

IV. Ueber den Dopplerit von Obbürgen und über das Verhältniss des Dopplerits zu Torf und mineralischen Kohlen, nebst Bemerkungen über künstliche pechkohlenartige Substanzen.

Von Professor Franz Joseph Kaufmann in Luzern.

Mitgetheilt in der Sitzung der k. k. geologischen Reichsanstalt am 16. Mai 1865.

Ich will nicht unterlassen, gleich Eingangs zu bemerken, dass ein wesentlicher Theil dieses Aufsatzes von Herrn Prof. F. Mühlberg in Zug herrührt, indem derselbe auf mein Ansuchen eine Reihe von Elementar-Analysen der zur Sprache kommenden Substanzen ausgeführt und mir die Resultate nebst Anderem zur Aufnahme freundlichst mitgetheilt hat.

I. Der Dopplerit von Obbürgen.

Gegen Ende des Jahres 1863 erhielt ich von Herrn Forstaufseher Heinrich Göldlin von Luzern eine eigenthümliche pechkohlenartige Substanz, welche derselbe aus dem Torfmoore von Obbürgen mitgebracht hatte. Eine solche lebhaft glänzende schwarze Kohle war aus unsern Torfablagerungen bisher nicht bekannt geworden, und was besonderes Aufsehen erregte, war der Umstand, dass diese Kohle in einem weichen gallertartigen Zustande aus dem Torflager herausgenommen worden. Durch die nähere Untersuchung ergab sich indess, dass die Substanz nichts Neues war, sondern mit dem seit 1849 bekannt gewordenen Dopplerit von Aussee in Steiermark¹⁾ vollkommen übereinstimmte.

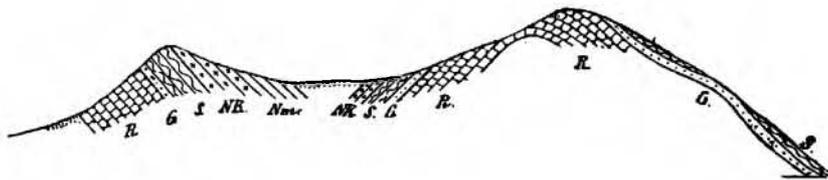
Das einsame Hochthälchen von Obbürgen in Unterwalden ist den Freunden der Gebirgswelt nicht unbekannt. Wer von Stansstad her den Gipfel des Bürgenberges, die Hammertschwand, ersteigen will, um die prachtvolle Aussicht zu geniessen, durchstreift jenes freundliche Thälchen seiner ganzen Länge nach und ist nicht wenig überrascht, auf dieser abgeschlossenen Höhe ein fruchtbares grünendes Gelände mit zahlreichen hablichen Häusern zu finden. Von der Capelle zu Obbürgen bis gegen die Trogenalp hin, die den südwestlichen Fuss der Hammertschwand bekleidet, ist das Thal weit geöffnet, der Boden flach, das Gehänge zu beiden Seiten allmählig steiler gegen die beiden

¹⁾ Siehe die Abhandlung der Herren Haidinger und Schrötter in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie 1849, S. 239.

Berg Rücken ansteigend. Im Hintergrund des Thalbodens wurde von der Bodencultur, welche in den Gebirgskantonen durchweg die Wälder auf die unwirthlichsten Stellen zurückgedrängt hat, ein Tanngehölz übrig gelassen, wohl aus dem Grunde, weil hier der Boden sehr sumpfig ist, und zu nichts Besserm geeignet schien. Das Gehölz ist unter dem Namen **Bodenwäldchen** oder **Tannenwäldchen** bekannt. In neuester Zeit hat sich herausgestellt, dass dasselbe auf einem mächtigen Torflager ruht, und hier ist auch der Ort, wo man den **Dopplerit** gefunden.

Die geologischen Verhältnisse der Gegend sind nicht uninteressant. Der **Bürgenberg** gehört der Kreideformation und Nummulitenbildung. Die beiden Gebirgsrücken, welche mit dem Thale von **Obbürgen** parallel streichen, sind anticlinale Gewölbe. Die dazwischen liegende Mulde gab dem Thälchen seine Entstehung. Weiche, graue Mergelschiefer, die der Nummulitenbildung angehören, bilden die obersten Schichten der Mulde und dienen wahrscheinlich auch dem Torfmoore des Tannwäldchens zur Unterlage.

Fig. 1.



Querprofil des Bürgenberges.

R. Rudistenkalk (Urgouien d'Orb.). G. Gault. S. Seewerkalk (weisse Kreide, Sénonien d'Orb.).
Nk. Nummulitenkalk und Grünsand. Nm. Mergelschiefer des Nummulitensystems.

Das **Bodenwäldchen** von **Obbürgen** gehört zu den Hochmooren. Aus der Mitte desselben fließt das in Gräben sich sammelnde Wasser nach zwei entgegengesetzten Seiten bis an den Rand des Wäldchens, um sich daselbst an verschiedenen Stellen in natürliche Versenklöcher zu verlieren. Es gibt am Nord- und Südrand zusammen gegen zehn solcher Löcher, welche das aus dem Moore und von den nächsten Abhängen zuströmende Wasser auffangen und in unsichtbaren unterirdischen Canälen fortleiten. Die Länge des Moores beträgt etwa 700 Meter, die Breite 250 Meter, die Höhe über Meer 750 Meter. Die Erhebung des Moores über seine Ränder beläuft sich auf etwa 15 Fuss. Ausgrabungen haben bis jetzt hauptsächlich in der Mitte des Moores stattgefunden und hier, bei 12—14 Fuss Tiefe, kam der **Dopplerit** zur Vorschein. Er ist in halb- bis fussdicken Massen eingelagert in einen schwarzen Torf und durchschwärmt den Torf nicht selten auch in Form dünner, sich verzweigender Adern oder kleiner isolirter Nester und Streifen.

Der **Dopplerit** von **Obbürgen**, frisch aus dem Lager genommen oder unter Wasser aufbewahrt, ist amorph, geruch- und geschmacklos, auf dem Bruche flachmuschlig, fettglänzend, schwarz, auf Papier gestrichen mahagonifärbig, an dünnen Kanten schön röthlichbraun durchscheinend. Die Masse zeigt Elasticität, zerklüftet sich aber bei stärkerem Drucke. Sie lässt sich leicht zwischen den Fingern zerreiben und ist bedeutend weicher als Talk. Das spec. Gewicht wurde bestimmt auf 1,09. Mit einem scharfen Messer kann man die Masse

in ganz dünne Blättchen zerschneiden, die später nicht mehr zusammen kleben. Unter dem Mikroskope erscheint der Dopplerit, selbst bei 300facher Vergrößerung, homogen; doch gibt es auch feinkörnige Partien. Er ist durchscheinend, bald mehr, bald weniger, je nach der Dicke des Objectes, und hiernach richtet sich bei durchfallendem Lichte auch die Farbe, indem Uebergänge vom hellsten Gelb bis ins dunkle Rothbraun vorkommen. Ganz dünne Partikel sind nahezu wasserhell. Die Mittelfarbe, welche alle Nuancen beherrscht, ist „holzbraun“ (wie firnisirtes Mahagoniholz). Zuweilen begegnet man eingelagerten Bruchstücken von Zellgewebe, welches an die zierlichen Gewebeformen gewisser Moosblättchen erinnert. Setzt man, zufolge einer Mittheilung des Herrn Mühlberg, dem Objekte unter dem Mikroskope etwas unterchlorigsaures Kali zu, so löst sich die braune Doppleritmasse allmählig auf, und die Zellgewebetrümmer bleiben farblos zurück.

Der nasse Dopplerit von Obbürgen gibt, bis er lufttrocken ist, 66 Pct. Wasser ab. Bei 100° C. stieg der Gewichtsverlust auf 76·8 Pct. Bei 110° C. erhielt Herr Mühlberg sogar eine Wasserabgabe von 81·8 Pct.

Der gelatinöse Dopplerit kann Jahre lang unter Wasser aufbewahrt werden, ohne sich zu verändern. Wird er hingegen unter Zusatz von wenig Wasser zerrieben, so erfolgt eine äusserst feine Zertheilung, so dass sich anfangs die ganze Masse zu lösen scheint. Ein nicht unbedeutender Theil der zerriebenen Masse bleibt sogar wochenlang in der Flüssigkeit suspendirt und kann durch Zusatz von Mineralsäuren und Mineralsalzen, sowie auch durch Gefrierenlassen ausgeschieden werden. Nur ein ganz geringer Theil geht aber wirklich in Lösung über, wie sich durch Filtriren zeigt. Das Filtrat hat eine weingelbe Färbung. Herr Mühlberg bemerkt aber hierzu: „Ein gelbes Filtrat erhält man blos bei Anwendung von lufthaltigem Wasser. Bei Anwendung von ausgekochtem Wasser ist das Filtrat farblos. Dieses Verhalten lehrt, dass der lösliche Körper erst in Folge der Oxydation durch den im Wasser gelösten Sauerstoff entsteht.“

Der lufttrockene Dopplerit von Obbürgen zeigt starken Fettglanz, schwarze Farbe, muscheligen Bruch, schwärzlichbraunen Strich, etwas Sprödigkeit, eine Härte von 2, 5 und ein specifisches Gewicht von 1,39. Dünne Blättchen, gegen das Licht gehalten, sind schön braunroth durchscheinend. Solche Blättchen, von der Grösse eines halben Quadratzolles, lösen sich oft von selbst vom Boden der Gefässe ab, in denen das durch Zerreiben des Dopplerits erhaltene braune Wasser eingetrocknet war. Fein zerriebener Dopplerit liefert ein umbrafarbiges Pulver.

Der trockene Dopplerit brennt auf ähnliche Art wie Torf, ohne zu flammen, aber lange Zeit in seiner eigenen Hitze fortglühend. Dabei riecht er anfangs, bis alles Wasser ausgetrieben ist, wie brennender Torf oder brennende Mott-haufen, später aber wie brennendes dörres Holz. Er hinterlässt eine ziemliche Menge (5—14 Pct.) einer gelblichweissen Asche, welche in Wasser alkalisch reagirt, mit Säuren braust und mit Ferrocyankalium deutliche Reaction auf Eisen gibt.

Trockener Dopplerit, in Wasser gelegt, bleibt längere Zeit unverändert. Nach einigen Tagen indess erweicht er insofern, dass er den Eindruck des Fingernagels annimmt, auch wohl zwischen den Fingern in kleine Bröckel zerdrückt, aber doch nicht auf Papier gestrichen werden kann. Fernere Veränderungen aber sind selbst durch monatelange Einwirkung des Wassers nicht zu erzielen. Auch heisses Wasser, sowie Alkohol, Aether und Terpentinöl bewirken keine Lösung.

Wird Doppleritpulver mit Wasser unter das Mikroskop gebracht, so erscheinen die Partikel homogen oder zuweilen fein granulirt, holzbraun bis schwarz, je nach der Dicke des Objects. Nach Zusatz von Aetzkali sieht man die Partikel aufquellen und an Durchsichtigkeit gewinnen, so dass nun ein helles bis dunkles Holzbraun (je nach der Dicke) das ganze Sehfeld beherrscht. Schwefelsäure hat eine entgegengesetzte Wirkung. Jod färbt dünne Theilchen schön messinggelb. Jod und Schwefelsäure bewirken zuweilen da und dort eine schöne blaue Färbung, die Hauptmasse aber bleibt unverändert. Durch das Macerationsverfahren von Schultz (Kochen der Substanz mit Salpetersäure und chlorsaurem Kali) werden kleine Stücke Dopplerit in kurzer Zeit entfärbt und verschwinden endlich unter Gasentwicklung. Concentrirte Schwefelsäure schwärzt und trübt sich mit Dopplerit, vermag ihn aber nicht zu lösen.

Herr Professor Mühlberg hat, wie Eingangs bemerkt, den Dopplerit zu wiederholten Malen analysirt und theilt mir hierüber Folgendes mit.

Nr. 1. Gelatinöser Dopplerit von Obhürgen verlor bei 110° C. 81·8 Pct. Wasser und ergab sodanu:

Asche	14·32 Pct.	aschenfrei gedacht
C	49·54 "	57·8 Pct.
H	4·63 "	5·4 "
O + N	31·51 "	36·8 "

Nr. 2. Dopplerit von Obbürgen, welchen Herr Mühlberg in lufttrockenem Zustande von mir erhalten hatte, ergab nach dem Trocknen:

Asche	9·77 Pct.	aschenfrei gedacht
C	50·44 "	55·90 Pct.
H	4·64 "	5·14 "
O + N	35·15 "	38·96 "

Nr. 3. Lufttrockener Dopplerit von Obbürgen, welchen Herr Mühlberg von einem seiner früheren Schüler erhalten hatte, verlor bei 110° C. 19·7 Pct. Wasser und ergab:

Asche	5·2 Pct.	aschenfrei gedacht
C	52·2 "	56·2 Pct.
H	5·9 "	6·2 "
O + N	35·7 "	37·6 "

Nr. 4. Lufttrockener Dopplerit von Aussee in Steiermark, welchen ich von Herrn Dr. Krantz in Bonn erhalten hatte, verlor bei 110° C. 20·04 Pct. Wasser und ergab:

Asche	5·18 Pct.	aschenfrei gedacht
C	53·04 "	55·94 Pct.
H	4·93 "	5·20 "
O + N	36·85 "	38·86 "

Zieht man aus den vier Analysen das Mittel, so ergibt sich für den aschenfrei gedachten Dopplerit:

C	56·46 Pct.
H	5·48 „
O + N	38·06 „

Die einzige Analyse von Dopplerit, welche unseres Wissens bisher bekannt war, ist diejenige von Professor Schrötter über den Dopplerit von Aussee ¹⁾, nämlich:

Asche	5·86 Pct.	aschen- und N frei gedacht
C	48·06 „	51·63 Pct.
H	4·93 „	5·34 „
O	40·07 „	43·03 „
N	1·03.	

Bei allen diesen Analysen geschah die Verbrennung nach der gleichen Methode, nämlich unter Hinzuleiten von reinem Sauerstoffgas. Es fällt auf, dass die Schrötter'sche Analyse nicht unbedeutend von denen Mühlberg's abweicht. War das Material verschieden? Oder hat sich irgendwo ein Fehler eingeschlichen?

Lufttrockener pulverisirter Dopplerit löst sich in starker Kalilauge bei der Siedhitze bis auf einen ganz geringen, aus Zellgewebetrümmern bestehenden Rückstand. Dasselbe Verhalten zeigt nach Gumbel auch der Dopplerit von Berchtesgaden ²⁾. Man erhält eine braunrothe Flüssigkeit. Die gesättigte, d. h. durch Kochen von Kali mit einem Ueberschuss von Dopplerit erhaltene Lösung reagirt nur schwach alkalisch, und mehrere Tage der Luft ausgesetzt, nimmt sie kaum etwas Kohlensäure auf. Der Dopplerit charakterisirt sich demnach als Säure, ist aber wohl ein Gemenge verschiedener Säuren (Torfhumussäuren). Bei fortgesetzter Verdunstung trocknet die Lösung endlich vollständig ein, wird spröde, glänzend, schwarz und ist in Wasser wieder löslich. Durch Mineralsäuren, sowie auch durch Essigsäure wird der in Kali gelöste Dopplerit in Form brauner Flocken vollständig ausgefällt. Der Niederschlag wird nach dem Aussüssen und Trocknen schwarz, glänzend, spröde. Herr Mühlberg hat diese Substanz analysirt und folgendes Resultat erhalten.

Nr. 5. Kali-Auszug aus Dopplerit von Obbürgen, bei 110° C. getrocknet, ergab in zwei Analysen:

	a.	b.	Mittel aus a und b aschenfrei gedacht
Asche	0·59 Pct.	0·58 Pct.	
C	58·08 „	58·18 „	58·5 Pct.
H	5·03 „	4·97 „	5·0 „
O + N	36·30 „	36·27 „	36·5 „

Der Kali-Auszug ist also etwas reicher an Kohlenstoff, als der ganze Dopplerit. Diess erklärt sich, nach Herrn Mühlberg, daraus, dass der unlösliche Theil des Dopplerits aus noch unzerstörter oder nur theilweise zersetzter Zellsubstanz besteht, deren Kohlenstoff nicht über 50 Pct., bei reiner Cellulose sogar nur 44·44 Pct. beträgt.

¹⁾ Sitzungsberichte der Wiener Akademie 1849.

²⁾ Jahrbuch von Leonhard und Bronn 1858, S. 287 ff.

II. Torf.

Schrötter betrachtet den Dopplerit als eine mehr als gewöhnlich homogene Torfmasse, welche ihre gelatinöse Beschaffenheit der grossen Menge von absorbirtem Wasser verdankt. Gümbel erklärt den Dopplerit ebenfalls als homogenen Torf, der aber eigentlich nur scheinbar homogen sei. Angenommen, dass homogener Torf und Dopplerit Eines seien, so ist doch (soweit ich mich in der Literatur habe orientiren können) die Frage nicht erschöpft, ob und in welchem Verhältniss der nicht homogene, d. i. der gewöhnliche Torf diejenige Substanz enthalte, welche wir Dopplerit nennen.

Brauner faseriger Torf zeigt bekanntlich fast durchweg unverkennbare pflanzliche Textur. Man wird aber in der Regel noch etwas Anderes dabei entdecken, wenn man den Torf mit einem scharfen Messer anschneidet und die Schnittfläche bei auffallendem directem Sonnenlichte durch die Loupe betrachtet. Da und dort sind glänzende schwarze Partikel eingestreut, welche mit der Umgebung verbunden sind, sich aber mittelst der Messerspitze herauslösen und durch das Mikroskop weiter untersuchen lassen. Man zertheilt dieselben auf dem Objectträger unter Zusatz von Kali und findet nun die gleiche homogene Substanz, wie beim Dopplerit, durchscheinend, gelb bis braun je nach der Dicke des Objects. Die Substanz ist, wie Dopplerit, in kochender Kalilauge löslich und scheint auch in der That nichts anderes zu sein. Daneben kommen immer auch körnige oder streifige braune Bestandtheile zur Beobachtung. Bei einem jungen, oberflächlichen Torf sind solche Partikel seltener, als bei ältern, tiefern Sorten, und mit ihrer Zunahme geht auch die nach der Tiefe allmählig überhandnehmende Festigkeit und schwarze Färbung des Torfes Hand in Hand. Schwarzer Torf erscheint beim Reiben und Anschneiden fast durchweg glänzend. Unter dem Mikroskop, mit Kali befeuchtet, ist er braun durchscheinend, theils körnig, theils homogen und in letzterem Falle von Dopplerit nicht zu unterscheiden. Manche Stücke schwärzlichen Torfes, wie ich von zwei Localitäten des Kantons Bern (Schwarzenegg und Allmendingen) vor mir habe, führen förmliche kleine Adern, Nester und Schnüre einer glänzenden, schwarzen, dem Dopplerit gleichkommenden Substanz.

Es ist bekannt, dass Torf in siedender Kalilauge zum Theil löslich ist. Der Kali-Auszug, auf dieselbe Weise wie beim Dopplerit bereitet, wird nach dem Trocknen zu einer schwarzen, glänzenden, spröden Masse mit allen Eigenschaften des lufttrockenen Dopplerits. Wird aus dem frischen feuchten Auszug ein Theil des Wassers durch Auspressen entfernt, so bleibt eine dem gelatinösen Dopplerit ähnliche Substanz: schwarz, rothbraun durchscheinend, glänzend von leberartiger Consistenz, auf Bruchflächen oft federartig gezeichnet u. s. w. Der in Kali unlösliche Rückstand ist nach dem Trocknen heller gefärbt und weniger compact. Unter dem Mikroskop besteht er aus farblosen, gelben oder braunen Zellgeweberesten, deren Textur sich um so deutlicher zu erkennen gibt, je jünger der Torf war; braun durchscheinende homogene (doppleritartige) Bestandtheile kommen nicht mehr vor.

Ueber Torf hat Herr Mühlberg mehrere Analysen ausgeführt, wie folgt.

Nr. 6. Torf von Rüdswyl bei Ruswyl (Kant. Luzern), dunkelrothbraun, mehr compact als faserig, ergab:

Asche	2·17 Pct.		aschenfrei gedacht
C	50·52 "		51·7 Pct.
H	5·98 "		6·1 "
O + N	41·42 "		42·2 "

Es fällt auf, dass diese Zahlen mit Schrötter's Analyse des Dopplerits von Aussee so nahe übereinstimmen.

Nr. 7. Kali-Auszug aus obigem Torf in zwei Analysen ergab:

	<i>a.</i>		<i>b.</i>	Mittel aus <i>a.</i> und <i>b.</i>
Asche	1·66 Pct.		1·48 Pct.	aschenfrei gedacht
C	55·86 "		56·11 "	56·88 Pct.
H	5·02 "		5·02 "	5·10 "
O + N	37·46 "		37·39 "	38·02 "

Dieses Resultat stimmt beinahe vollständig überein mit dem aus den Analysen Nr. 1—4 (Dopplerit) erhaltenen Mittel (S. 7). Der grössere Kohlenstoffgehalt im Vergleich zu Nr. 6 erklärt sich wie bei Nr. 5.

Nr. 8. Kali-Auszüge aus verschiedenen, meist ältern Torfsorten und aus diluvialer (aus Torf entstandener) Schieferkohle, gleichförmig unter einander gemengt, ergaben in zwei Analysen:

	<i>a.</i>		<i>b.</i>	Mittel aus <i>a.</i> und <i>b.</i>
Asche	3·7 Pct.		3·6 Pct.	aschenfrei gedacht
C	57·0 "		57·2 "	59·2 Pct.
H	6·0 "		6·2 "	6·2 "
O + N	33·3 "		33·0 "	34·6 "

Zieht man aus den Analysen No. 7 und 8, die indess ziemlich von einander abweichen, das Mittel, so ergibt sich für den in Kali löslichen Theil des Torfes, aschenfrei gedacht:

C	58·04 Pct.
H	5·65 "
O + N	36·31 "

was beinahe vollständig übereinstimmt mit dem aus Dopplerit erhaltenen Kali-Auszug (No. 5).

Die relativen Gewichtsverhältnisse des in Kali löslichen Antheils habe ich bei verschiedenen Torfarten annähernd bestimmt, wie folgt:

<i>a)</i> Torferde oder schwärzliche Humuserde aus dem Rothseeried bei Luzern, unmittelbar die lebenden Pflanzen (Moospolster) tragend, ergab	25—30 Pct.
<i>b)</i> Torf von Wauwyl (Kant. Luzern), 3 Fuss tief genommen, hellbraun, leicht, locker, faserig, ergab	54 "
<i>c)</i> Torf von Wauwyl, 6 Fuss tief, etwas dunkler als <i>b.</i> , doch mit erkennbaren Fasern und ziemlich leicht	55 "
<i>d)</i> Torf von Wauwyl, 9 Fuss tief, kaffeebraun, ziemlich schwer und compact	65 "
<i>e)</i> Torf von Schwarzenegg (nordöstlich von Thun), schwärzlichbraun, schwer, compact, da und dort mit feinen schwarzen, pechglänzenden Streifen	77 "

f) Torf von Kaltbach (Kant. Luzern), schwarz, schwer, sehr fest, beim Anschneiden stark glänzend, beim Eintrocknen rissig zerklüftet. 71 Pct.

Diese sechs Sorten bilden der Farbe nach eine gleichmässig fortlaufende Reihe.

Nach dem Bisherigen dürfte nun wohl der Schluss gerechtfertigt sein, dass die Doppleritsubstanz im Torf eine allgemeine Verbreitung hat, und zwar so, dass je weiter vorgerückt der Torf, desto reicher sein Gehalt an jener Substanz.

Zwei Bemerkungen über Torf erlaube ich mir hier nachzutragen.

a) Ich weiss nicht, ob es schon beachtet worden ist, dass unser, fast durchgehends aus Moosarten entstandener Torf eine lamellöse Structur besitzt. Die Torfstecher wissen, dass ein Schnitt von oben nach unten mehr Kraft erfordert, als ein horizontaler Schnitt, und dass namentlich ein faseriger Torf leicht in horizontal liegende dünne Schichten aufgeblättert werden kann. Die Schichten sind zwar nicht scharf von einander geschieden; doch blättert sich der Torf nie anders als in horizontaler Richtung. Diese Eigenschaft ist deswegen von besonderem Interesse, weil sie hinreichend erklärt, warum die diluviale Kohle, welche aus Torf hervorgegangen ist, schiefrig erscheint.

b) Einige, z. B. Lesquerreux und nach ihm Dr. Lorenzer, schreiben die Torfbildung ganz und gar den Sphagnum zu. Noch in neuester Zeit wird dasselbe behauptet von Websky¹⁾, der sich vorzüglich auf Analysen der Aschenbestandtheile beruft. Nach Grisebach ist die Erikenvegetation der wichtigste Bestandtheil des Torfes, während Bronn die Nadelhölzer zur Torfbildung besonders geeignet hält.

Die Hauptmasse unseres Torfes geht aus abgestorbenen Moosen hervor. Die zierlichen Zellgewebsformen der Moosblättchen wiederholen sich bei jeder mikroskopischen Untersuchung. Man findet sogar selten etwas Anderes; namentlich bemerkte ich, trotz vielfältiger Beobachtung, kaum irgendwelche gefässführende Pflanzentheile (abgesehen von allfällig vorkommenden Holzarten). Es scheinen die vielen Riedgräser, Wollgräser, Binsen u. s. w. nicht leicht in Torf überzugehen. Gar oft bemerkt man mitten in jungem Torf noch unzerstörte senkrechte Halme, in älterm Torf aber senkrechte, solchen Halmen entsprechende Canäle, die beim Trocknen sich trefflich erhalten. Die Rhizome und ihre Faserwurzeln zersetzen sich, ähnlich dem Holze, nur äusserst langsam und können gegenüber der Unmasse abgestorbener Moose kaum in Betracht kommen. Ich fand kaum irgendwo in fertigem Torf Reste von Sphagnum, obschon dieses Moos unter dem Mikroskop sehr leicht zu erkennen. Das Sumpfmoos zerfällt in der Torferde bald in seine einzelnen Formbestandtheile und liefert eine lockere, spreuige, schwammartige Masse, welche die blassgelbe Färbung beibehält und keinen Zusammenhang besitzt. Ich halte es daher in diesem Punkte mit Sendtner²⁾, welchem es ebenfalls nie gelang, im Torf der Hochmoore Südbayerns ausser in den obersten Schichten eine Spur von Sphagnum zu finden.

III. Mineralische Kohlen.

Es folgt hier eine dem Alter nach geordnete Reihe von Kohlen, bei denen ich, anschliessend an das beim Torf beobachtete Verfahren, hauptsächlich die

¹⁾ Journal für prakt. Chemie Bd. 92, S. 65, Juli 1864.

²⁾ Die Vegetationsverhältnisse Südbayerns S. 642.

Löslichkeit in Aetzkali und das mikroskopische Verhalten zu prüfen versucht habe. Der getrocknete Kali-Auszug sieht ebenso aus, wie beim Torf und Dopplerit

a) Schieferkohle von Utznach, diluvial, bräunlichschwarz, glanzlos, jedoch auf dem Querbruch öfters fettglänzend. Das Pulver ist etwas dunkler als Doppleritpulver und färbt das Aetzkali in der Siedhitze nach längerer Zeit dunkelbraun. Der unlösliche Rückstand besteht meist aus halberstörtem hell- bis dunkelbraunem Zellgewebe, ganz ähnlich demjenigen des älteren Torfes 1).

b) Braunkohle von Walberberg bei Bonn, nelkenbraun, glanzlos, faserig, auf dem Querbruch mit schwärzlichen glänzenden Streifen. Beim Pulverisiren vertheilt sie sich in feine Fasern, die das Aetzkali schnell rothbraun färben. Erweist sich unter dem Mikroskop, theils durch die faserige Beschaffenheit, theils durch vorkommende Tüpfel, als Coniferenholz. Die Fasern des unlöslichen Rückstandes sind bei stärkerer Vergrößerung schön rothbraun durchscheinend.

c) Pechkohle von Menzberg (Kant. Luzern), obermiocän, der Nagelfluh des Napfes eingelagert, mit und ohne Jahresringe, schwarz, fettglänzend. Das Pulver ist bedeutend dunkler als dasjenige der Schieferkohle, beinahe schwarz. Der in Kali unlösliche Rückstand besteht unter dem Mikroskop aus homogenen Theilchen. Die dünnsten derselben sind holzbraun durchscheinend, die dickern schwarz mit braunroth durchscheinenden Rändern. Zuweilen erkennt man die Tüpfel des Tannenholzes, mit und ohne Halonen, nebst Abwechslung von dunklern und helleren Streifen. Die Lumina der Holzzellen sind indess verschwunden, und von der Begrenzung dieser Zellen blos Spuren vorhanden. Concentrirte Salpetersäure färbt das Pulver pomeranzengelb.

d) Pechkohle vom Sonnenberg bei Luzern, untermiocän 2), schwarz, glänzend, structurlos, unter dem Mikroskop nur in den kleinsten Theilchen rothbraun durchscheinend, im Uebrigen schwarz oder nur an den Rändern bräunlich, durch concentrirte Salpetersäure nicht entfärbt. Pulver beinahe schwarz.

e) Steinkohle von Niederhorn bei Thun (Kant. Bern), in die Schichten des Nummulitensystems eingebettet, eocän 3). Das Pulver ist dunkelbräunlichschwarz, färbt das Aetzkali honiggelb und verhält sich unter dem Mikroskop sowie gegen Salpetersäure wie die Sonnenberger Kohle.

f) Steinkohle von Saarbrück liefert blos Spuren von in Kali löslichen Bestandtheilen. Das Pulver ist in seinen kleinsten Theilchen unter dem Mikroskop hie und da noch bräunlich- bis farblos-durchscheinend. Durch Salpetersäure erleidet es keine erhebliche Veränderung.

g) Anthrazit liefert ein schwarzes glänzendes Pulver, welches in Aetzkali sowie in Salpetersäure unverändert bleibt. Unter dem Mikroskop zeigt es sich rein schwarz, in einzelnen Partikeln wohl auch wasserhell.

Die erhaltenen Resultate sind zusammengestellt in folgender Uebersicht.

1) Vergl. Heer, die Schieferkohlen von Utznach und Dürnten 1858. — Id. Urwelt der Schweiz 1865, S. 28 ff., 484 ff.

2) Näheres über die Lagerungen: in meinen „Untersuchungen über die subalpine Molasse der mittleren und östlichen Schweiz“ in den Denkschriften der schweiz. Naturforsch. Gesellschaft Bd. 17, 1860, S. 20.

3) Vergl. Rüttimeier, über die schweiz. Nummulitenterrain, in Denkschr. der schweiz. naturforsch. Gesellschaft Bd. 11, 1850. S. 35.

Uebersicht.

	In Kali löslich	Pulver	Rückstand unter Mikroskop (mit Kali)
1. Schieferkohle von Utnach (diluvial).	75 Pct.	Schwärzlichbraun, durch Salpetersäure gelbroth.	Zellige zerfetzte Reste von mehr oder weniger unkenntlicher Structur, gelblich oder schwärzlichbraun.
2. Braunkohle vom Walberberg.	42 Pct.	Nelkenbraun, durch Salpetersäure gelbroth.	Mit Holztextur, alles röthlichbraun durchscheinend, vorherrschend faserig.
3. Pechkohle vom Menzberg (obermiocän).	10 Pct.	Dunkelbräunlichschwarz, durch Salpetersäure gelbroth.	Theils homogen, theils mit Spuren von Holztextur, meist röthlichbraun durchscheinend.
4. Pechkohle vom Sonnenberg (untermiocän).	5 Pct.	Ebenso, beinahe schwarz.	Homogen, schwarz, an dünnen Rändern und in ganz kleinen Partikeln röthlichbraun durchscheinend.
5. Steinkohle vom Niederhorn (eocän).	2-3 Pct.	Dunkelbräunlichschwarz.	Körnig oder homogen, sonst wie bei Nr. 4.
6. Steinkohle von Saarbrück.	Spur	Schwarz, etwas in's Braune.	Homogen, schwarz, selten und nur an ganz dünnen Partikeln gelblicher oder bräunlich durchscheinend.
7. Anthracit.	—	Reinschwarz, glänzend.	Durchaus schwarz, undurchsichtig, z. Thl. wasserhell.

Vergleicht man diese Ergebnisse mit den früheren, so zeigt sich:

1. Dass die Schieferkohle, sowohl was den löslichen als den unlöslichen Bestandtheil betrifft, mit dem ältesten Torf übereinstimmt.

2. Dass vom Torf bis zu den Schieferkohlen der lösliche Theil allmählig bis auf 75 Pct. (oder wenn wir den Dopplerit hinzunehmen, auf wenigstens 90 Pct. steigt, von den Schieferkohlen bis zum Anthracit aber herabsinkt auf Null.)

3. Dass somit dieser lösliche Theil, die Doppleritsubstanz, allgemein den Uebergang bildet von dem Zellstoff und der Holzfaser einerseits zu den Anthraciten und Steinkohlen anderseits

4. Dass zwischen Braun- und Steinkohlen keine scharfe Grenze existirt, und dass die Farbe des Pulvers, das mikroskopische Verhalten und die Löslichkeit in Aetzkali mit einander Hand in Hand gehen.

IV. Künstliche pechkohlenartige Substanzen.

Es ist bekannt, dass durch concentrirte Schwefelsäure Holz und andere organische Substanzen geschwärzt werden. Man nimmt an, dass sich unter

dem Einfluss der Säure aus den Bestandtheilen des Holzes Wasser bilde und dadurch der Kohlenstoff der organischen Substanz isolirt werde. Doch bemerkt z. B. Schlossberger in seinem Lehrbuche der organischen Chemie, dass die zurückbleibende schwarze Materie nie reiner Kohlenstoff, sondern eher eine Art von Humus sei. Und schon früher hat Boullay¹⁾ einige der schwarzen Rückstände, die durch Einwirkung von Schwefelsäure auf Zucker, Holz, Stärke, Alkohol erhalten werden, analysirt, woraus sich ergab, dass dieselben eine den Humussubstanzen ähnliche Zusammensetzung besaßen. Ich habe eine Reihe von Versuchen angestellt, welche einerseits zu demselben Schlusse führen, anderseits aber zeigen, dass die Einwirkung der Schwefelsäure nicht bloss in einer Wasserentziehung, sondern auch in einer Abgabe von Sauerstoff besteht, und dass der Rückstand, auf geeignete Weise behandelt, in physikalischer und chemischer Beziehung mit den Pechkohlen zu vergleichen ist. Zu diesen Versuchen wurde englische Schwefelsäure von 66° B. verwendet.

a) Baumwolle und Schwefelsäure. Baumwolle löst sich in Schwefelsäure schon bei gewöhnlicher Temperatur leicht, ruhig und in grosser Menge. Erwärmt man auf 20—40° C., so lassen sich gegen 40 Pct. Baumwolle lösen. Hierbei färbt sich die immer zäher werdende Flüssigkeit nach und nach chocoladebraun, unter Abscheidung feiner Gasbläschen, die nach schwefeliger Säure riechen. Steigert man nun die Wärme, unter fortwährender Beobachtung des hingestellten Thermometers, auf 40—50° C., so tritt eine reichliche Gasentwicklung ein. Die Masse wird durch und durch zu einem schwärzlichbraunen, feinblasigen Schaum aufgetrieben, wesshalb man die Operation am besten in einem hohen, in's Oelbad gestellten Glascylinder vornimmt, damit der Schaum nicht überlaufe. Nach einiger Zeit zieht sich der Schaum gegen den Boden des Gefässes zusammen und scheidet eine schwarze, amorphe, krümelige Masse ab. Die Temperatur wurde auf 70° C. gesteigert und so lange auf dieser Höhe unterhalten, als die Gasentwicklung anhält. So lange diese Entwicklung stattfindet, zeigt sich ein intensiver Geruch nach schwefeliger Säure.

Der schwarze Rückstand wird nach gehörigem Aussüssen in noch feuchtem Zustande vom Filter genommen, in der Reibschale zu einem Brei zerrieben, gesammelt und zu einem Ballen formirt. Die Masse klebt gut zusammen und äussert gegen Druck eine gewisse Elasticität. Der Ballen, an einem warmen Orte getrocknet, vermindert allmählig sein Volumen und wird zusehends fester. Nach vollständiger Austrocknung springen solche Ballen oft von selbst in zwei Hälften. Oberfläche und Bruchflächen sind schwarz, erstere matt, letztere lebhaft glänzend, wie Pechkohle. Die Masse ist eine spröde. Der Bruch flachmuschelartig, die Härte = 2,5, das Pulver schwärzlichbraun, in kochender Kalilauge nur zu einem ganz geringen Theil und mit brauner Farbe löslich. Unter dem Mikroskop erscheint das in Kali gekochte Pulver holzbraun, körnig bis homogen. Erwärmt man das Pulver in concentrirter Salpetersäure, so wird dasselbe, sowie auch die Flüssigkeit, roth. Angezündet brennt diese künstliche Pechkohle etwa in der Weise wie Dopplerit, verbreitet einen ähnlichen Geruch, glimmt in ihrer eigenen Hitze fort und hinterlässt eine beträchtliche Menge weislicher Asche.

Bei einem zweiten Versuche wurde die Temperatur auf 105° C. gesteigert, wobei die Entwicklung der schwefeligen Säure sich neuerdings einstellte und eine der vorigen ähnliche Kohle erhalten wurde. Herr Mühlberg hat diese künstlichen Kohlen analysirt und folgende Resultate erhalten:

¹⁾ Journal für praktische Chemie, Jahrgang 1841, in dem Artikel von Hermann über den Moder.

Nr. 9. Kohle, erhalten durch Erhitzen von Baumwolle mit Schwefelsäure auf 70° C.

Asche	2.00	Pct.		<u>aschenfrei gedacht</u>
C	62.40	"		63.67 Pct.
H	4.05	"		4.13 "
O	31.55	"		32.20 "

Nr. 10. Ebenso, bei 105° C.

Asche	4.9	Pct.		<u>aschenfrei gedacht</u>
C	62.42	"		63.6 Pct.
H	3.8	"		4.0 "
O	28.88	"		30.4 "

b) Holz und Schwefelsäure. Feingesiebte trockene Sägespäne von Tannenholz wurden auf dieselbe Weise behandelt, wie die Baumwolle. Das Holz färbt sich sogleich schwarz. In der Wärme bemerkt man nicht jene starke Schaumbildung, wie bei der Baumwolle, aber gleichwohl starke Gasentwicklung und den stechenden Geruch der schwefligen Säure. Die getrocknete Kohle sieht wiederum aus wie Pechkohle. Sie liefert ein schwärzlich-braunes Pulver, welches durch concentrirte Salpetersäure in der Wärme roth gefärbt wird und in Kali grösstentheils unlöslich ist. Herr Mühlberg hat auch diese Kohle analysirt.

Nr. 11. Kohle, erhalten durch Erhitzen von Sägespänen mit Schwefelsäure auf 70° C.

Asche	3.9	Pct.		<u>aschenfrei gedacht</u>
C	61.95	"		64.45 Pct.
H	4.07	"		4.23 "
O + N	30.08	"		31.32 "

c) Dopplerit und Schwefelsäure lassen in der Wärme eine geringe Gasentwicklung bemerken. Man erhält eine schwarze, glänzende, muschelartig brechende Kohle. Das Pulver derselben ist dunkler als Doppleritpulver, färbt die Kalilauge in der Siedhitze weingelb, ohne sich zu lösen, und wird beim Erwärmen in Salpetersäure roth.

d) Torf und Schwefelsäure. Brauner faseriger Torf schwärzt sich in Schwefelsäure. Beim Erwärmen entwickelt sich schweflige Säure. Man erhält eine schwarze, feste Substanz, welche den Gypsspath ritzt. Der flachmuschelartige Bruch zeigt den Glanz der Cannelkohle und auch die feinen glänzenden Pünktchen derselben, welche bei unserem Kunstproduct zweifelsohne aus den im Torf zerstreuten Doppleritpartikeln (S. 10) hervorgegangen sind. Das bräunlichschwarze Pulver dieser Substanz färbt die Kalilauge weingelb und wird durch Salpetersäure gelb bis roth.

Aus diesen freilich nur unvollständigen Versuchen ¹⁾ zu schliessen, besteht die Wirkung der concentrirten Schwefelsäure auf Cellulose, nicht bloss in einer Wasserentziehung, sondern ein Theil der Schwefelsäure gibt Sauerstoff an die organische Substanz ab und wird dadurch zu schwefeliger Säure. Da nun sowohl in der Cellulose als in der künstlichen Kohle (Nr. 9) das Verhältniss des Sauer-

¹⁾ Es fehlt insbesondere an einer Untersuchung der mit der schwefeligen Säure entweichenden Gase in Verbindung mit einer Gewichtsbestimmung des verwendeten Materials in der erhaltenen Kohle — eine Arbeit, welche ich Anderen überlasse.

stoffes zum Wasserstoff das gleiche ist, dasjenige nämlich, wie es zur Bildung von Wasser erfordert wird, so tritt der von der Schwefelsäure gelieferte Sauerstoff wohl ohne Zweifel an den Kohlenstoff der Cellulose, wodurch entweder Kohlensäure oder Kohlenoxydgas gebildet wird.

Wenn wir demnach voraussetzen, dass unter der Einwirkung der Schwefelsäure Wasser und Kohlensäure entstehen, so werden wir finden, dass diese Einwirkung und der natürliche Steinkohlenbildungsprocess trotz aller Fremdartigkeit doch noch einige Analogien haben. Bischof ¹⁾ führt wirklich unter drei möglichen Fällen der Umwandlung des Holzes in Steinkohle, einen an, wo sich lediglich Kohlensäure und Wasser abscheide. Dies scheint indess der seltenste in der Natur vorkommende Fall zu sein, da man in Torflagern und Kohlenrevieren nebst der Kohlensäure häufig das leichte Kohlenwasserstoffgas entstehen sieht.

Betrachtet man das durch Einwirkung der Schwefelsäure erhaltene Product, die pechkohlenartige Substanz, so zeigt sich in physikalischer Beziehung dasselbe Verhalten, wie natürliche Pechkohlen. Auch die Elementaranalysen stimmen, was den Kohlenstoff betrifft, mit gewissen jüngern Pechkohlen aus der Mollasse ²⁾ nahe zusammen, während der Wasserstoff in der künstlichen Kohle eine Verminderung zeigt, nämlich nur 4 Pct. bis 4.23 Pct. statt, wie bei den meisten Kohlen, 5 Pct. Hingegen unterscheiden sich die beiderlei Kohlen dadurch in höherem Masse, dass bei den natürlichen, der in Aetzkali lösliche Theil bedeutend ist, bei den künstlichen aber beinahe null.

Zum Schlusse will ich die Hauptpunkte des Mitgetheilten kurz zusammenfassen:

1. Der Dopplerit von Obbürgen theilt mit demjenigen von Aussee dieselben physikalischen Eigenschaften und, nach den Analysen des Herrn Prof. Mühlberg (Nr. 1—4), dieselbe procentische Zusammensetzung.

2. Dopplerit ist in Aetzkali bis auf einen sehr geringen, meist aus Zellgeweberesten bestehenden Rückstand löslich. Der lösliche Theil hat beinahe dieselbe elementare Zusammensetzung, wie der ganze Dopplerit. Er ist nämlich um 2 Pct. reicher an Kohlenstoff und um 1½ Pct. ärmer an Sauerstoff (S. 285 [5]).

Dieser Kali-Auszug vermag das Aetzkali nahezu zu neutralisiren und muss demnach aus einer Säure oder aus einem Gemisch von Säuren (Torfhumussäuren) bestehen (S. 284 [4]).

3. Der Torf ist ein so dichter, dunkler, schwerer und glänzender (beim Anschneiden), je mehr sich der in Kali lösliche Bestandtheil darin angehäuft hat. (S. 287 [7]). Dieser Bestandtheil (Kali-Auszug) zeigt im nassen und trockenen Zustand die physikalischen und mikroskopischen Eigenschaften des Dopplerits (S. 286 [6]) und erhält dieselbe procentische Zusammensetzung (S. 287 [7]). Es scheint demnach der Schluss gerechtfertigt, dass der Kali-Auszug des Torfes mit demjenigen des Dopplerites, oder, wenn man von dem geringen, in Kali unlöslichen Theil des letzteren absieht mit Dopplerit selbst identisch sei.

4. Daraus ergibt sich, dass in jedem, nur einigermaassen vorgerückten Torf Dopplerit vorhanden sei, anfangs in vereinzeltten Punkten, bei älterem Torf aber in immer zahlreicher und dichter werdenden Partikeln.

¹⁾ Lehrbuch der chem. und physik. Geologie, 2. Bd., S. 1779 (ältere Auflage).

²⁾ Für die Pechkohle von Herdern werden 66.41 Pct. für diejenige von Elgg 67 Pct. Kohlenstoff angegeben. S. Heer, Umwelt d. Schweiz, S. 20.

Torf ist daher ein Gemenge von Dopplerit und halbverwester Pflanzensubstanz, welche ihre organische Structur noch nicht völlig eingebüsst hat. Dopplerit aber erscheint als ein homogener Torf, in welchem alles Organische bis auf ein Minimum in den amorphen gallertartigen Zustand übergegangen ist.

5. Bei den untersuchten Torfarten nimmt der Doppleritgehalt mit dem Alter allmählig zu bis zu $\frac{2}{3}$ des Gewichts. S. 287 [7]. Bei den mineralischen Kohlen sehen wir mit zunehmendem Alter das Gegentheil. S. 290 [10]. Da nun nach allgemeiner Annahme die meisten mineralischen Kohlen aus Torf hervorgegangen, so muss man schliessen, dass das erste Stadium dieses Processes in der Doppleritbildung bestehe, das zweite in der Umsetzung dieser Substanz in den Zustand der indifferenten, kohlenstoffreicheren, in Kali nicht mehr löslichen Humuskörper.

6. Durch concentrirte Schwefelsäure lassen sich aus Baumwolle, Holz u. s. w. Producte erhalten, welche die physikalischen Eigenschaften von Pechkohlen besitzen und mit ihnen auch in der chemischen Zusammensetzung nahezu übereinstimmen. Bei diesem Vorgange entweicht schwefelige Säure, indem die Schwefelsäure Sauerstoff an die organische Substanz abgibt. S. 20—27.

7. Die Humussubstanzen, welche in Wasser unlöslich sind, sowohl natürliche als künstliche, seien sie in Kali löslich oder unlöslich, haben die Eigenschaft, mit viel Wasser einen plastischen Teig oder eine Gallerte zu bilden, hingegen durch Wasserabgabe in einen festen, steinkohlenartigen Zustand überzugehen, aus welchem sie durch Zutritt von Wasser nicht mehr aufgeweicht werden können. Diese Zurückführung in den weichen, wasseranziehenden Zustand kann aber geschehen durch Aetzkali in der Siedhitze, jedoch nur bei solchen Humussubstanzen, die sich darin auflösen. Dieses Verhalten erinnert einigermaßen an dasjenige des Eiweisses oder auch der Kieselerde. Eine entfernte Aehnlichkeit zeigt ferner der plastische Thon im Vergleich zum gebrannten. Auffallend ist, dass die Humussubstanzen selbst aus dem halbweichen Zustand, in den sie durch Austrocknen versetzt worden sind, bei Zutritt von Wasser nicht mehr in den ganz weichen zurückkehren, sondern, selbst in Wasser gelegt, auf dem einmal erreichten Stadium der Austrocknung verharren, eine von der gewöhnlichen Hygroscopicität abweichende Eigenschaft, ohne welche es unmöglich wäre, den frisch gestochenen Torf im Freien, wo er vom Regen häufig wieder benetzt wird, zu trocknen.
