

Sitzungsberichte

der

mathematisch - physikalischen Classe

der

k. b. Akademie der Wissenschaften

zu München.

1882. Heft IV.

München.

Akademische Buchdruckerei von F. Straub.

1882.

~
In Commission bei G. Franz.

Herr Oberberg-Direktor G ü m b e l legt vor und bespricht die folgende von Herrn Prof. F. Pfaff in Erlangen zugesendete Abhandlung:

„Einiges über Kalksteine und Dolomite.“

(Mit 2 lithogr. Tafeln.)

Sowohl über Kalksteine wie über Dolomite liegen aus den verschiedensten Zeiten und Ländern eine grosse Anzahl von Untersuchungen vor. Während es nun früher ausschliesslich die chemischen Verhältnisse waren, welche bei solchen Untersuchungen ins Auge gefasst wurden, sind es in der neueren Zeit hauptsächlich die kleinsten organischen Wesen, sowie auch die Structurverhältnisse gewesen, welche man mit Anwendung des Mikroskopes eingehender Forschung unterzog, indem man theils gewisse Formen, wie Kokkolithen, Foraminiferen durch die Kalke verschiedener Formationen verfolgte, theils genauer die verschiedenen Schichtensysteme ein und derselben Formation mit einander in dieser Hinsicht an einer Lokalität verglich.

Ist dadurch auch das Beobachtungsmaterial ein sehr umfangreiches geworden, hinreichend gross, um manche Fragen schon jetzt mit Sicherheit zu beantworten, so ist doch bei der ungemein weiten Verbreitung dieser Gesteine durch alle Formationen und Länder, bei der grossen Mannigfaltigkeit ihrer Ausbildung und der Art ihrer Entstehung noch vielleicht ebenso viel von ihnen noch unbekannt und einer näheren Untersuchung ebenso bedürftig als werth.

Um so mehr ist dieses noch dadurch eingetreten, dass Fragen, an die man früher bei diesen Gesteinen gar nicht dachte, neuerdings eine sehr grosse Wichtigkeit erlangt haben, wie z. B. die Frage nach dem Einflusse des Druckes auf die Structurverhältnisse, die Spalten- und Aderbildung in demselben, mechanische Metamorphose u. dgl. Von diesem Gesichtspunkte aus möchten auch die folgenden Untersuchungen über die genannten Gesteine, so wenig erschöpfend sie auch sind, immerhin einiges Interesse haben. Sie sollen zunächst nur einen Beitrag liefern zur allgemeinen Charakteristik des chemischen und mikroskopischen Verhaltens derselben zunächst im Hinblick auf die Frage nach der Entstehung des Kalkes und Dolomites, ohne Rücksicht auf die feineren lokalen Verschiedenheiten, wie sie sich durch die Spectralanalyse ermitteln lassen, und auf Störungen, welche sie nach ihrer Ablagerung in ihren Structurverhältnissen erlitten haben.

Was nun zunächst die chemische Zusammensetzung der Kalksteine anbetrifft, so ist es hier eine Frage, welche sich zunächst aufdrängt, nemlich die, ob irgend welche constante Verhältnisse in einer oder der andern Formation sich finden, welche die Kalke dieser von andern auszeichnen. Sehen wir die zahlreichen Analysen aus den verschiedensten Formationen im Hinblick auf diese Frage an, so erkennen wir sofort, dass dieses nicht der Fall ist. Wenn wir die in höchst geringer Menge vorhandenen, zum Theil nur durch die Spectralanalyse nachweisbaren Bestandtheile wie Strontium, Lithium u. a. ausser Acht lassen und nur die drei in fast allen Kalken als wesentliche Gemengtheile auftretenden Bestandtheile betrachten, nemlich die in Salzsäure unlöslichen, das Calcium- und Magnesium-carbonat, so erkennen wir zwar sehr bedeutende Schwankungen derselben ihrem Mengenverhältnisse nach, aber kein bestimmtes Gesetz, weder wenn wir die verschiedenen For-

mationen mit einander vergleichen, noch auch, wenn wir die einzelnen Unterabtheilungen ein und derselben Formation ins Auge fassen, wie dies sehr deutlich aus der folgenden Zusammenstellung, Kalke aus allen Formationen enthaltend, hervorgeht. Ich bemerke zu derselben noch folgendes: da es mir zunächst nur darauf ankam, das Verhältniss jener 3 wesentlichsten Bestandtheile der Kalksteine übersichtlich darzustellen, so enthält die oberste Reihe zunächst in Procenten das Verhältniss der unlöslichen Bestandtheile zu den löslichen. Diese letzteren sind aber bis auf einen verschwindenden Bruchtheil aus den beiden genannten Karbonaten gebildet, von denen geringe Quantitäten durch die isomorphen Eisen- und Mangancarbonate zuweilen vertreten sind. Um nun das relative Verhältniss von Calcium- und Magnesiumcarbonat für alle Kalksteine besser vergleichbar zu machen, ist ihre Summe überall zu 100 angenommen und es ergeben so die Zahlen der zweiten und dritten Reihe das Procentverhältniss beider zu einander so zu sagen mit demselben Maassstabe gemessen. Sämmtliche Angaben über die Kalke des Muschelkalkes sind nach Analysen meines verehrten Herrn Kollegen Hilger berechnet, welcher, mit einer höchst genauen chemischen Untersuchung dieser Formation beschäftigt, mit der grössten Zuvorkommenheit mir die Ergebnisse seiner Analysen zur Verfügung stellte. Die mit V bezeichnete ist von Herrn cand. Laible im Laboratorium des Herrn Professor Hilger ausgeführt worden, die sub XXI—XXIII bezeichneten von Herrn Dr. E. v. Raumer¹⁾, die übrigen von mir selbst. Sie vertheilen sich also:

Urkalke: 1) aus Maine, 2) vom Hymettus, 3) vom Pentelikon, Silur.: 4) Norwegen Et. 3, 5) ditto Et. 2, 6) Böhmen, G, 7) Cincinnati, Unter-Silur,

1) v. Raumer, Beitrag zur Kenntniss der fränkischen Liasgesteine. Dissertation.

Devon: 8) Trogenan, 9) Lehmar,
 Dyas: 10) Ilmenau,
 Kohle: 11) Tournay,
 Trias: 12)—20) Gegend von Würzburg (vom Wellenkalk aufwärts bis zum Trigonoduskalk) ²⁾,
 Jura: 21)—23) Lias bei Erlangen, 24)—28) weisser Jura Streitberg, 29)—30) Württemberg, 31) Basel, 32) Mont Blanc,
 Kreide: 33) Schreibekreide von Rügen, 34) von Traunstein,
 Tertiär: 35) Nummlitenkalk von Ragatz,
 Tiefseeschlamm ³⁾: 36)

	I	II	III	IV	V
Unlöslich	15,14	0,30	0,13	8,33	10,36
CaC	100,00	98,32	96,67	97,77	98,52
MgC	Spuren	1,68	3,32	2,23	1,48
	VI	VII	VIII	IX	X
Unlöslich	8,12	28,83	1,52	39,39	2,11
CaC	97,63	98,37	81,77	94,69	85,13
MgC	2,37	1,63	18,23	5,31	14,87
	XI	XII	XIII	XIV	XV
Unlöslich	1,85	9,47	5,73	2,50	32,00
CaC	100,00	99,07	99,52	92,11	86,25
MgC	Spuren	0,93	0,48	7,89	13,75
	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX
Unlöslich	4,09	3,70	3,02	0,58	35,32
CaC	99,86	97,62	98,00	98,20	72,21
MgC	0,14	2,38	2,00	1,80	27,79

2) Nämlich: Wellenkalk, Terebratelbank, Schammkalk, Zellenkalk. Encrinitenkalk, Cycloidenbank, Trigonoduskalk, Ostrakodenschichten.

3) Nach Gümbel. N. Jahrb. f. Min. 1870. S. 762.

	XXI	XXII	XXIII	XXIV	XXV
Unlöslich	75,02	14,59	9,05	2,17	1,60
CaC	72,09	97,95	99,74	100,00	78,20
MgC	27,91	2,05	0,26	Spur	21,80
	XXVI	XXVII	XXVIII	XXIX	XXX
Unlöslich	2,13	1,27	2,99	3,39	5,06
CaC	80,65	70,01	98,11	99,27	100,00
MgC	19,35	29,99	1,39	0,73	Spuren
	XXXI	XXXII	XXXIII	XXXIV	XXXV
Unlöslich	0,25	3,52	0,63	24,60	2,00
CaC	100,00	100,00	100,00	90,04	98,86
MgC	Spuren	Spuren	Spuren	9,96	1,14
	XXXVI				
	Unlöslich	36,04			
	CaC	97,64			
	MgC	2,36			

Aus einer auch nur flüchtigen Betrachtung dieser Analysen ergeben sich nun folgende Resultate:

Was zunächst die unlöslichen Bestandtheile betrifft, so zeigt sich sofort, dass deren Menge im Verhältnisse zu den löslichen eine ungemein schwankende, aber durchaus keine Gesetzmässigkeit darbietende ist. Wir finden unter den ältesten krystallinischen Kalken solche mit sehr hohem Gehalt an unlöslichen Bestandtheilen neben anderen mit einem sehr niedrigen (Nr. I und Nr. III), gerade so wie in jüngeren, z. B. der Kreide (Nr. XXXIII und XXXIV), ja selbst in ein und derselben Formation finden sich die maxima und minima von demselben Betrage, wie Nr. XIX und XX zeigt. Bei genauerer Untersuchung der verschiedenen Schichtensysteme einer und derselben Formation dürfte sich wohl für alle dasselbe Resultat ergeben, das die detail-

lirteren Untersuchungen der Trias und des Jura von Württemberg und Bayern erkennen lässt, dass nemlich in jeder fast ganz reine, nicht einmal 1 pC. unlösliche Bestandtheile enthaltende Kalksteine sich finden, ebenso aber auch solche, die kaum mehr diesen Namen verdienen und auf der einen Seite durch die sog. Mergel im Thon, auf der andern wie wohl seltener in Sandstein übergehen, wie Nr. XXI.

Eine einfache Erklärung findet diese Thatsache dadurch, dass wir die unlöslichen Bestandtheile in den allermeisten Fällen ganz oder jedenfalls fast ganz als mechanische, während der Ausscheidung der Karbonate aus dem gelösten Zustande sich zu Boden setzende Einschwemmungen ansehen müssen. Dass solche Einschwemmungen zu allen Zeiten der Menge nach gleichen Schwankungen unterworfen sein mussten, bedarf wohl keiner weiteren Auseinandersetzung. Aber auch hinsichtlich ihrer Beschaffenheit gilt, wie wir gleich näher nachweisen werden, dasselbe, nemlich auch in Beziehung auf sie zeigt sich eine sehr merkwürdige Gleichartigkeit der Zusammensetzung und der Schwankungen in derselben durch alle Formationen hindurch. Es liegen allerdings bis jetzt noch nicht so viele genaue chemische Untersuchungen der unlöslichen Bestandtheile der Kalksteine vor, als der löslichen Theile derselben, nichts destoweniger reichen die vorhandenen schon hin, um die eben angeführte Thatsache erkennen zu lassen.

Ich theile zu diesem Behufe eine Reihe solcher Analysen aus Kalken aller Formationen mit⁴⁾ und zwar:

Silur I Norwegen, Etage I nach Kjerulf, II Cincinnati, III Böhmen,

Devon IV Schuppach, V Trogenan,

4) Nr. 4. 6. 12. 13 und 14 aus S. Pfaff Ueber die unlöslichen Bestandtheile der Kalke etc. Diss.

Carbon VI Belgien,

Dyas VII Ilmenau,

Trias VII—XI Würzburg (VIII Wellenkalk, IX Schaumkalk, X Zellenkalk, XI Cycloidenbank, XII Trigonoduskalk),

Jura XII Solenhofen, XIII Streitberg,

Kreide XIV Schreibekreide.

Zur Vergleichung folgt dann als XV—XVI und XVII nach Bischof⁵⁾ eine Analyse der Schlamm Massen von Rhein, Donau und Nil, und XIX die unlöslichen Bestandtheile des heutigen Tiefseeschlammes nach Gümbel⁶⁾, die Bestandtheile des geglühten letzteren ebenfalls nach Procenten berechnet.

	I	II	III	IV	V
Si	87,00	59,25	74,20	67,46	75,60
Al	} 6,51	24,42	9,68	} 27,33	14,16
Fe		4,05	6,54		5,27
Ca	1,66	10,95	} 2,99	} 3,84	1,70
Mg	Spur	Spur			
K	2,00	} 1,33	6,59	1,37	3,27
Na	2,08				
	VI	VII	VIII	IX	X
Si	66,82	70,49	61,06	32,3	61,05
Al	20,67	} 21,64	10,64	7,15	24,91
Fe	7,15		3,72	39,10	5,44
Ca	} 2,26	} 4,26	5,34	} —	8,27
Mg			—		
K	} 3,10	} 3,61	9,03	13,03	0,00
Na			9,88	8,27	0,33

5) Bischof, Lehrb. der chem. und physikal. Geologie II. 1586 ff.

6) N. Jahrb. f. Min. 1870. S. 762.

	XI	XII	XIII	XIV	XV
Si	84,54	50,00	62,21	70,67	64,57
Al	3,01	5,95	20,69	16,86	20,31
Fe	1,40	2,38	11,16	7,74	10,28
Ca	3,01	1,19	—	} 1,65	—
Mg	—	—	2,15		1,87
K	6,03	14,28	} 3,79	3,08	2,97
Na	2,01	26,20			

	XVI	XVII	XVIII	XIX
Si	77,31	80,28	63,17	67,21
Al	9,88	10,87	13,47	18,80
Fe	9,80	2,81	14,65	10,72
Ca	—	0,68	3,50	—
Mg	0,11	0,84	3,03	} 3,26
K	} 2,87	1,52	1,40	
Na			0,78	

Der Glühverlust aller dieser Massen ist ein schwankender im Durchschnitt zwischen 5 und 10 sich bewegender, nur bei Kalken, welche durch organische Substanzen sehr stark gefärbt ja schwarz erscheinen, bei denen der unlösliche Rückstand manchmal wie Russ aussieht, ist er noch etwas höher, sehr selten geht er bis auf 2% herab.

Betrachten wir diese Analysen etwas näher, so sehen wir, dass in den allermeisten Fällen dieselben am einfachsten dahin gedeutet werden, dass die Hauptmasse der unlöslichen Rückstände ein wasserhaltiges Aluminium-Eisen-Silicat sei, wie wir es in unseren verschiedenen Arten von Thon ähnlich abgelagert finden. Da wir aber in ihnen mechanisch eingeführte, durch Zertrümmerung und Zersetzung älterer Gesteine entstandene Massen vor uns haben, so ist es ja sehr wohl erklärlich, dass neben diesen auch noch die verschiedensten anderen Mineralsubstanzen beigemengt sind.

ebenfalls theilweise zersetzt, theilweise aber auch noch frisch. Von ganz besonderem Interesse sind hier wieder die Untersuchungen von Herrn Professor Hilger, von denen ich einige unter VIII—XI oben mittheilte, indem sie uns zeigen, dass selbst innerhalb einer verhältnissmässig so wenig mächtigen und so ruhig sich absetzenden Schichtenreihe, wie die des Würzburger Wellen- und Muschelkalkes, deren Mächtigkeit nach Sandberger nur 140 Meter beträgt, ebenso grosse Schwankungen in der Zusammensetzung der unlöslichen Massen vorkommen, wie wir sie nicht einmal finden, wenn wir die dem Alter nach einander am fernsten stehenden Ablagerungen, wie den jetzigen Tiefseeschlamm und die Rückstände der Silurkalke mit einander vergleichen. Suchen wir z. B. die Maximal- und Minimalwerthe für Kieselsäure, Thonerde, Eisenoxyd und Alkalien, so finden wir für diese alle das Maximum (Nr. X, IX, VIII, VIII), (nur in I ist der Si-Gehalt ein noch grösserer unter den vorliegenden Analysen) aber ebenso auch die Minimalwerthe (Nr. VIII, XI, XI, IX) in der Triasformation.

Würden wir auch für andere Formationen so genaue systematisch durchgeführte Analysen haben, wie durch Hilger's Bemühungen für die fränkische Trias, so würden wir wohl auch für andere ähnliche Schwankungen nachweisen können und es möchte wohl Niemand daran Anstoss nehmen, wenn man schon jetzt behauptet, die mechanisch eingeführten und mit den Kalksteinen sich absetzenden unlöslichen Rückstände derselben waren zu allen Zeiten die gleichen und den gleichen Schwankungen in ihrer chemischen Zusammensetzung unterworfen und grossentheils gleich den schwebenden Bestandtheilen unserer Flüsse und dem unlöslichen Theile des Tiefseeschlammes.

Die mitgetheilten Analysen der unlöslichen Bestandtheile als Bauschanalysen gemischter Massen geben uns selbstverständlich keinen hinreichenden Aufschluss über die

Frage, welche Mineralien zu der Bildung derselben beitragen, jedenfalls müssen wir zunächst auch mit dem Mikroskope dieselben untersuchen, um allenfalls das Vorhandensein bestimmter Mineralien mit ihren wesentlichen Eigenschaften zu ermitteln. Ehe wir aber die Resultate solcher Untersuchungen besprechen, wird es gut sein, vorher noch einige kurze Bemerkungen über die beiden wesentlichsten Bestandtheile der Kalksteine, das Calcium- und Magnesiumcarbonat und ihr gegenseitiges Verhältniss zu einander zu machen.

Wie bekannt halten sich im Allgemeinen Kalksteine und Dolomite ziemlich wohl von einander in der Art gesondert, dass ganze Schichtensysteme aus ziemlich reinem Kalk, andere dagegen, ebenso ziemlich reinem Dolomit bestehen, und nur in der Juraformation findet man an einzelnen Orten sehr schroffe Uebergänge von Kalksteinen in Dolomite, und ebenso auch alle Zwischenstufen in den Verhältnisszahlen vom Calcium- zum Magnesiumcarbonat zwischen dem reinen Kalk und dem reinen Dolomit. Aber auch in dieser Beziehung zeigt sich durchaus keine Gesetzmässigkeit, wenn wir die verschiedenen Formationen mit einander vergleichen, ebensowenig aber auch, wenn wir die auf einanderfolgenden Schichtensysteme oder Unterabtheilungen ein und derselben Formation mit einander vergleichen. Ein regelloses Zu- und Abnehmen des Magnesiumcarbonates findet sich hier wie dort, wie dies ein Blick auf die vorstehenden Analysen, namentlich auf die XI—XX sehr deutlich erkennen lässt.

Ich kann selbst noch hinzufügen, dass nicht einmal in ein und derselben Schichte dieses Verhältniss ein constantes bleibt, wenigstens für den fränkischen Jura konnte ich das constatiren. Weil dieses Verhältniss besonders bei der Frage nach der Dolomitbildung von Wichtigkeit ist, schien es mir wünschenswerth, darüber einige Untersuchungen anzustellen, wie weit ganz gleichzeitig abgesetzte Kalke au wenig von

einander entfernten Stellen in ihrer Zusammensetzung sich gleich verhielten. Um sicher zu sein, dass man in der That ganz entschieden zu derselben Zeit abgesetzte Massen vor sich habe, muss man ein und dieselbe Schichte und von dieser auch ein und dieselbe Stelle wählen, das heisst von einer Stelle die Probe wählen, von welcher man überzeugt sein kann, dass sie vollständig ihrer Lage in der Schichte nach der anderen entspricht. Offenbar kann man das sicher erreichen, wenn man eine Schichte in einem Steinbruche in horizontaler Richtung verfolgt und dann entweder von der untersten oder der obersten Lage, also von da wo sie anfängt oder aufhört, Stücke losschlägt. In unserem fränkischen Jura hat man an den zahlreichen Steinbrüchen dazu sehr gute Gelegenheit, und ich habe von 3 verschiedenen Stellen des Westrandes desselben Proben in der angegebenen Weise abgeschlagen, die 20—30 Meter von einander entfernt derselben Schichtenstelle entnommen waren und wie ich noch bemerken will, weit entfernt von der Dolomitregion. In zweien Fällen zeigte sich nun ein nicht unerheblicher Unterschied im Verhältnisse vom Calcium- zum Magnesiumcarbonat, in dem einen Falle war es bei der einen Probe in 100 Theilen $95,08 : 4,92$, bei der anderen gleichgelegenen wie $99,33 : 0,67$. Es war mir bisher nicht möglich auch für andere Formationen ähnliche Untersuchungen anzustellen, da man ohne diesen ganz speziellen Zweck dabei im Auge zu haben, schwerlich so genau den Abstammungsort von Gesteinsproben anzugeben im Stande ist, und es mir, seitdem ich darauf mein Augenmerk richtete, noch nicht möglich war, selbst andere Formationen aufzusuchen. Immerhin möchte es sich der Mühe lohnen, auch in anderen zu constatiren, ob ein solcher Wechsel in der Zusammensetzung einer und derselben Schichte vorkommt, oder nicht.

Ich gehe nun an die Beschreibung des mikroskopischen

Verhaltens der Kalksteine und Dolomite, auch hier nur die wichtigsten allgemeinen Verhältnisse berücksichtigend, d. h. diejenigen, welche in allen Formationen wiederkehren, ohne auf die in vielen Fällen nachträglich eingetretenen Veränderungen und auf specielle Eigenthümlichkeiten näher einzugehen, wenn auch hie und da letztere gelegentlich erwähnt werden sollen. Ebenso liegt es ausserhalb meines Planes näher auf die in manchen Kalken massenhaft auftretenden kleinsten Organismen einzugehen, oder die Verhältnisse der verschiedenen in einer Formation auftretenden Kalke in ihrer Aufeinanderfolge eingehend zu schildern, so interessant es auch in manchen Fällen wäre, durch die verschiedenen Abtheilungen einer Formation hindurch den auch in diesen Verhältnissen sich zeigenden Wechsel zu verfolgen.

Es dürfte nicht ganz überflüssig sein, einiges über die Herstellung der zu diesen Untersuchungen verwendeten Kalk- und Dolomit-Präparate zu bemerken, von denen ich nach und nach aus allen Formationen und den verschiedensten Lokalitäten gegen 700 anfertigte, und halte ich mich für verpflichtet allen den Herren, welche mich auf mein Ersuchen in so zuvorkommender Weise mit Material dazu versahen, hier meinen herzlichen Dank nochmals auszusprechen, nemlich den Herren Gümbel und Zittel, Sandberger, O. Fraas, P. Merian, Th. Stutz, Kjerulf und v. Grewingk. Wer auch nur einige Präparate von verschiedenen Kalksteinen angefertigt hat, weiss auch, wie schwierig es ist, in manchen Fällen dieselben hinlänglich durchsichtig zu schleifen; bei einiger Geduld und Uebung gelingt es aber schliesslich doch bei allen, selbst die gewöhnliche Schreibekreide kann in ziemlicher Ausdehnung vollkommen durchsichtig hergestellt werden. Bei Anfertigung einer grösseren Anzahl von Präparaten überzeugt man sich bald, dass Kalke und Dolomite um so schwieriger durchsichtig werden, je feinkörniger sie sind. Sie verhalten sich, wenn sie höchst feinkörnig sind,

ähnlich wie Pulver von einem durchsichtigen Körper, das ja auch wie z. B. gepulverter Bergkrystall oder zerriebenes Glas in ziemlich dünnen Schichten undurchsichtig wird.

Die Präparate wurden von fast allen Kalken, sowohl parallel der Schichtung als senkrecht zu derselben hergestellt, um zu sehen, ob nach diesen beiden Richtungen sich Verschiedenheiten in dem mikroskopischen Verhalten zu erkennen gäben. Das letzte Feinschleifen geschah immer in der Art, dass mit einem sehr weichen guten Korke und dem feinsten Schmirgel das aufgekittete Präparat bearbeitet wurde, was zwar ziemlich viel Zeit erfordert, aber bis zur grösstmöglichen Dünne dasselbe herzustellen gestattet. Als eine unerlässliche Bedingung für das Gelingen desselben kann ich das bezeichnen, dass das Präparat rings herum an seinen Rändern von Kanadabalsam umschlossen ist. Hat sich auch nur ein wenig am Rande losgebröckelt, so kann ein auch nur ein paar Mal noch wiederholtes Hin- und Herfahren auf dem Präparate mit dem Korke dasselbe völlig zerstören.

Das fertig geschliffene Präparat wurde nun etwa $\frac{3}{4}$ seiner Ausdehnung nach mit Kanadabalsam bedeckt und dann in verdünnte Salzsäure, gelegt. Dadurch ist es möglich die in dieser Säure unlöslichen Bestandtheile hinsichtlich ihrer Vertheilung und Natur besser zu untersuchen, jedenfalls besser als wenn noch das Kalcium- und Magnesiumcarbonat vorhanden ist. Bei Dolomiten und dolomitischen Kalken wurden andere Präparate in dem freigelassenen Theile ausschliesslich mit Essigsäure behandelt. Ausserdem wurden auch noch Stücke der Gesteine ungepulvert in Salzsäure gelöst und der Rückstand mikroskopisch untersucht, um auf diese Weise die Natur desselben in den Gesteinen richtiger ermitteln zu können.

Nach diesen Bemerkungen über das Beobachtungsmaterial wende ich mich nun zu einer kurzen Schilderung des mikro-

skopischen Verhaltens der Kalksteine; Dolomite und dolomitische Gesteine sollen später noch besprochen werden.

Sehen wir zunächst von den eingeschlossenen unlöslichen Massen ganz ab, so überzeugt man sich sehr bald, dass ausnahmslos alle Kalksteine nur aus krystallinischem Calciumcarbonat bestehen, dass also eigentlich alle Kalksteine körnige Kalksteine sind, dass aber allerdings ein sehr grosser Unterschied hinsichtlich der Grösse der Körner obwaltet. In der Regel sind dieselben in einem und demselben Gesteine von ziemlich gleicher Grösse, selten kommen unter den reinen Kalksteinen bedeutende Grössenunterschiede vor, während bei den dolomitischen Kalken das sehr häufig beobachtet wird. Diese gleiche Grösse schwankt aber in den verschiedenen Kalksteinen ausserordentlich, viel mehr als man bei dem Betrachten derselben mit dem blossen Auge, wobei sie ganz gleichmässig und gleich kryptokrystallinisch erscheinen, vermuthen sollte. Ich habe eine sehr grosse Zahl von Messungen der Körnergrösse vorgenommen und gefunden, dass in den reinen Kalken die Grösse derselben zwischen 0,002 und 0,08 mm schwankt; innerhalb eines und desselben Gesteins sind die Grenzen zwischen maximum und minimum jedoch viel näher gerückt, im Durchschnitte etwa so, dass die grössten Körner die vierfache Grösse der kleinsten erreichen. Die 4 ersten Figuren (Taf. I) zeigen diese Verschiedenheit sehr klar auf einen Blick und bemerke ich dazu, dass dieselben, wie auch die folgenden Figuren auf Taf. I alle genau in $\frac{1}{200}$ der natürlichen Grösse gezeichnet sind, mit Ausnahme von Fig. I⁷) B, die 1000fach vergrössert einen Theil von A zeigt. Die geringste Grösse der Körner

7) Zur Untersuchung wurde zur ersten Orientirung eine Vergrösserung von 200, dann stets von 600 angewandt; bei den feinkörnigen nach Umständen selbst noch ein Immersionssystem mit 1000- und 1300-facher Vergrösserung.

findet sich in einigen jurassischen Kalken, z. B. von Basel, Pruntrut, Geisslingen, der schreibenden Kreide, wo sie zwischen 0,0015 und 0,006 schwankt. Schon viel häufiger ist die Grösse von 0,006—0,02, wie sie Fig. 2 (Solenhofer Kalk) darstellt. Solche findet man in allen Formationen, z. B. in Kalken aus dem Silur Norwegens (Etag 4 und 8 Kjerulfs), wie Böhmens und Nordamerikas (*Cincinnati*) aus der Trias wie aus dem Jura. Fig. 3 nach einem Präparate eines Kalkes mit *Cerat. bipart.* aus dem Muschelkalke gibt ein Bild der Kalke mit Körnergrösse von 0,024—0,045. Nr. 4 stellt einen böhmischen Graptolithenkalk dar mit 0,045—0,06 Körnergrösse. Noch etwas grösser bis 0,08 mm sind die Körner eines anderen böhmischen Silurkalkes von Karluv Tyn (Etag Ee). Steigt die Körnergrösse über 0,1, so erscheinen dieselben schon dem blossen Auge und so finden sich ganz allmähliche Uebergänge von den feinsten Kalken bis zu den Marmoren mit Körnergrössen von 1—5 mm.

Bei allen diesen gleichmässig körnigen Kalken beobachtet man noch ein weiteres gleiches Verhalten, nemlich das, dass die Körner in der Regel nach keiner Richtung hin vorwiegend ausgedehnt sind und kaum je auch nur auf eine kurze Strecke eine geradlinige Begrenzung zeigen, sondern oft auffallend wellige Umrisse erkennen lassen. Ein zweites, was man bemerkt, ist das Fehlen von Zwillingsstreifung auch in den grössten Körnern. Obwohl ich meine Aufmerksamkeit darauf richtete, habe ich doch bei diesen gleichmässig ausgebildeten Kalksteinen nichts davon wahrnehmen können. Dass aber die einzelnen Körner als Krystallindividuen aufzufassen sind, geht aus ihrem Verhalten im polarisirten Lichte hervor, indem man beim Drehen des Präparates deutlich das gleiche optische Verhalten, höchstens durch ein unterliegendes anders orientirtes Korn an einem Theile modificirt erkennen kann. Eine bestimmte Lagerung der Körner oder eine bestimmte gesetzmässige Orientirung

ihrer Schwingungsrichtungen ist durchaus nicht zu bemerken, sie liegen ganz regellos durch einander, so dass beim Drehen des Präparates jeden Augenblick eine andere Stelle dunkel oder hell wird. Selten und meist nur an den Rändern sieht man lebhaftere Interferenzfarben, was ja bei der ungemein starken Doppelbrechung des Kalkspaths und dem regellosen Lagern der Körnchen sehr begreiflich ist. Die Farbe der Kalksteine ist meist durch beigemengte andere Mineralsubstanzen, Schwefelkies, Eisenoxydhydrat, Kohle und die unlöslichen Bestandtheile erzeugt, doch finden sich auch zuweilen gleichmässig schwach bräunlich oder gräulich gefärbte Körner, deren Färbung wohl organischen Ursprungs sein dürfte.

Bemerkenswerth ist auch die Thatsache, dass die Structurverhältnisse bei den feinsten Kalksteinen ebenso wie die bei den grobkörnigen Marmorarten sind und nichts von einer Schichtung oder auch nur einer Parallelstructur erkennen lassen. Es sind mir unter allen den zahlreichen Präparaten nur zwei Kalke vorgekommen, bei denen etwas von der letzteren bemerklich ist. Fig. 5 stellt diesen einen Kalk dar, es ist ein der Juraformation angehöriger vom Fläscher Berge bei Ragatz stammender Kalk, das Präparat gibt die Anordnung der Kalkkörner in einem Schliffe senkrecht zur Schichtung, während parallel der Schichtfläche der Kalk ähnlich Fig. 3 erscheint; der andere ist der sog. Lochseitenkalk. Wie schon erwähnt wurde, zeigt die Mehrzahl der Kalke eine ganz gleichmässige Structur und keinen grossen Wechsel in der Grösse der Körner, doch finden sich auch in allen Formationen solche, bei denen stellenweise sehr grosse Krystallkörner neben kleinen liegen. Solche Kalke lassen übrigens meistens schon auch mit dem blossen Auge eine Ungleichmässigkeit ihrer Masse erkennen. Fig. 8 stellt einen solchen Kalk dar (das Präparat stammt von einem norwegischen Silnrkalke Etage 7—8 nach Kjerulf von Helgö),

aber genau dieselben Verschiedenheiten kann man auch bei triassischen und Jurakalken beobachten, dieser Kalk ist noch ausgezeichnet durch eine sehr grosse Menge eingestreuter dunkler feinkörniger Kugeln, die mit Säure behandelt meist ein deutliches Quarzkorn zurücklassen, um die sich Kalk und Kohle oder organische Substanz angesetzt hat. An diesem Kalke sieht man auch nicht so gar selten an den grossen Körnern, die auch stellenweise geradlinige Grenzen haben, Zwillingsstreifen, die öfters nicht durch den ganzen Krystall hindurchgehen, sondern wie bei a und b mitten in ihm sich verlieren. Auch sieht man hie und da, wie bei c, eine zweite Zwillingsrichtung; namentlich in den eigentlichen Marmorarten sind dieselben sehr häufig, ja manchmal in allen Körnern wahrnehmbar. Bekanntlich hat v. Inostranzeff auf das Vorkommen oder Fehlen dieser Zwillingsstreifung ein grosses Gewicht gelegt, insoferne, als man daraus Schlüsse auf die mehr dolomitische Natur eines körnigen Kalkes ziehen könne, wenn dieselben einer grösseren Anzahl von Körnern fehlen, da nach ihm die reinen Kalkspathkörner immer Zwillingsstreifung zeigten, die Dolomitkörner aber nicht. Ich werde auf diese Angabe später zurückkommen, wenn ich zuerst die mikroskopischen Beschaffenheit der Dolomite besprochen haben werde und will hier nur noch einiges über diese Zwillingsstreifung und die Marmore beifügen. In den von mir untersuchten Marmoren (sog. Urkalken, aus Maine, Fichtelgebirg, vom Pentelikon, Hymettus, Paros, Carrara) war ausnahmslos eine sehr schön entwickelte Zwillingsstreifung vorhanden, wenn auch in dem einen mehr als in dem andern. In allen zeigte sich auch bald mehr bald weniger deutlich entwickelt eine nach 2, seltener nach 3 Richtungen ausgebildete Zwillingsstreifung. Besonders schön und in keinem einzigen Korne fehlend, erscheint sie in einem Urkalk aus der Gegend von Wunsiedel (Taf. II Fig. 2) und dabei zeigte sich ein bei gewissen Vor-

kommissen constant wiederkehrendes Verhältniss, nemlich das, dass das eine System von Streifen als breite Bänder erscheint, das andere als ganz feine Linien. Beide Arten von Lamellen zeigen aber deutlich, dass sie selbst nochmals aus mehreren parallelen Lagen zusammengesetzt sind, und eine häufige Unterbrechung, die breiteren Bänder erscheinen selbst wie durchlöchert. Unmittelbar neben einander liegen aber oft Körner, von denen eines die beiden Systeme in schönster Entwicklung zeigt, das andere kaum eine Andeutung eines zweiten aufzuweisen hat. Meist ganz geradlinig verlaufend findet man doch auch nicht selten etwas wellenförmige Krümmung derselben ihrem ganzen Verlaufe nach.

In anderen Fällen sind sie wieder viel spärlicher entwickelt, z. B. in dem Marmor des Pentelikon (Fig. I Taf. II)⁸⁾, hier findet man ziemlich viele Körner, in denen keine Zwillingslamellen zu beobachten sind, daneben andere mit zwei Systemen, oder auch nur einem, aber nur einzelne oft nicht einmal das ganze Korn durchsetzende Bänder, die ebenfalls wie zerfetzt und ausgefressen an den Rändern erscheinen. Es scheinen jedoch diese Verhältnisse in einem und demselben Gesteine etwas zu schwanken, so dass verschiedene Präparate von einem solchen auch ein etwas verschiedenes Verhalten zeigen.

Ich komme nun zu dem Verhalten der Dolomite unter dem Mikroskope. Wie bekannt zeichnet die Dolomite vor den Kalken das aus, dass sie viel häufiger eine deutliche, schon mit blossen Auge wahrnehmbare krystallinische Ausbildung erkennen lassen, als die Kalksteine. Selbst da, wo sie unmittelbar neben einander in derselben Formation auftraten, wie in der Juraformation, sind die Dolomite deutlich

8) In Fig. 1 und 2 ist die Figur gezeichnet, wie bei gekreuzten Nicols das Präparat sich zeigt.

krystallinisch, die Kalke nicht. Es finden sich aber ebenso grosse Massen von Dolomiten, welche scheinbar ebenso unkrystallinisch und dicht erscheinen wie die Kalksteine, namentlich die triassischen Dolomite der Alpen sind mit dem blossen Auge oft nicht von Kalksteinen zu unterscheiden. Ebenso kann auch das Auge bei den meisten gröber krystallinischen Massen Marmor und Dolomit nicht von einander sondern.

Betrachten wir nun die scheinbar unkrystallinischen Dolomite unter dem Mikroskope, so werden wir auch hier keinen Unterschied von den Kalken gewahr, sie verhalten sich genau wie die Kalksteine, sowohl was die Form, als was die Grösse der Körner anbelangt. Dolomite aus den Alpen (z. B. der Hauptdolomit von Farchand) haben so ausserordentlich feine Körner, wie sie nur irgend ein Kalk aufweist, von nur 0,002—0,006 mm und von grosser Gleichmässigkeit; ebenso steigt allmählich die Grösse in den verschiedenen Gesteinen, wie beim Kalk; unter den Röthidolomiten finden sich z. B. solche, welche genau die Feinheit des Solenhofer Kalkes besitzen, eine Körnergrösse von 0,006—0,005 mm. Auch die Umrisse der Körner sind genau dieselben, so dass Fig. 2 Taf. I ebenso genau die Verhältnisse des Solenhofer Kalkes wie eines Röthi aus dem Erstfelder Thale oder eines Hauptdolomits vom Gilt-Nota vom Garda-See wiedergibt.

Gerade so wie bei den Kalksteinen kommen auch bei den Dolomiten solche vor, die grosse und kleine Körner neben einander besitzen, so dass auch in dieser Beziehung kein Unterschied ist. So stellt Fig. 6 Taf. I einen Dolomit vom Herzogenstand dar, der denselben Typus wie der Silurkalk Nr. 8 derselben Tafel erkennen lässt. Auch wie bei den Kalken kommen dann sehr feinkörnigen Marmorarten entsprechende vor, z. B. der Mendeladolomit (Fig. 7 Taf. I), denen sich dann die den grobkörnigeren Marmoren ähnlichen,

wie die Dolomite von Campo longo und vom Binnenthal anschliessen. An diesen grobkörnigen Varietäten macht sich nun allerdings ein auffallender Unterschied gegenüber den grobkörnigen Kalken bemerkbar, nemlich der, dass die Kalksteine, wenn die Grösse der Körner über $\frac{1}{2}$ mm steigt, fast alle Zwillingsstreifung zeigen, jedenfalls in den meisten Körnern, die Dolomite gar nicht, oder so selten, dass man vielleicht kaum auf je 100 Körner eines findet, welches Zwillingsstreifung oder Zwillingslamellen erkennen lässt. So sind z. B. die Dolomite vom Binnenthal und Campo longo sehr arm daran und man darf oft länger suchen, bis man ein Korn mit derselben findet.

Wir haben schon oben S. 567 der Annahme von Inostranzeff Erwähnung gethan, nach welcher in den Dolomiten und dolomitischen Kalken das Vorhandensein von zahlreicheren Körnern mit Zwillingsstreifung auf eine grössere Menge von Kalkspath in diesen Gesteinen schliessen lasse, indem nach ihm reiner Dolomit stets ohne Zwillingsstreifung, reiner Kalk stets mit Zwillingsstreifung auftrete. Dolomitische körnige Kalke seien daher auch immer ein Gemenge von reinen Kalkspath- und reinen Dolomitmörnern.

Man hat auf diese Beobachtungen v. Inostranzeff hin, die er an russischen körnigen Kalksteinen anstellte, dieses Auftreten und Fehlen von Zwillingsstreifen als charakteristisches Merkmal zur Unterscheidung von Kalkspath und Dolomitpath in dolomitischen Gesteinen überhaupt angenommen. Nach den vorliegenden Untersuchungen mögen sich die v. Inostranzeff untersuchten Gesteine so verhalten, aber nach meinen Untersuchungen würde man häufig sehr falsch schliessen, wenn man darnach die chemische Natur eines Gesteines nach der Zwillingsstreifung bestimmen wollte. Vor Allem möchte ich daran erinnern, dass überhaupt die Zwillingsstreifung erst bei einer ziemlich beträchtlichen Körnergrösse auftritt. Die Grenze der Grösse, über welcher

sie sich zeigt, und unter welcher sie fehlt, möchte ich noch nicht bestimmen, aber immerhin kann ich doch sagen, dass bei dolomitischen Kalksteinen, wie wir sie ja in unserem Jura von allen möglichen Verhältnissen zwischen reinem Kalke und Dolomite haben, mir noch keine Zwillingsstreifung vorgekommen ist, obwohl von den aderförmigen grobkörnigeren Parthien abgesehen, Körner bis zu 0,25 mm sich in denselben finden.

Auch scheint in den ganz grobkörnigen Massen doch das Verhältniss der gestreiften zu den ungestreiften Körnern nicht immer im Verhältniss zu dem Calcium- und Magnesiumgehalt zu stehen, und führe ich zum Belege dafür nur den Marmor vom Pentelikon an, der nur 3 pC. Magnesiumcarbonat und (Fig. 1 Taf. II) doch ziemlich viel Körner ohne Zwillingsstreifung enthält, während auf der anderen Seite der körnige Kalk von Wunsiedel mit 16% Magnesiumcarbonat in allen Körnern ausgezeichnet die Zwillingsstreifung erkennen lässt.

Es möchte daher nach den bis jetzt vorliegenden Untersuchungen mit Sicherheit aus der Zwillingsstreifung, wo man sie beobachtet, nicht mehr zu erschliessen sein, als dass ein grobkörniges Gestein, welches sie enthält, Kalkspathkörner besitze und ein desgleichen grobkörniges, welches gar keine Zwillingsstreifung aufweist, Dolomit sei; bei feinkörnigen Gesteinen dagegen dürfte kaum ein Schluss auf die chemische Zusammensetzung desselben darnach zu ziehen sein. Ob nun das einzelne Korn schon die Zusammensetzung des ganzen Gesteines besitze, das ist eine Frage, die aus den vorliegenden Beobachtungen sich schwerlich wird entscheiden lassen. Auch wenn man die Schlüsse v. Inostranzeff's verwirft, dass die dolomitischen Kalksteine aus Körnern von reinem Calciumcarbonat und reinem Dolomit bestehen, braucht man deswegen noch nicht alle Körner gleichmässig chemisch zusammengesetzt anzunehmen. Das eine kann so,

das andere so zusammengesetzt sein, eines mehr, das andere weniger dem Normaldolomit sich nähern. Ja ich wüsste nichts, was die Annahme verböte, dass selbst in ein und demselben Korne stellenweise bald mehr bald weniger Magnesium das Calcium vertritt. Leider besitzen wir eben kein Mittel, aus einem Gemenge von Kalk und Dolomit den letzteren auszuziehen. Ich habe auch diesen Winter wieder Versuche über das Verhalten von Essigsäure zu Kalk, Dolomit und Magnesit angestellt, indem ich theils Stückchen derselben, theils Pulver bei einer Temperatur unter Null mit Essigsäure behandelte. Die gewonnenen Resultate stehen ganz im Einklang mit den auch von Haushofer gefundenen. Auch ganz reiner krystallinischer Magnesit wird merklich von Essigsäure in der Kälte bei längerer Einwirkung aufgelöst, ebenso krystallisirter Dolomit, allerdings viel langsamer als reiner Kalkspath, aber eine Trennung des Dolomits von letzterem ist durch Essigsäure nicht möglich. Bei solchen Versuchen mit Dolomit ergab sich an Dünnschliffen, die aufgeklebt und zur Hälfte mit Kanadabalsam überdeckt in verdünnter Essigsäure kurz gelegen hatten, folgendes interessante Verhalten: Die in grosser Menge in dem Gestein (von Rabenstein) gelegenen wohl ausgebildeten Rhomboëder zeigten nemlich nach kurzem Liegen in der Essigsäure ganz merkwürdige Zerstörungen, von denen Taf. II Fig. 4 einige darstellt. Die Rhomboëder zeigten sich nemlich wie ausgefressen, bald in der Mitte, bald von einer Seite, bald mehr regelmässig in ihren Resten und bei stärkerer Vergrösserung zeigte sich auch der (schattirte) Rest wieder vielfach mit sehr vielen feinen Lücken. Diese ungleiche und unregelmässige Widerstandskraft gegen das Lösungsmittel scheint wohl auch für eine Ungleichheit in der Zusammensetzung der kleinen Rhomboëder in ihren verschiedenen Theilen zu sprechen.

Es erübrigt nur noch, einige Worte über die in Salz-

säure unlöslichen Bestandtheile der Kalke und Dolomite beizufügen.

Mit dem blossen Auge betrachtet stellen dieselben meist eine graue, oder rostfarbige lehmartige Masse dar, in der man nicht sehr selten feine Glimmerblättchen, oder ein dem Glimmer ähnliches Mineral erkennen kann. Von manchen erscheint dieselbe auch vollkommen schwarz wie Russ oder auch braun, wie Kaffeesatz. Unter dem Mikroskop kann man nun deutlich Glimmer, auch Talk zuweilen erkennen, ebenso Quarzkörner bis zu einer Grösse von 0,3 mm. Die letzteren kann man sehr oft schon in dem fein geschliffenen Kalkpräparate mit blossen Auge erkennen, wenn man das geschliffene und noch nicht aufge kittete Präparat sehr schief gegen das Licht, besonders Lampenlicht, hält, die Quarzsplitterchen, die glänzend und wie polirt erscheinen, funkeln wie Nadelspitzen auf dem mehr matten Kalke. Sie sind meistens unregelmässig contourirt, eckig, häufig auch länglich splittrig. Merkwürdiger Weise habe ich in einem Kalke, dem sog. Schaumkalke aus der Würzburger Trias, eine sehr grosse Menge ringsum ausgebildeter Quarzkryställchen beobachtet, die sich in jedem Stück dieses Kalkes, das ich untersuchte, finden und wohl die kleinsten Quarzkryställchen sein dürften, welche bis jetzt beobachtet wurden, indem sie sehr oft nur eine Breite von 0,003 und eine Länge von 0,01 mm besitzen. Obwohl ich, nachdem ich sie hier gefunden, eine ganze Reihe anderer triassischer Kalke untersuchte, konnte ich sie doch in keinem wieder finden, ebensowenig in irgend einem anderen. Ich gestehe, dass mich das massenhafte Auftreten dieser Kryställchen in dem in Salzsäure unlöslichen Rückstande so frappirte, dass ich die Vermuthung hegte, sie hätten sich erst neu gebildet, da ich das ungelpulverte Stück Kalk längere Zeit mit der Säure hatte stehen lassen; ich überzeugte mich jedoch bald, dass dies nicht der Fall sein könne, und dass es auch nicht ein anderes

Mineral, das dem Quarze ähnlich sei, wäre, indem mit kochender Salpetersalzsäure behandeltes gröbliches Pulver und selbst nachdem der dann gebliebene Rückstand noch mit Schwefelsäure gekocht wurde, sich ebenso zeigte, wie wenn man das Gestein nur mit Essigsäure behandelt. auch das optische Verhalten entspricht dem des Quarzes. Die genannten Mineralien sind die einzigen, die mit Sicherheit in den unlöslichen Bestandtheilen der Kalksteine sich vorfinden. Trotz eifrigen Suchens darnach konnte ich die Anwesenheit von Feldspathfragmenten nicht constatiren. Bei der Untersuchung im polarisirten Lichte und gekreuzten Nicols überzeugt man sich, dass ein grosser Theil der meistens sehr feinkörnigen Masse nicht polarisirend wirkt, wenn auch eine grosse Zahl feiner polarisirender Splitterchen und Körnchen stets vorhanden ist. Das spricht dafür, dass ein grosser Theil dieser unlöslichen Masse nicht einem bestimmten Mineral angehöre, sondern ein Gemenge zersetzter nicht mehr polarisirender Mineralreste oder amorpher Neubildungen, die aus der Zersetzung hervorgingen, darstelle. Nur in einem einzigen Falle, in dem unlöslichen Rückstande von dem Kalke aus der Hauptbank des Encrin. liliiformis zeigte sich eine etwas grössere Zahl von länglichen Splittern, an zwei Seiten parallel begränzt, darunter ein grösserer mit abwechselnden farbigen Streifen, die Auslöschungsrichtung aber parallel diesen Streifen.

Sehr häufig sieht man ausserdem auch schwarze undurchsichtige, bald grössere, bald kleinere Körnchen, wohl organischer Natur. In manchen Kalken, namentlich in einigen Silurkalken Norwegens nimmt diese schwarze Masse so überhand, dass sie die Präparate wenig durchsichtig macht und auch in den feinsten Schliffen noch zusammenhängend, netzförmig, maschenförmig oder auch fadenförmig angeordnet erscheint, so dass der Gedanke sehr nahe liegt, dass man es hier mit zerstörten Pflanzenzellen zu thun habe.

Manchmal glaubt man selbst ganz bestimmte Formen, Algen ähnlich, vor sich zu haben, doch treten dieselben so wenig anhaltend und constant in ihren Formen auf, dass man durchaus nichts Sicheres darüber aussagen kann. Trotzdem, dass ich eine sehr grosse Zahl von Präparaten horizontal wie senkrecht zur Schichtfläche von diesen Kalken, besonders von dem an diesen schwarzen zellenähnlichen Massen reichsten Kalkstein von Oksna, (Et. 1 Kjerulf) herstellte, gelang es doch nie, irgend einen Anhaltspunkt zu gewinnen, um auch nur auf irgend eine bestimmte Klasse diese Reste zurückzuführen.

Von einiger Wichtigkeit ist auch noch die Frage nach der Vertheilung dieser unlöslichen Massen im Gesteine. Selbstverständlich kann dieselbe nur an Dünnschliffen untersucht werden, und ich füge gleich hinzu, dass dieselben ganz besonders dünn sein müssen, um dieselbe erkennen zu lassen. In manchen Fällen gibt auch noch das theilweise Aetzen des Präparates oder das vollständige Entfernen der löslichen Bestandtheile, wenn man den Dünnschliff mit verdünnten stärkeren Säuren behandelt, darüber guten Aufschluss. In letzterem Falle ist es gut, wenn man, nachdem das Präparat aus der Säure genommen und sehr behutsam abgespült wurde, dasselbe nicht mit Kanadabalsam bedeckt, weil selbst bei sanftem Andrücken des Deckgläschens die natürliche Lage der ungelöst zurückgebliebenen Theile gestört wird, und die feinsten Körnchen scheinbar ganz verschwinden, indem sie in den Balsam eingebettet kaum mehr erkannt werden können.

Man kann sich auf diese Weise bald überzeugen, dass bei allen Kalken, bei denen nicht eine besondere Structur ausgebildet ist, (wie bei den Rogensteinen und ähnlichen) also bei der weit aus überwiegenden Mehrzahl auch die unlöslichen unorganischen Bestandtheile keine besondere Vertheilung erkennen lassen, sondern ganz gleichmässig

durch das Gestein sich vertheilt zeigen, so dass auch nach dem Aetzen der Kalke nichts einer Schichtung oder Schieferung ähnliches wahrgenommen wird, mit Ausnahme der beiden oben S. 566 schon erwähnten Kalke. Auch die unlöslichen Bestandtheile lassen durchaus keine anderen Verhältnisse auf dem Querschliff eines Gesteines, als auf dem Längsschliffe erkennen. Je dünner man ein Präparat schleift, desto besser überzeugt man sich davon, dass nicht nur zwischen den einzelnen Kalkspathkörnern, sondern in denselben die Körnchen und Splitterchen der unlöslichen Bestandtheile eingeschlossen sind. Uebrigens soll damit nicht gesagt sein, dass nicht hie und da stellenweise etwas mehr von dieser Masse sich findet, namentlich gilt dies für die wohl grösstentheils kohlenartigen Massen, die sich in so vielen Kalken einstellen. Diese finden sich oft nesterweise zusammen und in einer Weise, die durchaus nicht an eine organische Structur erinnert. Auch wenn nicht viel von diesen letzteren vorhanden ist, wird häufig bei den Kalken mit einem hohen Gehalt an unlöslichen Bestandtheilen das Aussehen desselben unter dem Mikroskope so wenig verändert, wenn man den Kalk durch Säuren wegnimmt, dass man erst bei gekreuzten Nicols durch das Fehlen der doppelbrechenden Substanz deutlich den Unterschied der geätzten und nicht geätzten Hälfte des Präparates gewahr wird. Gerade die schwarzen kohligen Massen treten an den geätzten Stellen besonders deutlich hervor, und man kann sich da sehr gut überzeugen, wie in manchen Kalken diese schwarzen Stäubchen ganz gleichmässig sich vertheilt zeigen, dazwischen aber auch gröbere Stücke, bräunlich durchscheinend in Streifen und Maschen, manchmal selbst im aderförmiger Vertheilung, durch das Gestein sich hindurchziehen.

Einer der am leichtesten erkennbaren Beimengungen ist der Glaukonit, der in Körnern bis zu 1,5 mm Grösse

besonders häufig in alpinen Kalken der unteren Kreide sich findet, prächtig smaragdgrün, auch in einigen Kalken der Lettenkohle, wo ihn zuerst v. Schauroth in der Thüringer Trias, Sandberger in Franken nachgewiesen hat. Er polarisirt das Licht stark, scheint aber auch in den kleinsten Körnern aus einer Menge von noch viel feineren zusammengesetzt, denn nie wird ein solches Korn bei gekreuzten Nicols ganz dunkel, man mag das Präparat drehen, wie man will.

Die Grösse der die unlöslichen Bestandtheile bildenden Körner und Körnchen ist eine sehr verschiedene, aber meist eine geringere, als die der feinsten Kalkkörner. Vorherrschend sind in den meisten Kalken Körnchen, welche zwischen 0,001 und 0,004 mm besitzen. In manchen Kalken findet man nur sehr spärlich grössere, 0,006—0,01 mm gross, in anderen sind dagegen gröbere Quarzkörnchen von 0,1 bis selbst 0,2 Grösse häufig; das letztere gilt für einige der ältesten Silurkalke Süd-Norwegens, aber ebenso auch für Kalke, welche der alpinen Kreide angehören. Immerhin sind diese unlöslichen Massen verglichen mit dem feinen Schlamm unserer Flüsse grob zu nennen. Es gibt sich dies noch besser als aus Messungen, die immer nur an einzelnen Körnern vorgenommen werden können und bei den Grössenverhältnissen, mit welchen wir es hier zu thun haben, kein sicheres Resultat mehr geben, aus dem Verhalten der aus nicht gepulverten Gesteinsstücken erhaltenen unlöslichen Bestandtheile, wenn wir sie mit Wasser durch einander schütteln. Nimmt man einen etwas höheren und engeren Glascylinder und stellt denselben nach dem Schütteln und gleichmässigen Vertheilen dieser Bestandtheile durch die ganze Flüssigkeitssäule ruhig hin, so genügen schon 1—2 Stunden, um in einem 24 cm hohen Cylinder die Flüssigkeit bis zu dem den Boden $2\frac{1}{2}$ cm bedeckenden Bodensatz fast vollständig klar erscheinen zu lassen, während

bei Hochwasser aus unseren Flüssen geschöpftes Wasser Wochen braucht, um sich zu klären. Taf. II Fig. V geben bei gleicher Vergrösserung das Aussehen dieser Massen in geätzten Kalken, Fig. VI von Solenhofer Kalk, VI von Kalk der unteren Kreide von Seelisberg. Die dunkleren, grösseren punktirten Körner (Fig. VI a, a) gehören dem Glaukonit an, die helleren sind Quarz, um den letzteren sind häufig ganz dunkle undurchsichtige feine Körnchen wie eine Einfassung desselben angehäuft; es dürften wohl organische Massen sein. Sehr grosse Aehnlichkeit mit den unlöslichen Bestandtheilen der meisten Kalke haben die aus Tiefseeschlamm nach Behandlung mit Salzsäure zurückbleibenden, wie sie Fig. VII darstellt, die einer in der Nähe der Fidschi-Inseln aus einer Tiefe von 4755 mm entnommenen Schlammprobe nachgebildet ist, welche ich der Güte des Herrn Oberbergraths Dr. Gümbel verdanke. Auch in ihr finden sich ausser mancherlei organischen Resten, wie Diatomeen, Kieselnadeln etc. noch deutliche Fragmente von Quarz, zum Theil mit sehr scharfen Ecken und Kanten. Eine Probe von Rheinschlamm, die schwebenden Bestandtheile von Wasser während eines Hochwassers im Frühlinge von Herrn Geheimrath v. Rath in Bonn geschöpft, bestand nur aus den allerfeinsten, Molekularbewegung zeigenden Staubtheilchen. Dagegen enthielt eine Probe vom Wasser aus der Tamina bei Ragatz von mir im vorigen Herbst nach heftigen aber kurz dauernden Regengüssen geschöpft neben wenig sehr feinen Staubmassen ebenfalls gröbere Körner von Schiefer und Quarz, sie verhielt sich auch hinsichtlich der raschen Klärung ganz ähnlich den unlöslichen Bestandtheilen der meisten Kalksteine, indem sie ziemlich genau in derselben Zeit, in 2 Stunden fast völlig klar geworden war, als sie in demselben Cylinder und im gleichen Mengenverhältnisse von den festen Bestandtheilen und Wasser sich selbst überlassen wurde.

Ganz dasselbe, was hier über die unlöslichen Bestandtheile der Kalksteine erwähnt wurde, gilt auch für die Dolomite. Auch in diesen findet man dieselben Bestandtheile und auch dieselbe Art der Vertheilung, so dass weder hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung noch der mikroskopischen Beschaffenheit eine Verschiedenheit von durchgreifender Bedeutung sich nachweisen lässt. In beiden Gesteinen und in den Zwischengliedern zwischen ihnen findet man das gleiche Schwanken der einzelnen Bestandtheile und ebenso auch von deutlich erkennbaren Mineralien nur Quarz und Glimmer oder dem Glimmer nahe stehende Blättchen, deren Natur sich nicht näher bestimmen lässt.

Wenn man versucht, aus der Bauschanalyse der unlöslichen Bestandtheile ihren mineralogischen Charakter zu bestimmen, so überzeugt man sich bald, dass alle Anhaltspunkte zu derartigen Rechnungen fehlen und dass man zu keinem anderen Resultate gelangt, als dem mit der mikroskopischen Untersuchung dieser Massen im polarisirten Lichte übereinstimmenden, wonach ein grosser Theil dieser Massen Reste von zersetzten Silicaten darstellt, die zum Theil eine sehr auffallende Zusammensetzung haben müssen, wie sie sonst an solchen in grösserer Menge abgelagerten Zersetzungsprodukten nicht beobachtet worden ist. Ich möchte in dieser Beziehung nur auf eine dieser Analysen, nemlich Nr. IX S. 557 hinweisen, welche die unlöslichen Bestandtheile des Schaumkalkes betrifft. Wir finden, dass in denselben 32,3 Kieselsäure enthalten sind, also noch nicht einmal $\frac{1}{3}$ der Gesamtmasse. Nun ist aber ausserdem keine andere Säure vorhanden, ebenso auch kein Bestandtheil, welcher für sich in Säuren unlöslich wäre, sondern nur Thonerde, Eisenoxyd, Kali und Natron. Wir müssen daher entnehmen, dass wir es mit Silicaten dieser Stoffe zu thun haben. Das Mikroskop zeigt uns aber auch noch freie Kieselsäure, als Quarz vorhanden an, so dass demnach nicht

einmal 30 pC. Kieselsäure zur Bindung jener vorhanden sind. Um das Auffallende zu erhöhen, ist noch dazu ein sehr grosser Gehalt von Kali und Natron, nemlich 21,30 pC. zusammen, vorhanden. Wir keunen kein Silikat, dem eine ähnliche Zusammensetzung zukäme, so dass wir auch dadurch genöthigt sind, anzunehmen, dass ein Theil dieser unlöslichen Massen ein theilweise ausgelaugter Rest von einem Kali- und Natronsilicat enthaltenden Mineral sei, während ein anderer vielleicht als eine Neubildung anzunehmen ist, hervorgegangen aus der Zerstörung anderer Mineralien, aber im amorphen Zustande. Vielleicht gelingt es, durch passend eingerichtete Schlämmapparate mechanisch solche verschiedenartige Substanzen von einander zu sondern und durch deren gesonderte Analyse etwas mehr Licht über ihre Zusammensetzung zu erhalten, als wir bis jetzt haben.

Ehe ich daran gehe zu erörtern, ob und wie weit die vorliegenden Untersuchungen über die Beschaffenheit der Kalke sich für die Frage nach ihrer Entstehung allenfalls verwerthen lassen, möchte ich nur noch mit einigen Worten der oolithischen Kalksteine gedenken. Dass diese Kalkkugeln, wie sie in den Erbsensteinen und Rogensteinen vorliegen, keine organischen Bildungen seien, ist längst bekannt; es sind die kleineren Kugeln sehr häufig, die grösseren immer aus einzelnen concentrischen Lagen aufgebaut, die häufig, aber durchaus nicht immer ein Korn, sei es von Kalkstein, sei es von einer anderen Art, einschliessen, und sich successive um dasselbe herumgelegt haben. Die Grösse der Kugeln wechselt von der Grösse eines mm an bis zur Erbsengrösse. Diese kugelige Structur erkennt man schon mit blossem Auge bei allen oolithischen Kalken. Ich habe nun auch Kalke beobachtet, bei denen das blosse Auge keine Spur dieser Structur erkennen kann, wo sie aber doch unter dem Mikroskope sehr deutlich nachweisbar ist. Ganz besonders schön ist sie an dem Korallenkalke des Schweizer

Jura von Stein bei Basel entwickelt. Dieser Kalk erscheint fast rein weiss, vollkommen homogen und dicht und dennoch besteht er aus lauter sehr kleinen, 0,1—0,2 mm grossen, kugeligen, häufig auch ellipsoidischen Körperchen, die ganz gleichmässig aus den feinsten, durchschnittlich nur 0,001 mm grossen Kalkspathkörnchen gebildet sind (Fig. 8 Taf. II), nicht sehr oft ebenfalls concentrische Lagen erkennen lassen und zwischen sich grössere Krystallkörner, welche alle Zwischenräume zwischen ihnen ausfüllen.

Aehnlich feinkörnige aber viel kleinere Kugeln (0,05 mm) erhielt ich zuweilen, als ich eine Chlorkalciumlösung und Natriumcarbonat mit einander in einem Glastroge der Diffusion überliess; in anderen Fällen bildete sich aber keine solche, ohne dass ich einen Grund für dieses abweichende Verhalten angeben könnte. Jedenfalls sehen wir, dass eine Aneinanderlagerung kleinster Kalktheilchen zu kugeligen Massen ohne alle organischen Einflüsse vor sich gehen kann.

Ich komme nun zu der Frage, ob die mitgetheilten Untersuchungen sich irgendwie verwerthen lassen für die Theorie der Bildung der Kalksteine und Dolomite. Sehen wir zunächst von den letzteren ab, so können wir es wohl als eine unbestrittene Thatsache hinstellen, dass fast alle Geologen, welche sich über die Bildung der Kalksteine, namentlich der wohlgeschichteten marinen ausgesprochen haben, für dieselben einen organischen Ursprung annehmen, seine Abscheidung aus dem Meerwasser durch die Thätigkeit der kleinsten Organismen erfolgt erklären. Hatte man früher, besonders durch Ehrenbergs Untersuchungen der Kreide veranlasst, Foraminiferen diese kalkabsondernde Rolle zugewiesen, so sind es neuerdings die Kokkolithen, denen man eine noch grössere Wichtigkeit in dieser Beziehung zuschreibt.

Gibt nun die mikroskopische Untersuchung der Kalksteine dieser Theorie eine neue Stütze oder nicht?

Eine unbefangene Betrachtung auch nur weniger guter Dünnschliffe von Kalksteinen wird sofort Jedem die Ueberzeugung verschaffen, dass von einer Unterstützung dieser Theorie durch die mikroskopische Untersuchung keine Rede sein kann. Sehen wir von den Kalken, welche das feinste Korn besitzen, ab (und das ist entschieden die Minderheit der Kalksteine), so zeigen uns die übrigen deutlich gesonderte grössere Krystallkörner, die auch nicht eine Spur von organischen Formen aufweisen. In anderen finden wir neben diesen nun allerdings wohl erhaltene organische Gebilde, Foraminiferen namentlich in grösserer Anzahl, aber selbst in der Kreide sind sie der Menge nach noch nicht über die unorganischen Kalkmassen vorherrschend. Kokkolithen aber sind in den eigentlichen Kalksteinen mit Entschiedenheit kaum je nachzuweisen. Mit Ausnahme der Kreide ist es mir in keinem Kalksteine gelungen, sie zu erkennen. Man glaubt wohl hie und da einmal in den feinkörnigsten Kalken etwas zu sehen, was ein am Rande defektes oder auch sonst zerbrochenes derartiges Gebilde sein könnte, aber, wie gesagt, eine zweifellose Sicherheit bekommt man nie. Nun kommt ja noch hinzu, dass unter wechselnden Umständen in künstlich erzeugten Kalkniederschlägen den Kokkolithen in der Form und Grösse sehr ähnliche Bildungen entstehen⁹⁾, so dass man in den seltenen Fällen, wo man solche besser ausgebildete Kokkolithen vor sich zu haben glaubt, immer noch dem Zweifel Raum geben kann, ob man es hier mit einem organischen Gebilde zu thun habe.

Von Seiten derer, welche die organische Abscheidung aller Kalke behaupten, wird nun allerdings eingewendet, das

9) Man vergleiche z. B. die Formen, welche Harting in seinen *Recherches de Morphologie synthétique*, Pl. I Fig. 1 D, Fig. 3 b c, Pl. II Fig. 13, gegeben hat.

Fehlen dieser kleinsten Organismen in den meisten Kalksteinen beweiſe nichts; diese Gesteine seien sämmtlich verändert, die feinen Kokkolithen seien zu grösseren Kalkkörnern durch das Wasser, welches die Gesteine durchdrang, umgewandelt worden. Nun lässt sich ja in der That die Möglichkeit einer derartigen Umwandlung nicht läugnen, aber ebensowenig, dass damit nicht der geringste Beweis dafür beigebracht ist, dass dieselbe auch bei allen Kalken wirklich Statt gefunden habe. Thatsächliches, was diese Umwandlung bewiese, lässt sich auch gar nichts anführen, es ist die Behauptung derselben lediglich zu Gunsten der Theorie ersonnen, und die Theorie selbst wiederum nur aufgestellt, um den Schwierigkeiten zu entgehen, welche die Annahme einer Abscheidung des Kalkes in anderer Weise uns bereiten. Wohl lässt sich nun aber Manches anführen, was gegen eine derartige Umwandlung spricht, zunächst das, dass in vielen Kalken eben doch die zartesten Organismen, die kleinsten Foraminiferen ganz ausgezeichnet erhalten sind und zwar eingebettet in Kalken von einer Beschaffenheit und von einer Grösse der Körner, die genau derjenigen entspricht, welche jene angeblich umgewandelten aus Kokkolithen entstandene Kalke besitzen. So geräth man dann in der That in eine Stellung zwischen Scylla und Charybdis. Findet man in einem Kalke wie Fig. 3 Taf. I deutliche Foraminiferen, aber keine Kokkolithen neben grossen Körnern, so verlangt das Fehlen der letzteren der Theorie zu liebe, dass man den Kalk als umgewandelt annehme, das Vorhandensein der Foraminiferen verbietet dieses aber wieder; denn dass constant die Umwandlung die Kokkolithen zerstört, aber die Foraminiferen verschont habe, das anzunehmen möchte doch Jedem als eine wunderliche Zumuthung erscheinen. Es bieten nun aber auch noch die chemischen Verhältnisse der Kalksteine Verhältnisse dar, welche der Theorie ihrer Entstehung durch organische Wesen

nichts weniger als günstig sind. Es ist der Magnesiagehalt der Kalksteine, den wir meinen und der beständige Wechsel desselben in den verschiedenen Formationen und deren Unterabtheilungen. Sehen wir z. B. die fränkische Trias an, so zeigen uns die Analysen Nr. XIII—XX S. 558 von unten nach oben die Hauptunterabtheilungen der oberen Anhydritgruppe und des Hauptmuschelkalkes, von der Terebratelbank bis zum Trigonoduskalk Sandberger umfassend, wie in diesen 87 Meter mächtigen höchst regelmässig auf einander folgenden Schichten von Kalken, unterbrochen von Mergeln und Schieferthonen, ein beständiger aber höchst unregelmässiger Wechsel des Magnesiumgehaltes eintritt; es beträgt nemlich von unten nach oben in den verschiedenen Abtheilungen der Gehalt an Magnesiumcarbonat in Procenten:

0,48 — 7,89 — 13,75 — 0,14 — 2,38 — 2,00 — 1,80 — 27,79.

Wir müssen diesen Magnesiagehalt in den Kalken unter diesen Umständen und bei den Lagerungsverhältnissen dieser Schichten nothwendig als einen ursprünglichen, d. h. schon bei der Ablagerung der Gesteine in ihnen vorhandenen annehmen. Nun ist ja bekannt, dass ein geringer Magnesiumgehalt in den von Organismen abgesonderten Kalkmassen allerdings vorkommt, aber nie finden wir 7 oder gar 13 und 27 Procent Magnesiumcarbonat in denselben. Für alle diese Gesteine ist daher von vorneherein die Annahme ausgeschlossen, dass sie durch organische Wesen abgesetzt worden seien. In noch viel höherem Grade gilt dies für die Dolomite, bei denen ja von einer solchen Entstehung gar keine Rede sein kann. Selbst wenn wir die metamorphische Entstehung vieler Dolomite zugestehen, bleibt doch immer eine sehr beträchtliche Masse derselben, namentlich die grosse Menge der wohlgeschichteten triassischen Dolomite in den Alpen noch übrig, für welche weder eine organische noch eine metamorphische Bildung ange-

nommen werden kann, für die wir vielmehr nur eine ursprüngliche Ablagerung mit ihrer jetzigen chemischen Zusammensetzung annehmen können.

Wenn dem aber so ist, und wenn, wie wir oben zeigten, die mikroskopische Untersuchung dieser Dolomite gar keinen Unterschied zwischen ihnen und den Kalksteinen erkennen lässt, warum will man dann, um einer vermeintlichen Schwierigkeit willen, die der anorganischen Bildung der Kalksteine entgegensteht, eine durch keine Thatsache zu unterstützende Theorie für letztere aufrecht erhalten, die genau in derselben Weise bei jenen Dolomiten wiederkehrt, und durch jene Kalktheorie doch in keiner Weise beseitigt werden kann, ja im Grunde bei allen nicht als mechanische Bildungen sich zu erkennen gebenden Gesteinen, deren Absatz im Wasser wir doch deutlich beweisen können, stets wiederkehrt?

Dass übrigens auch die Structurverhältnisse der Kalke der Annahme einer Umwandlung derselben nicht besonders günstig sind, geht auch aus Versuchen über den Absatz von Kalk auf künstlichem Wege hervor, deren ich noch kurz Erwähnung thun will, weil sie, obwohl im Ganzen wenig Aufschluss über die Kalkbildung im Meere bietend, doch nicht ganz ohne Interesse sind. Ich habe schon erwähnt, dass wenn man auch sehr rasch aus einer Auflösung eines Kalksalzes Calciumcarbonat bei gewöhnlicher Temperatur fällt, der Niederschlag immer krystallinisch ist und meist etwas rundliche Körner bildet, die jedoch gewöhnlich noch die zu Grunde liegende Rhomboïdenform verrathen. Lässt man durch langsame Diffusion eines Kalksalzes und etwa kohlensauren Natriums den Kalkniederschlag sich bilden, so beobachtet man etwas wechselnde Erscheinungen, je nachdem das Gefäss für die Diffusion länger oder kürzer, seichter oder tiefer ist, die ich hier nicht ausführlicher zu schildern beabsichtige. Hat man die diffundirenden Lösungen

in Kölbchen eingeschlossen, die nur durch eine enge Glasröhre der Lösung die Diffusion gestattet, so bemerkt man, auch wenn man die Kölbchen umgekehrt, so dass die Oeffnung der Glasröhre auf dem Boden des Diffusionsgefässes aufsteht, nach einiger Zeit, dass sich die Oberfläche des Wassers, in welches die Diffusion von den beiden entgegengesetzten Enden des länglichen Gefässes Statt findet, trübt und einen feinen bald gleichmässig die Oberfläche überdeckenden und nicht zu Boden sinkenden Ueberzug erhält. Lässt man diesen Process etwa 8 Tage fortgehen, so ist die Oberfläche noch immer mit diesem Ueberzuge versehen, und wenn man (mit einem Pinsel am besten) Theile desselben wegnimmt und auf einen Objectträger bringt, so sieht man, dass derselbe spiegelnde ebene Blättchen bildet, die unter dem Mikroskope auffallend ähnlich manchen Kalken sich zeigen, auch in der Grösse der Körner mit ihnen übereinstimmen, besonders mit Kalken von mittlerer Feinheit, etwa von 0,03—0,05 mm Grösse. Merkwürdig war mir besonders, dass auch die Umrisse der einzelnen Körner dieser Blättchen auffallend wellig und buchtig, sehr selten nur stellenweise geradlinig, sich zeigten, ganz ähnlich der Fig. 3 Taf. I.

Auch beim langsamen Verdampfen von aufgesammelten Tropfsteinmassen aus der Gailenreuther Höhle erhielt ich gleichfalls solche mit unregelmässigen welligen Kontouren versehene Körner. Es zeigt uns das wenigstens soviel, dass auch wenn sich Kalk, sei es durch Fällung, sei es durch Verdunstung, absetzt, die dadurch erhaltenen Körnchen durchaus nicht regelmässige Formen annehmen müssen und dass daher die rundlichen und welligen Umrisse der Körner in vielen Kalksteinen sehr gut mit der Annahme eines Absatzes derselben ohne Zuthun von organischen Wesen und ohne eine spätere Umwandlung zu vereinigen ist.

Räthselhaft bleibt deswegen die Art und Weise des Absatzes der Kalke und der Dolomite immerhin, um so

räthselhafter, wenn wir einen so beträchtlichen Wechsel in der Zusammensetzung der auf einander folgenden Gesteine sehen, wie er sich selbst an einer Lokalität bei einer so wenig mächtigen Schichtenreihe wie die fränkische Trias bemerklich macht, ja, wie wir oben S. 561 sahen, selbst in ein und derselben Schichte an wenig weit von einander entfernten Punkten derselben, und wenn wir uns dabei noch sagen müssen, dass das Alles, so zu sagen, aus einem ununterbrochen gefüllt gebliebenen Topfe, dem Meere, sich nach und nach abgesetzt hat. Wir müssen die Lösung auch dieser Räthsel künftigen Forschungen überlassen.

Wenn wir demnach auch über die Art und Weise, wie sich Kalke und Dolomite absetzten, nichts Positives aus unseren Untersuchungen entnehmen konnten, so lässt sich doch, wenn ich nicht irre, einiges über Zeit und Ort dieses Vorganges daraus erkennen, und zwar wesentlich durch Berücksichtigung des Verhaltens der unlöslichen Bestandtheile in diesen Gesteinen.

Wir haben oben erwähnt, dass die unlöslichen Bestandtheile im Verhältniss zu dem Schlamme unserer grossen Flüsse ziemlich grobkörnig erscheinen, dass sie mit Wasser geschüttelt, viel rascher sich absetzen, als dieser. Selbst wenn man eine dem Meerwasser ähnliche Kochsalzlösung zu diesen Versuchen wählt, findet man immer dasselbe Resultat eines raschen Abklärens des Wassers. Das spricht dafür, dass diese unlöslichen Massen nicht von grossen, weit und lang fliessenden Strömen in das Meer eingeführt wurden, sondern mehr von kleineren rascher sich bewegenden Flüssen, oder auch hie und da durch die Thätigkeit des Meeres an Küsten erzeugt wurden. Wir dürfen aber auch ferner schliessen, dass sie auch im Meere nicht sehr weit transportirt wurden etwa durch bedeutende Meeresströme, weil auch diese sehr bald nur das feinste Material mit sich führen, und ebenso wie die Flüsse eine Verkleinerung und

in Kölbchen eingeschlossen, die nur durch eine enge Glasröhre der Lösung die Diffusion gestattet, so bemerkt man, auch wenn man die Kölbchen umgekehrt, so dass die Oeffnung der Glasröhre auf dem Boden des Diffusionsgefässes aufsteht, nach einiger Zeit, dass sich die Oberfläche des Wassers, in welches die Diffusion von den beiden entgegengesetzten Enden des länglichen Gefässes Statt findet, trübt und einen feinen bald gleichmässig die Oberfläche überdeckenden und nicht zu Boden sinkenden Ueberzug erhält. Lässt man diesen Process etwa 8 Tage fortgehen, so ist die Oberfläche noch immer mit diesem Ueberzuge versehen, und wenn man (mit einem Pinsel am besten) Theile desselben wegnimmt und auf einen Objectträger bringt, so sieht man, dass derselbe spiegelnde ebene Blättchen bildet, die unter dem Mikroskope auffallend ähnlich manchen Kalken sich zeigen, auch in der Grösse der Körner mit ihnen übereinstimmen, besonders mit Kalken von mittlerer Feinheit, etwa von 0,03—0,05 mm Grösse. Merkwürdig war mir besonders, dass auch die Umrisse der einzelnen Körner dieser Blättchen auffallend wellig und buchtig, sehr selten nur stellenweise geradlinig, sich zeigten, ganz ähnlich der Fig. 3 Taf. I.

Auch beim langsamen Verdampfen von aufgesammelten Tropfsteinmassen aus der Gailenreuther Höhle erhielt ich gleichfalls solche mit unregelmässigen welligen Kontouren versehene Körner. Es zeigt uns das wenigstens soviel, dass auch wenn sich Kalk, sei es durch Fällung, sei es durch Verdunstung, absetzt, die dadurch erhaltenen Körnchen durchaus nicht regelmässige Formen annehmen müssen und dass daher die rundlichen und welligen Umrisse der Körner in vielen Kalksteinen sehr gut mit der Annahme eines Absatzes derselben ohne Zuthun von organischen Wesen und ohne eine spätere Umwandlung zu vereinigen ist.

Räthselhaft bleibt deswegen die Art und Weise des Absatzes der Kalke und der Dolomite immerhin, um so

räthselhafter, wenn wir einen so beträchtlichen Wechsel in der Zusammensetzung der auf einander folgenden Gesteine sehen, wie er sich selbst an einer Lokalität bei einer so wenig mächtigen Schichtenreihe wie die fränkische Trias bemerklich macht, ja, wie wir oben S. 561 sahen, selbst in ein und derselben Schichte an wenig weit von einander entfernten Punkten derselben, und wenn wir uns dabei noch sagen müssen, dass das Alles, so zu sagen, aus einem ununterbrochen gefüllt gebliebenen Topfe, dem Meere, sich nach und nach abgesetzt hat. Wir müssen die Lösung auch dieser Räthsel künftigen Forschungen überlassen.

Wenn wir demnach auch über die Art und Weise, wie sich Kalke und Dolomite absetzten, nichts Positives aus unseren Untersuchungen entnehmen konnten, so lässt sich doch, wenn ich nicht irre, einiges über Zeit und Ort dieses Vorganges daraus erkennen, und zwar wesentlich durch Berücksichtigung des Verhaltens der unlöslichen Bestandtheile in diesen Gesteinen.

Wir haben oben erwähnt, dass die unlöslichen Bestandtheile im Verhältniss zu dem Schlamme unserer grossen Flüsse ziemlich grobkörnig erscheinen, dass sie mit Wasser geschüttelt, viel rascher sich absetzen, als dieser. Selbst wenn man eine dem Meerwasser ähnliche Kochsalzlösung zu diesen Versuchen wählt, findet man immer dasselbe Resultat eines raschen Abklärens des Wassers. Das spricht dafür, dass diese unlöslichen Massen nicht von grossen, weit und lang fliessenden Strömen in das Meer eingeführt wurden, sondern mehr von kleineren rascher sich bewegendenden Flüssen, oder auch hie und da durch die Thätigkeit des Meeres an Küsten erzeugt wurden. Wir dürfen aber auch ferner schliessen, dass sie auch im Meere nicht sehr weit transportirt wurden etwa durch bedeutende Meeresströme, weil auch diese sehr bald nur das feinste Material mit sich führen, und ebenso wie die Flüsse eine Verkleinerung und

Abrundung der Körner besorgen. Eine genauere Vergleichung des Verhaltens der unlöslichen Bestandtheile aus ein und demselben Schichtensysteme über die ganze Ausdehnung desselben möchte vielleicht in einzelnen Fällen nicht uninteressante Thatsachen über die Richtung der Bewegung dieser Massen und auch über ihren Ursprung zu Tage fördern. Für die bei weitem grösste Zahl der heute auf den Festländern sich findenden Kalksteine lässt sich ja in der That von der Silurformation an bis herauf meist leicht der Nachweis liefern, dass in nicht allzugrosser Entfernung sich zur Zeit ihrer Bildung Land befunden habe. In Russland allein würden gegenwärtig Kalke gefunden werden können, die weit von allen Festländern oder Inseln entstanden sind. Leider standen mir keine derartigen Kalke zu solchen vergleichenden Untersuchungen zu Gebote, wie sich in ihnen die unlöslichen Bestandtheile verhalten.

Aber auch für die Bestimmung der Zeit, welche die Bildung der Kalksteine erforderte, können wir einiges aus dem Verhalten dieser letzteren abnehmen. Wir haben schon oben S. 575 erwähnt, dass die unlöslichen Bestandtheile ganz gleichmässig in den Kalken und Dolomiten vertheilt seien, d. h. dass auch auf dem Querschnitte eines solchen Gesteines die Vertheilung durchaus keine bestimmten Unregelmässigkeiten, vor Allem keine schichtenartige Bildung erkennen lässt. Wir müssen daraus den Schluss ziehen, dass der Absatz des Kalkes und das Zubodensinken der unlöslichen schwebenden Bestandtheile ein ununterbrochenes war, so lange wir diese gleichmässige Vertheilung wahrnehmen, also jedenfalls so lange sich eine Schichte bildete, und nur eine kleine Aenderung eintrat, wahrscheinlich ein kurzer Stillstand in der Bildung des Kalkes oder ein vorübergehendes etwas stärkeres Absetzen der unlöslichen Masse, welche uns das Ende der älteren und den Anfang der neuen Schichte anzeigen.

Aber ebenso müssen wir dann auch für den Kalk eine gleichmässig anhaltende Abscheidung annehmen, da ausserdem lagenweise eintretende Ungleichheiten im Verhältniss der zweierlei Bestandtheile dieser Gesteine, der löslichen und der unlöslichen, wahrnehmbar sein müssten, indem es ja nicht denkbar ist, dass die zwei aus ganz verschiedenen Ursachen sich absetzenden Theile immer in so gleichem Takte Ungleichheiten im Absetzen erfahren haben sollen, dass dadurch stets ein gleiches Verhältniss zwischen beiden erhalten blieb, während mit der Annahme, dass die Bildung beider ununterbrochen vor sich ging, die gleichmässige Vertheilung beider in einer Schichte von selbst folgt, und ebenso die Ungleichheit des Mengenverhältnisses beider Arten von Massen in verschiedenen Kalken sehr einfach aus der stärkeren oder schwächeren Einfuhr der mechanisch abgesetzten Massen erklärbar ist. Von den letzteren wissen wir nun überdiess sicher, dass sie, wenn auch in ungleicher Menge an verschiedenen Stellen und zu verschiedenen Zeiten ununterbrochen ins Meer eingeführt werden und aus physikalischen Gründen ununterbrochen sich zu Boden senken. Ebenso aber auch ist es gewiss, dass sie, je weiter sie von ihrer Ursprungsstelle fortgetragen werden, um so feiner werden und wohl auch um so sparsamer in derselben Wassermasse enthalten sind, daher werden sich auch unter sonst gleichen Umständen gebildete Kalke reiner zeigen, je entfernter von Küsten oder Einmündungsstellen von Flüssen sie sich abgesetzt haben. Wir besitzen leider keine ausgedehnteren Untersuchungen über den Gehalt des Meerwassers an schwebenden Bestandtheilen, noch weniger ist es natürlich möglich, den Gehalt an solchen im Meere früherer Perioden zu ermitteln, dennoch haben wir einige schwache Anhaltspunkte, um wenigstens die Frage beantworten zu können, ob es wahrscheinlich sei, dass auch nur Jahrtausende zur Bildung einer Schichte Kalk von mittlerer Mächtigkeit, etwa 20 cm, nöthig gewesen seien.

Wir haben S. 577 die Thatfachen mitgetheilt, aus denen hervorgeht, dass die schwebenden Bestandtheile der meisten unserer Kalksteine sehr rasch niedersinken, weil sie verhältnissmässig ziemlich grobkörnig sind. Wir dürfen daraus weiter schliessen, dass diese Massen nicht sehr weit transportirt wurden, also auch noch nicht allzu verdünnt ins Meer gebracht wurden. Unter gewissen Voraussetzungen über die Mächtigkeit einer bestimmten Formation können wir nun auch die Gesammtmenge der mechanisch in dieselbe eingeführten Bestandtheile berechnen, und daraus nun Schlüsse auf die Zeitdauer, welche die Bildung derselben in Anspruch nahm, ziehen, welche immerhin doch einigermaßen auf thatsächlicher Basis beruhen.

Wir wollen zu diesem Behufe die Juraformation, und zwar die obere, fast nur aus Kalk und Dolomit bestehende Abtheilung ins Auge fassen. Die Oberflächenausdehnung derselben wollen wir zu 300 g. Q. M. annehmen, ihre Mächtigkeit im Durchschnitt zu 1000 Fuss und ihren mittleren Gehalt an unlöslichen Bestandtheilen zu 4%, alle Zahlen entschieden etwas über dem wahren Werthe liegend. Wir nehmen sie ferner in dieser Ausdehnung als eine mit senkrechten Wänden ohne alle Lücken ausgebildete Masse an. In diesem Falle würde, da eine g. Q. Meile 521'682649 P. Q. Fuss hat, das Volumen dieser Ablagerung 156''504794'700000 Kub. Fuss betragen und darin bei der Annahme von 4% unlöslicher Bestandtheile 6''260191'788000 Millionen Kubikfuss derselben enthalten sein.

Vergleichen wir damit einmal die von unseren grossen Strömen in das Meer eingeführten Schlamm Massen. Nach den sehr genauen Untersuchungen der Mississippikommision unter Humphrey und Abbot bringt dieser Strom allein gegenwärtig jährlich 7460 Millionen Kubikfuss unlöslicher Massen ins Meer, das ist eine Masse, welche in 839 Jahren schon

denselben Betrag erreichen würde, wie die in der ganzen oberen Juraformation niedergelegte Schlammmasse.

Nun haben wir allerdings keinen Anhaltspunkt, um das Vorhandensein so grosser Ströme in früheren Zeiten oder am Ende der Trias und während der Bildung des weissen Jura anzunehmen, aber wir sehen doch daraus, wie bedeutend fliessendes Wasser am Aufbau der Schichten theiligt ist, und eine einfache Erwägung der physikalischen Verhältnisse des bewegten Wassers zeigt uns, dass die Wirkung der kürzer in kleineren Strömen oder Flüssen sich bewegendes Wassermasse verhältnissmässig grösser ist, als die eines sehr lang und weithin strömenden Flusses. Jeder Fluss zeigt uns, dass er um so geringeren Schlammgehalt besitzt, um so weniger feste Bestandtheile mechanisch mit sich fortführt, je näher er seiner Mündung kommt, indem einmal das Gefälle abnimmt und die Schlammmassen und der Sand sich schon während des Transportes im Flusse selbst zu Boden setzen. Würde z. B. an Stelle des Mississippithales ein Meerbusen von seiner jetzigen Mündung bis St. Louis sich erstrecken, so würde unzweifelhaft in diesen Meerbusen von den dann als Küstenflüsse erscheinenden Nebenflüssen des Mississippi mehr Material in denselben eingeführt, als jetzt von dem letzteren in den Golf von Mexico gebracht wird. Wir sehen das auch an den bis jetzt allerdings noch sehr spärlichen Angaben über den Gehalt an schwebenden Bestandtheilen im Wasser der Flüsse. Beim Rhein finden wir im maximum nur 0,02 %, im Mississippi beträgt er im maximum $\frac{1}{13}$ %, beim Ganges im maximum zur Regenzeit $\frac{1}{4}$ % (genauer 0,23), das von mir geschöpfte Taminawasser enthielt, nach nicht sehr bedeutendem Regen, schon ebenso viel (0,24), es soll aber manchmal bis auf 2 % steigen.

Wir wissen nun freilich nicht, wie sich die Flüsse der früheren Perioden verhalten haben, auch über die Regen-

verhältnisse wissen wir nichts Sicheres, nur soviel, dass es regnete, und weil das Klima in jenen Zeiten noch wärmer und auch feuchter war, wohl etwas mehr, als gegenwärtig unter den Breiten, in denen sich die Juraformation findet. Wie wir schon oben erwähnten, nöthigt uns die Beschaffenheit des in den Jurakalken und Dolomiten vorhandenen Schlammes und seine Vertheilung in denselben zu dem Schlusse, dass sich derselbe ziemlich rasch senkte und anhaltend und wohl nicht sehr weit transportirt wurde. Wir können nun damit prüfen, ob es wahrscheinlich sei, dass sehr lange Zeit zur Bildung einer einzelnen Schichte nöthig gewesen sei, oder nicht, indem wir die Consequenzen prüfen, zu welcher die erstere Annahme führt. Wir haben den mittleren Gehalt an Schlamm in der Juraformation zu 4% angenommen. In einer Schichte von der mittleren Dicke von 20 cm Mächtigkeit würde demnach die Schlammmasse allein eine Dicke von 8 mm haben.

Unsere Versuche ergeben, dass in einer Stunde schon die suspendirten Massen unseres Jurakalkes um 12 cm sich senkten, nehmen wir aber auch für eine Stunde nur 5 cm an, so wird doch in einem Tage schon sämmtliche in einer Wasserschichte von 120 cm Höhe enthaltene Masse sich gesetzt haben, in einem Jahre demnach der Inhalt von 365×120 cm oder von 432 Meter. Wenn wir nun z. B. annehmen, dass zur Bildung dieser Schichte, die, wie wir oben sahen, gleichmässig und ununterbrochen aus Kalk und Unlöslichem sich aufbaute, 80 Jahre erforderlich gewesen seien, so würde in einem Jahre die Masse des Unlöslichen einer Schichte von 0,1 mm entsprechen, abgesetzt aus einer Wassermasse im Gesamtbetrage von 432 m oder 432000 mm Höhe.¹⁰⁾ Nehmen wir das Gewicht der unlöslichen Massen

10) Ich sage Gesamtbetrug, um damit anzudeuten, dass es nicht nöthig ist, sich zu denken, dass eine so dicke Schichte dazu nöthig sei. Denken wir z. B. einen Meeresstrom auch nur 30 Meter hinabreichend,

auch zu 3 an, so würde der Gehalt an schwebenden Bestandtheilen im Wasser dem Gewichte nach nur $\frac{1}{1'440000}$ oder in 100000 Theilen Wassers nur ein $\frac{1}{14}$ betragen haben. Würden wir 800 Jahre für die Bildungszeit einer solchen Schichte fordern, — Manche sprechen ja von Tausenden von Jahren — so würde nur 0,01 mm im Jahre niedergesunken sein und der Gehalt an schwebenden Bestandtheilen auf $\frac{1}{140}$ in 100000 Theilen Wassers herabgehen.

Wir haben, wie schon erwähnt wurde, soviel mir bekannt ist, keine Untersuchungen über den Gehalt des Meerwassers an schwebenden Bestandtheilen und können diese Zahlen daher auch nicht mit dem Verhalten unserer Meere vergleichen, wenn wir aber erwägen, welche ungeheueren Massen Schlammes unserer Flüsse mit sich führen, dass selbst nach langer Trockenheit der Rhein im minimum in 100000 Wassers noch 1,73 Schlamm enthält, also 240mal mehr als nach unserer letzten Annahme gefunden wird und 24mal mehr, als nach der ersten, so werden wir immerhin eher dieser ersten, als jener letzteren, eine grössere Wahrscheinlichkeit zuerkennen, da ja doch eigentlich thatsächliche Gründe für die Annahme einer so langen Bildungszeit für eine einzige Schichte nicht angegeben werden können.

Mir scheint es demnach, dass die Verhältnisse der unlöslichen Bestandtheile der Kalke und Dolomite wenigstens in vielen Fällen besser mit der Annahme keiner so gar langen Zeitdauer der Entstehung ihrer Schichten übereinstimmen. Es wäre sehr zu wünschen, wenn diese bisher wenig beachteten Theile unserer Erdrinde, deren genauere systematische Untersuchung noch manches Resultat von

so wird doch von diesem wegen der anhaltenden Erneuerung seines Wassers gerade so viel Material unter ihm zum Absatz kommen, als wenn eine ruhende Wassersäule von der angegebenen Höhe ihren Inhalt in derselben Zeit absetzte.

allgemein geologischem Interesse zu liefern vermag, ebenso wie die Gesteine, in welchen sie Unterkommen gefunden haben, von verschiedenen Lokalitäten und Formationen einer eingehenden Bearbeitung unterworfen würden, und wünsche ich nur, dass die vorliegenden Blätter, wenn sie auch Niemanden dazu ermuntern sollten, doch auch Keinen davon abschrecken mögen.



