04 m	

Die Qualität des Schiefers soll aber hier geringer sein als die in Gdow. Die einzelnen Flöze entsprechen denjenigen von Gdow.

Über die Entstehung des Kukersits sind beinahe alle Forscher — Fokin, Zalessky, Lindenbein, Opik, Becker und andere, Cunningham Craig ausgenommen — derselben Meinung, dass der Kukersit ein maritimes Produkt pflanzlichen Ursprunges darstelle. Dagegen soll nach Cunningham Craig der Kukersit ein Endprodukt der Polymerisation und Oxydation des in Kalksteinschichten eingewanderten natürlichen Erdöls sein. Mit einer gewissen Ergänzung bekennt sich auch Kogermann zur Algentheorie; seiner Meinung nach ist jedoch ein Teil des Kukersits durch tierische Lebenstätigkeit als Kopolithniederschlag entstanden. Fokin war der erste, der im

¹⁾ Станцы Ленинградской Области. Сборник „Гор. Станцы“, 1932, № 3.

Kukersit mit Hilfe des Mikroskops runde, gelbbraune, 40–100 μ grosse Anhäufungen entdeckte.

Zalossky meint, dass diese Anhäufungen im Kukersit merkwürdiger Weise erhaltene Algen seien, welche in einem flachen Meerbusen in der Nähe der Küste gelebt haben mussten. Ihrer Ähnlichkeit mit einer jetzt lebenden Art Gloeocapsa wegen erhielten sie von ihm den Namen „Gloeocapsamorpha prisca“. Er bezeichnet den Kukersit als marinen Sapropelith oder als Faulschlammgestein.

Lindenbein findet es nicht möglich Gloeocapsamorpha einer der jetzt lebenden Algenordnungen zuzuweisen und schlägt deshalb den Namen „Protophycea“ für diese besondere Ordnung vor.

Bezüglich der geologischen Entstehungsbedingungen bemerkt A. Opik folgendes: die Annahme, die Kukersitstufe sei in Küstennähe oder in Buchten abgelagert, ist unwahrscheinlich. Vielmehr dürfte die Ablagerung in einem grossen, offenen Meere und wenigstens in 200 Meter Tiefe in ruhigem, vom Seegange nicht betroffenem Wasser stattgefunden haben. Die Tiefentemperatur dürfte warm gewesen sein und die Temperatur der Oberfläche erst recht, jedenfalls nicht unter 15° C. Die Kalke sind bakterielle Kalke und durch die Tätigkeit von Bakterien, wie Pseudomonias calcis, entstanden. Im Wechsel von Kukersit und Kalkbänken in der Ablagerung kommt ein Schwanken der Wasserraume zum Ausdruck: beim Sinken der Wassertemperatur um ein Geringes wurde die Lebenskraft der stickstoffabbauenden Kalkbakterien geschwächt, wodurch sich Stickstoff im Wasser anreicherte; ein reicherer Vorrat an Stickstoff begünstigte die Algenentwicklung, was zur Bildung einer neuen Kukersitschicht führte.

Obgleich vom geologischen Standpunkte aus die Frage des Kukersit-Ursprunges geklärt erscheint, bleiben vom chemischen Standpunkte aus noch die Fragen offen: von welcher chemischen Beschaffenheit die ursprüngliche Masse war und wie und durch welche chemischen Vorgänge diese ursprüngliche Algenmasse sich in die organische Masse des Kukersits verwandelt hat, in der fast gar kein Stickstoff, keine Proteine, weder Zellulose noch Lignin nachzuweisen sind. Es kann nur im allgemeinen gesagt werden, dass ein Faulnisprozess, d. h. eine bakterielle Tätigkeit stattge-

funden haben müsse, welche die ursprüngliche Algenmasse in den heutigen Kukeraite verwandelt hat.

Stadnikow (Chemie der Kohle) vermutet eine Schwefelwasserstoff-Gärung, welche eine Reduktion der ursprünglichen organischen Masse herbeigeführt habe.

Literatur.

(Nur die wichtigsten Quellen angegeben).

M. D. Zalesky. „Sur le sapropélite marin de l'âge silurien formé par une algue cyanophycée. Annuaire de la Société Pal. de Russie, 1916.“

H. Becker. „The Kuckers Stage of the Ordovician Rocks of NE Estonia“ Tartu, 1921 (Acta et Comm. Univ. Dorp. A. III).

H. Lindenbein. „La Kuckeraite. Étude d'un dépôt marin phytogène du silurien inférieur d'Estonie“. Genève, 1921.

A. Öpik. „Beiträge zur Kenntnis der Kukruse (C₂) Stufe in Eesti. I. Tartu, 1925. (Acta, A VIII.); II (Acta, A XII.); III (Acta, A XII), 1928).

P. Kogermann. The Chemical Nature of Estonian Oil-Shale. The Origin of Oil-Shale, 1927.

III. Сланцы Ленинградской области. Ж. Горючие Сланцы, 1932, № 3.

Геолого-разведывательные работы по сланцам. Ж. Гор. Сланцы, 1932, № 3.

Н. Нихамов и В. Цыбасов. Предварительные данные по исследованию гдовских сланцев. Ж. Гор. Сланцы, 1933, № 3.

Das normale Profil.

Sowohl durch die Arbeit in den Gruben, als auch durch ergänzende Bohrungen ist, wie schon erwähnt, ein beständiger Schichtenkomplex festgestellt worden. Im Profil (Abb. 4) ist dieser Komplex für den Rayon der Staatlichen Gruben Järve-Kuckers dargestellt. Wir sehen hier 11 gut ausgebildete Schiefer-schichten. Von diesen sind 8 schon früher bekannt geworden und fanden in verschiedenen Büchern und Zeitschriften Erwähnung. Drei weitere, tiefere Schichten sind in der Grube Järve bei der Anlage tiefer Brunnen entdeckt worden. Es liegt kein Grund vor anzunehmen, dass diese 3 die letzten der tiefergelegenen Schichten sind, daher bezeichnen wir sie in umgekehrter Reihenfolge, vom vorher bekannten Profil von oben nach unten vorschreitend, und nennen diese Schichten a, b und c (Abb. 5).

Ausser den im abgebildeten Schnitt dargestellten Schichten kommen bedeutend höher gelegen noch weitere Schichten vor. Das Vorkommen dieser Schichten ist durch Bohrungen bei Isak und Tudulin bekannt geworden. Da von diesen Schichten weder

ihre Mächtigkeit noch die Beständigkeit bekannt sind, sehen wir von einer Beschreibung derselben ab. Sie liegen ungefähr in einer Höhe von 11–12 Metern über der Grubensohle.

Die Gesamtmächtigkeit des ganzen Schichtenkomplexes ist im Rayon Järve-Kuckers wahrscheinlich am grössten. Weiter nach Westen zu nimmt die Mächtigkeit ab; schon nach 15 Kilometern, im Rayon der Grube Küttejoud, beträgt die Mächtigkeit der Schicht B nur noch 30 cm, statt 50 cm im Rayon Järve; noch weiter nach Westen zu, beim Dorfe Wanamöis, ist sie bloss noch 10 cm stark. Die Schichten A und C werden ebenfalls schwächer. Im Rayon Wanamöis ist ihre Mächtigkeit so unbedeutend, dass ein Abbau derselben nicht mehr lohnend erscheint. Dafür ist die Mächtigkeit der Schichten D und E gewachsen. Besonders stark ist hier die Schicht E, nämlich 40–60 cm, gegen 30 cm im Rayon Järve-Kuckers ¹⁾.



Bei der Berechnung der Ergiebigkeit der einzelnen Schichten darf man aber nicht von der vollen Mächtigkeit der einzelnen Schichten ausgehen, da bei der Gewinnung eine Sortierung stattfindet, bei der die Kalksteineinschlüsse ausgesondert werden und daher eine geringere Ausbeute erzielt wird, als auf Grund

Abb. 4. Normalprofil im Rayon der Staatlichen Gruben Järve-Kuckers

¹⁾ Siehe den Schnitt nach Becker, Abb. 2.

der Mächtigkeit zu erwarten gewesen wäre. Im Rayon von Järve-Kuckers rechnet man im Untertagebau (Tiefbau) gewöhnlich mit einer Ausbeute von 1,6 Tonnen pro Quadratmeter.

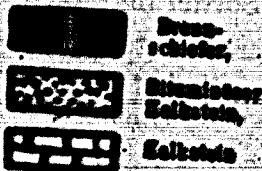


Beschreibung der einzelnen Schichten.

Schicht A. — Ihre Mächtigkeit beträgt im Rayon Järve-Kuckers gegen 30 cm. Im oberen Teil der Schicht verläuft eine beständige Zwischenschicht von Kalkstein. Der oberhalb dieser Kalksteinschicht liegende Teil der Schicht A ist häufig so stark aschehaltig und enthält soviel Lehm, dass er bei der Sortierung gewöhnlich als untauglich ausgesondert werden muss. Die Schicht A ist häufiger als die übrigen Schichten der auslaugenden Wirkung des in ihr hinfließenden Wassers ausgesetzt und gibt daher schwankende Olausbeuten — 55—65% von der organischen Substanz. Der mittlere Aschengehalt beträgt 45—55% auf Trockenschiefer berechnet. Das spez. Gewicht beträgt im Mittel 1,5.

Schicht B. — Im Rayon von Kohtla-Järve beträgt die Mächtigkeit 50 cm. Ausser zerstreut liegenden, runden bituminösen Kalksteinkonkretionen verlaufen in dieser Schicht dünne, bläuliche kristallinische Kalkstreifen von 5—10 mm Dicke. Durch gewöhnliches Sortieren kann man sie nicht entfernen. Die Schicht B enthält mehr Pyrit als die übrigen. Gespaltene Schieferstücke sind häufig mit einem weissen Netz von Algen überzogen. Der Aschengehalt beträgt 45—55%. Einzelproben sowohl von dieser, als auch von den anderen Schichten weisen grosse Abweichungen im Aschengehalt auf, beständig ist also bloss der mittlere Aschengehalt. Einige Beispiele vom Aschengehalte von Einzelproben der Schicht B seien hier angeführt.

Abb. 8. Schematischer Schnitt durch die Schichten im Rayon der Staatlichen Gruben Järve-Kuckers.



CO ₂	Mineralische Asche	Gesamtasche
%	%	%
10,6	33,1	43,7
10,6	37,6	48,0
13,5	39,2	51,7
7,1	31,6	38,5
9,5	30,8	40,1
14,7	39,7	53,4
13,6	41,5	55,1
11,5	35,6	47,2

Das spez. Gewicht beträgt gegen 1,5.

Schicht C. — Charakteristisch für diese Schicht sind die vielen bituminösen Kalksteinkonkretionen. Ein besonderes Aussehen hat der obere, an den Doppelkalk sich anschliessende Teil dieser Schicht. Er ist von einer grossen Zahl Kalksteinadern unbekannter Herkunft (Wurmgänge?) durchzogen, die im Schnitt charakteristische weisse Punkte bilden. Dieser aschenreiche Teil ist von der Hauptschicht C durch einen Kalkstreifen getrennt. Die Mächtigkeit der Schicht beträgt gegen 30 cm. Das spez. Gewicht beträgt gegen 1,5. Der Aschengehalt stellt sich nach dem Aussortieren der Kalksteinkonkretionen auf 45—55%.

Schicht D. — Im Tagebau ist diese Schicht leicht zu erkennen. Sie unterscheidet sich von den übrigen Schichten durch eine grünliche Färbung und durch das grössere spez. Gewicht. Unter Tag sind die Schichten überhaupt schwerer zu unterscheiden. Die Mächtigkeit dieser Schicht beträgt in Kohltälärve 0,15—0,20 Meter. Das mittlere spezifische Gewicht der Stücke ist 1,7. Der mittlere Aschengehalt trockner Stücke beträgt 61—65%. In der Schicht verlaufen dünne Zwischenstreifen von Kalkstein. Im Rayon von Wanamöis fanden wir etwas weniger Asche und zwar gegen 55%. Die Olausbeute schwankt und beträgt auf die organische Substanz bezogen 55—65%. Die verminderte Olausbeute wird durch Wasser verursacht, welches die Schicht durchfließt und eine Oxydation des Schiefers hervorruft. Dieselbe Ursache bewirkt auch ein stellenweises Erweichen des Schiefers.

Schicht E. — Diese Schicht ist am reichsten an organischer Substanz. Befreit von den groben bituminösen Konkretionen enthält der Schiefer 35—40% Asche. Der Kohlensäuregehalt der Asche ist nicht gross, da nur wenig Versteinerungen

aus kohlensaurem Kalk vorhanden sind. Das spez. Gewicht der Stücke beträgt im Mittel 1,3. Die Mächtigkeit im Rayon von Kohla-Järve beträgt 0,2—0,4 Meter. Nach Westen zu wächst sie und beträgt bei Wanamöls bis zu 0,6 Meter. Hier sind auch Proben der Schicht E mit einem Aschengehalt von nur 19—21% gefunden worden. Dieser geringe Aschengehalt ist aber nicht durch einen reichen Gehalt an organischer Substanz im ursprünglichen Material verursacht, sondern durch ein vollkommenes Auslaugen von CaCO_3 aus der Schicht. Charakteristisch für die Schicht E ist auch, dass die Spaltflächen des Schiefers von feinen Pyritkristallen bedeckt sind.

Die übrigen Schichten. — Da die übrigen Schichten technisch nicht verwertet werden, so wollen wir sie nur kurz berühren. Die Schicht F wird teilweise verarbeitet; sie stellt eine wechselweise Folge von bituminösem Kalkstein und Schiefer dar. Die Gewinnung von brauchbarem Schiefer aus dieser Schicht wird durch die notwendige weitgehende Aussortierung erschwert. Die Schichten G und H sind von geringer Mächtigkeit und werden des weiten Abstandes von den abbauwürdigen Schichten wegen nirgends verarbeitet. Daher ist auch ihr genauer Aschengehalt unbekannt. Einzelne Proben zeigten 50—60% Asche.

Die unteren Schichten a, b und c sind für die Verarbeitung unzugänglich. Der mittlere Aschengehalt in ihnen beträgt gegen 65%, es kommen aber auch Stücke mit einem normalen Aschengehalt von gegen 50% vor.

10—12 Meter über den beschriebenen Schichten liegt ein Komplex von wenig untersuchten Schichten, die durch Bohrungen entdeckt worden sind. Über die Schichtfolge und den Aschengehalt gibt es nur vereinzelte Angaben.

Das spezifische Gewicht des Schiefers.

Das spezifische Gewicht ist in erster Linie von der Aschenmenge abhängig. Da das spez. Gewicht des mineralischen Teiles etwas über 2 ist, so beeinflusst dieses das spez. Gewicht des Gemisches. Bei einem Aschengehalt von 30—40% in der Trockensubstanz ist das spez. Gewicht des Schiefers gegen 1,3; bei einem Aschengehalt von 45—55% ist es 1,5, bei 60—65% — 1,65.

Die Werte für das spez. Gewicht der einzelnen Schichten sind bei deren Beschreibung angeführt worden. In einzelnen Proben

sind natürlich bedeutende Abweichungen vom mittleren spez. Gewicht zu verzeichnen. — Wir führen einige Beispiele an. — Das spez. Gewicht wurde durch Wasserverdrängung bestimmt und stellt das sogenannte „scheinbare“ spez. Gewicht dar, da die Poren des Schiefers bei dieser Bestimmung mit Luft angefüllt bleiben.

Das spezifische Gewicht des normalen, unverwitterten Schiefers.

Schicht	Feuchtigkeit	Mittleres spez. Gewicht	Einzelbestimmungen des spez. Gewichtes von un- verwittertem Schiefer	Aschengehalt %
A.	10 %	1,33	1,44; 1,53; 1,50; 1,70; 1,49	CO ₂ = 10,6 miner. Asche = 40,7 Ges. Asche = 51,3
B.	10,4 %	1,5	1,40; 1,58; 1,44; 1,55; 1,29; 1,37; 1,67; 1,40	CO ₂ = 13,4 miner. Asche = 37,9 Ges. Asche = 50,9
C.	12,2 %	1,5	1,58; 1,3; 1,52; 1,48; 1,61	CO ₂ = 10,4 miner. Asche = 44,9 Ges. Asche = 55,3
D.	11 %	1,00	1,51; 1,53; 1,69; 1,57; 2,22; 1,71; 1,62; 1,70; 1,45	CO ₂ = 12,8 miner. Asche = 54,0 Ges. Asche = 66,8
E.	14,4 %	1,34	1,26; 1,57; 1,36; 1,33; 1,34; 1,18; 1,37; 1,22; 1,27; 1,38	CO ₂ = 8,4 miner. Asche = 30,4 Ges. Asche = 38,8
F.	12,4 %	1,5	1,48; 1,53; 1,5; 1,43	CO ₂ = 11,7 miner. Asche = 37,9 Ges. Asche = 49,6

Aus dem Vergleiche dieser und der folgenden (S. 12) Tabelle geht hervor, dass das spez. Gewicht des verwitterten Schiefers im Mittel um 0,2 Einheiten geringer ist als das des entsprechenden normalen Schiefers.

Wegen der starken Divergenz in den spez. Gewichten ist es nicht möglich, eine allgemeine Formel für die Beziehungen zwischen dem spez. Gewicht und dem Aschengehalt, wie solches von D. Engelhardt vorgeschlagen wurde, aufzustellen. Im Kapitel über die Schieferanalyse weisen wir darauf hin, wann die Formel von Engelhardt Anwendung finden kann.

Das spezifische Gewicht des verwitterten Schiefers.

Schicht	Feuchtigkeit	Mittleres spez. Gewicht	Einzelbestimmungen des spez. Gewichtes von verwittertem Schiefer	Aschengehalt %
A.	10,8 %	1,47	1,46; 1,48; 1,51; 1,46; 1,42	CO ₂ = 10,0 miner. Asche = 39,1 Ges. Asche = 49,1
B.	9,0 %	1,3	1,28; 1,35; 1,34; 1,34	CO ₂ = 9,8 miner. Asche = 37,0 Ges. Asche = 46,8
C.	10,4 %	1,56	1,5; 1,59; 1,64; 1,5	CO ₂ = 6,0 miner. Asche = 45,2 Ges. Asche = 51,6
D.	14,4 %	1,65	1,73; 1,62; 1,65; 1,61	CO ₂ = 7,5 miner. Asche = 47,7 Ges. Asche = 55,2

Vom spez. Gewicht ganzer Stücke unterscheidet sich das Schüttgewicht des Schiefers. Selbstverständlich ist letzteres um so grösser, je dichter der Schiefer liegt. Stückschiefer liegt lockerer als Feinschiefer, daher ist sein Schüttgewicht geringer als das des feinen Schiefers III. Sorte. Durch Wägung und Messung des Inhaltes von 5 Wagen Schiefer I. Sorte wurde ein Gewicht von 0,78 Tonnen pro Kubikmeter für Stückschiefer gefunden. Der Aschengehalt dieser Sendung betrug im Mittel 48,7%. Auf demselben Wege wurde bei 5 Wagen Schiefer III. Sorte ein Schüttgewicht von 0,85 Tonnen pro Kubikmeter ermittelt. In letzterer Sendung betrug der Aschengehalt 58% der Trockensubstanz. Das Feine hat ein Sieb von 16 × 16 mm passiert.

Diese Zahlen dienen als Unterlage für die Bestandaufnahme auf den Lagerplätzen. Durch direkte Wägung von gelagertem Schiefer, der sich etwas verdichtet hatte, wurden ein wenig grössere Zahlen gefunden und zwar 0,89 für Schiefer I. Sorte und 0,98 für die III. Sorte; der Aschengehalt wurde nicht bestimmt. Es ist verständlich, dass das Schüttgewicht einer gelagerten Masse etwas grösser wird; das beobachtet man bei allen geschütteten Materialien, wie Erde, Sand usw., wo das Gewicht eines Kubikmeters um 10% grösser wird als ursprünglich.

Die Wärmeleitfähigkeit.

Die Wärmeleitfähigkeit des amerikanischen Schiefers ist von McKee und Lyder auf 0,00086 cgs bestimmt worden. Winkler fand für den Kukersit die Zahl 0,0005, er gibt aber nicht an, ob sie für trocknen oder feuchten Schiefer gilt. Die Wärmeleitfähigkeit des trocknen Schiefers muss eine andere sein als die des feuchten, da im trocknen Schiefer die Poren mit Luft — einem sehr schlechten Wärmeleiter — angefüllt sind, während die Poren des feuchten Schiefers Wasser enthalten. Endlich fehlt auch die Angabe des Aschengehaltes, der ebenso für die Wärmeleitfähigkeit von Bedeutung ist, denn sowohl die Poren als auch die schlechte Wärmeleitfähigkeit sind dem organischen Teil des Schiefers zuzuschreiben; daher ist die Wärmeleitfähigkeit um so geringer, je grösser der Gehalt an organischer Substanz ist.

Auf der internationalen Konferenz in Pittsburg sind im Jahre 1931 für die Wärmeleitfähigkeit von Kohle folgende Angaben gemacht worden:

$$\text{Für Koks-kohle: } C = 0,003 + 0,0016 \cdot 10^{-3} \cdot t + 0,0016 \cdot 10^{-6} \cdot t^2$$

Für Kohlen, die einen Koks von mittlerer Dichte geben:

$$C = 0,003 + 0,0013 \cdot 10^{-3} \cdot t + 0,0015 \cdot 10^{-6} \cdot t^2$$

Für Kohlen, die porösen Koks geben:

$$C = 0,0003 + 0,0013 \cdot 10^{-3} \cdot t + 0,001 \cdot 10^{-6} \cdot t^2$$

Die spezifische Wärme.

Experimentelle Zahlen für die spezifische Wärme des Kukersits liegen nicht vor, doch kann man diese theoretisch, auf Grund der Regel von Kopp-Dulong über den additiven Charakter der spezifischen Wärme fester Körper annähernd berechnen. Die spez. Wärme des organischen Teiles des Schiefers ist, wie im Kapitel über die reine organische Substanz ausgeführt wird, gleich 0,36. Für den mineralischen Teil des Schiefers ist die spez. Wärme analog berechnet worden, wobei die mittlere Zusammensetzung der Mineralsubstanz eines unverwitterten Schiefers zugrunde gelegt wurde:

Zusammensetzung der Mineralsubstanz		Spez. Wärme		Summe
SiO ₂	30,0 x	0,191	=	0,7
Fe ₂ O ₃	6,0 x	0,167	=	0,4
Al ₂ O ₃	9,0 x	0,188	=	1,6
CaO	42,0 x	0,18	=	7,6
SO ₂	8,0 x	0,18	=	1,7
MgO	1,6 x	0,244	=	1,0
K ₂ O + Na ₂ O	3,6 x	0,2	=	5,7
	100,0			18,7

Man erhält auf diese Weise eine spez. Wärme von 0,19, die der spez. Wärme von Silikaten entspricht.

Für trocknen Schiefer, aus 50% organischer und 50% Mineralsubstanz bestehend, ist die spez. Wärme

$$\frac{0,36 + 0,19}{2} = 0,27$$

Je reicher an organischen Bestandteilen der Schiefer ist, um so grösser ist seine spez. Wärme. Für amerikanischen Schiefer fanden McKee und Lyder¹⁾ experimentell folgende Werte:

Ölschiefer von De-Beque	0,265	Bestimmungen vom
" " Parachute	0,242	Bureau of Mines
" " De-Beque	0,273	McKee and Lyder
" " De-Beque	0,280	Bureau of Mines
Schwelrückstand	0,223	Bureau of Mines

Der Heizwert.

In bezug auf seinen Heizwert ist der Schiefer dem Holz ungefähr gleichwertig, d. h. er entwickelt 3000—3500 Kalorien. Genauere Angaben und Berechnungen befinden sich im Kapitel „Der Schiefer als Heizmaterial“.

Die Ölausbeute.

Die Ölausbeute aus den Schieferschichten ist abhängig: vom Aschengehalt, von der Destillationsweise, von der Einrichtung der Destillationsapparatur, von der Geschwindigkeit des Destillierens usw. Darüber ist Näheres im Kapitel über die reine organische Substanz gesagt. Im Mittel geben die Schieferschichten, bei einem Aschengehalt von 50% in der Trockensubstanz und 12% Feuchtigkeit, im Aluminium-Schwelapparat eine Ölausbeute von 26—28% auf das feuchte Material berechnet.

Die Kalksteinschichten und ihre Analysen.

In regelmässiger Folge mit den Schieferschichten liegen reine und bituminöse Kalksteinschichten. Wir wollen die Kalksteinschicht, die zwischen den Schieferschichten A und B liegt, mit A/B bezeichnen. Die folgende reine Kalksteinschicht braucht keine besondere Bezeichnung, da sich für diese schon der Name

¹⁾ Ralf McKee and E. Lyder. „The Thermal Decomposition of Shales.“ Petroleum Times, 1922, Nr. 160, 163, 164.

„Doppelkalk“ eingebürgert hat. Diesen Namen hat diese Schicht deshalb erhalten, weil sie beim Liegen an der Luft gerade in der Mitte sich spaltet.

Die bituminösen Kalksteinschichten bezeichnen wir wiederum durch Kombination der Buchstabenbezeichnung der entsprechenden Schieferschichten. So bezeichnen wir die untere bituminöse Kalksteinschicht mit B/C, die obere (blassrosa) mit D/E. Die Analysen dieser Schichten stammen von Prof. Wittlich ¹⁾.

Analyse der Kalksteinschichten.

	Die obere Zwischen-schicht in der Schicht A.	Der untere blaue Kalkstein A/B.	Die untere bituminöse Kalkstein-schicht B/C.	Der Doppelkalk	Die obere bituminöse Schicht D/E.
	%	%	%	%	%
Feuchtigkeit	0,4	0,3	0,2	0,3	0,2
Organ. Substanz	7,3	4,7	5,9	0,8	8,7
CO ₂	36,4	35,0	38,8	39,0	36,3
SiO ₂	5,8	11,0	2,9	7,1	5,3
Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	2,9	3,7	1,7	2,5	1,9
CaO	44,4	43,8	49,0	49,1	45,8
MgO	1,3	1,0	1,4	0,8	1,3
K ₂ O + Na ₂ O	1,3	0,6	0,2	0,5	0,4
	99,8	100,1	100,1	100,1	99,9

Die Farbe.

Der normale Schiefer ist von hellbrauner Farbe, nur die Schicht D hat einen grünlich-grauen Farbton. Der im Tiefbau gewonnene Schiefer hat eine etwas dunklere Färbung, als der vom Tagebau stammende; man kann diese Färbung als hellchokoladenfarben bezeichnen. Während es im Tagebau möglich ist, die Schicht D der Farbe nach zu erkennen, muss man bei dem unter Tag gewonnenen Schiefer mit der Hand das spezifisch schwerere Gewicht zu erkennen versuchen. Bei der Verwitterung wird die Farbe des Schiefers merklich dunkler, wovon noch im Kapitel über die Verwitterung die Rede sein wird. Feuchter Schiefer ist immer dunkler als trockner. Gepulverter trockner Schiefer hat die Farbe von Kakao.

¹⁾ M. Wittlich. Beitrag zur Kenntnis des estländischen Schiefer-Kukernit. 1922.

Die Festigkeit.

Gewöhnlicher unverwitterter Schiefer kann durch einen Schlag mit dem Hammer in der Schichtrichtung leicht gespalten werden. Grosse Blöcke, besonders wenn sie bituminöse Konkretionen enthalten, lassen sich nur schwer zerschlagen. Nach Verlust des Feuchtigkeitswassers lässt sich der Schiefer, besonders in der Schichtrichtung, leichter zerschlagen. Ein Zerreissversuch mit dem Apparat von Michaelis ergab eine Festigkeit von 36 kg/cm^2 in der Schichtrichtung. Trotz der relativ grossen Festigkeit werden beim Fall von den Rändern Stücke abgespalten, so dass noch so sorgfältig gesiebter Schiefer immer eine gewisse Menge Feines enthält. Das muss man im Auge behalten, wenn man das Absieben auf dem Lager oder im Wagen beurteilen will. Beim Sieben und Verladen im Handbetrieb beträgt die Menge des übriggebliebenen und neugebildeten Feinen 5—10%.

Die Feuchtigkeit.

Die Feuchtigkeit des Schiefers schwankt in recht weiten Grenzen und hängt nicht nur von der Schicht ab, aus der der Schiefer stammt, sondern auch von der Grösse der Blöcke oder der Körnung; ausserdem auch noch davon, ob der Schiefer im Tagebau oder unter Tag gewonnen wurde, d. h. ob er fest oder weich ist. Die Gründe für den ungleichmässigen Feuchtigkeitsgehalt werden wir bei der Besprechung der Verwitterungserscheinungen näher untersuchen. Hier wollen wir nur einige Angaben über den Feuchtigkeitsgehalt von Schiefer aus dem Tagebau und Tiefbau anführen.

In den Jahren 1919—1926 versandte die Grube Kohtlajärve den Schiefer aus Tagebaugruben. Der Schiefer wurde nach einzelnen Sorten sortiert: der grobstückige, vom feinen Material befreite Schiefer bildete die Sorte I^a, der Nuss-Schiefer die Sorte I^b, der nicht besonders sortierte Gesamtschiefer aus der Grube — die Sorte II und, endlich, der mulmige Feinschiefer die III. Sorte. Alles was auf dem Sieb von $40 \times 40 \text{ mm}$ zurückblieb, bildete die Sorte I^a; das Material, welches dieses Sieb passierte, das Sieb von $15 \times 15 \text{ mm}$ aber nicht, bildete die Sorte I^b; die III. Sorte ging durch das Sieb von $15 \times 15 \text{ mm}$.

Die genannten Sorten hatten folgenden Aschen- und Feuchtigkeitsgehalt:

Analysen des Brennschiefers aus der Grube Kohlla-Järve.

Im Jahre	Ia Sorte				Ib Sorte				II. Sorte				III. Sorte				
	H ₂ O		CO ₂		H ₂ O		CO ₂		H ₂ O		CO ₂		H ₂ O		CO ₂		
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
1921	—	9,5	35,0	44,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1922	18,2	10,1	36,2	46,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1923	18,8	9,7	37,0	46,7	—	—	—	—	23,9	9,4	43,8	53,2	—	—	—	—	—
1924	18,3	9,7	37,3	47,0	—	—	—	—	23,1	8,8	40,5	49,3	—	—	—	—	—
1925	19,0	9,9	37,3	47,2	2,7	9,9	42,0	51,9	23,3	8,1	42,3	50,4	—	—	—	—	—
1926	16,0	10,6	35,9	46,5	20,9	10,6	42,4	53,0	23,2	10,3	45,5	55,8	—	—	—	—	—
1927	12,3	10,7	35,3	45,9	15,2	11,7	43,4	55,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1928	13,2	10,4	36,4	46,8	14,8	12,8	44,0	56,8	13,8	12,5	43,4	55,9	—	—	—	—	—
1929	12,5	11,0	37,7	48,7	15,4	13,5	44,1	57,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1930	12,7	10,7	36,1	46,8	12,9	12,8	43,2	56,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1931	11,8	10,7	35,6	46,3	13,9	13,1	43,5	56,6	12,7	12,3	41,9	54,2	—	—	—	—	—
1932	—	—	—	—	12,5	14,6	43,8	58,4	11,7	13,9	43,0	56,9	—	—	—	—	—
1933	11,6	10,6	35,6	46,2	12,1	13,8	43,9	57,7	10,5	14,0	42,4	56,4	—	—	—	—	—

Bis zum Jahre 1926 wurde der Schiefer in Tagebau gewonnen, später in Tiefbau. Aus der Tabelle ist zu ersehen, dass der Feuchtigkeitsgehalt des unter Tag gebrochenen Schiefers geringer, der Aschengehalt aber höher ist als in dem in Tagebau gewonnenen. Der höhere Aschengehalt wird dadurch erklärt, dass in den offenen Gruben ein Teil der mineralischen Asche vom Wasser ausgelaugt wird, ausserdem gelangen durch die Sprengung beim Tiefbau viele Kalksteinsplitter in den Schiefer, die später schwer und nur unvollständig auszusortieren sind.

Saisonmässige Schwankungen des Feuchtigkeitsgehaltes sind bei dem Stückschiefer I. Sorte wenig zu bemerken, deutlich aber bei der III. Sorte

Feuchtigkeitsgehalt	I. Sorte %	III. Sorte %
Im Juli	13,4	19,1
„ August	14,1	20,0
„ September	16,8	21,0
„ Oktober	15,8	25,0
„ November	17,3	—

Ausser den monatlichen Schwankungen sind auch die täglichen Schwankungen des Feuchtigkeitsgehaltes von Interesse. Im Oktober 1923 wurden für die III. Sorte aus wenig bedeckten Lagerstellen folgende Zahlen gefunden:

	%	%	%
	19,1	21,8	32,3
	23,5	22,1	27,0
	22,6	23,4	28,3
	20,9	24,9	24,2
	23,2	28,5*)	28,7
	23,2	28,4	
	24,6	29,7	

Im Laufe dieses Monats ging die Sortierung und das Verladen bei fast ununterbrochenem Regen vor sich. Von dem Tage an, der mit *) bezeichnet ist, herrschte Schlackwetter. Es ist bemerkenswert, dass auch im trocknen Monat Juli die maximale Feuchtigkeit der III. Sorte immerhin 24,5% betrug.

Der Feuchtigkeitsgehalt des unter Tag gebrochenen Schiefers ist immer geringer als der des im Tagebau gewonnenen.

Der Unterschied zwischen dem Feuchtigkeitsgehalt des Stückschiefers und Feinschiefers ist dort, wenn auch vorhanden, so doch weniger gross. In der folgenden Tabelle bringen wir Angaben über den Feuchtigkeitsgehalt des Schiefers aus der unterirdischen Grube von Kuckers.

Die Feuchtigkeit des Schiefers I. Sorte aus der Grube „Kuckers“.

	1926	1927	1928	1929	1930
	%	%	%	%	%
Januar	12,6	11,3	13,5	14,6	12,5
Februar	13,1	11,6	14,1	14,9	13,4
März	12,0	11,7	13,3	13,1	13,2
April	11,5	12,1	12,0	13,5	12,9
Mai	10,6	13,8	11,1	13,4	12,5
Juni	8,3 ¹⁾	11,6	12,1	12,7	11,4
Juli	8,5 ¹⁾	10,3	11,7	12,3	11,0
August	10,8	11,7	12,1	12,6	11,3
September	10,4	12,0	13,4	12,0	11,7
Oktober	10,7	13,8	14,6	12,7	11,5
November	11,1	12,6	15,4	13,7	13,4
Dezember	11,2	13,3	15,1	13,7	13,2

Die mittlere Feuchtigkeit des im Tiefbau geförderten Schiefers beträgt 11—13%. Saisonmässige Schwankungen sind hier wenig zu merken. Obgleich im Herbst und im Frühling reichlich Wasser in die Gruben gelangt, so dass die Sohle überschwemmt wird und der Schiefer im Wasser liegt, nimmt der feste Stückschiefer hier doch nicht mehr als 11—13% Wasser auf.

Kleine Abweichungen von dieser mittleren Feuchtigkeit können durch die Besonderheit der einzelnen Gruben hervorgerufen werden. Wenn die Grubenwände Spalten enthalten, so wird in diese Lehm hineingeschwemmt, der auch die Schieferstücke umhüllt, deren Aschengehalt und Feuchtigkeit erhöhend. Die angeführten normalen Feuchtigkeitswerte beziehen sich auf frisch geförderten Schiefer. Schon durch ein kurzes Verweilen an der Luft findet ein Trocknen statt; die Feuchtigkeit sinkt dabei auf 9—10% oder auch weiter. Auch noch spät im Herbst, bis zum Eintreten der Fröste, ist ein Nachtrocknen des Schiefers zu beobachten.

¹⁾ In der heissen Sommerzeit verlieren die Proben, während sie aus der Grube ins Laboratorium gebracht werden, an Feuchtigkeitswasser.

Dieser Unterschied gibt uns ein billiges und bequemes Mittel in die Hand, um den Heizwert des Schiefers zu heben: man braucht sich nur den Wintervorrat zeitig in den trocknen Sommermonaten anzulegen und ihn unter Dach zu lagern.

Wir bringen hier eine graphische Darstellung vom Verlauf des Trocknungsprozesses im Laboratorium (Abb. 6). Es wurde ein Stück Schiefer von folgender Zusammensetzung:

Feuchtigkeit	29,2%
CO ₂	4,2%
Mineral. Asche	29,1%
Gesamtasche	43,3%

in einen Exsikkator über Schwefelsäure zum Trocknen gelegt. Der Schiefer gab sein Feuchtigkeitswasser anfangs schneller ab, dann langsamer, bis zum Gehalt unter 3%.

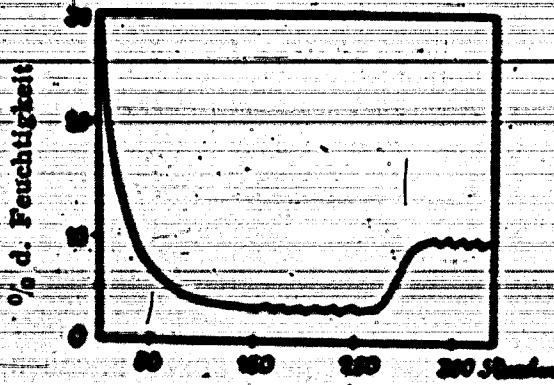


Abb. 6. Verlauf des Trocknungsprozesses von Brennschiefer im Laboratoriumsversuche.

Hier fing er dann an begierig geringe Wassermengen wieder aufzunehmen, die er nur langsam abgegeben hatte. Das wurde durch die zweimaligen täglichen Wägungen der Proben erwiesen. Zum Ende der Trocknung waren die Proben regelmässig am Morgen leichter als am Abend, was durch die ungleichen Zeitintervalle zwischen den Wägungen am Morgen und am Abend verursacht wurde: zwischen den Wägungen am Abend und am Morgen lagen 17 Stunden, zwischen jenen am Morgen und am Abend nur 7 Stunden. In diesen 7 Stunden hatten der Schiefer und die Luft im Exsikkator noch nicht die ganze Feuchtigkeit wieder abgegeben, die der Schiefer während der kurzen Zeit der Öffnung und der Wägung aufgenommen hatte.

Hierauf wurde der Schiefer in ein Gefäss über Wasser gebracht, wo er wieder bis zu 9% Wasser aufnahm. Nachdem diese Grenze erreicht war, wiederholte sich die oben beschriebene Erscheinung: das Gewicht der Probe fing regelmässig an zu schwanken, am Morgen war sie schwerer als am Abend.

Hierauf wurde der Schiefer in ein Gefäss über Wasser gebracht, wo er wieder bis zu 9% Wasser aufnahm. Nachdem diese Grenze erreicht war, wiederholte sich die oben beschriebene Erscheinung: das Gewicht der Probe fing regelmässig an zu schwanken, am Morgen war sie schwerer als am Abend.

Der Schiefer hatte während der Wägung am Morgen Feuchtigkeit abgegeben, diese aber während des 7stündigen Verweilens über Wasser nicht wieder kompensiert.

Von Interesse war die Frage: kann der Schiefer längere Zeit unter Wasser liegen ohne mehr Wasser aufzunehmen?

Theoretisch musste man annehmen, dass, da der Schiefer während seiner dauernden Lagerung unter dem Grundwasser nicht mehr als 12% Wasser aufgenommen hatte, er auch nach dem Trocknen nicht mehr als dieselbe Menge wieder aufnehmen würde. Um diese Frage experimentell zu untersuchen, wurde ein kubisches Stück festen Schiefers im Gewicht von 150,8 g in destilliertes Wasser gelegt. Von Zeit zu Zeit wurde das Stück aus dem Wasser herausgenommen, oberflächlich mit Fliesspapier getrocknet und gewogen. Nach 16 Tagen wurde die aufgenommene Feuchtigkeit im Vakuum-Exsikkator bei 60° bestimmt. Es wurden 10,5% gefunden. Die Probe enthielt: $\text{CO}_2 = 12,6\%$, mineralische Asche 37,2%. Aus diesem Versuch ist zu folgern, dass ein normaler, d. h. unverwitterter, fester Schiefer lange dem Regen ausgesetzt liegen kann, ohne dass sein Feuchtigkeitsgehalt eine bestimmte Grenze — 12—14% — überschreitet.

Die äussersten Grenzen sowohl der Anfeuchtung als auch der Trocknung werden nur mit Mühe erreicht; das gehört jedoch schon in das Gebiet des hygroscopischen Verhaltens, das wir im Folgenden näher besprechen wollen.

Das hygroscopische Verhalten.

Zum Unterschied von der gewöhnlichen Feuchtigkeit, die der Schiefer an der Luft verliert, bezeichnen wir als hygroscopisch jene Feuchtigkeit, welche der Schiefer auch nach längerer Aufbewahrung bei Zimmertemperatur nicht verliert, sondern erst durch besondere Trocknung abgibt. Die Abgabe der gewöhnlichen Feuchtigkeit bis zur hygroscopischen geht anfangs schneller, dann langsamer vor sich, was daher kommt, dass die kapillaren Kanälchen, die das Wasser zurückhalten, von verschiedenem Durchmesser sind. Aus den gröbereren Kanälen verdunstet das Wasser schnell; je feiner sie sind, um so schwerer geben sie das Wasser ab. Die Wasserabgabe ist nicht nur dann beendet, wenn der Wassergehalt der Substanz gleich Null ist, sondern schon dann, wenn der Dampfdruck in den kapillaren Kanälen der Substanz dem Dampfdruck der Umgebung gleich

geworden ist. Das ist der Zustand des verschiebbaren Gleichgewichtes: der getrocknete Schiefer kann neue Feuchtigkeit aufnehmen, wenn der Partialdruck des Wasserdampfes in der Umgebung grösser wird. Oben, bei Besprechung der Feuchtigkeit, ist schon erwähnt worden, dass die Feuchtigkeitswerte wegen Wasseraufnahme während der Wägung schwanken. Weiterhin wurde im Laufe von mehreren Monaten 2mal täglich das Gewicht eines Brennschieferpulvers kontrolliert, das sich im Exsikkator über Chlorkalzium befand. Dabei zeigte sich, dass das Pulver, wenn es einmal zwecks Wägung aus dem Exsikkator entfernt war, am nächsten Tage noch nicht wieder die minimale hygroskopische Feuchtigkeit zurückerlangt hatte; zu letzterem war ein mindestens 48stündiges ununterbrochenes Verweilen im Exsikkator notwendig. Es ist klar, dass ein so energisch getrockneter Schiefer begierig Feuchtigkeit wieder aufnimmt, sobald er aus dem Exsikkator herausgenommen ist.

Datum	Zeit	Gewicht einer Probe I. Sorte	Gewicht einer Probe II. Sorte
20./VI.	30 11.00 Uhr	47,0938 g	49,9574 g
	14.00 "	47,0626 "	49,9034 "
21./VI.	9.26 "	47,0374 "	49,9054 "
	13.55 "	47,0372 "	49,9040 "
23./VI.	9.50 "	47,0273 "	49,7518 "
	13.55 "	47,0292 "	49,7082 "
26./VI.	9.10 "	47,0239 "	49,7270 "
27./VI.	9.00 "	47,0250 "	49,7290 "
	14.30 "	47,0298 "	49,7430 "
28./VI.	8.35 "	47,0280 "	49,7308 "
	13.55 "	47,0305 "	49,7470 "
30./VI.	9.55 "	47,0322 "	49,7239 "
	15.00 "	47,0354 "	49,7480 "
1./VII.	9.10 "	47,0270 "	49,7418 "
	14.20 "	47,0322 "	49,7474 "
2./VII.	8.40 "	47,0380 "	49,7368 "
	14.45 "	47,0344 "	49,7528 "
3./VII.	8.55 "	47,0298 "	49,7482 "
	14.25 "	47,0298 "	49,7580 "
4./VII.	8.55 "	47,0316 "	49,7428 "
	14.20 "	47,0328 "	49,7516 "
5./VII.	8.09 "	47,0288 "	49,7418 "
	13.00 "	47,0340 "	49,7580 "
7./VII.	9.00 "	47,0268 "	49,7320 "
	14.20 "	47,0324 "	49,7500 "
8./VII.	8.35 "	47,0304 "	49,7448 "
	14.25 "	47,0348 "	49,7604 "
9./VII.	8.09 "	47,0318 "	49,7480 "
"	14.05 "	47,0388 "	49,7698 "

Datum	Zeit	Gewicht	
		einer Probe der I. Sorte	einer Probe der II. Sorte
10/VII. 30	8.35 Uhr	47,0334 g	49,7566 g
	14.05	47,0364 "	49,7666 "
11/VII.	8.45 "	47,0310 "	49,7526 "
	14.25 "	47,0368 "	49,7634 "
12/VII.	8.40 "	47,0352 "	49,7436 "
	13.15 "	47,0328 "	49,7550 "
14/VII.	9.00 "	47,0250 "	49,7300 "
	14.50 "	47,0316 "	49,7442 "
15/VII.	8.40 "	47,0344 "	49,7352 "
	15.00 "	47,0340 "	49,7528 "
16/VII.	9.55 "	47,0314 "	49,7430 "
	14.05 "	47,0340 "	49,7532 "
17/VII.	8.30 "	47,0310 "	49,7428 "
	14.00 "	47,0350 "	49,7550 "
18/VII.	8.30 "	47,0316 "	49,7420 "
	14.00 "	47,0348 "	49,7546 "
19/VII.	8.20 "	47,0324 "	49,7458 "
	13.15 "	47,0364 "	49,7576 "
21/VII.	8.40 "	47,0294 "	49,7300 "
	14.10 "	47,0302 "	49,7536 "
22/VII.	8.40 "	47,0326 "	49,7430 "
	14.20 "	47,0362 "	49,7556 "
23/VII.	8.30 "	47,0320 "	49,7408 "
	14.00 "	47,0342 "	49,7498 "
24/VII.	8.25 "	47,0318 "	49,7404 "
	14.10 "	47,0350 "	49,7498 "
25/VII.	8.40 "	47,0326 "	49,7422 "
	14.15 "	47,0354 "	49,7532 "
26/VII.	8.30 "	47,0332 "	49,7398 "
	13.50 "	47,0300 "	49,7520 "
28/VII.	9.35 "	47,0318 "	49,7240 "
29/VII.	9.00 "	47,0330 "	49,7302 "
	14.50 "	47,0354 "	49,7396 "
30/VII.	8.55 "	47,0310 "	49,7312 "

Diese Eigenschaft des Schiefers muss vom Analytiker beachtet werden. Es ist weder nötig noch möglich mit absolut trockenem Schiefer zu operieren; es ist aber bequem und auch vollkommen genügend mit lufttrocknem Schiefer, dessen hygroskopische Feuchtigkeit in einer Einzelprobe bestimmt worden ist, zu arbeiten.

Das hygroskopische Vermögen und die Feuchtigkeit aller Substanzen wird durch das Vorhandensein von Poren in ihnen bedingt und dient zugleich als Mass für die Menge derselben. Wenn z. B. der Schiefer 12% Feuchtigkeitswasser enthält, so beträgt die Menge der Poren dem Gewicht nach auch 12%, dem Volumen nach beträgt sie 12 · d; da d beim Schiefer gleich 1,5 ist (das spez. Gewicht), so sind das 18%. Da mineralische

Ablagerungen, wie Kalkstein, eine nur sehr geringe Hygroskopizität (Porosität) besitzen, so muss man annehmen, dass auch im Schiefer der mineralische Anteil weniger hygroskopisch ist als der organische. Diese Annahme hat durch Versuche ihre Bestätigung gefunden: der organische Anteil des Schiefers ist der Träger seiner Feuchtigkeit; je reicher der Schiefer an organischer Substanz ist, um so feuchter ist er. Von zwei aus der unterirdischen Grube Kawa gleichzeitig, sofort nach dem Sprengen, entnommenen Schieferproben hatte die eine — von der Schicht E — einen Aschengehalt von 39,7% und 13,9% Feuchtigkeit, während die andere — aus der Schicht D — bei einem Aschengehalt von 63,4% nur 12,0% Feuchtigkeitswasser enthielt. Weiter zeigten auch Versuche über die Wasseraufnahmefähigkeit von gewöhnlichem Schieferpulver und von bis auf einen Aschengehalt von nur 6% angereichertem Schieferpulver, dass die Wasseraufnahme bei der angereicherten Probe viel schneller vor sich ging. Je reicher an organischen Bestandteilen der Schiefer ist, um so hygroskopischer ist er. Die organische Substanz ist somit die Trägerin der Feuchtigkeit.

Sowohl durch direkte Beobachtung der Wasseraufnahmefähigkeit der reinen organischen Substanz, als auch durch Berechnung aus der Menge der Poren, wurde gefunden, dass die Feuchtigkeitsgrenze der gepulverten reinen unverwitterten organischen Substanz etwa 25% beträgt.

Das Vorhandensein einer grossen Anzahl von mit Luft oder Wasser gefüllten Poren im organischen Anteil macht es auch erklärlich, warum des Schiefers scheinbares spez. Gewicht bei der Bestimmung in Wasser gegen 1,02 beträgt, während es tatsächlich ungefähr 1,2 ausmacht. Aus demselben Grunde stellt das spez. Gewicht des Schiefers kein arithmetisches Mittel aus den Mengen seiner mineralischen und organischen Anteile dar.

Die Dichtigkeitsgrade d_0 , d_1 und d_2 , welche jenen des Schiefers, der organischen Substanz und des mineralischen Anteils entsprechen, stehen in folgender Beziehung zu einander:

$$\frac{100}{d_0} = \frac{a}{d_1} + \frac{b}{d_2} + \frac{\% \text{ der Poren}}{1}$$

wo a den prozentuellen Gehalt an organischer Substanz im feuchten Schiefer und b — seinen Aschengehalt bedeutet.

Die Verwitterung und Feuchtigkeit.

Der Feuchtigkeitsgehalt des Schiefers in offenen verwitterten Gruben ist nicht so sehr von der Jahreszeit und täglichen Niederschlagsmenge abhängig, als vielmehr vom Grade der Verwitterung. Während in den mit Kalkstein mehr abgedeckten Stellen der offenen Grube Järve gewöhnlich ein Feuchtigkeitsgehalt von 14% gefunden wurde, war dieser an den nur wenig bedeckten, niedrigen, weichen Stellen sehr schwankend. So wurden an einer Stelle, wo der Doppelkalk zwar vorhanden, aber stark zerklüftet war, folgende Werte für die Schichten B und C gefunden:

	Schicht B	Schicht C
	%	%
Feuchtigkeit	26,4	27,0
CO ₂	7,5	8,8
Mineral. Asche	36,0	43,4
Gesamtasche	43,5	52,2

Die Proben wurden im August an einem heissen, trocknen Tage genommen. Trotz des hohen Feuchtigkeitsgehalts erscheinen solche Schieferproben weder feucht noch nass. Die Feuchtigkeit ist in ihnen ebenso verdeckt, wie im Torfe. Ein Stück Torf z. B., das beim Zerkleinern staubte, enthielt trotzdem 60% Wasser.

Der höchste Feuchtigkeitsgehalt, gegen 35%, wurde in einzelnen Stücken von Schiefer gefunden, der ohne Kalksteindeckschicht direkt unter der Humusschicht lag.

Weichheit und Feuchtigkeit hängen wie Ursache und Wirkung zusammen: wenn der Schiefer weich ist, so ist seine Porosität vergrössert; ist die Porosität gross, so wächst auch der Feuchtigkeitsgehalt.

Die Brennschiefergewinnung.

Die Gewinnung erfolgt je nach den örtlichen Verhältnissen entweder durch Tagebau oder Tiefbau. Die Tagebauarbeiten werden so durchgeführt, dass von der schmalspurigen Grubenbahn Nebenwege in die einzelnen Arbeitsstätten geführt werden. Hier wird das Deckgebirge auf Schubkarren über den Schienenweg hinweg auf die schon früher ausgebeuteten Arbeitsorte abge-

tragen und der darunter liegende Brennschiefer auf Kippwagen verladen, wobei das taube Material (Kalksteineinlagerungen) ausgeklaut und fortgeworfen wird.

Als Vorteile der Gewinnung durch Tagebau sind die rasche Organisation der Förderung, die Billigkeit des geförderten Produktes und die gute Sortierungsmöglichkeit zu nennen; als Nachteil gelten die starken Schwankungen der jeweiligen Fördermenge zu den verschiedenen Jahreszeiten, woraus sich grosse



Abb. 7. Schiefergewinnung durch Tagebau.

Schwankungen seitens der Zahl der Belegschaft ergeben. Auch ist die Menge an feinem Material bedeutend grösser als bei durch Tiefbau gewonnenem Schiefer. Besonders unangenehm wird der starke Rückgang der Ausbeute in den Wintermonaten empfunden, in denen die Nachfrage nach Brennschiefer naturgemäss am grössten ist.

In der Brennschiefergrube „Käva“ wurde die Gewinnung ausschliesslich mittels Handarbeit durchgeführt. Dampfexkavatoren mit Transportband verbunden erwiesen sich bei der Anwendung wegen ihrer Ungefügigkeit als ungeeignet.

In der Grube „Kättebod“ wird dagegen bis in gegenwärtige Zeit das eiszeitliche Deckgebirge durch einen mächtigen Exkava-

tor abgetragen und durch einen automatisch betriebenen Kippwagen auf die Schutthalde abgeführt.

Bei Arbeiten unter Tag gilt die erste Sorge der Grubenentwässerung, die durch einen Wasserstollen mit in der Sohle abgeteuftem Kanal bewerkstelligt wird. Der Warenverkehr geschieht durch zwei Hauptstollen: einer dient zur Abfuhr der gefüllten, der andere zur Rückbeförderung der leeren Wagen zur Abbruchstelle. Die Förderung der gefüllten Kippwagen von 1 t Nutzlast



Abb. 8. Exkavatorbenutzung in der Grube „Küttejöd“.

wird von der Abbruchstelle zu den Hauptstollen mittels Menschenkraft bewerkstelligt; die Weiterbeförderung erfolgte durch Pferde, später durch Seilzug. Die Abbauarbeiten werden in der Grube „Käva“ mittels Streckenbetrieb und Strebbau ausgeführt. Die Breite der Strecken beträgt 2,7—3,8 m, ihre Höhe 2,25 bis 2,45 m. In ihnen arbeiten gleichzeitig zwei Mann. Da die Arbeit im Streckenbetrieb schwieriger und teurer ist und die Leistung eines Arbeiters um 50% geringer ist als im Strebbau, so versucht man nach Möglichkeit den Streckenbetrieb zu verringern und es entfallen daher von der Gesamtförderung nur 6% auf Streckenbetrieb, die übrigen 94% auf Strebbau. Der Verbrauch an Sprengstoff im Streckenbetrieb beträgt 0,5—0,7 kg auf einen Kubikmeter, im Strebbau dagegen nur 0,2—0,35 kg. Ein Kubik-

meter gibt je nach dem Sortiment 780–800 kg Brennschiefer. Zwecks Sprengung wird in die Schicht C bis zu 1,2 Meter Tiefe gebohrt und werden 3–4 Sprengpatronen à 100 g auf einmal eingeführt. Der Kalkstein der Zwischenschichten dient zum Ausfüllen der entstehenden Hohlräume.

Ein Arbeiter fördert in 8 Stunden 2,5–2,8 Tonnen Brennschiefer. Zur Ventilation dienen auf jede laufende 200 Meter in der Richtung der Hauptstollen aufgefahrene Ventilations-



Abb. 9. Arbeiter beim Anlegen von Bohrlöchern.

schächte, die einen natürlichen Zug verursachen. In den Stollen herrscht das ganze Jahr hindurch eine Temperatur von 7–8° C. In Stollen mit fester Decke werden keine Stützen gebraucht, während bei brüchiger Decke eine Zimmerung aus Türstöcken oder aus Stempeln mit aufgekeiltem, kurzem Querholz eingebracht wird. Von Interesse dürfte sein zu vermerken, dass das durch die Entwässerungskanäle abgeführte Wasser die fast gleichbleibende Härte von 16° hat, wovon 3° auf Sulfate entfallen.

Ein Versuch mit der Schrammaschine zeitigte folgende Resultate:

	bei Handarbeit	bei Arbeit mit der Schrammaschine
Leistung eines Arbeiters in einer Schicht	2,85 to	3,41 to
Sprengstoffverbrauch pro 1 m ³	0,422 kg	0,087 kg
Ausbeute an Brennschiefer Ia Sorte.	71%	71%
" " " Iib "	14%	6%
" " " Iil "	15%	23%

Die benutzte Schrammaschine stammte von der Firma Demag. Ihre Stundenleistung betrug 9,55 m², die 17,20 Tonnen sortierten Brennschiefer enthielten.

Literatur.

J. Reinwald. Bohrarbeit im Schurffelde. Im Buche: Der estl. Brennschiefer. H. v. Winkler.

Ing. Berg. Der estl. Brennschiefer, Nobelhefte, August 1930.

J. Pochvalski (Katovic). Sprengstoffe im Brennschieferabbau. Tehn. Ajakiri, 1930, Nr. 11.

Riigi Põlevkivi Tõõstus, 1918—28; 1918—33.