

# Ueber die Verwitterung der Kalksteine der Barrande'schen Etage Ff 2.

Von Friedrich Katzer in Prag.

Die etwa 50 bis 100 Meter mächtige Barrande'sche Etage Ff 2, mit welcher nach E. Kayser's Auffassung, der ich mich schon in früheren Publicationen rückhaltlos angeschlossen habe, die böhmische Devonformation beginnt, besteht aus Kalksteinen, von welchen man im Allgemeinen zwei Abarten unterscheiden kann, nämlich eine dichte oder sehr feinkörnige, zumeist auf die tieferen Züge beschränkte, und eine grobkrystallinische in den höheren Abtheilungen des Stockwerkes häufiger auftretende. Beide Abarten sind gewöhnlich von weisser oder lichtröthlicher Farbe, welche nur stellenweise (wie bei Sliwenetz, Měňan und Suchomast) roth bis dunkelbraun wird.

Diese Kalksteine verwittern verhältnissmässig leicht, besonders die grobkörnigen. Das Verwitterungsproduct der dichten Abart ist ein lichter Thon, welcher das Gestein als gleichmässige, kaum einige Millimeter mächtige Schicht zu bedecken pflegt, wodurch dasselbe vor tiefer gehender Zersetzung geschützt wird. Dagegen erweist sich die grobkrystallinische Abart oft in mehr als Metertiefe deutlich angegriffen, wobei das Verwitterungsergebniss verschieden sein kann, nämlich entweder eine licht ockerfärbige thonige Masse, oder ein gelber Sand. Gewöhnlich bedeckt das thonige als auch das sandige Verwitterungsproduct in Strichen nebeneinander, oder auch als Gemisch den zu Tage tretenden Kalkstein, welches Phänomen in den meisten Steinbrüchen, an Schluchten und Wänden der Etage Ff 2 wahrgenommen werden kann und so charakteristisch ist, dass es geradezu als Erkennungszeichen des Stockwerkes gelten könnte.

Ich nahm mir vor, zu ermitteln, auf welche Art und Weise die dichten oder schönkrystallinischen, zumeist rosa angehauchten Kalksteine in schmutziggelben Thon oder Sand übergehen, kurz, den Verwitterungsvorgang genau zu untersuchen. Zu diesem Behufe wählte ich das Material, welches die Unterschiede oben bezeichneter Kalksteinabarten sehr gut zum Ausdruck bringt, von zwei Localitäten, nämlich weissen, dichten Kalkstein von K o n é p r u s und grobkrystallinischen röthlich gefärbten

Kalkstein von Slichov. Von beiden Fundorten nahm ich hinreichende Proben zur petrographischen Untersuchung, als auch zu Durchschnittsanalysen jedes unverwitterten Kalksteines, mehrerer Stadien der Verwitterung und endlich des Zersetzungsproductes. Indem ich nun das äussere Aussehen jeder Probe mit den physikalischen Eigenschaften, dem mikroskopischen Habitus und schliesslich mit der chemischen Analyse verglich, überzeugte ich mich alsbald, dass viele dem Aussehen nach verschiedene Proben in chemischer Hinsicht beinahe identisch waren, so dass also hier äusserliche Merkmale durchaus keinen Anhaltspunkt zu einer richtigen Beurtheilung des Fortschreitens der Verwitterung darbieten. Erst als ich, vom chemischen Befund ausgehend, die übrigen Eigenschaften einander gegenüberstellte, erhielt ich Einsicht in den Verwitterungsvorgang.

Um denselben zu beschreiben, vermag ich mich auf einige ausgewählte Proben zu beschränken, weil dieselben den Vorgang klarer ersichtlich machen, als die Gesamtzahl der zur Untersuchung herangezogenen, von welchen einige übrigens zur Beurtheilung des Hergangs der Zersetzung ohne Belang sind, indem sie mit denen, welche ich anführen werde, mehr oder weniger übereinstimmen; während die Berücksichtigung einiger anderer die Darlegung nur verwickeln möchte, weil immer wieder hervorgehoben werden müsste, dass entweder bei gleicher chemischer Zusammensetzung die übrigen Eigenschaften verschieden sind, oder wohl auch umgekehrt. Bei Auswahl der einzelnen Proben verwandte ich grosse Sorgfalt darauf, dass dieselben, insofern sie mit einander verglichen werden sollen, in der betreffenden Reihe möglichst demselben Verwitterungsgrad entsprechen. Ich glaube, die Ergebnisse meiner Untersuchungen zweckentsprechend so darzustellen, dass ich vorerst immer das äussere Aussehen, die physikalischen Eigenschaften, die makroskopisch oder auch mikroskopisch wahrnehmbaren, durch fortschreitende Zersetzung hervorgerufenen Veränderungen hervorheben, dann den chemischen Befund anführen und endlich aus dem Ganzen meine Schlüsse ableiten werde. Sämmtliche chemische Analysen, ausser zweien, verdanke ich der freundlichen Vermittlung des Herrn Assistenten J. Formánek.

Was zunächst den weissen dichten Kalkstein von Koněprus anbelangt, so konnten in vollkommen befriedigender Weise eigentlich nur zwei Stadien, nämlich das gar nicht angegriffene Gestein und das Endergebniss der Verwitterung, untersucht werden.

Der unverwitterte Kalkstein, derselbe, der stellenweise nur aus Bronteuspygidien zusammengesetzt erscheint und neuerdings sehr schöne und zahlreiche Exemplare von *Aristozoë regina* geliefert hat, ist von schmutzigweisser Farbe, hier und da von milchigen Adern durchschwärmt, anscheinend aphanitisch. Unter dem Mikroskope jedoch erscheint er als ein Gemenge von kleinen krystallinischen Kalkspathkörnern mit mehr oder weniger zahlreichen kalkigen organischen Resten. Die Dichte beträgt 2.75. Der Bruch ist im Grossen beinahe muschelig, zugleich immer etwas erdig.

Der Vorgang der Verwitterung lässt sich hier nicht genau verfolgen, weil nur eine dünne Schicht vollkommen zersetzten Materials

den noch gar nicht angegriffenen Kern zu bedecken pflegt und ein Uebergang makroskopisch kaum ersichtlich und an Dünnschliffen nur an der matten Umrandung und an dem häufigeren Auftreten milchiger Körnchen wahrnehmbar ist. Das Verwitterungsresiduum ist eine schmutzigweisse bis lichtgrane, seltener rostiggelbliche thonige oder feinsandige Masse.

Die chemische Analyse ergab folgende Resultate:

	1. des unverwitter- ten Kalksteines	2. der thonigen Substanz
Kohlensäure . . . . .	44·23 Procent	14·33 Procent
Kalk . . . . .	51·78 "	18·13 "
Magnesia . . . . .	2·64 "	0·28 "
Eisen- und Aluminiumoxyd . . . . .	0·47 "	5·94 "
Alkalien . . . . .	— "	0·7 "
Wasser . . . . .	— "	5·53 "
Unlöslich . . . . .	0·84 "	54·11 "
	99·96 Procent	99·02 Procent

Die hieraus berechneten Mengen von Kalk- und Magnesiumcarbonat betragen:

	in 1.	in 2.
Kalkcarbonat . . . . .	92·45 Procent	32·37 Procent
Magnesiicarbonat . . . . .	5·6 "	0·58 "

Es ist also der weisse dichte Kalkstein von Koněprus ein dolomitischer Kalkstein, in welchem der Gehalt an Bitterspath rund 6 Procent beträgt. Der im Verwitterungsresiduum verbliebene Rest von Kalkcarbonat beträgt 35·01 Procent, doch von Magnesiicarbonat nur mehr 10·34 Procent der ursprünglichen Menge. Bei der Verwitterung werden im Allgemeinen die Carbonate ausgelaugt und fortgeführt, doch nimmt merkwürdigerweise die kohlen-saure Magnesia, obwohl schwerer löslich als Kalkcarbonat, dreimal schneller ab als dieses. Der relative Gehalt an Eisenoxyd und Thonerde und an Wasser nimmt bedeutend zu. Besonders aber tritt die Vermehrung des unlöslichen Rückstandes hervor. Derselbe macht im Verwitterungsproduct reichlich 64mal so viel aus als im ursprünglichen Kalkstein. Während das Verhältniss der Carbonate zum unlöslichen Antheil im unverwitterten Kalke ist wie 116·7 : 1, gestaltet es sich im Zersetzungsproduct wie 0·61 : 1.

Nimmt man an — was man mit Berücksichtigung des Umstandes, wie das Zersetzungsproduct dem unangegriffenen Gestein aufliegt, in der That glauben kann, mit einiger Berechtigung thun zu dürfen, — dass der unlösliche Antheil des Verwitterungsresiduums einfach eine Anhäufung des im ursprünglichen Kalksteine enthaltenen unlöslichen Rückstandes ist, von dem kaum viel verloren gehen kann, so müssten mindestens 64 Gewichtstheile des Kalksteines verwittern, um 1 Theil des Residuums zu liefern. Dann würden jedoch bei Berücksichtigung nur der Hauptbestandtheile einander gegenüberstehen Gewichtstheile von:

	Kalkcarbonat	Magnesiicarbonat	Unlöslich.
1. im unverwitterten Kalkstein	5916·8	359·04	54·11
2. im Residuum . . . . .	32·37	0·58	54·11

Hieraus ist ersichtlich, dass, wenn der unlösliche Antheil des Verwitterungsresiduums wirklich nur eine Anhäufung des Unlöslichen im ursprünglichen Kalkstein ohne jeglichen Verlust ist, von dessen Bestandtheilen nicht weniger als 5884.43 Gewichtstheile Kalkcarbonat und 358.46 Gewichtstheile Magnesiicarbonat ausgelaugt werden müssten. Oder klarer ausgedrückt: 6400 Kilogramm des ursprünglichen Kalksteines können höchstens 88 Kilogramm Residuum ergeben, oder um 1 Kilogramm Residuum zu liefern, müssen mindestens 72.7 Kilogramm Kalk verwittern. — Da die Dichte des Kalksteines und der thonigen Substanz bekannt ist, ist leicht zu berechnen, dass etwa 70 Kubikmeter Kalkstein bei gänzlicher Verwitterung höchstens 1 Kubikmeter Residuum hinterlassen.

Bei den grobkrySTALLINISCHEN Kalksteinen der BARRANDESCHEN Etage Ff 2 lässt sich der Verwitterungsvorgang viel leichter und eingehender beobachten. Nach dem Endergebniss der Zersetzung vermag man zwei Verwitterungsreihen zu verfolgen, nämlich die eisenreicheren Kalksteine liefern, wie die Untersuchung ergab, ein zellig-tuffartiges Residuum, das schliesslich in kalkigen Sand zerfällt, während das Ergebniss der Zersetzung von Kalksteinen, die wenig Eisenoxyd enthalten, ein kalkiger Thon ist. Der genauere Hergang mag für jeden dieser beiden Fälle einzeln geschildert werden.

Ein äusserliches, die eisenreicheren von den minder eisenhaltigen Kalksteinen genau unterscheidendes Merkmal besteht nicht, denn die Farbe ist trügerisch, obwohl die röthlichen oder lichtvioletten Kalke im Allgemeinen einen grösseren Eisengehalt haben mögen als die beinahe ganz weissen. Denn gerade unter diesen gibt es Ausnahmen, die trotz sehr lichter Färbung einen hohen Eisengehalt aufweisen. Doch dort, wo ich reines Verwitterungsmaterial erlangen und die Zersetzung vom unangegriffenen Gestein bis zum Endergebniss der Verwitterung verfolgen konnte, überzeugte ich mich immer, dass die zu lichtem kalkigen Thon verwitternden Kalksteine nur sehr wenig Eisen enthalten, wogegen die im Anfang schneller verwitternden, schliesslich aber einen der ferneren Zersetzung gut widerstehenden Sand liefernden Kalke immer einen bedeutenderen Procentsatz von Eisen aufweisen. Hervorheben muss ich jedoch, dass ich bei den grobkrySTALLINISCHEN Kalksteinen die beiden Verwitterungsreihen nur deshalb unterscheidete, weil das Zerfallen der eisenreicheren Kalke in Sand, welcher gewissermassen ein Ruhestadium in der allmäligen Verwitterung vorstellt, sehr charakteristisch ist. Freilich muss dieser kalkige Sand schliesslich auch in kalkigen Thon umgewandelt werden, zu dem die Zersetzung der Kalke unter allen Umständen führt.

Zunächst will ich den directen Uebergang in eine lichtfarbige thonige Masse beschreiben, auch deshalb, weil sich dieser Vorgang an denjenigen bei dem dichten Kalkstein anschliesst.

Das unverwitterte Gestein erscheint dem blossen Auge als zusammengesetzt aus einer überwiegenden Menge deutlich erkennbarer Kalkspathindividuen, die 1—2 Millimeter im Durchmesser haben und von ziemlich gleichmässiger Grösse sind. Untergeordnet tritt eine feinkörnige oder homogene, zwischen die einzelnen krySTALLINISCH-KÖRNIGEN

Partien eingelagerte Masse auf. Adern von secundär gebildetem weissen oder wasserhellen Calcit durchschwärmen das Gestein ganz vereinzelt. Unter dem Mikroskop zeigen die Kalkspathkörner unregelmässige eckige Umrisse. Die charakteristische Zwillingstreifung ist zumeist sehr deutlich und gleichmässig, allerdings in den einzelnen Körnern in verschiedener Richtung verlaufend. Partienweise drängen sich Kalkspathindividuen eng aneinander; jedoch auch vereinzelt kommen Körner vor, eingestreut in die erwähnte, mehr homogene Masse, die unter dem Mikroskop feinkörnig oder erdig, hämatithaltig erscheint, ziemlich zahlreiche Reste von Organismen enthält und im Ganzen wenig durchsichtig ist. Hier und da kommen auch Anhäufungen von organisch gestalteten Körpern vor, deren Aussehen jedoch nicht genau zu bestimmen ist, weil sie zu innig mit der übrigen Masse verbunden zu sein pflegen. Auch grössere Bruchstücke von Korallen, Schalen etc. sind nicht gerade selten.

Die Dichte des unverwitterten Kalksteins wurde mittelst Piknometer zu 2.73 bestimmt.

Der Beginn der Verwitterung ist äusserlich durch die im Allgemeinen dunklere Färbung und durch das Hervortreten von gelblichen bis rostfarbigen Aederchen und Flecken gekennzeichnet. Untersucht man das noch wenig angegriffene Gestein genauer, eventuell mit der Lupe, so sieht man, dass die Verwitterung gewissermassen von Innen nach Aussen vor sich geht. Der Kalkstein von Slichov, auf welchen ich mich hier in erster Reihe beziehe, der im unverwitterten Zustande rein krystallinisch erscheint, erweist sich schon im ersten Stadium der Verwitterung als verhältnissmässig reich an winzigen Versteinerungen, von welchen viele mit der Lupe gut bestimmbar sind. Dieselben treten deshalb so deutlich hervor, weil die Gehäuse und Schalen der Organismen zu allererst verwittern, und somit deren harte milchweisse kalkige Kerne von einer erdigen ockerfärbigen Masse umhüllt erscheinen. Darum vermag man auch die Spursteine der einzelnen Petrefacte aus dem etwas mehr verwitterten Gestein leicht herauszunehmen. Auf diese Weise schälen sich aus dem Muttergestein besonders häufig kleine Muscheln heraus, wie *Atrypa reticularis* Barr. *Merista passer* Barr., *Rhynchonella princeps* Barr. etc. Auch Pygidien und Glabellen von Trilobiten, Phacops, Proctas, Bronteus und Harpes, als auch Bruchstücke von Cephalopoden vermochte ich zu bestimmen. An dem etwas verwitterten Gestein ist erst recht ersichtlich, dass die Kalke der Barrand'schen Etage Ff 2 ein Gemisch von Kalkspathkörnern mit kalkigen oder verkalkten Organismen vorstellen.

Die Verwitterung beginnt, wie gesagt, an den Umrandungen der Steinkerne und verbreitet sich von dort in die übrige Gesteinsmasse. Die Steinkerne werden je weiter desto trüber und weisser, widerstehen aber der Verwitterung am längsten. Schneller werden die Calcitkörner angegriffen und am schnellsten die Ausfüllung zwischen diesen und jenen. Dabei werden die schon an wenig angegriffenem Gesteine erkennbaren Höhlchen und Canälchen immer deutlicher. Dieselben durchdringen nicht nur die feinkörnige Masse, sondern öfters auch die einzelnen Kalkspathkrystalle, die dann wie mit einer Nadel durchstochen aussehen. Oft sind diese Canälchen, welche möglicherweise Spongien-

nadeln entsprechen, auch schon von einem rostfarbigen Verwitterungsproduct umgeben. Eben deshalb, weil in dieser Weise die Zersetzung häufig im Innern der Kalkspathindividuen ihren Anfang nimmt, betonte ich oben, dass die Verwitterung gewissermassen von Innen nach Aussen vor sich geht. Die Art und Weise, wie die möglicherweise Organismen ihren Ursprung verdankenden Canälchen die einzelnen Calcitkrystalle durchdringen, ist mir unter Anderem ein Beweis dafür, dass die Kalke der Etage Ff2 nichts Anderes sind als Anhäufungen von organischem Detritus, der theilweise ursprünglich kalkig war, theilweise später verkalkte und von secundär gebildetem Kalkspath zusammengekittet wurde.

Die mikroskopische Untersuchung von Dünnschliffen des etwas verwitterten Gesteins bestätigt diese Annahme vollkommen. Doch muss bemerkt werden, dass hier organische Ueberreste zumeist viel zahlreicher zu sein scheinen als in dem unverwitterten Kalkstein, was seine Erklärung darin findet, dass in diesem wegen dem innigen Verband mit der übrigen Masse die organischen Körperchen einzeln nicht deutlich zu beobachten sind, wogegen dies jedoch in dem etwas verwitterten Gestein wegen der hämatit- oder limonitfarbigen Umrandung leicht möglich ist.

Bei fortschreitender Verwitterung nimmt die erdige gelbliche Masse fortwährend überhand, füllt alle Höhlungen aus und bedeckt die Oberfläche des Gesteins, welches in Stücke auseinanderfällt. Anfangs kann man in dem erdigen oder thonigen Verwitterungsproduct noch einzelne winzige Steinkerne erkennen; aber allmählig nehmen abgerundete Kalkkörner zu und schliesslich sind in dem erdigen, etwas sandigen Residuum einzelne oder auch verschiedenartig zusammengekittete, drusenartige Gestalten bildende Calcitkrystalle am auffallendsten, obwohl nicht besonders zahlreich.

Auch diese verschwinden, die Farbe des Zersetzungsproductes wird immer lichter und, ursprünglich ockergelb oder bräunlich, übergeht sie nun in's Graue. So entsteht endlich eine thonige Masse, die im trockenen Zustande ziemlich feinerdig, leicht zerreiblich, von gelblichgrauer bis schmutzigweisser Farbe ist. Mit Wasser befeuchtet gibt sie den charakteristischen Thongeruch ab, schwillt etwas an und verfärbt sich bräunlich, wird jedoch weder besonders zähe noch plastisch. Beim Zerreiben zwischen den Fingern fühlt man die abgerundeten Kalkkörnchen unter der übrigen weichen und milden Masse leicht heraus.

Um die chemische Veränderung, die der grobkrystallinische Kalkstein Ff 2 bei der directen Verwitterung bis in die letztbeschriebene thonige Masse erleidet, deutlich zu machen, kann ich mich auf die Anführung von drei ausgewählten Analysen beschränken. Die erste gibt die Zusammensetzung des ganz frischen Gesteines; die zweite bezieht sich auf ein Verwitterungsstadium, welches etwa dem oben eingehender beschriebenen entspricht und dem Beginn der Zersetzung näher steht, als dem Ende derselben; die dritte endlich liefert die Zusammensetzung des thonigen Verwitterungsresiduums.

Es enthalten:

	1.	2.	3.
Kohlensäure . . . . .	43.50 Procent	40.60 Procent	17.76 Procent
Kalk . . . . .	47.02 "	44.42 "	19.72 "
Magnesia . . . . .	6.56 "	4.84 "	0.39 "
Eisenoxyd und Thonerde	0.79 "	4.39 "	6.28 "
Alkalien . . . . .	Spuren	Spuren	1.28 "
Wasser . . . . .	0.97 "	0.98 "	1.02 "
Unlöslich . . . . .	0.76 "	4.21 "	52.58 "
	99.60 Procent	99.44 Procent	99.03 Procent

Berechnet man aus den gefundenen Mengen von Kalk und Magnesia den entsprechenden Procentgehalt an Carbonaten, so erhält man in

	1.	2.	3.
Kalkcarbonat . . . . .	83.96 Procent	79.32 Procent	35.21 Procent
Magnesiicarbonat . . . . .	13.68 "	10.09 "	0.81 "

Aus diesen Ergebnissen ist zu ersehen, dass der grobkörnige rötlich oder bläulich gefärbte Kalkstein Ff 2 von Slichov ein dolomitischer Kalkstein ist, der 16.29 Procent Bitterspath enthält. Er ist also beinahe dreimal reicher an Magnesiicarbonat als der dichte weisse Kalkstein derselben Etage von Konéprus.<sup>1)</sup> Das Mengenverhältniss des Kalkcarbonates zum Magnesiicarbonat gestaltet sich folgendermassen:

1. Im unverwitterten Kalkstein wie 6.13 : 1.
2. Im halbverwitterten Kalkstein wie 7.86 : 1.
3. Im Verwitterungsresiduum wie 43.46 : 1.

Man sieht, dass bei der Verwitterung das Magnesiicarbonat sehr bedeutend abnimmt. Im Residuum beträgt die Menge des verbliebenen Kalkcarbonates nicht weniger als 41.9 Procent des ursprünglichen Gehaltes, wogegen der im Residuum verbliebene Rest von Magnesiicarbonat nur 5.9 Procent der ursprünglichen Menge ausmacht. Obwohl also bei der Verwitterung die Carbonate im Allgemeinen abnehmen, verschwindet doch das Magnesiicarbonat etwa 7 mal schneller als kohlenaurer Kalk, trotzdem es weniger löslich ist. Der relative Gehalt an Eisenoxyd und Thonerde nimmt zu, ebenso der der Alkalien und des Wassers. Besonders jedoch vermehrt sich der Procentsatz des unlöslichen Rückstandes, von welchem im Residuum reichlich 69mal so viel vorhanden ist als im ursprünglichen Kalkstein.

Bei der gewiss nicht allzu gewagten Voraussetzung, dass die unlöslichen Bestandtheile des Verwitterungsresiduums eine Anhäufung des unlöslichen Rückstandes im ursprünglichen Kalkstein vorstellen, kommt man zu dem Schlusse, dass mindestens 69 Gewichtstheile des Kalkes verwittern müssen, um 1 Gewichtstheil Residuum zu liefern. Dann würden jedoch bei derselben Zusammenstellung, die wir oben schon

<sup>1)</sup> Manche dichte oder feinkrystallinische weisse Kalksteine des Stockwerkes Ff 2 weisen einen sehr bedeutenden Gehalt an Magnesiicarbonat auf. Dieselben sind jedoch nachweislich dolomitirt und gewissermassen unkrystallisirt, enthalten daher auch keinerlei erkennbare Organismenreste mehr wie die hier in Betracht gezogene dichten weissen Kalke, die in der Etage, wenn auch nicht immer sehr mächtig, doch ziemlich allgemein verbreitet sind, während jene nur stellenweise vorkommen.

bei dem dichten Kalkstein von Koněprus in Anwendung brachten, einander gegenüberstehen: Gewichtstheile von

	Kalkcarbonat	Magnesiicarbonat	Unlöslich
im unverwitterten Kalkstein .	5793·24	943·92	52·58
im Residuum . . . . .	35·21	0·58	52·58

Wenn also von den unlöslichen Bestandtheilen des grobkörnigen Kalksteines Ff 2 von Slichov bei der Verwitterung Alles ohne Verlust an Ort und Stelle verbleiben würde, müssten, um 1 Gewichtstheil Residuum zu ergeben, wenigstens 6789·74 Gewichtstheile des Kalksteines verwittern, wobei nicht weniger als 5758·03 Gewichtstheile Kalkcarbonat und 943·34 Gewichtstheile Magnesiicarbonat ausgelaugt und fortgeführt würden. Concreter ausgedrückt: aus rund 6800 Kilogramm Kalkstein können höchstens rund 89 Kilogramm Residuum entstehen, oder um 1 Kilogramm thoniges Zersetzungsproduct zu liefern, müssen mindestens 76·4 Kilogramm Kalkstein gänzlich verwittern. Auch hier werden etwa 70 Kubikmeter Kalkstein bei der Verwitterung höchstens 1 Kubikmeter Residuum hinterlassen.

Was nun die zweite bei den grobkrySTALLINISCHEN Kalksteinen der Barrande'schen Etage Ff 2 überall — besonders bei Slichov, Koněprus und Ménan — neben dieser ersten zu verfolgenden Verwitterungsreihe anbelangt, so ist dieselbe, wie oben schon erwähnt, dadurch charakterisirt, dass vorerst eine poröse, zellige Tuffmasse entsteht, welche schliesslich in kalkigen Sand zerfällt, der erst in analoger Weise, wie sie eben beschrieben wurde, in eine thonige Masse verwittert. Das zellige Zersetzungsproduct als auch der Sand stellen gewissermassen das Schlussergebniss des ersten Theiles des Verwitterungsganges vor, dessen zweiter Theil, wenigstens was das Endproduct der Zersetzung anbelangt, dem Hergang bei der directen Verwitterung in kalkigen Thon entspricht.

Die Kalke, welche in die zellige tuffartige Masse übergeführt werden, unterscheiden sich äusserlich nicht bemerkenswerth von denjenigen, welche durch allmälige Ueberhandnahme von thonigen Substanzen langsam, aber stetig in kalkigen Thon übergehen. Höchstens dass sie häufiger als diese dunkler gefärbt zu sein pflegen. Doch in chemischer Hinsicht sind sie dadurch gekennzeichnet, dass ihr Eisengehalt immer ein ziemlich bedeutender ist.

Auch in Betreff ihrer inneren Structur unterscheiden sich diese Kalksteine nicht auffallend von den eisenärmeren. Wollte ich also den mikroskopischen Habitus des unverwitterten Gesteines beschreiben, müsste ich das wiederholen, was ich oben gesagt habe. Auch die ersten Verwitterungsstadien weichen nicht erheblich von denen der eisenärmeren Kalke ab, nur dass die gelben und rostfarbigen Adern und Flecke viel deutlicher hervortreten.

Doch hat die Zersetzung einen gewissen Grad erreicht, so wird der Unterschied bald kenntlich. Denn während bei den eisenärmeren Kalksteinen die erdige Masse fortwährend zunimmt und in einem fortgeschritteneren Stadium der Verwitterung derart die Oberhand gewinnt, dass endlich die Kalkkörner und Steinkerne der kleinen Petrefacten in sie eingebettet erscheinen; wird sie hier im Gegentheil weggeschwemmt,



fortgeführt, kurz sie verschwindet, trotzdem sie am Anfang der Verwitterung viel reichlicher vorhanden ist als bei jenen. Schliesslich bleiben nur die Kalkspathkrystalle und zum geringsten Theile auch die Kalkkerne der Organismen, verbunden in eine zellige, poröse Masse und überzogen mit einer dünnen rostfarbigen, etwas erdigen Kruste, bestehen. Das so entstandene tuffähnliche Verwitterungsgebilde ist hart und fest, schwerer zerreiblich als der unangegriffene Kalkstein und hat im Mittel eine Dichte von 2·75 gegen 2·78 bis 2·79 des unverwitterten Gesteins. Oft bleibt es an der Oberfläche der zu Tage tretenden Kalkfelsen unter einer wenig mächtigen Schicht von thoniger Masse in grösseren Lagen bestehen, doch gewöhnlich theilt es sich in Stücke oder Knollen, die in Gruss zerfallen und sich endlich in Sand auflösen.

Dieser Sand besteht aus Körnern von 1—2 Millimeter im Durchmesser, die grösstentheils scharfeckig sind und oft glatte Spalt- oder erhaltene Krystallflächen erkennen lassen. Zumeist sind sie jedoch mit einer rostigen Kruste bedeckt und mit einer erdigen rostfarbigen Masse vermengt. Bestimmbare Steinkerne von Petrefacten sind selten. Die Menge des Sandes ist nirgends bedeutend und wo sich etwas mehr davon anhäuft, pflegt sich durch thonige Zwischenmengen ein Beginn von Verkittung zu zeigen. Die zusammenge kitteten Massen sind jedoch bröckelig, wodurch sie sich von dem ursprünglichen porösen Verwitterungsproduct unterscheiden. Die thonigen Beimengungen nehmen fortwährend zu und endlich übergeht auch dieser Sand in eine gelbe, selten graue, thonige Masse gerade so wie die eisenarmen Kalksteine.

Behufs Darlegung des chemischen Verhaltens des grobkrystallinischen Kalksteins Ff2 von Slichov bei der Verwitterung in die zellige tuffartige Masse, will ich drei Analysen anführen, nämlich erstens die des unverwitterten Gesteins, zweitens die eines schon theilweise zersetzten, an gelben Adern und Flecken ziemlich reichen Kalkes und endlich die des porösen Zersetzungsproductes.

	1.	2.	3.
Kohlensäure . . . . .	41·19 Procent	41·41 Procent	42·11 Procent
Kalk . . . . .	43·02 "	44·35 "	48·81 "
Magnesia . . . . .	7·34 "	6·22 "	3·43 "
Eisenoxyd und Thonerde	5·11 "	4·01 "	1·22 "
Alkalien . . . . .	1·42 "	1·80 "	Spuren
Wasser . . . . .	0·37 "	0·30 "	0·22 "
Unlöslich . . . . .	0·84 "	1·59 "	4·35 "
	99·29 Procent	99·68 Procent	100·14 Procent

Rechnet man sämmtlichen Kalk und sämmtliche Magnesia auf Carbonate um, so erhält man in:

	1.	2.	3.
Kalkcarbonat . . . . .	76·82 Procent	79·19 Procent	87·16 Procent
Magnesiicarbonat . . . . .	15·31 "	12·97 "	7·15 "

Hieraus ist zu ersehen, dass der grobkrystallinische dolomitische und eisenreiche Kalkstein von Slichov 19·9 Procent Bitterspath enthält, ferner dass der Gehalt an Magnesiicarbonat bei der Verwitterung abnimmt, wogegen der Gehalt an Kalkcarbonat

erheblich steigt. Denn das zellige Zersetzungsproduct enthält kaum die Hälfte des Magnesiicarbonates, das im unverwitterten Gestein vorhanden ist, wogegen der Kalkcarbonatgehalt um 12 Procent höher ist als im ursprünglichen Kalkstein. — Die Menge des Eisenoxyds, der Thonerde und des Wassers nimmt ab; der Procentsatz des unlöslichen Rückstandes steigt, und zwar beträgt derselbe im tuffartigen Verwitterungsproduct 5mal so viel als im frischen Kalkstein.

Es unterscheidet sich also die Verwitterung der eisenreicheren, grobkrystallinischen Kalksteine der Barrande'schen Etage Ff2 von jener der eisenärmeren in chemischer Hinsicht dadurch, dass vorerst bei allgemeiner Abnahme des Eisengehaltes ein poröses Zersetzungsproduct entsteht, welches mehr kohlensauren Kalk und mehr unlösliche Substanzen, aber weniger kohlensaure Magnesia als das unverwitterte Gestein enthält. Diese zellige Masse erst verwittert bei allgemeiner Abnahme der Carbonate und stetiger Zunahme des Unlöslichen in analoger Weise, wie die eisenärmeren grobkrystallinischen Kalksteine dieses Stockwerkes zu einem thonigen Residuum. Die Verwitterung des Gesteins bis zu dem porösen tuffartigen Product geht verhältnissmässig sehr schnell vor sich, die fernere Zersetzung zu kalkigem Thon dagegen schreitet nur langsam vorwärts.

Zum Schlusse will ich noch einmal die Hauptergebnisse meiner Untersuchungen über die Verwitterung der Kalksteine der Barrandesehen Etage Ff2 kurz zusammenfassen.

Die Kalksteine dieses Stockwerkes sind sämmtlich dolomitisch. Die weissen dichten verwittern in eine lichte thonige Masse, die gewöhnlich röthlich gefärbten grobkrystallinischen entweder direct zu grauem oder gelblichem Thon, oder vorerst in eine zellige tuffähnliche Kalkmasse, die in Sand zerfällt, welcher der ferneren Verwitterung ziemlichen Widerstand leistet, aber endlich auch in eine gelbe thonige Substanz vollkommen zersetzt wird. Bei der Verwitterung nehmen die Carbonate im Allgemeinen ab, doch das Magnesiicarbonat, trotzdem es schwerer löslich ist als kohlensaurer Kalk, viel schneller als dieser. Dies ist auch bei der Bildung der erwähnten porösen Kalkmasse sicher gestellt worden, bei welcher der Gehalt an Kalkcarbonat verhältnissmässig sogar steigt. Erst bei der gänzlichen Zersetzung nimmt auch er ab. Alle Kalksteine dieser Etage verdanken ihre Entstehung in hervorragender Weise der Anhäufung von organischem Detritus und enthalten eine gewisse Menge kieseliger, in verdünnten Säuren unlöslicher, zum Theil gewiss organischer Substanzen, die sich im Verwitterungsresiduum anhäufen. Etwa 70 Volumen Kalkstein können höchstens 1 Volum Residuum liefern, oder rund 80 Kilogramm Kalkstein müssen vollständig verwittern, um höchstens 1 Kilogramm Residuum zu hinterlassen. Zur Beurtheilung des Verhaltens der Alkalien bei der Verwitterung bieten die ausgeführten Analysen zu wenig Anhaltspunkte, doch scheinen dieselben, ebenso wie der Wassergehalt, wenig Bedeutung zu haben.