

Das Phosphoritlager von Steinbach
und
allgemeine Gesichtspunkte über Phosphorite.
Von
Theodor Delmar.

Lagerungsverhältnisse und Vorkommen.

Das Gebiet Steinbach, Euthal und Umgebung (Canton Schwyz), auf welches ich, um den Phosphorit in seiner ganzen Verbreitung constatiren zu können, meine Untersuchungen ausdehnte, gehört ganz der Eocänformation an.

Von Norden durch das Sihlthal kommend überschreitet man die Grenze zwischen der untern Süsswassermolasse und den Eocänbildungen bei Kalch; man gewahrt hier sofort die verschiedenen geologischen Formationen auch im landschaftlichen Bilde ausgeprägt: dort sanft wellenförmige Conturen, hier hingegen fast senkrechte, hohe Wände, Abstürze quer zur Streichungsrichtung.

Den grössten Theil der Wände bilden Nummulitenkalkriffe von bedeutender Mächtigkeit, sie stehen auf einem flach geböschten Terrain, das wohl zumeist aus den abgelagerten Verwitterungsproducten besteht; auch jetzt ist die Oberfläche dicht mit Gesteinstrümmern besäet.

Für eine eingehende Untersuchung der Lagerungsverhältnisse sind die Aufschlüsse zu mangelhaft, gut abgeschlossen ist überhaupt nur der Nummulitenkalk, während die andern hier vorkommenden Gesteine, wie Flyschsandstein, Mergel, »Wuhrstein«, Foraminiferen-

schiefer, nur an wenigen Orten als bestimmt anstehendes Gestein constatirt und untersucht werden können.

Das ist auch der Grund dafür, warum bis jetzt die Frage, ob die verschiedenen hier gefundenen, sonst nirgends ähulich stark ausgebildeten Schichten des Parisian wirklich eine ungestörte Lagerung oder aber nur eine durch Biegung verursachte Wiederholung einer Schichtfolge seien, nicht definitiv beantwortet werden kann. Nach Professor Mayer-Eymar's Untersuchungen¹⁾ scheint es am wahrscheinlichsten, dass es eine vielmalige Wiederholung der Schichten ist, also eine doppelte Falte darstellt, deren Scheitel abgewittert, so dass nur mehr die 4 Schenkel vorhanden sind. Ich unterlasse es, auf die Frage der allgemeinen Structur des Profils hier näher einzutreten; mit absoluter Sicherheit lässt sich hierüber wegen mangelhafter Aufschlüsse nichts sagen, und die verschiedenen Möglichkeiten zu erörtern, fällt ausserhalb des Rahmens dieser Arbeit.

Ich gehe nun zur Besprechung des Phosphoritvorkommens selbst über; dasselbe gehört nach den Untersuchungen Mayer-Eymar's²⁾ dem mittleren Grobkalk (Parisian I^d) an. Die zwei am weitesten von einander entfernten Punkte, an welchen ich das Phosphoritflötz zu Tage gehen sah, bei Fluhrain und bei Hirzenegg, liegen in einem Abstände von ungefähr 4 km Luftlinie; auch die Höhendifferenz dieser beiden Fundorte ist eine ziemlich bedeutende, indem Fluhrain 890 m ü. M., Hirzenegg 1430 m ü. M. liegt. An zwischenliegenden Punkten

¹⁾ Verhandlungen der schweizerischen naturforschenden Gesellschaft in Einsiedeln in 1868, p. 68.

²⁾ Beiträge zur geolog. Karte der Schweiz.

gelang es mir das Flötz noch zu constatiren, rechts von der Sihl bei der Ruhstell 910 m ü. M. und am Sattel 1280 m ü. M. an zwei Stellen. Das Streichen des Flötzes ist Ost-West, mit allgemeinem Einfallen nach Süden, jedoch variirt der Winkel zwischen 10° und 30° , und zwar verflacht sich die Schicht auf der rechten Seite der Sihl gegen die höheren Punkte zu.

Alle die Orte, an denen das Phosphoritflötz zu Tage liegt, befinden sich ungefähr in der Geraden, die Fluhrain mit Hirzenegg verbindet. Dieser verhältnissmässig grossen Ausdehnung in der Streichrichtung gegenüber kann über die Ausdehnung im Fallen wegen mangelhafter Aufschlüsse nichts gesagt werden. Nach dem, was constatirt werden konnte, bildet das Flötz einen Streifen von unbekannter Breite, dessen Continuität durch Erosion auf längere Strecken gestört ist; so z. B. zwischen Fluhrain und Ruhstell durch die Sihl. Ich habe an verschiedenen Orten, die zum Theil ziemlich entfernt vom Flötz, Phosphoritbruchstücke gefunden, so z. B. besonders im Bette eines Wildbachs neben Bruschenegg; in den meisten Fällen gelang es mir jedoch nicht, die Schicht, aus welcher die Stücke stammen können, zu finden; diese Thatsache sprach wohl dafür, dass das Phosphoritflötz stark durch Verwitterung und Erosion gelitten, so dass an vielen Stellen wahrscheinlich nur mehr unbedeutende Reste desselben vorhanden sind. An der Ruhstell lässt es sich ganz genau constatiren, dass der Phosphorit nur noch einen Lappen von sehr begrenzter Ausdehnung bildet, doch kann man die Frage, ob die jetzt noch vorhandenen wenigen Centimeter die ursprüngliche Mächtigkeit der Schicht seien, weder an der Ruhstell, noch an den andern Punkten rechts von der Sihl

mit vollständiger Bestimmtheit beantworten, da hier der Phosphorit entweder unmittelbar die Oberfläche bildet, oder aber nur durch eine dünne Verwitterungs- und Humusschicht bedeckt ist.

In Folge dieses Umstandes kann natürlich auch von der Untersuchung des hangenden Gesteins des Phosphorits rechts von der Sihl nicht die Rede sein. Das Liegende bildet überall Nummulitenkalk (auf Hirzenegg, Sattel, Ruhstell, Fluhrain), den ich, da er überall ganz genau gleich ist, bei der speciellen Besprechung des Fluhrainer Fundortes behandeln werde.

Für meine weitem Untersuchungen war in Folge der vorhin angegebenen Umstände besonders der Fundort Fluhrain von Wichtigkeit. Hier erreicht nämlich das Flötz eine Mächtigkeit von $\frac{1}{2}$ Meter, welche an dieser Stelle unbedingt die ursprüngliche ist.

Am Fluhrain bildet das Hangende des Phosphoritflötzes und zugleich die Oberfläche ein sehr harter mit grünen, in den tiefern Theilen auch mit weissen Körnern durchsäeter, graugrüner, eisenhaltiger Kalkstein, auch »Wuhrstein« genannt; derselbe streicht Ost-West und fällt gegen Süden unter 24° ein. Der Wuhrstein ist durch Verwitterung röthlich gefärbt und prismatisch zerklüftet; er enthält gar keine Fossilien, mit Ausnahme etwa der untersten 10 cm, wo vereinzelte Pecten-Schalen vorkommen. Dieses Gestein eignet sich sehr gut für Bauten und wird namentlich jetzt zu Bauten einer Wildbach-Correction ausgebeutet; hiedurch liegt hier an mehreren Stellen das die Sohle des Kalksteins bildende Phosphoritlager, das auch Steine zu Bauten liefert, bloss.¹⁾

¹⁾ Kaufmann, Beiträge zur geol. Karte der Schweiz.

Das Phosphoritflötz, das wie gesagt $\frac{1}{2}$ m Mächtigkeit hat, ist ein dunkel gefärbtes Conglomerat von Petrefacten, welche durch kieseliges und kalkiges Zwischengestein als Bindemittel mit einander verkittet sind; selbst in kleinen Bruchstücken kann man die Petrefacten von dem Zwischengestein unterscheiden, denn diese sind in Folge ihres Gehaltes an organischen Substanzen braunschwarz, während das Zwischengestein weisslich-grau ist. Weitere Unterschiede bestehen darin, dass die Petrefacten härter und spröder sind, ferner höheres specifisches Gewicht haben als das Zwischengestein. Dieses letztere ist oft ganz dicht durchsät mit weissen Körnchen; mit der Structur derselben werde ich mich noch eingehender befassen, hier sei nur erwähnt, dass es kleine Concretionen, Apatit, Chlorit von einer kalkigen Rinde umgeben, sind.

Das Phosphoritflötz enthält eine ungemein grosse Menge von Versteinerungen; die am häufigsten vorkommenden sind¹⁾: *Ceratocyathus cornutus*, Haime; *Pecten Parisiensis*, Orb.; *Natica Hantoniensis*, Pilk.; *Fusus rugosus*, Lam.; *Triton subspinosum*, May-Eym.; *Cassidaria diadema*, Desh., und gegen die Sohle zu zeigen sich auch Foraminiferen in grosser Zahl.

Das Liegende des Phosphoritflötzes bildet Nummulitenkalk, doch ist die Grenze zwischen beiden keine scharfe, indem z. B. viele Nummuliten theilweise in der Phosphoritschicht, theilweise im Nummulitenkalk liegen.²⁾ Der Nummulitenkalk ist ganz voll von kleinen und mittelgrossen Orbitoiden und Nummuliten, welche an der Oberfläche des Gesteins sehr schön ausgewittert sind. Die

¹⁾ Mayer-Eymar, Beiträge zur geol. Karte der Schweiz.

²⁾ Kaufmann, Beiträge zur geol. Karte der Schweiz.

Schicht ist am Fluhrain bis auf den Thalboden herab durch die Sihl quer durchschnitten, sie hat hier eine Mächtigkeit von etwa 7 m; man kann dieselbe von der Seite nicht verfolgen, weil sie als sehr steile Wand gegen das Sihlthal abstürzt; doch ist sie hier, sowie in der Umgebung leicht von weitem von den andern hier vorkommenden Gesteinen zu unterscheiden durch ihre helle, gelblich weisse Färbung.

Ich will noch einige Worte über die technische Verwendbarkeit dieses Vorkommens, verglichen mit andern Phosphoriten, sagen.

Das Flötz von Steinbach hat eine maximale Mächtigkeit von 50 cm; der Gehalt an Phosphorsäure schwankt ziemlich stark, indem, wie die Bauschanalyse ergab, der obere Theil 8,9% P_2O_5 , der untere 5,8% P_2O_5 enthält. In den Ardennen werden bei Grandprés und Saulces-Monclin Phosphoritknollenschichten ausgebeutet, die sogar nur 10 cm Mächtigkeit haben, aber die Knollen enthalten hier 14—20% P_2O_5 ¹⁾; trotzdem würde dieses Lager auch nicht ausgebeutet werden, wenn nicht günstige Nebenumstände, wie geringer Abraum, leichte Förderung, Nähe von grossen Lagern, vorhanden wären. In Steinbach sind die Nebenumstände sehr ungünstig, der Transport des gewonnenen Materials wäre zwar leicht, indem die Strasse unmittelbar neben dem mächtigsten Theil des Flötzes, an dem Fluhrain, vorbeigeht; aber die 1 m mächtige sehr harte Wuhrsteinschicht, welche entfernt werden müsste, ferner die ungemein hohe Härte und Consistenz des Phosphorits, in deren Folge nur eine Gewinnung durch Sprengarbeit möglich wäre; dies im Verein

¹⁾ P. Orly, Phosphates de chaux.

mit dem niedrigen Phosphorsäuregehalt und geringer Mächtigkeit des Flötzes sind Factoren, welche eine rentable technische Ausbeutung unmöglich machen.

Mikroskopische Untersuchung der Structur.

Ich gehe nun über zu einer kurzen Schilderung der Rolle, die die verschiedenen Gemengtheile im Aufbau des Gesteines haben. Als Gemengtheile fand ich durch die mikroskopische und mikrochemische Untersuchung organische Substanz, Apatit, Chlorit, Limonit, Magnetit und kohlen sauren Kalk.

In allen Dünnschliffen zeigte sich sehr schön die Mörtelstructur, mit den Erscheinungen der sphärischen Aggregatpolarisation. Die Grundmasse bildet überall der kohlen saure Kalk; sehr häufig kommen eingelagert vor kleine Concretionen von max. 1 mm Durchmesser, die schon bei oberflächlicher makroskopischer Betrachtung des Gesteinstückes als weisse Körner auffallen. Dieselben haben alle ovale bis elliptische Form und bestehen aus einem Kern und einer calcitischen Rinde. Den Kern bilden meistens Chlorit oder Apatitkörner; dieselben haben alle eine unregelmässige Begrenzung, die concentrische Kalkschale schmiegt sich ganz genau an den Kern an. Die Schale besteht immer aus vielen kleinen Theilchen, deren Trennungslinien ziemlich radial verlaufen.

Wenn wir hier Concretionen und Grundmasse unterschieden haben, können wir andererseits die zum grossen Theil mit organischer Substanz gefüllten Petrefacten von der ganz anorganischen Grundmasse, zu der wir nun die

vorher als Grundmasse und Einlagerung unterschiedenen Theile zählen, unterscheiden.

Die organische Masse ist immer auf die Reste der früheren Organismen beschränkt; sie kommt nie in der Grundmasse vor, dies ist ein Umstand, der von Bedeutung für die Erklärung der Bildung ist, und den ich deshalb hier besonders hervorheben will. Doch nicht allein organische Substanz füllt den ganzen Raum innerhalb der Petrefacten aus, es sind sehr zahlreich eingelagert: mikroskopische Apatitkörnchen, verschiedene Eisenverbindungen, speciell Chlorit; besonders die Nummulitenschalen des untersten Horizontes sind zum Theil ganz mit chloritischer Masse ausgefüllt. Die Structur der Fossilien ist in den meisten Fällen sehr deutlich erkennbar, auffallend ist jedoch die Thatsache, dass überall nur Calcit, nirgends Aragonit zu finden war.

Ich habe die Dünnschliffe des Steinbachphosphorit mit denjenigen eines Phosphorits von Oberried (Rheinthal) stammend, aus dem Gault, verglichen; dieselben haben ganz verschiedene Structur. Bei dem Phosphorit von Oberried ist keine Unterscheidung von Grundmasse und Einlagerungen möglich, das Ganze ist ein Aggregat von unregelmässigen Apatit-, Calcit-, Glaukonit-, Magnetitkörnern.

Nachdem ich nun die allgemeinen Structurverhältnisse geschildert habe, gehe ich zur Untersuchung der Frage über: ändert sich dieselbe, und wie ändert sie sich an den verschiedenen Punkten?

Um diese Frage eingehend untersuchen zu können, wurden die Gesteinstücke für die Dünnschliffe verschiedenen Orten sowohl nach Tiefe als horizontaler Verbreitung entnommen.

Das Resultat war, dass sich die Structur nicht ändert, wenn man Stücke von verschiedenen Fundstellen aber aus demselben Niveau untersucht; die Structur ist in demselben Horizont überall gleich.

Anders verhält es sich, wenn man Schliffe des Gesteins von ein und demselben Fundort, aber aus verschiedenen Tiefen vergleicht. Die Gemengtheile sind auch hier qualitativ überall dieselben, aber das Mengenverhältniss, in welchem sie auftreten, ändert, und hiedurch ändert sich das ganze structurelle Bild; es zeigt sich ganz deutlich, dass die Phosphorsäure von oben im Gestein vordrang und die Kohlensäure theilweise verdrängt hat.

Wenn wir einen Schliff aus dem untersten Niveau untersuchen, so sehen wir, dass hier der weitaus vorherrschende Gemengtheil kohlenaurer Kalk ist, wenn wir hingegen einen Schliff aus dem obersten Horizont betrachten, bemerken wir, dass hier der kohlensaure Kalk stark durch phosphorsauren Kalk zurückgedrängt ist, obzwar noch immer eine ziemlich bedeutende Menge des ersteren vorhanden bleibt. In Schliffen aus Stücken, die zwischen diesen zwei äussersten Theilen, dem obersten und untersten Niveau liegen, sieht man sehr schön die Uebergangsstadien.

Chemische Untersuchung.

Um über die chemische Zusammensetzung des Phosphorits von Steinbach ein allgemeines Bild zu erhalten, kam es vor allen Dingen auf eine gute Durchschnittsprobe an; diese konnte ich nun in ausgezeichnete Weise bekommen, indem ich zu den Bauschanalysen das Pulver der verschiedenen Sprengbohrlöcher, die nothwendig ge-

wesen, um das Flötz zu durchqueren und aus verschiedenen Horizonten Handstücke zu erhalten, verwenden konnte.

Das Pulver der verschiedenen Bohrlöcher wurde fein zerkleinert, gut durcheinander gemischt und je etwa 1 Gr. Substanz zu den Aufschliessungen verwandt. Das Resultat der qualitativen Analyse war, dass das Gestein folgende Gemengtheile enthält:

CaO, Al_2O_3 , FeO, Fe_2O_3 , MgO, Na_2O , K_2O , lösliche und unlösliche Kieselsäure, Phosphorsäure, Kohlensäure, Chlor, Fluor und organische Substanz.

Die qualitativen Analysen aus Handstücken der verschiedenen Fundorte ergaben alle dieselben Gemengtheile, die schon durch die Analyse des Materials der Bohrlöcher nachgewiesen waren.

Den wichtigsten Theil der quantitativen Untersuchung bildete mit Rücksicht auf die technische Verwendbarkeit und die später zu erörternde Frage der Bildung des Phosphoritflötzes die Art des Vorkommens der Phosphorsäure; um hiefür Anhaltspunkte zu erhalten, war es nothwendig, eine grössere Anzahl von Bestimmungen auszuführen.

Der Gehalt an Phosphorsäure wurde folgendermassen ermittelt: 10 Gramm der feingepulverten Substanz wurden durch halbstündiges Kochen mit Salpetersäure aufgeschlossen, nach dem Erkalten filtrirt, auf 500 cm^3 aufgefüllt, 50 cm^3 Lösung (50 cm^3 entspricht 1 Gr. Substanz, wodurch die Rechnung der Analyse sehr einfach wird) abpipettirt, durch Ammoniak mit Methylorange als Indicator neutralisirt und die mit Ammonnitrat und Leim versetzte Lösung nach Dr. Grethe's Ammonmolybdatmethode titrit. Diese Methode gestattet ein rasches und sehr genaues Arbeiten, wie ich dies durch jeweilige

Vergleichung mit den Resultaten der durch Fällung mit Magnesiamixtur erhaltenen Controlbestimmungen constataren konnte.

Von grossem Interesse war es, über das Vorkommen der Phosphorsäure nicht nur im Phosphoritflötz, sondern auch in dessen Liegendem, dem Nummulitenkalk, und im Hangenden, dem Wuhrstein, orientirt zu sein: zu diesem Behufe ausgeführte Bestimmungen ergaben, dass das Liegende nur Spuren, das Hangende hingegen 2—3,3% P_2O_5 enthält; und zwar ist hier ihr Vorkommen ein allgemeines, nicht nur auf die untere Schichtgrenze beschränktes; ich will ferner noch besonders das Untersuchungsergebniss hervorheben, dass im Wuhrstein die gesammte Phosphorsäure in Form von in Wasser unlöslichen Phosphaten vorhanden ist, während, wie wir später sehen werden, der Phosphorit noch wasserlösliche Phosphate enthält.

Ich gehe nun zur speciellen quantitativen Untersuchung des Phosphorits über. Um zuerst den Durchschnittsgehalt an Phosphorsäure zu bekommen, benutzte ich zu den Bestimmungen das Pulver aus Bohrlöchern, die, wie bereits erwähnt, zur Sprengung der Handstücke nothwendig gewesen. Am Fluhrain waren 2 Bohrlöcher zur Durchquerung des Flötzes nothwendig. Bohrloch I ging von der Oberfläche bis 25 cm Tiefe, Bohrloch II von 25 cm Tiefe bis zur Sohle (50 cm).

Die Analysen ergaben:

Bohrloch I 8,9% P_2O_5

Bohrloch II 5,8% P_2O_5

Die auffallende Abnahme des Phosphorsäuregehaltes gegen die Tiefe zu veranlasste mich, diese Frage eingehend in den einzelnen Handstücken aus dem obern,

mittlern und untern Horizont des Flötzes zu studiren; es wurden jeweilen dreierlei Bestimmungen ausgeführt:

1. der Phosphorsäuregehalt des Gesteins im Ganzen,
2. » » » » der Petrefacten für sich,
3. » » » » des Zwischengesteins für sich.

Die Resultate der Analysen der Handstücke vom Fluhrain waren folgende:

P_2O_5 -Gehalt in %.

Niveau	Gestein		Petrefacten		Zwischengestein	
Oberer Theil	9,23	9,81	18,68	17,35	3,89	3,49
Mittlerer Theil	7,85	7,04	12,95	13,30	2,87	2,87
Unterer Theil	4,15	4,82	7,53	7,90	1,52	1,38

Aus diesen Zahlen ist ersichtlich:

1. dass der Phosphorsäuregehalt gegen die Tiefe zu abnimmt,

2. dass die Petrefacten durchschnittlich 4,9 mal so reich sind an Phosphorsäure als das Zwischengestein; dies sind zwei Thatsachen, die von grosser Bedeutung für die Frage der Entstehung des Phosphorits sind.

Ob die Abnahme gegen die Tiefe zu auch an den andern Fundstellen stattfindet, war wegen der dort zu geringen Mächtigkeit des Flötzes nicht möglich zu untersuchen, hingegen den bedeutend grösseren Reichthum der Petrefacten an Phosphorsäure, gegenüber dem Zwischengestein, fand ich überall.

P_2O_5 -Gehalt in %.

Fundort	Gestein		Petrefacten		Zwischengestein	
Ruhstell	7,39	8,05	12,65	12,91	2,54	2,57
Sattel	8,34	8,17	11,92	11,78	3,27	2,96
Hirzenegg	8,15	8,01	12,20	12,43	3,08	3,21

Aus denselben Handstücken, aus denen ich den Phosphorsäuregehalt bestimmte, bestimmte ich jeweilen auch die Kohlensäure gewichtsanalytisch nach der Bunsen'schen Methode.

CO₂-Gehalt in %.

Fundort		Gestein		Petrefacten		Zwischengestein	
Fluh- rain	Oberer Theil	14,66	13,43	4,32	4,20	19,92	21,43
	Mittl. Theil	14,88	16,71	9,24	9,55	18,59	20,92
	Unterer Theil	17,10	16,64	14,68	15,03	20,84	20,13
Ruhstell	} Ober- fläche	16,38	15,52	10,51	10,44	21,26	20,56
Sattel		13,94	14,47	10,79	10,35	18,84	19,79
Hirzenegg		14,50	14,42	10,25	10,83	19,85	20,46

Wenn man aus den verschiedenen Tabellen die entsprechenden Gehalte an Phosphorsäure und Kohlensäure vergleicht, dann sieht man, dass immer, je mehr von einer Säure vorhanden, um so weniger von der andern da ist; dies bekräftigte meine per analogiam gemachte Folgerung, dass das Phosphoritflötz keine primäre Bildung, sondern ein Umwandlungsproduct sei, in welchem die Phosphorsäure als stärkere Säure die Kohlensäure verdrängt hat; den Beweis dafür, dass dieser Process wirklich stattgefunden hat, und wie wir uns die Umwandlung vorzustellen haben, das werde ich in dem Abschnitt über die Entstehung des Phosphorits behandeln. Hier will ich nur noch auf das Resultat hinweisen, dass aus beiliegender auf Grund meiner Untersuchungen zusammengestellten Tabellen ersichtlich ist, dass die Summe des Gehalts von an Kohlensäure gebundenem RO + der an Phosphorsäure gebundenen RO constant bleibt.

Fundort	Material	P ₂ O ₅ in %	C O ₂ in %	An P ₂ O ₅ als (Ca O) ₃ P ₂ O ₅ gebund. Ca O in %	An CO ₂ als Ca O, CO ₂ gebund. Ca O in %	Σ Ca O in %	
Fluhrain	Oberer Theil	Gestein	9,23	14,66	10,89	18,62	29,51
			9,81	13,43	11,58	17,06	28,64
		Petrefacten	18,68	4,32	22,04	5,49	27,53
	17,35		4,20	20,47	5,33	28,80	
	Zwischengestein	3,89	19,92	4,59	25,30	29,89	
		3,49	21,43	4,12	27,23	31,35	
	Mittlerer Theil	Gestein	7,85	14,88	9,25	18,90	28,15
			7,04	16,71	8,31	21,22	29,53
		Petrefacten	12,95	9,24	15,28	11,73	27,01
	13,30		9,55	15,69	12,13	27,82	
	Zwischengestein	2,87	18,59	3,39	23,61	27,00	
		2,35	20,92	2,77	26,57	29,34	
Unterer Theil	Gestein	4,15	17,10	4,90	21,72	26,62	
		4,82	16,64	5,69	21,15	26,84	
	Petrefacten	7,53	14,68	8,88	18,64	27,52	
7,90		15,03	9,32	19,09	28,41		
Zwischengestein	1,52	20,84	1,79	26,47	28,26		
	1,38	20,13	1,63	25,56	27,19		
Ruhstell	Oberfläche	Gestein	7,39	16,38	8,72	20,80	29,52
			8,05	15,52	8,32	19,71	28,03
	Petrefacten	12,68	10,51	14,96	13,35	28,31	
12,91		10,44	15,24	13,26	28,50		
Zwischengestein	2,54	21,26	3,00	27,00	30,00		
	2,57	20,56	3,03	26,11	29,14		
Sattel	Oberfläche	Gestein	8,34	13,94	9,84	17,70	27,54
			8,17	14,47	9,64	18,38	28,02
		Petrefacten	11,92	10,79	14,07	13,70	27,77
11,78	10,35		13,98	13,15	27,13		
Zwischengestein	3,27	18,84	3,86	23,93	27,79		
	2,96	19,79	3,49	25,13	28,62		
Hirzenegg	Oberfläche	Gestein	8,15	14,50	9,62	18,42	28,04
			8,01	14,42	9,45	18,31	27,76
		Petrefacten	12,20	10,25	14,40	13,01	27,41
12,43	10,83		14,67	13,75	28,42		
Zwischengestein	3,08	19,85	3,63	25,21	28,84		
	3,21	20,46	3,79	25,98	29,77		

Zur Uebersichtlichkeit sind hier einige Phosphorsäure- und Kohlensäuregehalte und die an dieselben gebundenen Basenmengen neben einander gestellt. Die Tabelle ist so gerechnet, als ob die ganzen Säuren nur an CaO gebunden wären; dies glaubte ich thun zu dürfen, weil, wie die quantitative Bauschanalyse ergab, die andern Basen im Verhältniss zu CaO nur in geringen Mengen vorhanden sind, und überdies kann bei einem Gestein wie dieser Phosphorit, bei dem das quantitative Vorkommen der Gemengtheile so wechselnd ist, ohnedies nur von angenäherten Vergleichungsergebnissen die Rede sein.

Eine ungemein grosse Schwierigkeit bot bei den Analysen der Petrefacten und des Zwischengesteins die Isolirung derselben aus dem Gestein; trotz der angewandten Sorgfalt gelang dies manchmal nicht vollständig, die Abweichungen mögen zum Theil hiedurch erklärt werden, zum Theil auch durch die vielen die Umsetzung begleitenden störenden Umstände.

Aus der Tabelle geht wie bereits erwähnt hervor, dass der Calciumgehalt des Gesteins überall unverändert geblieben ist, also

$$\Sigma (\text{CaO an CO}_2 \text{ gebunden} + \text{CaO an P}_2\text{O}_5 \text{ gebunden}) = \text{constant} = 28,08.$$

Es schien mir von Interesse und Wichtigkeit für die Untersuchung, einerseits die Wirkung von gleichen Phosphatlösungen auf verschiedene Carbonate, andererseits die Wirkung von Phosphatlösungen verschiedener Concentration auf dasselbe Carbonat experimentell zu studiren.

Ich ging bei der Auswahl der Carbonate für die Untersuchung darauf aus, möglichst wichtige Typen zu wählen, d. h. solche, dass aus den Resultaten der Versuche auf die allgemeinen, in der Natur vorkommenden

Verhältnisse gefolgert werden könne. Ich wählte faserigen Aragonit, körnigen Dolomit, geschlemmte Kreide; dieselben wurden mit zweipercntiger Dinatriumphosphatlösung während 2 Monaten bei Zimmertemperatur in Berührung gelassen, die Substanzen alsdann fein gepulvert und so lange gewaschen, bis sie keine Phosphorsäure-reaction mehr im Waschwasser ergaben, dann in Salpetersäure gelöst, und der Phosphorsäuregehalt bestimmt. Das Resultat der Analysen war:

im Aragonit (2 Monate in 2 percentiger Lösung gelegen)

0,15 % P_2O_5

dem entspricht

0,17 $(CaO)_3 P_2O_5$

in Dolomit (2 Monate in 2 percentiger Lösung gelegen)

Spuren P_2O_5

in Kreide (2 Monate in 2 percentiger Lösung gelegen)

0,65 % P_2O_5

dem entspricht

0,77 % $(CaO)_3 P_2O_5$

in Kreide (2 Monate in 12 percentiger Lösung gelegen)

1,92 % P_2O_5

dem entspricht

2,26 % $(CaO)_3 P_2O_5$

Wir sehen, dass die Einwirkung der Lösung selbstverständlich nicht genau proportional der Concentration ist, indem die zwölfpercentige Lösung, die sechsmal concentrirter war, nur eine ungefähr dreimal so starke umsetzende Wirkung hatte als die zweipercntige, allein dass eben doch die Einwirkung mit der Concentration sehr wesentlich zunimmt. In der Natur wird wohl die Concentration der einwirkenden Lösung durch die Dauer der Einwirkung ersetzt werden können.

An dieser Stelle will ich noch hinweisen auf die verschieden starke Umsetzung, die bei den verschiedenen Materialien des Versuchs eintrat; ich hebe diese That-

sache besonders hervor, weil sie Anhaltspunkte für die Erklärung gewisser Erscheinungen der Phosphorbildung giebt.

Die Dinatriumphosphatlösungen, die auf die Carbonate eingewirkt hatten, untersuchte ich und gelangte hiebei ungefähr zu denselben Resultaten wie Schwachhöfer¹⁾. Die Lösung trübt sich nach kurzem Erwärmen und es entsteht alsbald ein weisser Niederschlag. Nachdem sich derselbe gut abgesetzt, pipettirte ich die Lösung ab und untersuchte Niederschlag und Lösung getrennt.

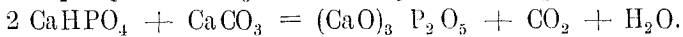
Die klare Lösung kochte ich andauernd, um mich davon zu überzeugen, ob die Ausfällung beendet, und als keine Trübung mehr eintrat, versetzte ich sie mit etwas Salzsäure, worauf sich eine Entwicklung von Kohlensäurebläschen zeigte. Welche Carbonate konnten da in Lösung sein? Calciumcarbonat konnte es nicht mehr sein, denn solches hätte beim Kochen sich zersetzen und als einfaches Carbonat ausfallen müssen; thatsächlich ergab auch eine minutiöse qualitative Prüfung mit Ammonoxalat auf Kalk ein negatives Resultat. Es konnte also nur Natriumcarbonat gelöst gewesen sein; wie sich dasselbe gebildet hat, werden wir später sehen.

Den beim Kochen ausgeschiedenen Rückstand untersuchte ich ebenfalls. Ich wusch denselben durch Umschütteln so lang, bis das Waschwasser keine Reaction auf Phosphorsäure mehr gab, alsdann löste ich den Niederschlag in Salpetersäure, worauf eine schwache Entwicklung von Kohlensäurebläschen eintrat, herrührend von Calciumcarbonat, das aus Zersetzung durch Kochen des in der Lösung vorhandenen Bicarbonats sich gebildet

¹⁾ Schwachhöfer, Jahrbuch der k. k. geol. Reichsanstalt Bd. XXI, p. 211.

hat. Die Salpetersäurelösung gab eine ziemlich starke Reaction auf Phosphorsäure; dieselbe war in dem als in Wasser unlöslich ausgefallenen dreibasischen Phosphat, das in der Lösung ursprünglich als saures Phosphat vorhanden gewesen und sich beim Kochen, unter Einwirkung auf das Calciumcarbonat, in unlösliches Phosphat verwandelt hat und ausgefallen ist.

Die bei dem beschriebenen Process stattfindende Umsetzung geschieht, wie aus dem beschriebenen Versuch hervorgeht, wahrscheinlich nach folgenden Gleichungen:



Das Endergebniss dieser Untersuchungen kann folgendermassen zusammengefasst werden:

Bei Einwirkung von Natriumphosphat auf Calciumcarbonate findet indirecte Umsetzung statt, wobei sich als Zwischenproduct saures Calciumphosphat, als Endproducte dreibasisches Calciumphosphat, Calciumbicarbonat und Natriumcarbonat bilden.

Entstehung des Phosphorits und allgemeine Gesichtspunkte.

Die fossil erhaltene Fauna des Phosphorits zeigt, dass hier eine ungemein grosse Menge von Gastropoden und Korallen gelebt haben. Die hauptsächlich verbreiteten Korallen sind die Ceratocyathen, die nach den Angaben von Moseley¹⁾ in einer Tiefe von 50 Faden leben. Die Ceratocyathen sind Tiefseekorallen und treten im eigentlichen Sinne des Wortes nicht Riffe bauend auf, doch haben wir im Phosphoritflötz von Steinbach eine so massen-

¹⁾ Challenger Expedition, Zoology, Bd. II, S. 133.

hafte Anhäufung derselben, dass ich in diesem Sinne glaube von einer Gastropoden- und Korallenbank reden zu dürfen.

Auf die Bildungsweise solcher Bänke will ich hier nicht eintreten, ich möchte nur Eines, als für die Erklärung gewisser Bildungsvorgänge wichtig, hervorheben. Unter der Einwirkung des Meeres wird der aus den Schalen abgestorbener Thiere bestehende Theil der Bank allmählich umgewandelt. Durch die Brandung werden, besonders in den äussersten Partien der Bank, die Schalen abgebrochen, theils mechanisch, theils chemisch zerstört, zerrieben, gelöst. Ein Theil wird vom Meer nebst andern Bestandtheilen wieder theils mechanisch, theils chemisch abgelagert, doch wird jetzt der gelöste Aragonit der Schalen, wie jedes im Meer gelöste Calciumcarbonat als Calcit ausgeschieden und bildet nebst andern Gemengtheilen das Zwischengestein; so sind auch die weissen Körner im Zwischengestein entstanden, sie sind Concretionen, indem an vorher durch das Meer abgelagerten Stoffen sich eine concentrische Schale von Calcit ansetzte.

Eine solche Bank wie z. B. die von Steinbach enthält auf diese Art beide Calciumcarbonate, den Aragonit in den Schalen gewisser Thiere und den Calcit durch Wiederabsatz von Gelöstem im Zwischengestein. So muss auch das jetzige Phosphoritflötz einst Calcit und Aragonit enthalten haben; bei der mikroskopischen Untersuchung konnte ich jedoch keinen Aragonit finden, derselbe muss sich also, da er doch unbedingt z. B. in den Korallen vorhanden gewesen, umgesetzt haben.

Der Gedanke lag nahe die Bildung des Phosphorits entsprechend denjenigen Vorkommen zu deuten, deren Entstehung wir jetzt noch direct, z. B. im stillen Ocean

auf Baker's, Howland's, Jarri's Island beobachten können. Durch relative Niveauschwankungen, sei es durch Senkung des Meeresniveaus, sei es durch Hebung des Untergrundes, tauchen Korallenbänke über den Meeresspiegel empor; dieselben werden oft durch grosse Mengen von Vögeln bewohnt, so dass die ganze Oberfläche mit Excrementen und Leichen der Thiere bedeckt ist. Oder man kann an den Fall denken, dass, wie es an den Küsten von Aden und Perim im October und November geschieht, das Meer ungeheure Massen todter Fische ans Ufer wirft¹⁾, durch deren Verwesung phosphorsaure Salze frei werden, welche, durch das Regenwasser gelöst, in die darunter befindlichen Schichten infiltriren und den kohlsauereren Kalk derselben in phosphorsauereren verwandeln. So plausibel diese Erklärung auch für den vorliegenden Fall des Steinbacher Phosphorits erscheint, haben doch meine Untersuchungen gezeigt, dass hier die Phosphorsäure nicht direct aus einer organischen Schicht stammt.

Welches ist der Ursprung der Phosphorsäure? Sie ist hier nicht auf primärer Lagerstätte, d. h. konnte nicht aus den Organismen, die hier gelebt haben, stammen, denn dieselben enthalten davon in lebendem Zustand nur minimale Mengen, z. B. nach C. Schmidt die Anodonta 0,55%, nach C. v. Vait die Flussperlmuschel 0,2% phosphorsauereren Kalk. Ueberdies beweist die Thatsache, dass der Phosphorsäuregehalt gegen die Tiefe zu abnimmt (die Analyse ergab als Durchschnitt:

für den obern Theil 8,9% P_2O_5

für den untern Theil 5,4% P_2O_5),

dass die Phosphorsäure von oben infiltrirt sein muss.

¹⁾ Gosselet, Phosphates de chaux.

Die Abnahme des Phosphorsäuregehaltes mit zunehmender Tiefe würde auch dann vorhanden sein, wenn dieselbe aus einem unmittelbar über der Schicht liegenden Guanolager herkäme; dass dies aber in Steinbach nicht der Fall war, geht mit voller Bestimmtheit daraus hervor, dass das Hangende des Phosphorits, der Wührstein bis 3,3 % Phosphorsäure enthält, während derselbe, wenn die Guanoschicht unmittelbar über der Korallen- und Gastropodenbank gelegen hätte, schon wenige Centimeter über der Phosphoritschicht keine Phosphorsäure mehr enthalten würde.

Ein weiterer Beweis dafür, dass die Phosphorsäure des Phosphorits nicht in einer unmittelbar denselben überlagernden Schicht ihren Ursprung hat, könnte leicht bei einer oberflächlichen Betrachtung als Beweis für das Gegentheil angesehen werden; es ist dies das verhältnismässig starke Auftreten organischer Substanzen. Das eingehendere mikroskopische Studium der Art und Weise des Vorkommens derselben zeigt aber, dass mit dem Phosphorit keine organische Schicht in Berührung gestanden haben kann; in den Dünnschliffen sieht man nämlich, wie ich dies schon im Abschnitt über die mikroskopische Untersuchung beschrieben habe, dass die organische Substanz ausschliesslich auf die Petrefacten beschränkt ist, was doch, wenigstens an der Berührungsfläche, nicht der Fall sein würde, denn wenn irgendwohin, so müssten unbedingt hieher mit dem Sickerwasser auch organische Stoffe infiltrirt sein, und da dieselben den gleichen Conservirungsbedingungen unterworfen wären wie die organische Substanz, die in den Fossilien noch erhalten ist, so müsste man unbedingt auch im Zwischengestein organische Reste finden; dass

dieselben gänzlich fehlen, betrachte ich wohl mit Recht auch als Beweis dafür, dass das Phosphoritlager nie mit einer organischen Abfallschicht direct in Berührung gewesen ist.

Da nun die Phosphorsäure, wie wir gesehen, von oben kommend im Phosphorit vordrang, dieselbe aber nicht aus einer unmittelbar darüber liegenden organischen Schicht gekommen sein konnte; da ferner der das Hangende bildende Wührstein auch jetzt noch Phosphorsäure enthält, so ist der Beweis dafür geliefert, dass der Phosphorit durch Auslaugung der löslichen Phosphate des Wührsteins durch das Sickerwasser und Infiltration derselben in die unmittelbar darunter liegende Bank entstanden ist.

Wenn wir die Frage nach dem Ursprung der Phosphorsäure verfolgen, taucht nothwendigerweise das Problem auf, woher die im Wührstein enthalten gewesene Phosphorsäure stamme. Dieselbe ist direct oder indirect organischen Ursprungs; das ist aber das Einzige, was mit Bestimmtheit angegeben werden kann; für nähere Umstände fehlen die Anhaltspunkte. Der Wührstein ist in dieser Beziehung schon ganz umgewandelt; er ist nicht mehr, wie er ursprünglich gewesen, und man kann über die ursprüngliche Art und Weise des Vorkommens der Phosphorsäure nichts wissen; hiedurch geht einer der wichtigsten Factoren, die Aufklärung geben könnten, verloren.

Eine wichtige Frage bleibt noch zu beantworten; es ist dies die Frage nach der Ursache der grossen Verschiedenheit im Phosphorsäuregehalt zwischen den Petrefacten und dem Zwischengestein.

Zur Beantwortung dieser Frage geben meine in dem Abschnitt über die chemische Untersuchung beschriebenen

Experimente über die Wirkung von wasserlöslichen Phosphaten auf Carbonate, einige Anhaltspunkte. Das Resultat dieser Versuche war, wenn man die angegebenen Zahlen vergleicht, dass Aragonit viel leichter durch Phosphate eine Umsetzung erleidet als Calcit; eine Thatsache, die man auch bei andern chemischen Einwirkungen constatiren kann.

Ich habe im Anfang dieses Abschnitts gezeigt, dass die Bank, aus der das Phosphoritflötz von Steinbach entstanden, beide Calciumcarbonate enthielt, und zwar den Aragonit in den meisten dort vorkommenden Thierschalen, den Calcit aber im Zwischengestein. Aus dem Vorhergeschickten ergibt sich die Erklärung der beobachteten Thatsachen folgendermassen; die Schalen, die aus Aragonit bestehen, haben sich unter Einwirkung der Phosphate viel leichter, also auch schneller umgesetzt als das calcitische Zwischengestein, daher ihr grösserer Reichtum an Phosphorsäure.

Gümbel hat Versuche angestellt ¹⁾, um die bei allen chemischen Umsetzungen constatirte Verschiedenheit von Calcit und Aragonit zu untersuchen; er gelangte hiebei zu dem Resultat, dass nicht der Umstand massgebend sei, ob die Masse aus Calcit oder Aragonit besteht, sondern die Structur. Nach Gumbels Resultaten wäre der Grund der Verschiedenheit im Phosphorsäure- resp. Phosphatgehalte zwischen Petrefacten und Zwischengestein in der Structurverschiedenheit beider Theile zu suchen.

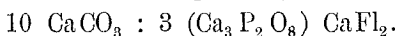
Ich will nun den Bildungsgang des Phosphorits von Steinbach, wie sich derselbe aus meinen Untersuchungsergebnissen zeigt, mit einigen Worten zusammenfassen.

¹⁾ Gumbel, Zeitschrift der deutschen geol. Gesellschaft, 1874, p. 386.

In eine Anhäufung von Korallen- und Gastropodenschalen, die durch mechanische und chemische Sedimentation, hauptsächlich durch Calcit mit einander verkittet werden, infiltriren von oben mit dem Sickerwasser aus der darüber liegenden Wührsteinschicht Phosphate. Die Folge davon ist eine Anhäufung der Phosphorsäure in den untern, aus verkitteten Schalen bestehenden Bank und schliesslich eine Umsetzung der Carbonate in Phosphate, die allmählich nach unten fortschreitet. Diese Art der Bildung ist der Grund für den höheren Phosphorsäuregehalt in höheren Horizonten gegenüber dem der tiefer gelegenen, wo nicht so viel Phosphorsäure hinkam; der Unterschied im Phosphorsäuregehalt zwischen Petrefacten und Zwischengestein ist durch die leichtere Umsetzbarkeit des Schalen-Aragonits, die schwierigere hingegen des Zwischengestein-Calcites gegeben.

Im Folgenden werde ich versuchen, aus meinen bei den Untersuchungen gewonnenen Resultaten einige allgemeine Gesichtspunkte für Phosphorite abzuleiten.

Man hat die Phosphorite als krystallinische (apatitische) und unkrystallinische unterschieden. Schwackhöfer hat an einem podolischen Knollenphosphoritvorkommen¹⁾ gezeigt, dass dies nur verschiedene Bildungsstadien sind, wie es durch verschieden stark infiltrirte Phosphoritkugeln desselben Fundortes bewiesen wird. Schwackhöfer sagt hierüber Folgendes: »10 Gewichtstheile kohlenaurer Kalk geben 1 Gewichtstheil Phosphorit (resp. Apatit):



Das Atomgewicht des kohlenauren Kalkes ist = 100, folglich 10 Gewichtstheile = 1000; das des Apatits ist

¹⁾ Schwackhöfer, Jahrbuch der k. k. geol. Reichsanstalt, Bd. XXI, S. 211.

= 1008. Die mittlere Dichte des in der Natur vorkommenden kohlen-sauren Kalkes ist 2,65, die des Apatits 3,15. Berechnet man aus dem Atomgewicht und der Dichte die Volumina, so gelangt man zu folgenden Zahlen:

$$\frac{1000}{2,65} = 377,4 \text{ und } \frac{1008}{3,15} = 320,0.$$

Es verhält sich also das Volumen des kohlen-sauren Kalkes zu dem des Apatits wie 377,4 : 320,0 oder wie 100 : 84,8, und die nothwendige Folge davon ist eine Contraction. Diese Contraction schreitet mit der Umsetzung gleichmässig fort und wird daher um so grösser sein, je vollständiger die Umsetzung erfolgt ist.« Schwackhöfer führt dann weiter aus, dass mit der Contraction auch nothwendigerweise eine Aenderung im Gefüge verbunden sein muss. Der Verlauf der Bildung ist darnach folgender: Ursprünglich waren homogene Calcitkugeln vorhanden, dieselben werden durch die infiltrirende Phosphorsäure nach und nach umgewandelt, indem sich dementsprechend, von aussen nach innen, concentrische Phosphorsäure enthaltende Kugelschalen bilden; der unveränderte Calcitkern wird immer kleiner, bis er schliesslich, wenn die Kugel vollständig infiltrirt ist, ganz verschwindet.

Parallel mit dieser Umsetzung schreitet nach dem vorher Gesagten nothwendigerweise auch die Contraction und hiedurch die Aenderung im Gefüge gleichmässig fort.

Mit diesen Betrachtungen stimmten die Erscheinungen bei den infiltrirten Kugeln vollständig überein. Bei 20% Phosphorsäuregehalt erschien die ganze Masse fast dicht, mit wachsendem Phosphorsäuregehalt war die Contraction zuerst an dem strahligen Gefüge der äusseren Zonen erkennbar, dieselbe schreitet allmählich in das Innere vor, bis schliesslich die ganze Kugel strahlige Structur an-

genommen. Doch nicht allein durch Auftreten der strahligen Structur offenbart sich die stattgefundene Contraction; bei vollkommen infiltrirten Kugeln entstehen immer auch Risse und Sprünge, welche im Centrum am weitesten sind und gegen den Rand zu allmählich verschwinden. Schwackhöfer hat die Contraction auch experimentell bestimmt und fand bei einer vollkommen infiltrirten Kugel eine Contraction gleich $100 : 86$, in Uebereinstimmung mit der theoretisch gerechneten von $100 : 84,8$. So lässt sich auf Grund des Beschriebenen das faserige Gefüge des Apatits von Estramadura, des Lahnphosphorits, des Staffelits erklären.

Besonders sind die von Schwackhöfer beschriebenen Erscheinungen vorhanden in den verschiedenen Stadien im Amberger Phosphorit; Voith hat dieselben, jedoch ohne Deutung, beschrieben.¹⁾ Hier fanden sich faserige phäroidische Concretionen, die auch viel Spaltrisse haben und in Folge ihrer Structur von selbst zerfallen; über denselben, also in Horizonten, wo noch mehr Phosphorsäure hingelangt, in Folge dessen die Umsetzung noch vollständiger, die Contraction und hiemit die Structuränderung noch weiter gegangen ist, sind die Concretionen schon kristallinisch; sie bestehen hier aus mikroskopisch kleinen glänzenden, durchsichtigen, übereinander gehäuften Kristallen.

Die in diesen beiden angegebenen Fällen so schön beobachtbaren Structuränderungen müssen unbedingt bei jeder ähnlichen Umsetzung stattfinden, nur sind sie meistens nicht so prägnant ausgebildet. Wenn statt des Calcits bei Aragonit die Umwandlung stattfindet, wie dies z. B. zum Theil in dem Phosphorit von Steinbach oder

¹⁾ Voith, Jahrbuch für Mineralogie, 1836, p. 158.

überhaupt in Korallen- etc. Schalen enthaltenden Schichten der Fall ist, dann wird die Contraction a priori schon geringer sein müssen, da der Aragonit selbst schon dichter ist als Calcit, indem das specifische Gewicht des Aragonits im Mittel = 2,9 gegenüber dem des Calcits = 2,65.

Ich glaube aus dem Angegebenen geht unzweideutig hervor, dass eigentlich keine wesentlichen Unterschiede zwischen dem amorphen Phosphorit und dem krystalinischen, dem Apatit (dem Apatit der sedimentären Schichten), bestehen; vielmehr sind es bloss verschiedene Stadien der Entwicklung, indem die stattgefundenen Umsetzungen ungleich ist.

Ich gehe nun dazu über zu zeigen, dass ebenso die als vereinzelt Knollen und die als Gestein vorkommenden Phosphorite auch denselben Bildungsgang und dieselbe Bildungsursache haben, jedoch verschiedenen Bildungsbedingungen, die die Abweichungen zur Folge haben, unterworfen gewesen sind. Ein sehr interessantes Beispiel ist in dieser Beziehung durch seine Mittelstellung zwischen den andern Vorkommen der Phosphorit von Steinbach.

Dieses Phosphoritlager kann man auch auffassen als Einlagerung phosphorsäurereicherer Körper in phosphorsäurärmerem Gestein; sieht man davon ab, dass diese phosphorsäurereichern Körper Fossilien sind, und betrachtet man sie nur als Einlagerung im Gestein, so hat man, wenn der Phosphorsäuregehalt des Gesteins variirt wird, die beiden extremen Arten des Vorkommens der Phosphorite.

Enthält das Gestein gar keine Phosphorsäure, so haben wir Einlagerung von phosphorsäurehaltigen Körpern in taubem Gestein; das ist die häufigste Art der Phosphoritvorkommen; hierher gehören die Phosphorite von grossen Knollen angefangen bis zum feinen im Gestein vertheilten Staub.

Wenn dagegen das Gestein ebenso viel Phosphorsäure enthalten würde wie die Einlagerung (dies ist nur eine theoretische Betrachtung, denn in diesem Falle würde man natürlich nicht von Einlagerungen und Gestein sprechen), dann haben wir den Phosphorit als gleichmässiges Gestein.

Zwischen diesen beiden extremen Fällen giebt es alle Uebergangsstadien; in der Mitte steht ungefähr das Phosphoritlager von Steinbach; hier enthält das Gestein auch Phosphorsäure, jedoch bedeutend weniger als die Einlagerungen resp. die Petrefacten.

Welches sind nun aber die Bedingungen, unter denen die eine oder die andere Art des Phosphorits sich bildet? Hiefür haben wir Anhaltspunkte im Phosphoritvorkommen von Steinbach. Der verschiedene Phosphorsäuregehalt der Fossilien und des Zwischengesteins hat hier seine Ursache in der verschiedenen Umsetzbarkeit der beiden.

Wenn wir uns nun wieder ein anderes Gestein denken und zwar dem früheren analog ein Gestein, das durch Phosphate gar nicht angegriffen wird, dann haben wir die Phosphoritknollenbildung, natürlich vorausgesetzt, dass zur Zeit, wo die Phosphorsäure infiltrirt, der Umsetzung fähige Kohlensaurekalk-Knollen im Gestein vorhanden sind.

Wenn im Gegensatz hiezu das ganze Gestein als solches gleichmässig in Phosphate verwandelt werden kann, dann entsteht bei Einwirkung von Phosphorsäureverbindungen der Phosphorit als Gestein. Zwischen diesen beiden extremen Fällen steht wieder der Phosphorit von Steinbach in der Mitte, indem hier sowohl das Zwischengestein als die Einlagerungen umsetzbar sind, doch sind sie es in verschiedenem Grade, die Fossilien leichter als das Zwischengestein.

Endlich woher stammt die Phosphorsäure der Phosphorite? Die Phosphorsäure kommt in Form von mikroskopischen Apatitkörperchen in den meisten Gesteinen vor; sie ist in den Massengesteinen sowohl als in den sedimentären Schichten vorhanden; in den sedimentären Gesteinen ist sie, von dem seltenen Falle einer Ueberführung durch Auslaugung aus einem Massengestein abgesehen, organischen Ursprungs, und zwar sowohl zoogen als phytogen.

Durch Auslaugung löslicher Phosphate, Ueberführung derselben und Anhäufung in einem umsetzbaren umgebenden oder unterliegenden Gestein, entstehen die Phosphoritlager; manchmal kann der Ursprung der Phosphorsäure direct nachgewiesen werden, so z. B. ist sie im Sombreit¹⁾ zoogen (Guano), im Phosphorit von Pilgramsgreuth²⁾ phytogen (Braunkohle).

Die Phosphorite enthalten also die Phosphorsäure nicht auf primärer Lagerstätte, sie sind demzufolge selbst auch nicht primäre Bildungen, sondern Umwandlungsproducte, die sich nach der früher beschriebenen Art und Weise gebildet haben; alle Phosphoritvorkommen vom krystallinischen (apatitischen) bis zum amorphen, vom als vereinzelte Knollen auftretenden bis zum Phosphoritgestein, alle haben dieselben Bildungsursachen und denselben Bildungsgang und sind in Wirklichkeit nichts Anderes als das Product einer und derselben Ursache, aber in verschiedenen Stadien und unter verschiedenen Bedingungen der Bildung.

¹⁾ Zirkel, Petrographie.

²⁾ Voith, Phosphorit von Pilgramsgreuth, Jahrbuch für Mineralogie 1836.