

Die alten Sediment-Formationen und ihre Metamorphose in den französischen Pyrenäen

von

Herrn Professor **C. W. C. Fuchs.**

(Mit Taf. VII.)

(Schluss.)

Aus dieser Beschreibung geht deutlich hervor, dass in dem metamorphischen Gebiete der Pyrenäen zahllose Übergänge zwischen Thonschiefer und Glimmerschiefer oder Gneiss existiren und dass diejenigen Gesteine, welche mit der Charakteristik einer dieser Species übereinstimmen, an Menge weit übertroffen werden von solchen Gesteinen, welche einzelne Eigenschaften einer Species besitzen, während andere Eigenschaften anderen Species anzugehören scheinen.

Mikroskopische Beschaffenheit der metamorphischen Gesteine.

Die mikroskopische Untersuchung bietet für die metamorphischen Gesteine ein erwünschtes Hilfsmittel zur Sicherung und Erweiterung der durch die Lupe gemachten Beobachtungen, da man es, mit wenig Ausnahmen, mit sehr feinkörnigen Gesteinen zu thun hat. Bei denjenigen Gesteinen jedoch, welche keiner der extremen Species angehören und bei denen, wegen ihres unbestimmten Charakters, dieses Hilfsmittel am erwünschtesten wäre, stösst man durch die ausserordentlich geringe Grösse der Mineral-Individuen, die eine sehr bedeutende Vergrösserung nöthig macht, auf grosse Schwierigkeiten.

Ich habe die Untersuchung mit den fein krystallinischen Thonschiefern begonnen, welche an der äussersten Grenze der metamorphischen Zone vorzukommen pflegen. Dieselben geben ziemlich übereinstimmende Erscheinungen. Der Dachschiefer z. B., welcher dicht bei Pierrefitte die Schlucht zum Eingang in das Thal Cauterets bildet, lässt unter der Lupe noch nichts erkennen, sondern bildet scheinbar eine homogene Masse. Bei etwa 400-facher Vergrösserung erkennt man hellere und dunklere Punkte und erst bei mehr als 900facher Vergrösserung löst er sich in ein Gewirre fein krystallinischer Körper auf. Alle haben ganz unregelmässige und undeutliche Begrenzung. Doch unterscheidet man, besonders im polarisirten Lichte, vollkommen durchsichtige Individuen mit prachtvollen Farben und weniger klare mit unbedeutendem Farbenwechsel. Die ersteren sind Quarz, die letzteren Glimmer. Der Quarz ist reichlicher wie der Glimmer. Einzelne Individuen, noch kleiner wie die Glimmerblättchen, noch weniger durchsichtig und bei auffallendem Lichte auch von geringerem Glanz, sind wohl für Chlorit zu erklären. Ausserdem bemerkt man noch wenige ganz schwarze, völlig undurchsichtig und scharf vierseitig begrenzte Individuen, welche unzweifelhaft aus Magneteisen bestehen. An einigen Stellen liegen mehrere nahe bei einander, während grosse Strecken wieder ganz frei davon sind. Im Ganzen ist die Menge des Magneteisens in dem Gestein nur unbedeutend.

Nimmt man nun statt eines solchen krystallinischen Thonschiefers einen Dünnschliff von einem solchen Thonschiefer, der die ersten Spuren der Metamorphose zeigt, wie der mit Punkten versehene an der Brücke von Sia, der unter Nr. 4 beschrieben ist, so findet man, dass bei 250facher Vergrösserung derselbe vollständig dem vorhergehenden gleicht. Die Punkte sind dabei scharf begrenzt und nur wenig durchscheinend. Bei stärkerer Vergrösserung werden Quarz und Glimmer, die das Gestein bilden, deutlicher erkennbar. Die kleinen punctförmigen Concretionen sind nicht mehr scharf begrenzt, sondern an ihren Rändern verschwommen; das Innere derselben wolkig und von eigenthümlich blaugrauer Farbe, dabei durchscheinend, aber ohne irgendwelche Individualisirung.

Bei anderen Knotenschiefern, die stärker metamorphosirt sind,

bleibt die Grundmasse sich gleich, nur dass die Menge von Quarz und Glimmer auffallendem Wechsel unterworfen ist. Auch sind durchschnittlich die Glimmerblätter in den stärker metamorphosirten Schiefeln grösser, wie in den wenig veränderten und meist von bräunlicher Farbe. Magneteisen und Chlorit bieten nichts Neues. Dagegen zeigen sich in manchen stärker oder nur wenig veränderten Schiefeln, feine, nur bei starker Vergrösserung sichtbare und völlig undurchsichtige Flitter, die in geglühten Gesteinen nicht vorkommen und aus Kohle bestehen. Sie sind unregelmässig vertheilt, an einigen Orten angehäuft, an anderen vereinzelt. Was nun die grösseren Knoten betrifft, so sind ihre Ränder unter dem Mikroskope weniger verwischt, wie die der kleinen. Das Innere ist jedoch trüb und wolkig wie dort, nur dass die Wolken sich hie und da verdichten und hellere Stellen dazwischen lassen, so dass also die Vertheilung nicht mehr so gleichmässig ist. Um einige Knoten herum hat sich ein hellerer quarzreicher Rand in der Gesteinsmasse gebildet, der als durchsichtiger Kranz die Concretion umgibt. Die am stärksten entwickelten Knoten haben regelmässig länglich reetanguläre Form. Ihr Inneres ist gut durchscheinend und nur längs der Mitte hat sich eine schmale Ansammlung der die kleineren Knoten trübe machenden Substanz angehäuft. Diese Erscheinung erinnert an die Eigenthümlichkeit der charakteristischen Chiestolithe in diesen Schiefeln. Es ist darum kein Zweifel, dass sich solche Knoten zu Chiestolith entwickeln. Diejenigen, welche auch ohne Mikroskop als Chiestolith erkannt werden, sind unter dem Mikroskop durchscheinend und die dunkle Substanz hat sich in der Mitte oder an den Ecken bald als schmäleres, bald als breiteres Band, manchmal von regelmässiger, manchmal von unregelmässiger Gestalt angesammelt. Ich kann daher nur mit ZIRKEL übereinstimmen, wenn er aus dieser unter dem Mikroskope sichtbar werdenden Eigenthümlichkeit den Schluss zieht, dass die Krystalle keine Zwillinge seien. Die dunkle Masse löst sich sogar bei den besten Exemplaren mit hinreichender Vergrösserung zu einzelnen kleinen Flittern auf, die mit den Kohlenflittern im Gestein übereinzustimmen scheinen. In derselben Weise sind die schwarzen Andalusite, die z. B. in jenem Gestein am Pic du Midi de Bigorre so scharf ausgebildet sind, als reine, durchsichtige Krystallmasse

zu betrachten, deren Farbe von ähnlichen feinen Kohlentheilchen herrührt, die von dem Krystall in ungeheurer Menge eingeschlossen werden. Durch die mikroskopische Untersuchung verschwindet also die Trennung zwischen Chiasolith und Andalusit und nur die regelmässigeren oder unregelmässigeren Vertheilung der eingeschlossenen Substanz ist für jenen oder diesen charakteristisch. Die früher beschriebenen Körnchen von Magneteisen finden sich in all' diesen Gesteinen wieder und neben den mit freiem Auge sichtbaren Eisenkiesen kommen auch mikroskopische mehr oder weniger reichlich vor.

Die Präparate von ächten Glimmerschiefern zeigen unter dem Mikroskope so wenig Eigenthümlichkeiten, dass man sie dadurch manchmal nicht von den bisher beschriebenen, Thonschiefer-artigen Gesteinen unterscheiden kann. Ein gutes Beispiel für die ächten Glimmerschiefer gibt der von Superbagnères bei Luchon. Zahlreiche silbergraue Glimmerblätter, schwach durchscheinend, verdecken theilweise die darunter liegende Masse. Diess ist ein Netzwerk durchsichtiger Quarzkörner, die sich durch ihre Grösse und scharfe Begrenzung von denen in den Thonschiefern unterscheiden. Dazwischen liegen gelbbraune, metallisch glänzende, durchsichtige Blätter mit unregelmässig sechsseitigem Umriss. Schräg und in allen Richtungen drängen sie sich zwischen den Quarzkörnern hindurch, so dass man sie auf einem Schliff in der verschiedensten Lage findet. Die Farbe ist theils hellgelb, theils braun. Die ersteren sind ebenfalls Glimmer, die anderen könnten theilweise Eisenoxydhydrat (Göthit) sein, das aus Zersetzung von Eisenkies entstanden ist. Einzelne undurchsichtige, schwarzbraune, unregelmässig vierseitige Körper sind wohl noch Eisenkies. Ausserdem kommen vereinzelt farblose, durchsichtige, nadel förmige und scharf begrenzte Krystalle vor, die sich hie und da durchkreuzen. Einzelne sind so schmal, dass man sie fadenförmig nennen kann. Es scheinen mir dieselben Körper zu sein, welche ZIRKEL in den Graniten der Pyrenäen gesehen hat.*

Die Gneisse sind den Glimmerschiefern sehr ähnlich. Die Feldspathe werden unter dem Mikroskope gut von dem Quarz unterschieden, trotz ihrer weissen Farbe, da sie doch nie so

* Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1867, S. 98.

ganz klar und durchsichtig werden. Der früher beschriebene Gneiss von Montauban lässt weisslichen Glimmer neben braun gefärbtem erkennen. Sehr störend wirkt die reichliche Menge von Eisenoxydhydrat, welche aus der Zersetzung der überall zerstreuten Eisenkieskryställchen entsteht. Dieser Umstand mag vielleicht die Ursache sein, dass ich in diesen feinkörnigen Gneissen nirgends Zwillingsstreifung beobachten konnte. Ich muss darum dahingestellt sein lassen, ob in denselben neben Orthoklas auch Oligoklas enthalten ist.

Sowohl die Glimmerschiefer als die Gneisse enthalten die bei den veränderten Thonschiefern schon beschriebenen Kohlentheilchen. Aber nur in einzelnen Stücken sind dieselben so reichlich wie dort, obgleich ich in Glimmerschiefer einige Flitter gesehen habe, grösser, wie in irgend einem Thonschiefer. Dagegen sind andere ganz frei von Kohle.

Die schwarzen Concretionen sehen unter dem Mikroskope gerade so aus, wie in den Thonschiefern. Bei dem Gestein No. 20 ist dagegen ihr Inneres von Glimmer erfüllt und hie und da liegt ein kleines Quarzkörnchen dazwischen.

Analysen metamorphischer und unveränderter Gesteine.

1. Dachschiefer von Pierrefitte.

Feinkrystallinisch, dunkelschwarz. Aus dem feinen Pulver zieht der Magnetstab einige Körnchen von Magneteisen an.

Spec. Gew. = 2,78.

SiO ²	52,58
AlO ³	19,04
FeO ³	5,20
FeO	2,05
CaO	6,83
MgO	1,66
K ² O	2,54
Na ² O	1,22
H ² O	6,67
CO ²	2,10
P ² O ⁵	Spur
Organische Substanz	1,05
	<hr/> 100,94

2. Grauwacke von Castel viel.

Feinkörnig, dunkelschwarz, glimmerreich; beschrieben unter No. 2.

Spec. Gew. = 2,70.

SiO ²	64,02
AlO ³	17,53
FeO ³	4,43
FeO	3,04
CaO	1,26
MgO	2,30
K ² O	2,30
Na ² O	1,26
H ² O	5,06
P ² O ⁵	0,06
SO ³	0,02
Kohlige Substanz	0,004
	<hr/> 101,28.

3. Quarzit.

Das Gestein hat das Ansehen von Hornfels und findet sich etwa eine Viertelstunde oberhalb Eaux chauds zwischen anderen Gesteinen der Übergangsformation. Es zeichnet sich durch seine grosse Härte aus und ist von röthlichblauen Quarzadern durchzogen.

SiO ²	91,20
AlO ³	5,80
FeO	2,54
CaO	0,51
MgO	Spur
K ² O	0,48
Na ² O	Spur
H ² O	0,81
	<hr/> 101,34.

4. Quarzit von der Cascade d'Enfer.

Dieser feinkörnige, fast dichte Quarzit besitzt splinterigen Bruch und steht unmittelbar an der Schlucht an, in welcher sich der Wasserfall befindet.

SiO ²	90,50
AlO ³	5,01
FeO	1,22
CaO	0,31
K ² O	1,71
Na ² O	0,45
Glühverlust	0,66
	<hr/> 99,86.

5. Thonschiefer, auf dem Wege nach Cauterets, von Pierrefitte.

Die Schieferung ist undeutlich, die Farbe dunkel. Bemerkbare Spuren der Metamorphose sind nicht vorhanden, doch sind feine Quarzmassen in dem Gestein ausgeschieden.

Spec. Gew. = 2,75.

SiO ²	69,26
AlO ³	15,92
FeO ³	3,61
FeO	4,04
CaO	1,60
MgO	1,56
K ² O	1,52
Na ² O	1,32
H ² O	1,82
SO ³	0,03
P ² O ⁵	Spur
	<hr/> 100,68.

6. Grüner Schiefer von Baréges.

Der durch Chlorit gefärbte und seiner fettigen Beschaffenheit nach auch Talk enthaltende Schiefer steht gleich oberhalb Baréges zwischen körnigem weissem Kalksteine an.

SiO ²	37,33
AlO ³	16,42
FeO ³	4,61
FeO	6,11
CaO	15,47
MgO	6,80
K ² O	1,67
Na ² O	2,98
MnO	0,06
Glühverlust	8,25
	<hr/> 99,70.

7. Zersetzter Thonschiefer von St. Sauveur.

Wenige Schritte oberhalb der Pont Napoléon ist der Weg nach Gavarnie durch eine vorspringende Felswand gesprengt. In der Mitte derselben hat der Thonschiefer eine locale Veränderung erlitten, so dass er fast wie Talkschiefer aussieht. Er ist weiss oder schwach hellgrün, etwas fettglänzend und fühlt sich weich und fettig an. Die Zusammensetzung zeigt jedoch, dass er durch Zersetzung zu einem eigenthümlichen Thonerdesilicate ward.

SiO ²	64,88
AlO ³	22,53
FeO	1,96
CaO	1,72
MgO	0,41
K ² O	3,98
Na ² O	0,04
H ² O	2,93
CO ²	0,85
	<hr/> 99,30.

8. Thonschiefer mit matten Punkten bei der Brücke von Sia.

Dieser in beginnender Metamorphose begriffene Thonschiefer ist unter No. 4-beschrieben.

Spec. Gew. = 2,82.

SiO ²	53,96
AlO ³	24,39
FeO ³	3,87
FeO	6,11
CaO	1,13
MgO	2,73
K ² O	2,09
Na ² O	0,72
H ² O	4,41
SO ³	0,11
P ² O ⁵	0,02
	<u>99,54.</u>

9. Veränderter Schiefer von Gavarnie.

Auf dem Wege, der von Gédre nach Gavarnie führt, findet kurz vor letzterem Orte ein vielfacher Wechsel der Gesteine statt. Darunter kommt ein Schiefer vor, der sich in einer merkwürdigen Zersetzung befindet. Er besteht aus:

SiO ²	46,74
AlO ³	14,43
FeO ³	5,21
FeO	6,41
CaO	7,87
MgO	6,75
Na ² O	1,66
H ² O	Spur
CO ²	7,90
H ² O	2,81
	<u>99,78.</u>

In Säuren sind von dem Gestein löslich = 24,89%.

„ „ „ „ „ „ unlöslich = 75,11%.

Der unlösliche Theil besteht aus:

SiO ²	61,87
AlO ³	15,96
FeO ³	7,03
FeO	2,81
CaO	1,36
MgO	8,54
Na ² O	1,66
	<u>99,23</u>

Der lösliche Theil besteht aus

SiO ²	2,48
AlO ³	10,13
FeO	20,53
CaO	25,24
MgO	2,04
CO ²	37,71
H ² O	2,81
	<u>100,94.</u>

10. Fruchtschiefer vom Lac d'Oo.

Silbergrauer, glimmeriger und stark glänzender Thonschiefer, dessen Masse in einen noch nicht ganz ausgebildeten Glimmerschiefer umgewandelt ist. Darin liegen über ein Zoll grosse Concretionen, matt und dunkel gefärbt, wodurch sie wie Flecken in dem Gestein aussehen. Ihre Begrenzung ist unregelmässig und in ihrem Inneren sind äusserst kleine Glimmerschüppchen zu entdecken.

Spec. Gew. = 2,81.

SiO ²	60,91
AlO ³	21,85
FeO ³	4,81
FeO	4,05
CaO	0,92
MgO	1,32
K ² O	1,96
Na ² O	0,37
H ² O	3,22
SO ³	0,09
P ² O ⁵	0,01
	<hr/> 99,51.

11. Concretionen aus dem vorher unter No. 10 beschriebenen und analysirten Fruchtschiefer vom Lac d'Oo.

In Folge der bedeutenden Grösse dieser Einschlüsse war es möglich, dieselben vollkommen frei von der umgebenden Gesteinsmasse in hinreichender Menge für die Analyse zu gewinnen. Dagegen gibt es kein Mittel, die kleinen Glimmerschüppchen zu entfernen, die in der verschiedensten Richtung hindurch gewachsen sind. Die Zusammensetzung der Concretionen besteht aus:

SiO ²	58,97
AlO ³	23,96
FeO ³	4,14
FeO	5,61
CaO	0,30
MgO	0,61
K ² O	1,22
Na ² O	0,25
H ² O	4,12
	<hr/> 99,18.

12. Knotenschiefer (Andalusit-Schiefer) aus dem Thal der Gave de Bastan am Pic du Midi de Bigorre.

Es ist das jener an schwarzen Andalusiten so reiche, glimmerige Schiefer, dessen nähere Beschreibung unter No. 8 gegeben wurde,

Spec. Gew. = 2,89.

Der Magnetstab zieht aus dem feinen Pulver des Gesteins mehr Magnet-
eisenkörnchen aus, wie aus irgend einem anderen dieser Gesteine. Die Zu-
sammensetzung des Schiefers sammt seinen Einschlüssen ist folgende:

SiO ²	53,17
AlO ³	26,54
FeO ³	4,14
FeO	4,61
CaO	3,73
MgO	2,35
K ² O	2,96
Na ² O	0,28
H ² O	1,91
CO ²	0,15
P ² O ³	Spur
	<hr/> 99,84.

13. Glimmerschiefer von Superbagnères.

Auf den Schieferungsflächen dieses dünnschieferigen Gesteins ist stets
ein Überzug von Eisenoxydhydrat, welches von der Zersetzung des in dem
Gestein fein eingesprengten Eisenkieses herrührt.

Der Glimmerschiefer ist sehr feinkörnig und dünnschieferig, leicht spalt-
bar. Die Glimmerschuppen sind ausserordentlich klein und sehr regelmässig
abgelagert. Ihre Farbe ist weiss.

SiO ²	64,43
AlO ³	18,45
FeO ³	5,02
FeO	2,70
CaO	2,86
MgO	0,66
K ² O	2,40
Na ² O	1,60
H ² O	2,49
	<hr/> 100,61.

Legt man den Glimmerschiefer in sehr verdünnte kalte Salzsäure, so
löst sich der braune Überzug von Eisenoxydhydrat, der die Schieferungs-
flächen bedeckt, auf. Die Menge des Eisenoxydes darin beträgt 3,09%.
Zieht man diese, die offenbar Verunreinigung des Gesteins ist, von der Zu-
sammensetzung desselben ab, so bleibt die wahre Zusammensetzung des
Glimmerschiefers gleich:

SiO ²	66,48
AlO ³	19,03
FeO	4,28
CaO	2,95
MgO	0,68
K ² O	2,47
Na ² O	1,67
H ² O	2,56
	<hr/> 100,12.

14. Glimmerschiefer mit Knoten von der Cascade du Gauffre infernal.

Die Beschreibung des Gesteins befindet sich unter No. 14.

Spec. Gew. = 2,83.

SiO ²	71,26
AlO ³	20,03
FeO ³	1,10
FeO	3,61
CaO	0,28
MgO	Spur
K ² O	2,48
Na ² O	0,59
H ² O	1,63
	<hr/> 100,98.

15. Gneiss von Montauban.

Beschreibung dieses Gneisses siehe No. 21.

Spec. Gew. = 2,70.

SiO ²	66,04
AlO ³	19,59
FeO ³	1,82
FeO	3,02
CaO	0,91
MgO	1,54
K ² O	3,85
Na ² O	0,91
H ² O	2,13
	<hr/> 99,81.

Der Schwefelsäuregehalt, welcher in mehreren dieser Gesteine durch die Analyse nachgewiesen wurde, hat keine grosse Bedeutung. Sei es, dass die Schwefelsäure an Eisenoxydul oder an eine andere Base gebunden, die Massen imprägnirt, sie ist stets von der Verwitterung des in den Gesteinen dieser Gegenden überall eingewachsenen Eisenkieses abzuleiten.

Sieht man von den chloritischen, den kalkigen Gesteinen und den Quarziten ab, so schwankt die procentische Menge der Kieselsäure in den analysirten Thonschiefern, Glimmerschiefern und Gneissen von 52,5% (Dachschiefer von Pierrefitte) bis 71,2% (Glimmerschiefer von der Cascade du Gauffre infernal). Die ächten Glimmerschiefer und Gneisse haben nie einen niedrigeren Gehalt an Kieselsäure als 66,04% (Gneiss von Montauban). Die Thonschiefer und metamorphischen Schiefer, so lange sie die Eigenschaften des Thonschiefers nicht ganz verloren haben, erreichen nie diesen Procentsatz. Nur ein quarziger Thonschiefer, der mit weissem Quarz durchdrungen war, enthielt 69,2% davon. Die ganz unveränderten Thonschiefer haben den geringsten Kieselsäuregehalt.

Die Summe der Alkalien ist bei den Glimmerschiefern und Gneissen stets grösser, wie bei den Thonschiefern; bei letzteren überwiegen dagegen die alkalischen Erden. Bei den untersuchten Gesteinen schwanken die Alkalien zwischen 2,2% (Fruchtschiefer vom Lac d'Oo) und 4,7% (Gneiss von Montauban). Der Gehalt an alkalischen Erden fällt von 8,4% (Dachschiefer von Pierrefitte) auf 0,2% (Glimmerschiefer an der Cascade du Gauffre infernal).

Die Menge des Eisens ist bei den Thonschiefern und den noch an diese Species erinnernden, metamorphischen Gesteinen grösser, wie bei ächten Gneissen und Glimmerschiefern. Zwar ist der Eisengehalt bei allen Gesteinen durch die nicht ganz zu entfernenden, mikroskopischen Eisenkiese etwas erhöht, allein bei allen wurde gleiche Sorgfalt darauf verwendet, möglichst an Eisenkies freie Stücke zur Untersuchung anzuwenden und dann ist die Differenz zwischen der Eisenmenge bei den einen und bei den anderen zu gross, um dadurch allein erklärt werden zu können. Es muss bei der Metamorphose ein Verlust von Eisen stattgefunden haben.

Bei einer Anzahl von Gesteinen, bei unveränderten Thonschiefern und bei metamorphischen Gesteinen, wurde eine beträchtliche Menge kohligter Substanz nachgewiesen, die schon unter dem Mikroskope in den meisten dieser Gesteine erkannt worden war. In anderen Gesteinen wurde dieselbe nicht bestimmt, sondern ist in dem Glühverlust mit enthalten.

Schliesslich sei noch bemerkt, dass die angegebenen specifischen Gewichte zur Vergleichung wenig geeignet sind. Durch das Vorkommen des nicht ganz zu entfernenden Eisenkieses muss das spec. Gewicht ungenau werden und kann keinen sicheren Anhaltspunct für die Metamorphose geben.

Die Metamorphose.

Es wird kaum irgend einen Ort geben, an dem man die Metamorphose besser studiren und alle Entwicklungsstadien derselben vollständiger verfolgen könnte, als in den Pyrenäen. Die Übergänge sind so zahlreich und so allmählig, dass man von den an verschiedenen Stellen des Gebirges gesammelten Gesteinen Reihen zusammenstellen kann, in welchen die neben einander liegenden Stücke fast keine Verschiedenheit erkennen lassen, und erst bei dem je zweiten oder dritten Stück der Reihe ein bemerklicher Fortschritt der Metamorphose sichtbar wird.

Vergleicht man die petrographische Beschaffenheit der unveränderten Gesteine der Übergangsformation und die der metamorphischen Gesteine, welche in der älteren Silurformation beginnen und sich bis zur Granitgrenze fortsetzen, so zeigt sich, dass alle Gesteine, die Kalksteine, die Sandsteine, die feinkör-

nigen Grauwacken und hauptsächlich die Thonschiefer, der Metamorphose unterlegen sind.

Der dichte graue Kalkstein, welcher in der devonischen Abtheilung die Hauptrolle spielt, tritt in den älteren Schichtensystemen nur noch untergeordnet auf. Durch die Metamorphose ist derselbe zu dem schönsten, krystallinisch körnigen, weissen Marmor geworden. An vielen Orten kommen Übergänge zwischen den beiden Extremen vor. Die Metamorphose hat dann entweder das ganze Gestein gleichmässig ergriffen und die Kalksteine werden immer deutlicher krystallinisch ausgebildet, während in demselben Masse ihre dunkle Farbe verschwindet; oder sie geht nur von einzelnen Stellen aus, die rein weiss und krystallinisch geworden sind und mit dichten grauen abwechseln. Von den umgewandelten Stellen breitet sich dann die Veränderung aus. Die Grenzen zwischen den veränderten und unveränderten Stellen sind verwischt, nie scharf. In dem metamorphischen Gebiete kann man diese Beobachtung sowohl an den Kalksteinschichten, als auch an Schieferkalksteinen machen.

Die Metamorphose des dichten Kalksteines zu krystallinisch körniger kann durch eine moleculare Umlagerung nicht erklärt werden; es müssen chemische Processe dabei thätig gewesen sein. Das geht daraus hervor, dass offenbar, zum wenigsten stellenweise, eine beträchtliche Massenvermehrung eingetreten ist. Nur dadurch erklärt es sich, dass dünne Schieferlagen, die sich zwischen dem Kalkstein befanden, so stark gebogen und zusammengepresst wurden, wie es die Abbildung jenes metamorphischen Kalksteines vom Pic d'Ysset zeigt. Wenn eine moleculare Umlagerung nicht wahrscheinlich ist, dann erklärt sich die Veränderung am einfachsten dadurch, dass Kohlensäure enthaltendes Wasser den Kalkstein imprägnirte und dabei zu einer übersättigten Lösung wurde, so dass beim weiteren Vordringen der Kalk zwischen den unveränderten Kalktheilchen ausgeschieden wurde. Die im Momente der Ausscheidung frei werdende Kohlensäure löste dann von dem Reste des dichten Kalksteines auf, bis nach und nach die ganze Masse umgeändert war. Ich habe mich durch Versuche überzeugt, dass der dichte Kalk viel leichter von Kohlensäure enthaltendem Wasser gelöst wird, wie der Kalkspath. Wo der Kalkstein stark zerklüftet war, da hat das Wasser

den bequemeren Weg gewählt und seinen Kalkgehalt dort abgesetzt, bis die Klüfte ausgefüllt waren. Solche Kalksteine (z. B. St. Sauveur) sind dann nicht verändert, aber von zahlreichen Kalkspathadern durchschnitten.

Die Stelle der Sandsteine wird von Quarzsandsteinen und Quarziten vertreten. Die Quarzsandsteine sind, wenn sie auch im metamorphischen Gebiete liegen, gewiss grösstentheils ursprüngliche Bildungen. Ihre Masse, die ganz aus Quarz besteht, ist zu wenig chemisch reaktionsfähig, als dass die metamorphischen Prozesse einen starken Einfluss auf dieselbe hätten ausüben können. Viele der Gesteine dagegen, die man Quarzite nennen kann, wie die Quarzite an der Cascade d'Enfer, sind wahrscheinlich metamorphisch. Sie wurden bei der Umwandlung der benachbarten Gesteine mit Kieselsäure imprägnirt und dadurch erst zu Quarziten. Auch manche Quarzsandsteine sind vielleicht zu den metamorphischen Gesteinen zu rechnen. Sie waren ursprünglich Kalksandsteine und ihr kalkiges Bindemittel wurde durch Kieselsäure verdrängt. Noch brausen manche derselben etwas auf, wenn sie mit Säuren benetzt werden.

Die verbreitetste und auffallendste Metamorphose ist die der Thonschiefer. Die feinkörnigen, Thonschiefer-ähnlichen Grauwacken unterliegen einer ganz gleichen Veränderung, wie die Thonschiefer, nur kann dieselbe weniger gut verfolgt werden, so dass man sein Augenmerk hauptsächlich auf die Thonschiefer richten muss, um die metamorphischen Prozesse kennen zu lernen.

Die Metamorphose beginnt damit, dass in den Thonschiefern zahlreiche feine Punkte (kleine Concretionen) entstehen, von so geringer Grösse, dass man sie nicht sehen würde, wenn sie nicht bei schräg auffallendem Lichte durch ihre matte Beschaffenheit sich von der glänzenderen Schiefermasse unterschieden. Diese Knoten nehmen dann an Zahl und Grösse immer mehr zu und es entstehen dadurch die früher beschriebenen Frucht- und Knotenschiefer. Ihre höchste Entwicklung erreichen sie in jenen schwarzen prismatischen Körpern, die man, nach ihren Winkeln, nach ihrem optischen Verhalten und ihrer Zusammensetzung, als durch Kohle gefärbte Andalusite erkannt hat und in den ihnen nahe stehenden Chiastolithen. Je mehr sich die Knoten ausbilden, desto mehr verändert sich auch der Rest der Thonschiefer-

masse. Anfangs wird sie immer heller gefärbt und schimmernder, und endlich sieht man dieselbe deutlich in eine glimmerige Substanz sich umwandeln und Quarzkörner dazwischen auftreten. So entstehen Gesteine, halb Thon-, halb Glimmerschiefer, bei denen man darum oft in Verlegenheit kommt, wenn man ihnen einen Namen geben soll.

Die Entwicklung geht aber noch weiter und man kann den allmählichen Übergang bis zu ganz ächten Glimmerschiefern verfolgen. Diese Glimmerschiefer der Pyrenäen gehören meist zu den quarzarmen. Nur hie und da, z. B. am Lac d'Oo, am Pic du Midi de Bigorre, sind dieselben so reich an Quarz, dass ganze Bänke und grosse Mandeln davon sich zwischen den Schieferungsflächen eingedrängt haben. Die meisten in Glimmerschiefer sich umwandelnden Schiefer lassen neben der Bildung von Glimmer und Quarz auch Feldspath erkennen. Derselbe wird jedoch nicht immer so zahlreich, dass er als wesentlicher Gemengtheil aufgefasst werden muss. Die Gneisse sind darum eng mit den Glimmerschiefern verknüpft und manchmal schwer von diesen zu trennen. Sie sind ebenfalls meist feinkörnig und quarzarm, und nur unmittelbar an und in dem Granit kommen grobkörnige und quarzreiche Gneisse vor. Die petrographischen Übergänge von ächtem Thonschiefer in ächten Glimmerschiefer und Gneiss lassen sich auf das Vollständigste nachweisen. Die Knoten, welche sich beim Beginne der Umwandlung in den Thonschiefern ausbildeten, sind auch noch in Glimmerschiefern und Gneissen enthalten. Allein die Umrisse derselben werden undeutlich, Glimmer dringt ein und erfüllt auch zum Theil das Innere und nach und nach verschwinden sie ganz. Man sieht also diese Concretionen (Andalusite, Chiasolith) allmählig entstehen, zunehmen und wieder im Laufe der Entwicklung verschwinden. Die organische Substanz, welche fast in allen Thonschiefern enthalten ist, verschwindet bei der Metamorphose nicht immer, die Andalusite und die umgebende Gesteinsmasse sind damit imprägnirt. Auch in Glimmerschiefer und Gneiss ist sie noch zuweilen vorhanden. Oberhalb Luchon kommt im Thal der Pique ein Glimmerschiefer vor, der durch kohlige Substanz gefärbt ist, und solche Fälle lassen sich mehrere aufzählen. Die dünnen Graphitschichten, welche an

der westlichen Seite des Lac d'Oncet zwischen Glimmerschiefer liegen, sind wohl ebenfalls auf solchen Ursprung zurückzuführen.

Wie wir aus der petrographischen Beschaffenheit die allmähliche mineralische Veränderung abgeleitet haben, so kann man auch aus den Analysen den Gang der chemischen Veränderung während der Metamorphose erkennen. Vergleicht man die Analysen No. 1, 8, 9 und 10, welche die Zusammensetzung von unverändertem Thonschiefer und den verschiedenen Knoten- und Andalusitschiefern angeben, so findet man, dass ihre Zusammensetzung nur wenig verschieden ist, und dass bei der zunehmenden mineralischen Umwandlung kein chemischer Bestandtheil einer progressiven Veränderung unterliegt. Es erfolgt also diese Umwandlung ohne chemische Veränderung; die Knoten- und Andalusit-Schiefer entstehen nur durch moleculare Umlagerung aus dem Thonschiefer. Schon G. BISCHOF hat darauf hingewiesen, dass die Zusammensetzung der charakteristischen Thonschiefer der Zusammensetzung eines Gemenges von Quarz und Glimmer entspreche, nur dass ein Überschuss von Thonerde bleibe, der zu anderen Mineralbildungen Verwendung finden müsse. Wir sehen nun in der That hier den Thonschiefer in ein immer deutlicher werdendes Gemenge von Glimmer und Quarz zerfallen und diese Mineralien sich immer deutlicher entwickeln. In den dabei gleichzeitig entstehenden Knoten concentrirt sich hauptsächlich der Überschuss der Thonerde. Die Analyse 11 zeigt diess deutlich, obgleich durch nicht ganz zu entfernende Glimmerschüppchen der Alkaligehalt und der der alkalischen Erden zu gross sein muss. In ihrer höchsten Ausbildung werden die Concretionen zu Andalusit und Chistolith, also dem reinen Thonerdesilicat. Das ist die Bedeutung der merkwürdigen Concretionen, die in so erstaunlicher Menge die Schiefer des Umwandlungsgebietes der Pyrenäen erfüllen; es sind Secretionen des überschüssigen Bestandtheiles bei der Umwandlung des Thonschiefers in Glimmerschiefer. So weit stimmen diese Resultate mit den Ergebnissen der Untersuchung des Thon- und Felckschiefers im sächsischen Voigtland durch CARIUS * und der metamorphischen Gesteine von Lunzenau

* Ann. Chem. Pharm. XCIV, 56.

durch FIKENSCHER überein. Beide haben gezeigt, dass in ihrem Untersuchungsgebiet die Metamorphose ohne wesentliche chemische Veränderung stattfand.

Allein in den Pyrenäen ist die Metamorphose damit nicht abgeschlossen. Die charakteristischen Glimmerschiefer und Gneisse haben ausserdem noch eine chemische Veränderung erlitten; sie sind durch den Wechsel einzelner Bestandtheile in ihrer Metamorphose unterstützt. Die Vergleichung zwischen den Analysen der dem Thonschiefer noch ähnlichen Gesteine und der ächten Glimmerschiefer und Gneisse, ergibt eine Abnahme der alkalischen Erden und des Eisens, eine Zunahme der Alkalien und der Kieselerde.

Kieselsäure-Gehalt

von

Thon- und Knotenschiefer, ächten Glimmerschiefern und Gneiss.

Dachschiefer von Pierrefitte.	Thonschiefer mit Knotenschiefer von Sia.	Andalusit-Schiefer von Lac d'Oo.	Fruchtschiefer von Lac d'Oo.	Gneiss von Montauban.	Glimmerschiefer von Superbag-nères.	Glimmerschiefer der Cascade du Gaufré infernal.
52,5	53,9	53,1	60,9	66,0	66,4	71,2

Alkalische Erden

von

Thon- und Knotenschiefer, ächten Glimmerschiefern und Gneiss.

Dachschiefer von Pierrefitte.	Andalusit-schiefer von Pic du Midi.	Thonschiefer von Cauterets.	Flechtschiefer von Lac d'Oo.	Thonschiefer von Sia.	Glimmerschiefer der Cascade du Gaufré infernal.	Glimmerschiefer von Superbag-nères.	Gneiss von Montauban.
8,4	6,0	3,1	1,2	3,8	0,2	3,5	1,4

Alkalien.

3,7	3,1	2,8	1,2	2,7	3,0	4,1	4,7
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Eisenmenge

in

Thon- und Knotenschiefern, ächten Glimmerschiefern und Gneiss.

Thonschiefer von Pierrefitte.	Thonschiefer mit kleinen Knoten von Sia.	Thonschiefer von Cauterets.	Fleekenschiefer von Lac d'Oo.	Andalusit-schiefer von Pic du Midi.	Glimmerschiefer von Superbag-nères.	Glimmerschiefer von Cascade du Gaufré infernal.	Gneiss von Montauban.
7,2	9,9	7,6	8,8	8,7	4,2	4,7	4,8

Die Zahlen sprechen hinreichend deutlich, um nicht weitere Erklärungen hinzufügen zu müssen. Die Zunahme der Kieselsäure ist eine viel bedeutendere, als diese Vergleichung ergibt, weil nur quarzarme Glimmerschiefer und Gneisse analysirt wurden. Wollte man den mittleren Kieselsäuregehalt an solchen Orten bestimmen, wo sich der Quarz in grossen Lagern und Mandeln zwischen den Schieferungsflächen ausgeschieden hat, so würde derselbe viel höher gefunden werden.

Die Zufuhr von Kieselsäure fand gleichzeitig während der molecularen Umlagerung statt, scheint aber unabhängig von der Metamorphose gewesen zu sein. Daher sind an der Grenze des Umwandlungsgebietes auch ganz unveränderte Thonschiefer von weissen Quarzadern durchschnitten (Tetthal, Ariège, Aulus, Lac d'Oo, Lysthal). Ein Beispiel von solchem an Quarz reich gewordenen Thonschiefer gibt die Analyse No. 5 mit 69% Kieselsäure.

Die Knoten (Andalusite, Chistolithe u. s. w.), welche durch Ausscheidung des Überschusses der Thonerde bei der Umwandlung von Thonschiefer gebildet wurden, sind, nach der früher gegebenen Beschreibung, oft im Verschwinden begriffen, indem Glimmer von aussen nach innen vordringt. Die innige Verbindung mit Glimmer ist das unbesiegbare Hinderniss ihrer chemischen Untersuchung. Man kann also diese verschiedenen Concretionen von den geringsten Anfängen ihrer Entstehung bis zur höchsten Entwicklung und wieder bis zum völligen Verschwinden verfolgen. Die allmähliche Umwandlung zu ihrem Verschwinden ist eine jedem Mineralogen bekannte, es ist die Pseudomorphosenbildung von Glimmer nach Andalusit. Man kann sich gewiss nicht wundern, dass auch in den Glimmerschiefern der Pyrenäen

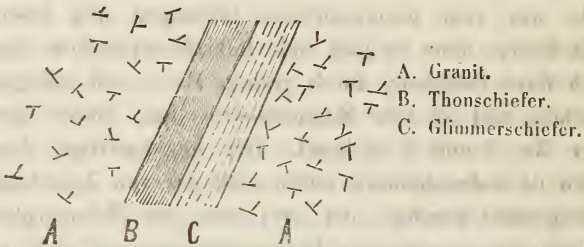
diese gewöhnlichste aller Pseudomorphosenbildungen sich vollzieht. Der Glimmerschiefer wird dadurch natürlich noch Glimmer-reicher und vollkommener.

Die alkalischen Erden, besonders die Magnesia, welche bei der Umwandlung der Thonschiefer ausgeschieden werden, scheinen sich in einzelnen Schichten concentrirt und dort zu neuen Bildungen Verwendung gefunden zu haben. Dadurch entstanden die chloritischen Gesteine und die Talkschiefer. Im Thal der Gave de Bastan sind dieselben nicht ganz selten. Doch sind beide nur sehr untergeordnete Bildungen und besonders der Talkschiefer, denn es gibt viele talkschieferähnliche Gesteine, die durch ihren Fettglanz, durch geringe Härte und talkiges Anfühlen täuschen, und oft sehr Magnesia-arm sind. Solche Gesteine sind unter No. 7 und 9 analysirt. Der gegenwärtige Zustand derselben ist wahrscheinlich durch eine Art von Zersetzungsprocess herbeigeführt worden, der erst nach der Metamorphose eintrat und mit dem eigentlichen Umwandlungsprocess nicht verwechselt werden darf. Ihr Auftreten ist auch stets nur ein locales.

Der Zusammenhang zwischen der Existenz des Granites und diesen metamorphischen Gesteinen kann nicht übersehen werden, indem die Umwandlungsgebiete nur an der Granitgrenze vorkommen. Nähert man sich aus den unveränderten Gesteinen dem Umwandlungsgebiete, so traten zuerst nur Spuren der Veränderung hervor, die dann immer stärker und deutlicher werden, je mehr man dem Granit nahe kommt. Die vollendete Umwandlung zu Glimmerschiefer und Gneiss ist gewöhnlich unmittelbar an der Grenze oder in solchen Schichten eingetreten, die in dem Granit liegen. Sehr beachtenswerth ist es, dass die Umwandlung gegen den Granit hin nicht immer constant zunimmt, sondern dass oft weniger stark und stärker veränderte Schichten mit einander wechseln und die ersten dem Granit näher sind, wie die anderen. Im Thal der Gave de Pau, oberhalb der Brücke von Sia liegen Thonschiefer, die nur kleine Knötchen enthalten, neben und zwischen Glimmerschiefer. Der Granit ist mit keinem dieser Gesteine in directer Berührung. Zwischen den Bädern von Molitg und Prades sind einzelne Schichten bis zu Glimmerschiefer metamorphosirt, andere gar nicht. Darum liegen auch nicht immer die am stärksten veränderten Gesteine, Glimmerschiefer und Gneiss,

direct an dem Granit, ja es kommen an der Granitgrenze sogar manchmal sehr wenig oder gar nicht veränderte Schichten vor, der Granit ist also nicht nothwendig mit der Metamorphose verbunden. Am Berge Mail-Aouéran beobachtete ich zwei etwa $1\frac{1}{2}$ dicke Schichten zwischen Granit, von denen die eine zu Glimmerschiefer geworden ist, die andere noch aus Thonschiefer besteht.

Am Berge Mail-Aouéran.



Bei Bondères im Thale der Neste de Luron ist Thonschiefer ebenfalls mit Granit in Berührung, ohne metamorphosirt zu sein. Das Gleiche kommt in der Nähe von Aulus vor.

Man wird nicht leicht die Frage vermeiden können, wie man sich die Metamorphose vorstellen soll. Damit verlässt man aber das Gebiet der Thatsachen und geht auf das der Hypothesen über. Es mag gut sein, das hervorzuheben, damit nicht etwa mit den Hypothesen auch das, was jetzt als begründetes Resultat der Wissenschaft gelten muss, verworfen werden könnte.

Kaum wird es heutigen Tages noch nöthig sein, sich gegen die altplutonische Ansicht zu wenden, nach der die Metamorphose eine Folge der Umschmelzung oder auch nur der Durchglühung der mit dem eruptiven Granit in Berührung kommenden Gesteine sein soll. Das geognostische Vorkommen dieser Gesteine in den Pyrenäen, in buntem Wechsel von wenig, gar nicht oder stark veränderten Schichten, spricht auch an sich schon gegen eine solche Auffassung.

Die Gesteine sind ohne Zweifel nicht die starre, unbewegliche und unveränderliche Masse, für die sie gelten. Bewegung

der Molecüle und Veränderlichkeit ist uns bei anderen festen Massen keine so fremdartige Erscheinung, dass sich daraus die bisher geltende Meinung von den Gesteinen rechtfertigen liesse. Man braucht nur an den amorphen Zucker, der freiwillig krystallinisch wird, und an ähnliche Fälle bei unorganischen Körpern, wie das Krystallinischwerden der glasartigen, arsenigen Säure, zu denken. Eine freiwillige Umlagerung der Molecüle bringt diese Veränderungen hervor. Dieselbe Erscheinung sollte aber auch aus dem Mineralreiche mehr bekannt sein. HERMANN hat darüber sehr beachtenswerthe Beobachtungen gemacht.* Zwischen Basaltsäulen von Stolpen fand er eine weisse amorphe Substanz. Dieselbe verwandelte sich, als sie längere Zeit in einer Schachtel aufbewahrt wurde, in nadelförmige Krystalle von Skolezit um. — Ein Stück Quarz von der Grube Juliane im Harz, mit schönen Zeichnungen auf seiner Oberfläche, die dadurch entstanden waren, dass abwechselnde Schichten von trübem, milchweissem und von klarem Quarz senkrecht durchbrochen waren, besass ursprünglich glatte Bruchflächen. Nach einigen Jahren bemerkte man Spuren von Krystallisation auf diesen Bruchflächen. Nach sieben Jahren waren sie von einer grossen Zahl stark glänzender Krystallflächen bedeckt und dadurch drusig geworden. Begünstigt werden solche freiwillige moleculare Umlagerungen, wie die Erfahrung gelehrt hat, durch Druck. Dass unter der Einwirkung chemisch neutraler Flüssigkeiten dieselben viel rascher von statten gehen und die krystallinischen Individuen viel grösser werden, ist in der Chemie längst bekannt. Eine Menge amorpher Niederschläge werden, wenn sie mit der Flüssigkeit, aus welcher sie ausgefällt wurden, in Berührung bleiben, nach kürzerer oder längerer Zeit krystallinisch. Vielleicht am bekanntesten ist diess bei dem H^3FeO^6 , bei welchem die Umlagerung oft schon in wenig Monaten erfolgt und der Wassergehalt sich dabei ändert (zu $H^3Fe^2O^9$)*. Was ist aber die Bildung der glimmerigen Knoten-, Andalusit- und Chiasolith-Schiefer aus Thonschiefer anderes, als eine solche moleculare Umlagerung! Und ächte Glimmerschiefer und Gneisse bedürfen, wie wir gesehen

* *Bull. de la soc. Moskou 1857*, XXX, 545.

** H. SCHIFF in *Ann. Chem. Pharm. CXV*, 233. LIMBERGER in *Pharm. Centr. 1853*, 783.

haben, auch nicht viel mehr zu ihrer Ausbildung. Wir sind daher in den Stand gesetzt, uns eine sehr einfache Vorstellung von der Ursache des metamorphischen Processes zu machen. Die durch ihn veränderten Schichten brauchen nur lange Zeit von Wasser, das Kieselsäure und Alkalien in Auflösung enthielt, imprägnirt gewesen zu sein, also von Wasser, wie es fast überall das Erdinnere erfüllt und in den meisten gewöhnlichen Gebirgsquellen hervorbricht, so kann dadurch allein schon die moleculare Umlagerung sowohl, wie die chemische Veränderung herbeigeführt worden sein. Fanden die Schichtenbiegungen und Verwerfungen, wie es für einen Theil derselben wahrscheinlich ist, gleichzeitig mit der Metamorphose statt, so musste auch der Druck, welcher dieselben erzeugte, die Umwandlung begünstigen.

Welche Temperatur man diesem, die Metamorphose veranlassenden Wasser zuschreiben will, das ist mir eigentlich einerlei. Man sollte sich doch endlich davon überzeugen, dass es vom chemischen Standpunkte aus gleichgültig für die Art der Wirkung des Wassers ist, ob seine Temperatur hoch oder niedrig ist; wir besitzen ja darüber eine Unzahl von Erfahrungen und Versuchen. Hohe Temperatur und hoher Druck beschleunigen nur die Wirkung, die sich bei niedriger Temperatur und geringerem Druck in derselben Weise, nur etwas langsamer vollzieht. Wenn ich mich der Annahme einer sehr hohen Temperatur weniger zuneige, so geschieht es nur aus dem Wunsche, den realen Boden nicht unter den Füßen zu verlieren. Man zeige mir in der Natur Prozesse, wie sie die hydatopyroxene Theorie voraussetzt (die Laven sind kein Beispiel dafür), und ich werde wegen ein paar hundert Graden nicht feilschen. An eiskaltes Wasser braucht man freilich nicht zu denken, denn die Metamorphose kann sich nur in einer Tiefe des Erdinnern vollziehen, in welcher schon an und für sich die Temperatur eine mässig erhöhte ist. Mit Erstaunen lese ich auch darum die öfter wiederkehrenden Kämpfe von Gegnern der hier vertretenen Richtung, gegen die Annahme, dass die Zersetzung krystallinischer massiger Gesteine die Metamorphose an ihrem Rande hervorgebracht habe.* Eine solche Annahme würde gegen die elemen-

* LOSSEN in Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1869, S. 323 und KAYSER ebenda 1870, S. 61.

tarsten Regeln der chemischen Geologie verstossen und wenn sie sich wirklich bei einem »chemischen Geologen« finden sollte, so kann ich nur die chemische Geologie gegen solche Auffassung verwahren. Man wird nie in diesen Irrthum verfallen, wenn man schon im Namen streng gegen **Verwitterung** (oder **Zersetzung**) und **Umwandlung** unterscheidet. Diese Processe sind so verschieden von einander, wie der Verwesungsprocess und der Stoffwechsel im organischen Reiche. Die atmosphärischen Wasser können, ihrer Natur nach, bei Silicatgesteinen nur den Verwitterungsprocess einleiten und erst in solcher Tiefe, wo das Wasser die Zusammensetzung der atmosphärischen Niederschläge verloren hat, ist seine Beschaffenheit zu Umwandlungsprocessen geeignet. Mit dieser Anschauung muss auch der Irrthum fallen, den man hie und da ausgesprochen findet, dass nämlich die halb metamorphosirten Gesteine nach langer Zeit vollständig umgewandelt sein würden. Die Fleck- und Knotenschiefer u. s. w., die wir gegenwärtig finden, werden nie und nimmermehr ächte Glimmerschiefer und Gneisse werden. Sie gehen nur der Zerstörung durch Verwitterung entgegen, aber ihre Umwandlung ist unterbrochen. Die nicht vollständig metamorphosirten Gesteine, die wir in unseren Gebirgen anstehen sahen, sind vorzeitig gehoben, ehe die Metamorphose vollendet war und durch ihre Hebung sind sie den metamorphischen Wirkungen entzogen worden und dem Einfluss der Zerstörung (Zersetzung oder Verwitterung) preisgegeben.

Dass der Granit die Ursache der Metamorphose ist, das ist bis jetzt unbestritten. Nur über seine Entstehung und über die davon abhängige Art seiner Entwicklung auf die Nebengesteine können verschiedene Meinungen existiren. Es scheint mir wahrscheinlich, dass der Granit in den Pyrenäen als Centrum der Umwandlung und als eine Masse zu betrachten ist, in welcher fast die letzten Spuren ihrer früheren Beschaffenheit verwischt sind. Mir scheint also der Granit aus den am stärksten metamorphosirten sedimentären Schichten hervorgegangen, wie ich schon früher den Granit des Harzes als das am stärksten umgewandelte Gestein daselbst erklärt. Freilich neigt sich, wie es scheint, die Mehrzahl der Geologen einer hydato-pyrogenen Entstehungsweise des Granites zu. Allein nie sind sachliche Gründe

gegen die oben angeführte Entstehung vorgebracht worden; man hat sich gewöhnlich nur auf die Versuche von DAUBRÉE berufen, ohne darauf einzugehen, ob dieselben auch in den gegenwärtig in der Natur sich vollziehenden Veränderungen ihre Begründung finden. Der Nachweis der Möglichkeit einer Erklärung genügt nie allein; die Hauptsache ist immer die Übereinstimmung derselben mit den in der Natur nachweisbaren Veränderungen. Demnach ist es sehr willkommen, dass die von mir festgehaltene Meinung von der Entstehung des Granites durch diese Untersuchung erneute Wahrscheinlichkeit und einen viel höheren Grad von Beweiskraft erhält. Im Harz findet unverkennbar ein Übergang von Thonschiefer zu Granit statt, indem der Hornfels in chemischer Beziehung die Vermittlung darstellt. Petrographisch fehlt dort der vollständige Übergang, indem der ächte Hornfels von ächtem Granit begrenzt wird, so dass nur eine Verschiedenheit in der physikalischen oder mineralischen Beschaffenheit des ursprünglichen Gesteines als Grund dafür angegeben werden kann, dass an der einen Stelle Granit und neben an Hornfels von derselben chemischen Zusammensetzung entstanden ist. Anders in den Pyrenäen. Hier ist der Übergang ein vollständiger und unzweifelhafter, chemisch sowohl wie petrographisch. Durch ebenso allmähliche Übergänge, wie sie zwischen Gneiss und Thonschiefer vorhanden sind, ist der Gneiss auch mit dem Granit verbunden, so dass sich die Grenzen zwischen beiden Gesteinen vollständig verwischen. LEYMERIE hat desswegen das bei Mérens im Thal der Ariège zwischen Gneiss und Granit schwankende Gestein „Granitgneiss“ genannt. Diese Erscheinung muss jedem Geognosten, der die Pyrenäen besucht hat, bekannt sein, denn dieselbe wiederholt sich an den verschiedensten Punkten. Im Thal der Salat sieht man den Granit ganz allmählig schiefrige Structur annehmen, eine Zeit lang als charakteristischer Gneiss ausgebildet und dann ebenso allmählig wieder in ächten Granit übergehen. Ein solcher allmählicher Wechsel zwischen Gneiss und Granit wiederholt sich mehrmals zwischen Gavarnie und Gédre. Sogar der Glimmerschiefer theilhaftig sich bei diesen allmählichen Schwankungen, indem durch allmählig regelmässigeren Anordnung des Glimmers der Granit zu Gneiss, und durch allmähliges Verschwinden des Feldspathes dieser zu Glimmerschiefer

wird (nördlich von Bosost). Das sind anerkannte Thatsachen. Es ist nun gewiss nicht zu billigen, wenn man der Hypothese von der Entstehung des Granites zu lieb zwischen den Gneissen, die anerkannt Umwandlungsproducte sind, und den Gneissen, die in Granit verlaufen, in den Pyrenäen unterscheidet. Fehlt doch im Granit selbst die Erinnerung an die organische Substanz nicht. Die unveränderten Thonschiefer und ebenso die Knoten- und Andalusitschiefer sind von organischer Substanz erfüllt. Sie findet sich noch in einigen Glimmerschiefern und Gneissen und ihr letzter Rest ist in den dünnen Graphitlagern enthalten, die in diesen Gesteinen auftreten. Kohlige Ablagerungen, meist deutlicher Graphit, finden sich in derselben Weise noch im Granit. Das Vallée de Suc *, der Port de la Core, der Berg Ursovia werden als Fundorte angegeben.

Zugestanden wird also gegenwärtig, dass durch Metamorphose Massen von derselben chemischen Zusammensetzung, wie Granit und Gneiss, und ebenso, dass alle mineralischen Bestandtheile dieser Gesteine und selbst ächter Gneiss aus Thonschiefer entstanden sind. Warum schreibt man, ohne chemische oder geognostische Gründe anzuführen, dem mit jenen Gesteinen durch Übergänge innig verknüpften Granit eine andere, rein hypothetische Entstehung zu? Man wird dadurch zu der weiteren Inconsequenz getrieben, dass man den Gneiss nur der Hypothese zu lieb, an den Stellen, wo er in den Granit übergeht, als plutonisches Gestein und denselben Gneiss, wo der Übergang nicht so auffällig ist, als metamorphisches Gestein betrachtet. Die hydatorogene Theorie scheint durch den Wunsch vieler Geologen, den Plutonismus mit den Resultaten der »neueren Geologie« zu vermitteln, gegenwärtig so viel Anklang zu finden. Ihre Ausbreitung könnte man darum als Zeichen des Überganges von dem Plutonismus zu einer anderen, mehr realistischen Richtung begrüßen. Und so lange man den Unterschied zwischen der

* Dieser Granit soll übrigens, nach ZIRKEL, dem ich diese Angaben entlehne, an anderen Stellen „in deutlichster Weise seinen eruptiven Charakter zur Schau tragen“; wodurch ist jedoch nicht angegeben und beruht wohl nur auf subjectiver Auffassung. Sicherlich können solche unbestimmte Äusserungen allein, auch beim besten Willen sich eines Anderen belehren zu lassen, nicht überzeugen.

»neueren Geologie« und dem Plutonismus nur in ihren verschiedenen Hypothesen sucht, mag diese Theorie manchem Geologen nicht unzulässig erscheinen. Wer aber der Überzeugung ist, dass nur der engste Anschluss an die Wirklichkeit und an die durch die chemische Geologie nachzuweisenden chemischen und physikalischen Veränderungen der Erde in der Gegenwart, die allein sichere Grundlage für die Erklärung der Veränderungen in der Vergangenheit gibt, der wird auch die hydato-pyrogene Theorie (welche Druck und Temperatur beliebig zu steigern sich erlaubt) zu sehr von der empirischen Naturforschung abweichend finden.

Vergleichung der Metamorphose an der Granitgrenze in den Pyrenäen, in den Alpen und im Harz.

Von den verschiedenen metamorphischen Gebieten, die am Granit vorkommen, sind mir die in den Alpen und in den Pyrenäen und die im Harze genauer bekannt. Alle diese Gebiete zeigen viel Übereinstimmendes, jedes derselben hat jedoch auch seine Eigenthümlichkeiten, die sich kurz angeben lassen. Bei dieser Vergleichung habe ich von den Alpen hauptsächlich die Umgebung der Gotthardtgruppe, insbesondere das Maderaner Thal im Auge.

In den Pyrenäen, dem Harze und den Alpen kommt die betreffende Metamorphose nur da vor, wo der Granit erscheint und steht also in engster Beziehung zu diesem Gestein. Sie beginnt bald in grösserer, bald in geringerer Entfernung von der Granitgrenze in schwachen Spuren und wird mit der Annäherung an den Granit immer stärker und deutlicher. Aber nur im Harz ist die Umwandlung in der Art constant, dass die am stärksten veränderte Masse (Hornfels) allein direct in Berührung mit dem Granit gefunden wird. Alpen und Pyrenäen gleichen sich darin, dass die Umwandlung zwar im Allgemeinen um so stärker wird, je näher man dem Granit kommt, dass jedoch die am stärksten veränderten Gesteine nicht immer und nothwendigerweise direct an der Granitgrenze liegen und dass überhaupt ein unregelmässiger Wechsel von stark und wenig oder gar nicht veränderten Schichten innerhalb des metamorphischen Gebietes beobachtet werden kann.

Thonschiefer und feinkörnige Grauwacke bilden die ursprünglichen Gesteine. In den Alpen und Pyrenäen entsteht daraus Glimmerschiefer und Gneiss vorherrschend und Chlorit- und Talkschiefer untergeordnet. Im Harz dagegen bildet sich ein eigenthümliches, in seinen Eigenschaften schwankendes Gestein, der Hornfels, aus. Trotzdem ist der Gang der Metamorphose in diesen drei Gebirgen derselbe und bestand wesentlich nur in der Zufuhr von Kieselsäure und Alkalien und dem Verluste von alkalischen Erden. Die Zufuhr scheint in den Pyrenäen am unbedeutendsten gewesen zu sein, war im Harz hauptsächlich für Alkalien grösser und am bedeutendsten in den Alpen. Besonders die Menge der aufgenommenen Kieselsäure ist hier eine viel grössere, indem sich dieselbe in mächtigen und zahlreichen Quarzlagern und grossen Quarzknoten zwischen den Schichten ausgeschieden hat, was in den krystallinischen Schiefen der Pyrenäen nur stellenweise und mehr untergeordnet geschehen ist. Ebenso spielen die alkalischen Erden, besonders die Magnesia, in den Alpen eine viel grössere Rolle, wie in den Pyrenäen, und darum sind unter den metamorphischen Gesteinen der Alpen die Chloritschiefer und Talkschiefer viel mehr entwickelt. — Im Harz fand die Thonerde des Thonschiefers sogleich bei der Umwandlung Verwendung zur Bildung einer feldspathigen Masse (Hornfels); in den Pyrenäen wurde sie nie vollständig verbraucht, aber in etwas grösserer Menge da, wo Gneiss entstand, in kleinerer Menge in den Schichten, die zu Glimmerschiefer wurden. Der Überschuss der Thonerde bildete die Concretionen und accessorischen Mineralien (Andalusit, Chiastolith), welche dann später wieder der bekannten Pseudomorphose zu Glimmer erlagen. Der Umwandlungsprocess in den Alpen gleicht in der Verwendung der Thonerde dem der Pyrenäen, nur dass der Überschuss der Thonerde entweder sogleich weggeführt wurde, oder die Pseudomorphosenbildung sich rascher entwickelte, denn in den Alpen fehlen die Knoten, Andalusite und Chiastolithe. Äquivalente dafür sind jedoch wahrscheinlich Disthen und Granat in dem Glimmerschiefer.

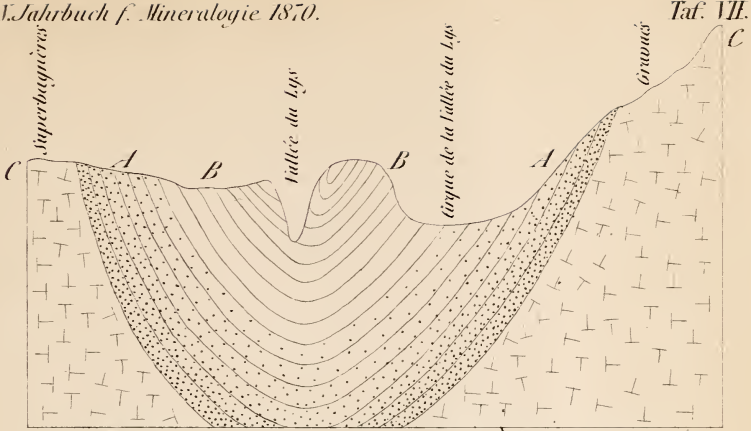
Ergebnisse.

- 1) Zwischen den alten Sedimentschichten und dem Granit hat sich an vielen Orten in den Pyrenäen ein bald schmalerer, bald breiterer Saum von metamorphischen Schiefeln gebildet.
- 2) Die Umwandlung beginnt an der von dem Granit entfernten Grenze in fast unmerklichen Spuren und wird im Allgemeinen um so stärker, je mehr man sich dem Granit nähert.
- 3) Die Zunahme der Metamorphose ist nicht immer eine constante. Schichten, welche zu den am stärksten veränderten gehören, werden durch weniger stark veränderte von dem Granit getrennt, oder es findet auch eine Wechsellagerung von Schichten in allen Stadien der Umwandlung statt.
- 4) Die Metamorphose beginnt mit der Ausscheidung kleiner Knoten in dem Thonschiefer, die an Zahl und Grösse allmählich zunehmen und schliesslich zu Andalusit und Chistolith werden. Während der Entwicklung dieser Mineralien wandelt sich der Rest der Gesteinsmasse nach und nach in ein undeutliches Gemenge von Glimmer und Quarz, auch wohl mit etwas Feldspath, um.
- 5) Die Endproducte sind ächte Glimmerschiefer und Gneisse.
- 6) Der Gneiss bildet zahlreiche petrographische Übergänge in Granit. Es entstehen dadurch Gesteine, die man Granitgneisse nennen kann, da keine Grenze zwischen den beiden Extremen der Structur existirt.
- 7) Die Andalusite und Knoten im Glimmerschiefer und Gneiss werden durch Pseudomorphosenbildung allmählich in Glimmer verwandelt und die Gesteine dadurch an diesem Mineral reicher.
- 8) Die Ursache der mineralischen Umwandlung bestand zunächst in einer molecularen Umlagerung, die dann durch einen chemischen Stoffwechsel noch unterstützt wurde.
- 9) Die alkalischen Erden und die Menge des Eisens vermindern sich, Alkalien und Kieselsäure nehmen zu.
- 10) Die bei der Umwandlung des Thonschiefers zu Glimmerschiefer, und auch zu Gneiss, als überschüssig ausgeschiedene Thonerde, ist die Ursache der Knoten- und Andalusit- oder Chistolithbildung.
- 11) Die organische Substanz, welche in den Thonschiefeln

vorhanden ist, verschwindet allmählig während des Umwandlungs-Processes, lässt sich aber noch in allen metamorphischen Gesteinen nachweisen.

Inhalt.

Physikalisch-geographische Skizze	720
Geognostischer Überblick	722
Die Übergangsformation	728
Der Granit.	737
Die metamorphischen Gesteine	742
Gesteine aus dem Umwandlungs-Gebiet	745
Mikroskopische Beschaffenheit der metamorphischen Gesteine	851
Analysen metamorphischer und unveränderter Gesteine	855
Die Metamorphose	862
Vergleichung der Metamorphose an der Granitgrenze in den Alpen, Pyrenäen und im Harz	876
Ergebnisse	878

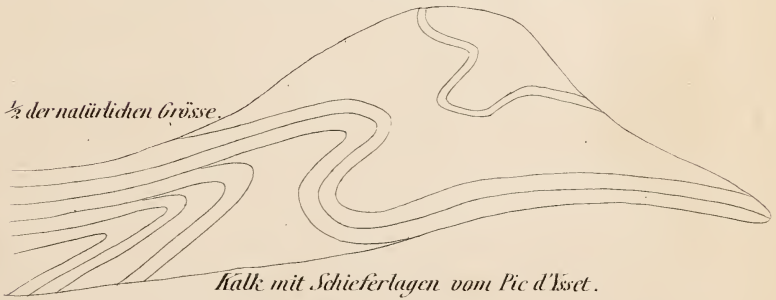


A. Metamorph. Schichten. B. Uneründerte Schichten. C. Granit.

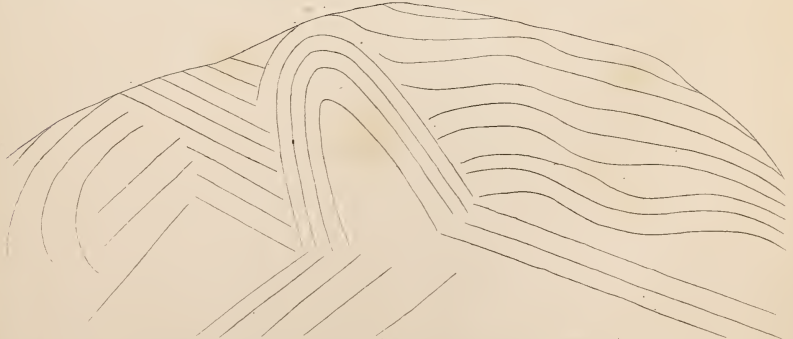


Kalksteinschichten am Pic de Ger bei Eauz bonnes.

½ der natürlichen Grösse.



Kalk mit Schieferlagen vom Pic d'Kset.



Kalksteinschichten bei St. Aventin Arboust - Thal.

WILLIAMSON: über die Structur der jetzigen Zone eines noch nicht beschriebenen Calamiten	1035
OWEN: Beschreibung eines Kiefers mit Zähnen des <i>Strophodus medius</i> Ow. aus dem Oolith von Caen in der Normandie	1035
T. P. BARKAS: über verschiedene Arten <i>Ctenodus</i> in der Steinkohlenformation von Newsham Colliery, Northumberland	1035
MORRIS: über die Fischgattung <i>Aechmodus</i> aus dem Lias von Lyme Regis, Dorsetshire	1036

Nekrologe.

M. SARRS, G. PRABODY	128
R. RUBIDGE — G. PAYKULL — F. UNGER — FR. AD. RÖMER — AXEL ERDMANN — OTTO — W. KEFERSTEIN	255
G. V. KURR — BLASIUS — ORSINI	527
U. SCHLOENBACH	672
C. A. STRINHEIL	928
GUSTAV BISCHOF	1036

Versammlungen

Der fünfte internationale Congress für Anthropologie und vorhistorische Geologie am 1. Octob. zu Bologna	384
Die „British Association“ am 14. Sept. zu Liverpool	528

Mineralien-Handel.

E. BERTRAND in Paris	128
L. BLATZ: Heidelberger Mineralien-Comptoir	255
E. LEISNER: schlesisches Mineralien-Comptoir	384
HERM. HEYMANN: wissenschaftliche und technische Mineralien-Handlung in Bonn	384

Berichtigungen.

S. 871: H^6FeO^6 . $H^6Fe^2O^9$ statt H^3FeO^6 . H^3FeO^9 .
„ 875 „anstehen sehen“ statt anstehen sahen.
„ 931 Z. 15 v. u. lies „Hessholm“ statt Hersholm.
„ 934 „ 3 v. u. „ „folgenden Beispielen“ statt folgendem Beispiele.
„ 936 „ 11 v. o. „ „promiscue“ statt promiscul.
„ 937 „ 19 v. u. „ „Zwischenrippen“ statt zwischenrippigen.
„ 939 „ 18 v. o. „ „z. B.“ statt z. T.
„ 941 „ 15 v. o. „ „ambulacralen Reihen“ statt Ambulacralen-Reihen.
„ 941 „ 20 v. u. „ „Scheitelschildes“ statt Scheidelschildes.
„ 941 „ 19 v. u. „ „Mundlücke“ statt Mundlücken.
„ 943 „ 6 v. u. „ „sind meist von“ statt sind nicht von.
„ 947 „ 13 v. o. „ „völlig von den jüngeren Formen des Senon verschieden“ statt völlig verschieden.
„ 948 „ 9 v. u. „ „derselben Statt habe“ statt derselben Naht habe.
„ 950 „ 9 v. o. „ „Haarreifen“ statt Haarreihen.
„ 953 „ 2 v. o. „ „die echte“ statt die erste.
„ 955 „ 5, 6, 7 v. u. „ „Petala“ statt Petale.
„ 956 „ 22, 23 v. u. „ „Brissoptis“ statt Brissopteris.
„ 961 „ 14 v. o. „ „corculum“ statt corcuculum.
„ 963 „ 7 v. u. „ „ein so eigenthümlich“ statt ein eigenthümlich.
„ 968 „ 18 v. o. „ „liegt nun“ statt liegt nur.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie](#)

Jahr/Year: 1870

Band/Volume: [1870](#)

Autor(en)/Author(s): Fuchs Carl Wilhelm Casimir

Artikel/Article: [Die alten Sediment-Formationen und ihre Metamorphose in den französischen Pyrenäen 851-879](#)