

Über die Entstehung des Travertin in den Wasserfällen von Tivoli

von

Herrn Dr. **Ferdinand Cohn**

in Breslau.

Die Umgegend von Tivoli verdankt ihren Weltruhm den malerischen Schönheiten einer hochromantischen Landschaft, über denen der Zauber klassischer Erinnerungen ruht; sie regt aber auch durch mancherlei ihr eigenthümliche Naturscheinungen zu Beobachtungen und Forschungen an, und vereinigt so für den reisenden Naturforscher dreifachen Reiz, wie ihn kaum ein anderes Land der Erde, als Italien, in solchem Masse zu bieten vermag. Bekanntlich ist die Stadt Tivoli am Westabhang des sabinischen Apennins erbaut, der steil und ohne Vorhügel gleich in seinen ersten Bergen bis zu etwa 2000 Fuss Höhe sich aus der Tiefebene der römischen Campagna erhebt. Dieses Gebirge besteht, wie fast der ganze Apennin, aus Kalkstein, der schroffe, unten meist mit Ölbäumen bepflanzte, oben nackte Bergkuppen bildet. Die Gewässer, welche die Spaltenthäler zwischen ihnen durchfließen, sind reich an freier Kohlensäure und enthalten in Folge dessen aus dem Hauptgestein des Gebietes viel kohlensauren Kalk aufgelöst. Wenigstens lässt sich diess, obwohl mir keine specielle Analyse bekannt ist, schon daraus entnehmen, dass mehrere der sabinischen Quellen in alten Zeiten durch meilenlange Aquädukte nach Rom geleitet worden sind, um die Stadt mit hartem, wohlschmeckendem Trink-

wasser zu versehen; wir finden die Ruinen dieser gegenwärtig sämmtlich ausser Gebrauch gekommenen und zerstörten Wasserleitungen im Thal der Aquädukte bei Subiaco im Sabinergebirge, wie deren Fortsetzungen in den malerischen Bogenarkaden der Aqua Claudia, Marcia (Antoniniana, Augusta), Anio vetus und novus, welche die Campagna im Westen von Rom durchziehen. Die bei weitem grösste Menge der sabinischen Gewässer ergiesst sich in den, das Hauptthal des Gebirges durchströmenden Aniene (Anio die Alten) und stürzt sich mit diesem von der untersten Stufe des Gebirgsthalles in einer tief eingeschnittenen Schlucht, die berühmten Wasserfälle von Tivoli bildend, hinab in die römische Tiefebene, wo sie den Namen des Teverone annimmt, um nach einem Laufe von 3 Meilen, $\frac{1}{2}$ Meile vor den Thoren Roms, sich mit dem Tiber zu vereinigen und mit diesem, 4 Meilen weiter, in's Meer auszumünden. Die Höhe des Wasserfalls vermag ich nur daraus zu entnehmen, dass das Ende des höheren Aniothals, welches etwa dem sogenannten Tempel der Sibylle in Tivoli entspricht, nach den Bestimmungen von Scarpellini 646' über dem Mittelmeer liegt; für seine untere Grenze, wo die als Teverone gesammelten Gewässer am Fusse des Gebirges von dem alten Pons Lucanus zum ersten Male überbrückt werden, habe ich keine Höhenbestimmung auffinden können; einen ungefähren Anhalt geben nur die mittlere Höhe des Tiber in Rom selbst = 20' und der höheren Campagna, in welche das Tiberthal erst durch Auswaschen eingeschnitten ist, etwa bei der Basilica S. Maria Maggiore auf dem Esquilin 177'; von hier möchte die via Tiburtina bis zum Gebirge nicht mehr sehr bedeutend aufsteigen, so dass die Gesammthöhe des Wasserfalls vielleicht auf 300' zu schätzen ist.

Die Schlucht, in deren Hintergrund der Anio sich herabstürzt, ist bogenförmig gekrümmt, ziemlich kurz und sehr schmal, beiderseits von fast senkrechten Wänden eingefasst, welche, so weit sie nicht aus nacktem Fels bestehen, mit der bekannten, theils sommer-, theils immergrünen Hügelvegetation des Apennin, Stein- und Zerreichen (*Quercus Ilex* und *Cerris*), Erdbeerbaum, Myrten- und Buchsbaumgebüsch etc.

bewachsen ist, zwischen denen sich die Blüten des rosenfarbenen Cyclamen, Mäusedorn (*Ruscus*) und die üppigen Wedel des Frauenhaar (*Adiantum Capillus Veneris*), Hirschwurzel (*Scolopendrium*), Wollfarn (*Notochlaena Marantae*) und andere Farne erheben. Die kletternden und Schlingpflanzen, Stechwinde (*Tamus*), Ephen, Waldrebe (*Clematis*), sowie die stacheligen Ranken und Ausläufer der wilden Rosen und Brombeeren tragen viel zum Charakter dieser Vegetation bei.

Die Stelle der Schlucht, von der der Anio sein Wasser herabfallen lässt, ist zu verschiedenen Zeiten verschieden gelegen gewesen. Früher führte der Fluss seine gesammte Wassermasse an der Stadt vorüber, welche an seinem linken Ufer auf der untersten Thalstufe des Gebirges erbaut ist. Häufige und gefährliche Überschwemmungen, welche viele Häuser und selbst eine Kirche in den Abgrund rissen, veranlassten im Jahr 1826 die letzte Krümmung des Flusses vor der Stadt abzuschneiden, indem der vorspringende Monte Catillo (*Mons Catilus*), um den der Anio sich windet, von einem Tunnel durchbohrt wurde, der nun die Hauptmasse des Wassers aufnimmt und, dem Sibyllentempel gegenüber, in der sogenannten neuen Cascade steil und mächtig herabstürzen lässt. Hierdurch ist die altberühmte, hinter der Stadt in der Nähe des Sibyllentempels befindliche Cascade, welche den Namen der Berninischen führt, weil sie von diesem Künstler angelegt oder doch verschönert seyn soll, des grössten Theils ihres Wassers beraubt worden und leitet heutzutage nur einen schwachen Flussarm abwärts, während ein mächtigerer, bei der Villa d'Este abgeleiteter und zum Zweck des Fabrikbetriebes nahe bei und zum Theil durch die Fenster der sogenannten Villa des Maecenas geführter Arm die schönen, den Alten unbekanntenen Cascatellen bildet.

Indem die Anlage der neuen Cascade das Bett der Berninischen fast trocken legte, ist die Untersuchung desselben nunmehr um so leichter möglich, als der von dem französischen General MIOLLIS angelegte Fusspfad, der die malerischen Schönheiten der Schlucht in einem Rundgang geniessen lässt, fortdauernd in die Nähe, und durch Gallerien, die in das Gestein eingesprengt wurden, zum Theil unter das ehe-

malige Bett des Wasserfalls führt. Es sind überaus pittoreske, weit vorspringende Felsen, die in Form von Kuppen, Zacken und Pfeilern gestaltet, hier und da auch weit überhängend, hohe Grotten aufbauen, aus deren unregelmässig gewölbter Höhle noch jetzt einzelne Wasseradern hervorbrechen, obwohl dieselben seit der Ableitung des Flusses den grössten Theil ihrer ehemaligen Schönheit verloren haben.

Das Gestein, aus welchem das Bett der Berninischen Cascade besteht, das aber auch, weit über dieselbe hinausgreifend, fast die ganze Schlucht auskleidet, ist der bekannte Travertin, dessen wissenschaftliche Erkenntniss wir vorzugsweise der im Jahre 1799 unternommenen italienischen Reise von LEOPOLD V. BUCH verdanken (vergleiche dessen geognostische Beobachtungen 1809, Bd. II, Rom. p. 21 seq.). v. BUCH beschreibt dieses Gestein als eine Sammlung einer Menge ohne Ordnung übereinander gehäufter Cylinder von sehr beträchtlichem Durchmesser: „es sind concentrische Kreise, welche im Mittelpunkt eine vegetabilische Materie enthalten, gewöhnlich ein Rohr oder Schilfstiel, oder den Ast eines Baumes u. dergl. Der Kalksinter umgibt sie in Schalen, die gewöhnlich fasrig im Bruch und einige Linien stark sind. Auf sie folgt isabellgelbe zerreibliche Kalkerde, dann wieder festerer Sinter, so in Abwechslung fort, bis sich mehrere dieser Ansetzungen begegnen und ihrem ferneren Anwachsen gegenseitig Grenzen setzen. Häufig sieht man statt der Materie, die der Ansetzung zum Mittelpunkt diente, nur noch den leeren Raum, den sie ehemals einnahm. So findet man in einer der Grotten, der des Neptuns, den Abdruck eines Wagenrads mit Achse, Speichen und Felgen.“ L. c.

In ähnlicher Weise wird der Travertin von Tivoli auch in allen neueren Werken beschrieben; NAUMANN bezeichnet diese Varietät als schalig, indem die concentrisch- oder conform-schaligen Lagen von zartfasriger Struktur von einigen Linien Dicke, abwechselnd mit ähnlichen Lagen von mehr erdiger Zusammensetzung, sich rund um Pflanzenstengel und andere Gegenstände abgesetzt, und regellos durcheinander liegend, sowie dicht aneinander schliessend, grosse Felsmassen zusammensetzen (Lehrbuch der Geognosie 1850, p. 671).

Allerdings ist durch die bisherigen Beobachtungen festgestellt, dass der Travertin von Tivoli eine reine Süßwasser-, keine Meeresbildung ist, dass derselbe ferner der jüngsten Erdperiode angehört, dass derselbe auch ausschliesslich dem Anio und keinem andern Gewässer seine Entstehung verdankt, da er nur da sich findet, wo das Thal des Anio (Buch schreibt Anieno) sich in die Ebene öffnet, aber dort nicht, wo Thal und Fluss fehlen, auch nicht auf den Bergen, sondern nur in Vertiefungen, vorzüglich in der Ebene am Fuss der Gebirge, in dieser dort am mächtigsten, wo sie das Gebirge berührt (v. Buch).

Nichts desto weniger sind noch eine Menge Fragen über die Entstehung des Travertins ungelöst geblieben, unter denen von meinem botanischen Standpunkt aus mich am meisten der Zusammenhang der Pflanzen mit jener mächtigen Gesteinsformation interessirte, da die unbestimmten Angaben von Pflanzenresten, insbesondere von Rohr- und Schilfstengeln als Grundlage des Travertin um so weniger befriedigen konnten, als das Vorkommen jener Sumpfpflanzen eine ganz bestimmte Beschaffenheit des Standorts bekunden würde (Teich oder See), im Bereiche eines Wasserfalls aber in hohem Grade auffallend seyn muss. Ebenso ist bisher meines Wissens nicht ermittelt worden, ob überhaupt, eventuell in welcher Weise Travertin sich noch heutzutage in Tivoli erzeugt.

Viele nehmen an, das obere Aniothal sey ehemals seeartig geschlossen gewesen und erst später in den Cascaden durchbrochen worden; die schilfbewachsenen Ränder jenes See's seyen es gewesen, welche das Material zur Bildung der Travertinfelsen geliefert. LEOPOLD v. BUCH bringt die Entstehung derselben in Verbindung mit dem Zurückweichen des Meeres vom Fusse des Sabinergebirges, also in vorhistorische Zeit; seit Menschenbewohnung habe die Gebirgsart nicht beträchtlich sich vermehrt, wie die römischen Trümmer in der Thalschlucht (die sogenannte Villa des Vopiscus) ihm beweisen.

Ich habe mich bei meinem Besuche der Cascaden von Tivoli im September 1863 zu erforschen bemüht, ob sich nicht noch gegenwärtig Erscheinungen beobachten lassen,

welche über die Entstehungs-Geschichte des Travertins Aufschluss geben. Ich konnte leicht feststellen, dass noch heutzutage an allen im Bett des Aniene unterhalb der Cascade befindlichen Körpern Travertin sich in ganz derselben Eigenthümlichkeit bildet, wie er in grossartiger Ausdehnung in den umgebenden Felsen auftritt. Alle Gegenstände im Flussbett, mögen es nun Zweige von Brombeeren und Rosen, oder Blätter von Eichen und Erdbeerbäumen, oder Wurzeln der benachbarten Sträucher und Bäume seyn, sind, soweit sie sich im Wasser befinden, von einem mehr oder minder dicken Kalküberzug inkrustirt, welcher einen genauen Überguss derselben bildet. Blätter, welche ich heraufholte, erinnerten ganz und gar an die bekannten Sprudelbouquets der Karlsbader Versinterungs-Anstalt. Leider gelang es mir nicht, dieselben unbeschädigt nach Breslau zurückzubringen; nur ein 15^{cm} langes Stück einer Brombeerranke, sowie ein 10^{cm} langes Stück eines Stengels von *Clematis Vitalba* gaben mir in der Heimath das Material zu einer genaueren Untersuchung, deren Ergebnisse ich mir hier vorzutragen erlaube.

Der Brombeertrieb von 15^{mm} Durchmesser zeigte den fünfkantigen, mit grossem parenchymatischem Markcylinder erfüllten und nur von schmaler Holzschicht begrenzten Stengel vieler Rubusarten; er besass eine unverletzte Rinde mit scharfen, kegelförmigen Stacheln und war, seiner nur ganz wenig veränderten Struktur nach zu urtheilen, sicher erst kurze Zeit im Wasser. Nichtsdestoweniger war derselbe vollständig in einen Kalkcylinder eingeschlossen, welcher eine Dicke bis zu 15 Millimeter (6^{'''}) besass, so dass der Durchmesser der ganzen Kalkröhre 45 Millimeter beträgt. Wo der Kalküberzug unmittelbar auf der Oberhaut des Rubusstengels auflag, zeigt er den vollständigen Abdruck desselben bis auf die feinsten Riefen, während die Stacheln sich im Hohlraum in der Kalkmasse eingegraben haben. Der Waldrebenstengel ist kreisrund und besitzt kaum 10^{mm} im Durchmesser; er ist durch die dichten, grossen, den Holzkörper durchschneidenden Markstrahlen und den kleinen Markcylinder erkennbar, im Übrigen aber in hohem Grade

vermodert und verrottet, daher wohl schon längere Zeit im Wasser befindlich. Der Kalküberzug, der ihn einschliesst, besitzt eine ähnliche Dicke, wie bei dem Rubustriebe, und bildet einen Cylinder von 25–35^{mm} (ca. 1½ Zoll) Stärke.

In anderer Beziehung verhalten sich die beiden Kalkcylinder gleich; der Kalk, aus dem sie bestehen, ist nach aussen hin mehr oder minder hart und dicht, so dass er sich mit der Hand nicht abbröckeln und nur schwer mit dem Nagel ritzen lässt; er zeigt deutlich krystallinische Struktur und blassgelbe Farbe. Nur die den Stengeln unmittelbar aufliegende, innerste Schicht ist dunkler, röthlichgelb, mehr erdig und weicher. Die ganze Bildung entspricht demnach vollständig dem schon erwähnten schaligen Travertin der Felsen von Tivoli, und wir haben hier ein Paar unter unsern Augen, und zwar nicht um Rohrstengel, sondern um Schlingpflanzen der Thalschlucht in Bildung begriffene Travertinröhren vor uns.

Von besonderem Interesse ist die äussere Oberfläche unserer Travertinröhren. Dieselbe ist unregelmässig, klein-knollig warzig, mit zahllosen kleineren Wärzchen zwischen den grösseren; diese Warzen zeichnen sich durch ihre schöne, strahlig-fasrige, krystallinische Struktur und durchscheinende, lichtere Färbung aus. Besonders zart sind die Wärzchen auf der Seite, welche im Fluss nach oben gekehrt war; auf der Clematisröhre befinden sich an dieser Seite zahlreiche nahezu kreisförmige Kalkschuppen von etwa 2^{mm} Grösse, die traubig über und aneinander gewachsen sind und eine porig-schwammige Steinmasse bilden. Über dieser erheben sich auf der ganzen freien Oberfläche des Kalkeylinders zierliche Büsche verzweigter Moose mit zweizeiligen, oblongen oder eiförmigen, am Rande gesägten, zugespitzten Blättchen, welche auf den ersten Blick an ein Lebermoos (etwa *Plagiochila* oder *Radula*) oder an eine kleine *Selaginella* erinnern. Diese Moose sind aber so vollständig mit dünnem, gebrechlichem, gelblichweissem Kalksinter inkrustirt, dass sie den zartesten Korallenbäumchen oder vielmehr Korallinen, Halimeden und anderen verkalkten Meeressalgen gleichen. Nur die obersten Enden dieser, sich ein

paar Linien über die Oberfläche der Travertinröhre erhebenden Moosbüsche sind unverkalkt und zeigen die frischen grünen Laubspresse.

Der freundlichen Bereitwilligkeit des Prof. W. SCHIMPER in Strassburg verdanke ich die Bestimmung dieses vielgestaltigen Moooses, das sich durch die prosenchymatischen Zellen des Blattnetzes und den nur $\frac{2}{3}$ der Blattfläche einnehmenden Mittelnerv auszeichnet; es ist *Hypnum (Rhynchostegium) rusciforme* BR. et SCHIMP., eine Art, die auf untergetauchten Felsen, Aquäduktmauern etc. in ganz Europa, auch schon im Kirchenstaat durch die Marchesa FIORINI MAZZANTI gefunden, und von dem eine Varietät *d. prolixum* häufig mit Tuff überzogen vorkommt (SCHIMPER *Synopsis Musc. Europ.* 573).

Es lässt sich leicht durch alle möglichen Zwischenstufen verfolgen, wie die grünenden und die inkrustirten Stämmchen, Äste und Ausläufer dieses Moooses, die traubig-schuppige Masse und der dichte Kalksinter in einander übergehen; die kugeligen Wärzchen an seiner Oberfläche sind die letzten Spuren der früher isolirten Blättchen, wie man sich überzeugt, wenn man solch eine Schuppe der Wärzchen in Salzsäure auflöst, wobei das eingeschlossene Moosblättchen wieder freigelegt wird.

Über die scheinbar gleichförmig dichte Oberfläche des Sinters, wie er auf der unteren Hälfte des Rubus-, sowie auf der ganzen Clematis-Röhre sich findet, erheben sich ebenfalls in geringen Entfernungen kleine grüne Moosspitzen, deren tiefere Theile in den Sinter eingeschlossen sind, während die Enden in stetem Spitzenwachsthum ungestört vegetiren.

W. SCHIMPER hat mir dieses Moos als *Fissidens crassipes* WILSON (*Bryol. eur.*) bestimmt, welches er in seiner Synopsis mit Unrecht zu *Fissidens incurvus* SCHWÄGR als *var. crassipes* gezogen habe; es ist durch seine zungenförmigen, spitzen, am Rande ungesägten etwas verdickten, mit parenchymatischem Blattnetz und starkem, bis zur Spitze verlaufendem Mittelnerv versehenen, rosettenartig gehäuften Blättchen sehr ausgezeichnet. Ausser diesem Moose beobachtete ich selten eine ähnliche winzige Art mit kriechendem Stengel, der nach

nuten durch zahllose Wurzelhaare festgeheftet, nach oben niedrig verzweigte Ästchen mit ovalen, lang zugespitzten, ganzrandigen Blättchen trägt. Es ist nach SCHIMPER'S Bestimmung das auf Felsen in Bächen vorkommende *Amblystegium (Hypnum) irriguum* WILSON (*H. fluviatile* der meisten Autoren).

Auch hier gelingt es erst durch Salzsäure, die Moospflänzchen ihrer ganzen Länge nach aus dem Sinter frei zu machen, in dem alle Theile bis auf die Vegetationspunkte eingeschlossen sind. Und zwar bilden die Moosstengel und Blätter im Verein mit dichten Büscheln bräunlicher Wurzelhaare, sowie den confervenartigen, meist ebenfalls braun oder auch grün gefärbten Vorkeimen einen vegetabilischen Filz, dessen Zwischenräume der kohlensaure Kalk ausgefüllt hat.

Während die innere Masse der Travertincylinder gelblich weiss ist, zeigt die ganze Oberfläche schon dem blossen Auge eine grünliche, mehr oder minder spangrüne oder bläuliche Farbe. Die Ursache dieser Färbung erkennt man erst, wenn man ein Stückchen der Kalkmasse in Salzsäure auflöst. Während der Sinter unter Entwicklung der Kohlensäure allmählig schwindet, die Säure, dem Eisengehalt des Travertin entsprechend, sich gelb färbt, bleibt ein grüner zusammenhängender Filz zurück, dessen Volumen z. Th. dem des vorhanden gewesenen Sinterbröckchens wenig nachsteht. Dieser Filz, der bald nur ein dünneres Häutchen, bald ein dickeres Polster darstellt, besteht in allen von mir untersuchten Proben hauptsächlich nur aus zwei bis drei Species von Algen, welche der durch ihren spangrünen Farbstoff (Phycochrome) am leichtesten erkennbaren Abtheilung der Oscillarien Kg. angehören. Es sind oscillarienartige Fäden von trüb-spangrüner Farbe, dicht gegliedert, die Gliederzellen nur halb so hoch als breit. Die Fäden sind in der Regel von einer farblosen, dünnen Scheide eingeschlossen, welche da am deutlichsten wird, wo der Zusammenhang der Zellen selbst zerrissen, und der Faden in Folge dessen in mehr oder weniger von einander abstehende Stücke zerfallen ist, welche durch die gemeinschaftliche Scheide zusammengehalten werden. Die Fäden selbst sind mehr oder weniger

gekrümmt und geschlängelt nebeneinandergelegt, ihre Dicke ist verschieden; ich habe Fäden von $\frac{1}{325}''$, $\frac{1}{380}''$, $\frac{1}{430}''$, $\frac{1}{580}''$ bis zu $\frac{1}{650}''$ (0,004—0,007^{mm}) gemessen; die letzteren Dimensionen waren die häufigsten. Die von KÜTZING für *Hypheothrix Naegeli* in den *species Algarum* 268 (Tab. phyc. 69) gegebene Diagnose (*H. calcarea, crassa, lapidea, superficie viride-glaucescens, intus alba, trichomatibus $\frac{1}{500}''$ crassis, pulchre articulatis, vaginis tenuissimis arctis*) stimmt im Allgemeinen so vollständig mit unserer Form, dass ich nicht anstehe, sie damit zu identificiren; sie war bisher nur durch NAEGELI bei Zürich gefunden worden. Die fast ganz ähnliche, ebenfalls sehr harte, unregelmässige Kalkkrusten bildende *Hypheothrix incrustata* NAEG. in KÜTZ. Spec. Alg. 269 (Tab. phyc. 70) unterscheidet sich nur durch die bläulichrothe Farbe (*fusco rubescens*).

In Gesellschaft der *Hypheothrix Naegeli* Kg. finden wir in den Filzmassen der Travertinrückstände noch eine nah verwandte Alge, ebenfalls von spangrüner Farbe, die sich jedoch durch ihre weit dünneren, kraus und dicht durcheinandergewirrtten, bei schwächerer Vergrösserung scheinbar ungegliederten, bei stärkerer dagegen deutlich fein rosenkranzförmig gegliederten Fäden als eine *Leptothrix* erweist; ihre Dicke habe ich zu $\frac{1}{1800}''$ (0,0015^{mm}) bestimmt. Dazwischen finden sich andere dickere *Leptothrix*-Fäden bis zu $\frac{1}{700}''$ (0,0037^{mm}), deren Glieder jedoch gleich bis doppelt so lang als breit sind. Die Unterscheidung der *Leptothrix*-Arten bei KÜTZING ist äusserst schwierig, da die Arten nicht hinreichend gesichtet, resp. charakterisirt sind.

Unter den bei KÜTZING als inkrustirt oder verkalkt angegebenen Species ist *Leptothrix ianthina* aus Kalktuff von Teneriffa $\frac{1}{1000}''$ dick, doch durch die schön amethystblaue Farbe wohl verschieden.* Noch dicker sind die spangrünen Fäden der *Leptothrix Kohleri* NAEG. aus Bächen von Zürich ($\frac{1}{1000}$ — $\frac{1}{800}''$), welche feste lederartige, filzige, oben schlüpf-

* Da ich die Algen des Travertin erst nach längerer Austrocknung und Reise, sowie nachträglicher Digestion mit Salzsäure untersuchen konnte, so habe ich allerdings über ihre natürlichen Farben, die durch solche Behandlung möglicherweise modificirt seyn können, kein Urtheil.

rige, dunkel bräunlichgrünliche, inwendig mit Kalk inkrustirte Polster bildet. Zu dieser Art möchte ich die stärkeren Fäden ziehen, während ich die feineren (von $\frac{1}{1800}$ "") als eine neue Species *Leptothrix tiburtina* bezeichne, da sich keine der KÜTZING'schen Diagnosen auf sie beziehen lässt, und es mir bedenklich scheint, eine unbekannté Form gewaltsam unter eine alte Diagnose zu zwingen, mit der sie nicht in allen Stücken übereinstimmt. * Ich nehme um so weniger Anstand, diess zu thun, als anerkanntermassen alle Nomenklatur in der Abtheilung der Oscillarinen nur provisorisch ist. So hoch wir auch das Verdienst KÜTZING's anerkennen müssen, der in diesem wahren Reich der Chaodineen durch sorgfältige, umsichtige Sammlung, Beschreibung und Abbildung des Bekannten wenigstens die erste Möglichkeit der Orientirung vorbereitete, so wird doch Niemand, der sich mit diesen niederen Organismen beschäftigt, verkennen, dass ein Theil der sogenannten Familien und Gattungen, in welche KÜTZING diese Abtheilung der Algen zerlegt hat, auf unsichere, unwesentliche, ja auf unrichtige Merkmale basirt und dass viele Species unvollständig oder ungenau beschrieben und charakterisirt sind, so dass es unmöglich ist, sie sicher wieder zu erkennen, wenn man nicht die Original-Exemplare zum Vergleich hat. Sucht man aber ein Exemplar, das getrocknet vorliegt, nach einer Beschreibung zu bestimmen, die nach der lebenden Form aufgestellt wurde oder umgekehrt, so ist es oft völlig unmöglich ins Klare zu kommen. Hierzu kommt, dass die Messungen der Fäden, welche bei der Bestimmung wegen Mangel anderer wichtiger Merkmale eine grosse Rolle spielen, wegen der kleinen, hier in Betracht kommenden Dimensionen noch jetzt sehr schwierig und bei älteren Angaben selten zuverlässig sind. Sehr häufig wird der Fall eintreten, dass man bei der Bestimmung einer zweifelhaften Form nicht etwa zwischen zwei nahe verwandten Arten, sondern zwischen weit von einander getrennten Gattungen und Familien schwankt,

* *Leptothrix tiburtina* n. s. *filamentis* $\frac{1}{1800}$ "" *crassis, tenuissime moniliformibus, dense et crispe contortis, stratum coeruleo-aerugineum lapidescens componentibus inter Hypheothricem Naegelií in superficie Lapidis tiburtini (Travertini) recens ad cataractas Anienis depositi.*

ohne die Überzeugung gewinnen zu können, dass diese wirklich auf verschiedene Organismen basirt sind. In solchen Fällen halte ich es im Interesse der Systematik für zweckmässiger, eine Form, die ich nicht mit voller Überzeugung auf eine schon beschriebene Art zurückführen kann, weil ihre wesentlichen Merkmale nicht völlig auf ihre Diagnose passen, mit einem neuen Namen zu belegen, als sie auf die blosser Beschreibung hin zu einer alten Art zu ziehen, von der sie möglicherweise ganz verschieden ist. Für den hoffentlich nicht lange mehr ausbleibenden Reformator dieses Theils der Algenkunde wird es sicher leichter seyn, eine etwa ungenügend begründete Species einzuziehen, als die fälschlich unter einen Namen zusammengeworfenen Arten wieder auszufinden. —

Ich komme nunmehr zur Untersuchung der Frage, in welchem Zusammenhang die von uns beobachteten Wasser-Moose und Algen zur Erzeugung der Travertincylinder stehen. Meiner Überzeugung nach kann hier kein anderer Schluss möglich seyn, als dass die Pflanzen die primäre Veranlassung zu ihrer Entstehung gegeben haben.

Ich beziehe mich hierbei auf die Untersuchungen, welche ich über Entstehung des Sprudelsinters an den Karlsbader Quellen gemacht, und in den Abhandlungen der Schlesischen Gesellschaft für vaterländische Kultur und Naturwissenschaften 1862, Heft 2, p. 35 sq. beschrieben habe. Ich habe daselbst gezeigt, dass das heisse Wasser der Therme, sobald es sich unter eine gewisse Temperatur von ca. 43° abgekühlt, eine grosse Zahl eigenthümlicher Oscillarinen ernährt, zwischen denen Arragonitkrystalle zuerst vereinzelt, dann in Drusen sich ausscheiden, dann allmählig sich vergrössernd, zu Kalksand zusammenwachsen, bis dieser selbst zu festem Sinter sich verkittet. Die Ursache dieser Vorgänge habe ich in dem Ernährungsprocess der Algen gefunden, welche, wie alle Pflanzen, dem Wasser Kohlensäure entziehen, um daraus die in ihren Geweben enthaltene Kohle zu gewinnen; indem dadurch aber auch dem im Wasser enthaltenen kohlensauren Kalk sein Lösungsmittel entzogen

wird, veranlassen sie ein Auskrystallisiren desselben theils auf, theils zwischen den Zellen.*

Ich stehe nicht an, das eben Gesagte im Wesentlichen auch auf die Vorgänge bei der Bildung der Kalkröhren anzuwenden. Da jedoch diese Vorstellungen bei Chemikern und Mineralogen, welche den Einfluss des Lebens auf die Bildung des Unorganischen zu unterschätzen geneigt sind, Widerspruch zu finden pflegen, so halte ich es für nöthig, noch specieller auf die einzelnen Verhältnisse einzugehen.

Da der kohlensaure Kalk in reinem Wasser fast unlöslich ist, so beruht die Möglichkeit seiner Lösung bekanntlich überhaupt nur darauf, dass das Wasser für jedes Äquivalent kohlensauren Kalks mindestens ein Äquivalent freier Kohlensäure enthält, welche sich mit jenem zu löslichem doppeltkohlensaurem Kalk verbindet. Je reicher also das Wasser an Kohlensäure, desto mehr wird es Kalk aufzulösen im Stande seyn. Quellen, welche in einer Kalkformation zu Tage kommen, sind daher nur dann reich an kohlensaurem Kalk, wenn sie gleichzeitig auch viel Kohlensäure gelöst enthalten; wo letzteres nicht der Fall ist, wie häufig in den Alpen, sind sie auffallend arm an mineralischen Bestandtheilen. Von der im doppeltkohlensauren Kalk enthaltenen Kohlensäure ist die Hälfte so schwach gebunden, dass sie von selbst mit der Zeit in die äussere Luft diffundirt, und zwar um so rascher, je höher die Temperatur; hiermit muss aber auch eine Ausfällung des gelösten Kalkes bedingt werden.

Hieraus ergibt sich mit Nothwendigkeit, dass Pflanzen in Wasser, welches kohlensauren Kalk gelöst enthält, die Ausfällung desselben herbeiführen müssen, sobald darin nicht so viel freie Kohlensäure vorkommt, um trotz des Consums der Pflanzen noch den Kalk in Auflösung zu erhalten. Ich erinnere hier blos an die bekannten Experimente von BONSSINGAULT, wonach ein beblätterter Rebenzweig, in einen Ballon eingeschlossen, der durchgeleiteten Luft alle Kohlensäure vollständig entzog, so gross auch die Geschwindigkeit

* Hierbei stelle ich nicht in Abrede, dass sich in Karlsbad Sinter auch ohne Algen bildet; doch gelten für diesen andere Verhältnisse, als für den unter Einfluss der Vegetation entstandenen.

des Luftstromes, welcher durchging, seyn mochte. Für Wasserpflanzen haben das Nämliche schon PRIESTLEY, SCHEELE und SENNEBIER nachgewiesen.

Die Erfahrung zeigt in der That, dass Wasserpflanzen die Ausscheidung von Kalk an ihrer ganzen Oberfläche veranlassen, selbst in solchem Wasser, welches in kalkarmem Terrain bei verhältnissmässig hohem Kohlensäuregehalt nur wenig kohlensauren Kalk enthält. Wir sehen in zahlreichen Gräben und Teichen, in denen sonst keine Spur von Kalkausscheidung bemerklich wird, gleichwohl die Wasserpflanzen, namentlich *Ranunculus aquatilis*, *Ceratophyllum*, *Myriophyllum*, *Caulinia*, *Potamogeton* etc. mit mehr oder minder starkem Kalküberzug bekleidet, wodurch ihre Stengel und Blätter oft in hohem Grade brüchig werden. Dass die specifische Natur der einzelnen Pflanzen hiebei insofern von Einfluss ist, als gewisse Pflanzenarten vorzugsweise grosse Mengen von kohlensaurem Kalk, andere dagegen, zum Theil äusserlich ganz gleich aussehende, aus demselben Wasser wenig oder gar nichts ausfällen, beweist unter Anderem die Familie der Characeen, von der die rindenlosen Arten der Gattung *Nitella* niemals inkrustiren, während die oft dicht daneben im selben Wasser wachsenden, berindeten Charen mit einem mehr oder minder vollkommenen Kalküberzuge sich bedecken. Auch unter den Algen sind es gewisse Gattungen und Arten, welche die Ausfällung des Kalks selbst in kalkarmen Gewässern bewirken. Von den chorophyllhaltigen Zoosporeen sind es nur wenige Species (höchstens die gallertartigen Büsche der Chaetophoren); von den phycochromhaltigen Oscillarinen dagegen sind zahlreiche Arten, wo immer sie auch wachsen mögen, mehr oder minder reichlich mit Kalk inkrustirt. Ebenso sind es immer nur gewisse Arten von Moosen, welche die Ausscheidung von Kalk an ihrer Oberfläche veranlassen und oft in dichten Tuff vollständig eingeschlossen sind. Hiezu gehören *Eucladium verticillatum*, *Trichostomum tophaceum*, *Hypnum filicinum*, *commutatum* u. a. In allen diesen Fällen wird niemand daran zweifeln, dass der Vegetationsprocess der Pflanzen die primäre, ja unter Umständen die alleinige Ursache der Anhäufung von Kalk-

krystallen mit ihrer Oberfläche ist: dass ohne die Lebenthätigkeit der Charen, Ranunkeln, Caulinien, Algen, Moose, sich jene Kalküberzüge nicht gebildet haben würden, wie sie sich thatsächlich nicht anders als auf ihnen bilden. Es ist hier ein analoges Verhältniss, wie mit der Kieselerde, welche gewisse Pflanzen und insbesondere die Diatomeen (freilich nicht in Krystallen, sondern in organisirten Membranen, aber in mächtigen Lagern von vielen Centnern) am Grunde der Gewässer anhäufen, obwohl diese selbst nur eine so verdünnte Lösung der Kieselerde enthalten, dass ohne den Einfluss des Lebens die Kieselerde sich unmöglich hätte ausscheiden können.

Im Meere ist, wenigstens in der gegenwärtigen Erdpoche und unter den mir näher bekannten Verhältnissen, das organische Leben die einzige Ursache, welche die Ausfällung des kohlensauren Kalks veranlasst. Das Meerwasser ist so arm an kohlensaurem Kalk, dass die Analyse nur unbedeutende Spuren davon nachzuweisen vermag, dabei aber verhältnissmässig so reich an freier Kohlensäure, dass diese mehr als ausreichend ist, um das Kalkcarbonat in Auflösung zu erhalten. Nichtsdestoweniger ist eine grosse Anzahl von Meeralggen so reich an kohlensaurem Kalk, dass dieselben auf den ersten Blick nicht wie lebende Organismen, sondern wie anorganische Krusten und Efflorescenzen erscheinen. Ich habe in meinem Aufsatz über Algen des Karlsbader Sprudels gezeigt, dass dieser kohlensaure Kalk bei den Meeressalgen, theils auf, theils zwischen den Zellen abgelagert, theils endlich in die organische Substanz der Zellmembran selbst eingelagert ist. Der Masse nach ist das Vorkommen der verkalkten Meeressalgen ein sehr bedeutendes, da diese die einzige Vegetation auf dem tieferen Meereshoden bilden, und denselben mit dichten, frisch rosenrothen, später schneeweissen lebenden Steinkrusten und Steinbäumchen überkleiden, welche vermuthlich auch von geologischem Standpunkt aus ins Gewicht fallen. Diese Ausscheidung des kohlensauren Kalks kann einzig und allein dem Vegetationsprocess der betreffenden Algen, und zwar specifisch eigenthümlichen, bis jetzt nicht näher zu charak-

terisirenden Vorgängen zugeschrieben werden, da ja andere, dicht daneben wachsende Algen, obwohl aus demselben Meereswasser ernährt, doch nicht zur Abscheidung der Kalkerde Veranlassung geben. Bekanntlich sind eine Reihe von Meeresthieren in ähnlicher Weise im Stande, und zwar, wie es scheint, in noch weit höherem Grade als die Pflanzen, aus dem Meerwasser den kohlen sauren Kalk in fester Form abzuscheiden; ich erinnere nur an die Polythalamien, die Korallenpolypen und die Mollusken, denen allein wir die kolossalen Kalklager der Koralleninseln, Kreidegebirge und Muschelbänke verdanken.

Allerdings gibt es eine Anzahl von Quellen, welche in kalkhaltigem Terrain entspringend, und durch gewisse Umstände ungewöhnlich reich an freier Kohlensäure, in Folge dessen auch so viel Kalk aufgelöst enthalten, dass eine Ausfällung desselben auch ohne Mitwirkung der Pflanzen möglich ist. Solche in hohem Grade kalkreiche Quellen sind es, aus denen wir auch Tufflager in grösserem Massstabe entstehen sehen.

Wenn eine solche kalkreiche Quelle ihre freie und halbgebundene Kohlensäure einfach durch Stehen in der Luft verliert, so muss die Kalkerde zunächst an der Oberfläche des Wassers als Häutchen sich abscheiden, welche immerhin später sich absetzen und am Boden anhäufen können. Ebenso muss beim Verdunsten grösserer Wassermengen der Kalk in fester Form zurückbleiben. Das Erstere findet statt bei der Entstehung des sogenannten Badehäutchens auf dem der Abkühlung überlassenen Karlsbader Thermalwasser; letzteres erklärt die Entstehung der Tropfsteinbildungen und der inkrustirten Bouquets, Vasen etc., die einem steten Tropfenfall ausgesetzt sind, in der Karlsbader Versinterungsanstalt.* An diesen Bildungen hat das Pflanzenleben offenbar keinen Antheil. Für die gewöhnlichen Tra-

* Möglicherweise könnte der feine Wasserstaub der Cascade von Tivoli für gewisse Formen des dortigen Travertin eine ähnliche Bedeutung haben, wie der umherspritzende Wasserstaub im Versinterungsraum des Karlsbader Sprudels. Auch die Cascade des Velino bei Terni setzt Kalksinter massenhaft ab, so dass sie den Namen der *Cascata del marmo* führt.

verticylinder jedoch und ähnliche Kalkinkrustationen, welche ganz unter Wasser gebildet sind, möchte ich ebenfalls dem Vegetationsprocesse die primäre Veranlassung der Kalkabscheidung umsomehr zuschreiben, als die Erfahrung lehrt, dass der krystallinische Sinter sich auch hier nur um lebende Pflanzen, event. um solche abscheidet, deren Rinde mit lebenden Algen und Moosen überkleidet ist, wie diess übrigens wohl mit allen im Wasser befindlichen Gegenständen der Fall ist. Wäre die Natur der inkrustirten Körper eine gleichgiltige, so liesse sich nicht absehen, weshalb nicht auch der Schlamm und das Geröll des Flussbetts ebenfalls mit Kalk überzogen seyn sollte, was jedoch meines Wissens nirgends beobachtet worden ist. Ohne daher in Abrede zu stellen, dass in solchen kalkreichen Wassern die Kalkerde sich möglicherweise auch von selbst allmählich durch Verdunsten der Kohlensäure hätte absetzen können, so ist doch specifisch und erweislich für den Ort und die Form der Kalkabscheidung die Vegetation der Algen, Charen, Moose und anderer Pflanzen bestimmend gewesen.

Ich muss allerdings hervorheben, dass für das Auskrystallisiren des kohlelsauren Kalks die Vegetation offenbar nur die primäre Ursache abgibt; der weitere Verlauf der Travertinbildung scheint von den Lebensprocessen unabhängig vor sich zu gehen. Wir beobachten, dass die Moosinkrustationen in den lockern, traubig-schuppigen Kalksinter, dieser wieder in dichten Travertin übergeht, dass also die ursprünglich weiten Poren der Masse sich fortdauernd mehr und mehr mit krystallinischer Substanz ausfüllen; wir müssen daher annehmen, dass der Krystallisationsprocess noch fort dauert, auch wenn die in der Kalkkruste erstickten und vermoderten Pflanzen keinen Einfluss mehr auszuüben scheinen. Ich möchte diese Erscheinung von der bekannten Thatsache ableiten, dass in einer nahezu gesättigten Mutterlauge ein einmal gebildeter Krystall von selbst weiter wächst, und den Anstoss zu einer neuen Krystallisation gibt, so lange noch das entsprechende Salz in der Lösung ist. Auch bei den Oscillarinen des Karlsbader Sprudels habe ich beobachtet, dass die ursprünglich nur isolirten

Krystalldrüsen in tieferen, älteren Schichten zu immer dichterem Sinter sich verkitten.

Hierbei spielt, wie ich überzeugt bin, die Porosität des Tuffs insofern eine Rolle, als sie die Diffusion gestattet. Wenn aus dem in den Poren der jungen Kalkkruste enthaltenen Wasser der ganze gelöste Kalk auskrystallisirt ist, so nimmt das in den Poren zurückbleibende reine Wasser nach den Gesetzen des endosmotischen Gleichgewichts aus der Kalklösung des umgebenden Flusswassers so lange doppeltkohlensauren Kalk auf, bis es die nämliche Concentration wieder erlangt hat. Wenn dieser Kalk auf's neue auskrystallisirt ist, wiederholt sich der Vorgang so lange, als die capillaren Poren des Tuffs sich noch mit dem äusseren kalkreichen Wasser vollsaugen können. Die Ausfüllung dieser Poren tritt wahrscheinlich erst sehr spät ein; die mir bekannten Tuffe und Travertine wenigstens sind noch in hohem Grade porös und saugen eine sehr grosse Quantität Wasser ein, so dass sie meines Erachtens in kalkreichem Wasser noch fortdauernd sich verdichten können.

Dafür endlich, dass die Travertencylinder in concentrischen Schalenbildungen auch in Dicke zunehmen, kommt die Wachstumsweise der kryptogamischen Pflanzen in Betracht, denen ich die Veranlassung zu der ganzen Bildung zuschreiben muss. Die Moose (wie die sich ähnlich verhaltenden Charen) besitzen nämlich ein unbegrenztes Spitzenwachsthum, in Folge dessen die obersten Sprosse sich fortdauernd verlängern, selbst wenn die unteren Glieder längst abgestorben sind. Bekanntlich beruht hierauf auch das Zunehmen der Torflager, deren Moose an der Spitze weiter wachsen, während die unteren Stengelglieder vertorfen. Bei den Travertencylindern sehen wir die Spitzen der Moose in frischer Vegetation, während die lebendig eingemauerten Stengel und Blätter absterben und sich braun färben. Die Oscillarinen, welche in gleicher Weise an der Ausscheidung des Kalks betheiligte sind, verhalten sich in ihrem Wachsthum insofern analog, als von den zu Häuten und Polstern vereinigten Fäden die tiefer liegenden absterben, während die durch Theilung der alten neu entstandenen Fäden

sich an die Oberfläche begeben. Hieraus ergibt sich das gleiche Resultat, dass der Algenpolster unten versteinert, während seine Oberfläche in steter Vermehrung und Dickenzunahme begriffen ist. Die eigentlichen, freibeweglichen Oscillarien erreichen diess durch selbstthätiges Hervorkriechen, wovon man sich leicht überzeugt, wenn man einen Oscillarienfilz durch Schütteln des Wassers im Schlamm zerstreut; nach kurzer Zeit haben sich sämtliche Fäden wieder an der Oberfläche des Schlammes zusammengefunden. Auch die Diatomeen haben die Fähigkeit, sich im Wasser auf der Bodenoberfläche zu versammeln, während die harten Schalen der abgestorbenen Generationen sich darunter anhäufen, die oberflächliche, lebendige, oft kaum papierdicke Schicht durch stete Selbsttheilung die Gesamtmasse bis zu unglaublicher Mächtigkeit vermehrt.

LEOPOLD V. BUCH hat von dem Entstehen des Travertins in Tivoli ganz andere Vorstellungen; er sucht das Material desselben in den durch das Wasser abgespülten und mechanisch fortgerissenen, fein zertheilten, aber nicht aufgelösten Kalktheilchen des oberen Gebirges: den nämlichen, welche noch in der Ebene den Teverone und selbst den mit ihm vereinigten Tiber trüben und gelblich grau färben; diese Theilchen sollen sich später zu Boden setzen und durch eine hypothetische Einwirkung von Anziehungskräften, die mir nicht klar geworden ist, sich zu jenem festen Gestein verbinden, wobei das Wasser in lebhafter Bewegung gedacht wird.

Diese Vorstellung ist jedoch meiner Überzeugung nach ganz unzulässig und daher schon von F. HOFFMANN aufgegeben worden.

Ich läugne nicht, dass der Anio, wenn er nach heftigen Regengüssen furchtbar aufgeschwollen und übertretend sein Gebiet überschwemmt, auch Massen von Kalkschlamm mit sich führen und diesen später am Boden absetzen muss; aber dieser aufgeschlemmte Kalkschlick kann sicher nur eine erdige Masse, nicht aber ein hartes krystallinisches Gestein von der Beschaffenheit des Travertin hervorbringen, dessen ganzes Gefüge beweist, dass derselbe nicht aus lockerem zusammengeschwemmtem Kalkpulver nachträglich erhärtet, son-

dem aus einer Lösung des kohlensauren Kalks in Wasser an Ort und Stelle auskrystallirt ist.

Dagegen glaube ich allerdings das bei den Travertinröhren stets beobachtete regelmässige Abwechseln dichter strahliger und weicherer erdiger Schichten von der Beschaffenheit des Flusswassers in verschiedenen Jahreszeiten ableiten zu können. So lange das Wasser des Anio nach den heftigen Regengüssen des Herbstes getrübt, seinen Schlamm auf die an seinem Grunde wachsenden und sich inkrustirenden Algen und Moose absetzt, so werden diese sich nur mit lockerer, erdiger, eisenschüssiger Kalkmasse überziehen können, während das klare Flusswasser, wie es sich während des grössten Theils des Jahres und besonders in dem regenlosen Sommer verhält, ungestört die reineren kalkspathartigen Schichten erzeugt. Bei der Periodicität der Regengüsse in Mittelitalien, lassen sich daher, wie ich glaube, die abwechselnden Schichten der Travertinröhren mit Jahresringen vergleichen.

Das hier Erörterte wird ausreichen, die Entstehung der Travertinröhren um die im Bett des Anio befindlichen Gegenstände, und die hierbei thätigen Einflüsse der Algen und Wassermoose in's Licht zu setzen. Inwieweit diese That-sachen auf die Bildung der 650 Fuss hohen Travertinfelsen, welche die ganze Schlucht des Anio auskleiden, Anwendung finden, kann ich freilich nur dadurch wahrscheinlich machen, dass diese Felsmassen nach allen Angaben aus lauter solchen zusammengeworfenen und verkitteten Rohren bestehen, welche sich um Pflanzenstengel gebildet haben. Ein Haupterforderniss bleibt hier vor Allem eine genaue Bestimmung der Pflanzenreste, welche die Grundlage der Travertincylinder abgeben. Es wäre wichtig, zu ermitteln, ob es ebenfalls nur Schling- und Waldpflanzenstengel, Zweige und Blätter sind, wie sie noch heut um den Wasserfall oder im Flussbett vegetiren, und wie ich selbst sie in den Inkrustationen eingeschlossen fand, oder ob es wirklich Schilf und Rohr ist, wie gewöhnlich angegeben wird, die freilich ein ruhiges see- oder sumpfar-tiges Gewässer voraussetzen würden. Leider fehlt es mir an ausreichendem Material, diese Frage zu entscheiden.

Die von F. HOFFMANN und L. v. BUCH in Tivoli gesammelten, gegenwärtig im K. mineralogischen Museum zu Berlin befindlichen Travertinproben lassen zwar die inkrustirt gewesenen Pflanzentheile als hohle Röhren und Canäle erkennen, gestatten jedoch keine Bestimmung derselben, die sich überhaupt nur durch Ausgiessen dieser Hohlräume mit Gyps und nachheriges Auflösen des kohlensauren Kalks würde ermöglichen lassen.

Auch der Versuch, die bei der Bildung des älteren Travertins etwa thätig gewesenen Algen und Moose durch Auflösen desselben in Salzsäure zu ermitteln, führt zu keinem Resultat. Die im Kalktuff eingeschlossenen Pflanzengewebe vermodern und verwesen in Folge seiner Porosität, seiner steten Durchtränkung mit Wasser und der in diesem stattfindenden Diffusionsströme so schnell und vollständig, dass schon in tieferen Schichten kaum noch Spuren nachzuweisen sind. Wenn daher SENFT in seiner „Classification und Beschreibung der Felsarten“ die im Travertin eingeschlossenen Pflanzenreste als calcinirt bezeichnet, so ist das nach meinen Erfahrungen ungenau, da die pflanzliche Substanz völlig verschwindet. In den von mir untersuchten Travertinröhren und den Rubusstengeln lassen allerdings die älteren Theile einen bräunlichen Rückstand zurück, der noch die Reste der Algenfäden und Moose zeigt. An anderen Stellen aber blieb in Salzsäure von den älteren Schichten nur ein bräunlicher, häutiger Rückstand ohne deutliche organische Struktur übrig. Auch die Moose verschwinden allmählig, nachdem sie sich vorher braun gefärbt; die Blattnerven bleiben länger erhalten, als die zarte Blattspreite. In einem Moostuff von Trenzin, den Geheimerath GÖPPERT gesammelt und mir zur Untersuchung freundlichst überliess, konnte ich als Rückstand in Kalksäure nur formlose, bräunliche Massen finden, obwohl die Form der inkrustirten Moose im Tuff vollständig erhalten war. Ebenso verschwinden die Blätter, Äste, Wurzeln und Holzstengel, welche den Kern der Kalkhülsen im Travertin wie in anderen Kalktuffarten darstellen, in kurzer Zeit meist vollständig und lassen die leeren Hohlräume zurück, die den genauesten Hohlraum enthalten. Möglich, dass diese Hohl-

räume dann unter Umständen wieder mit einer fremden eindringenden Masse ausgefüllt werden können, wie diess bei der Bildung der Steinkerne in so vielen Formationen der Fall gewesen ist.* Auch bei den Charen, welche bekanntlich nicht selten in so dichte Kalkröhren eingeschlossen sind, dass dieselben aneinander gekittet einen travertinartigen Tuff bilden, verschwindet die Cellulose vollständig und lässt die leeren Canäle zurück. Es kann daher um so weniger auffallen, wenn auch die so zarten und so leicht zerstörbaren Gallertmembranen der Oscillarinen in der Regel sich nur kurze Zeit und nur in oberen Schichten des Kalktuffs nachweisbar erhalten. Es ergibt sich hieraus, dass man über die Betheiligung der Pflanzen an der Tuff- und Travertinbildung nur dann ein zuverlässiges Urtheil zu fällen vermag, wenn man jüngere, in neuester Zeit gebildete Lagen zu untersuchen im Stande ist.

Es kommt mir schliesslich noch zu, über die Verbreitung der hier geschilderten Verhältnisse ein paar Bemerkungen anzuschliessen. Der schalige, in Sintercylindern um Pflanzenreste abgelagerte Travertin findet sich ausser in Tivoli noch in vielen anderen Stellen des oberen Aniothals und der Abruzzen überhaupt, zum Theil in bedeutender Höhe (vergl. u. a. F. HOFFMANN: die Beschaffenheit des römischen Bodens in PLATNER und BUNSEN: „die Beschreibung der Stadt Rom“ 1829, Bd. I, pag. 64 und „geognostische Beobachtungen auf einer Reise durch Italien und Sicilien“ 1830—32, Bd. I.). In der römischen Campagna selbst findet sich dieser Travertin oberhalb der Stadt Rom in den senkrechten Felsenwänden von der Villa Borghese bis Ponte Molle, wo die inkrustirten, inwendig concentrisch geschichteten Schilf- und Rohrstengel

* In ähnlicher Weise hat der aus weissen Bimssteinstücken und grauer Asche gebildete vulkanische Tuff, welcher Pompeji verschüttete, die Leichen der verunglückten Bewohner eingeschlossen und, nachdem die organischen Elemente ihrer Körper vollständig verwest, Hohlformen zurückgelassen, welche der gegenwärtige Director der Ausgrabungen, FIORINI, mit Gypsbrei ausgiessen lässt und dadurch den vollkommenen Abguss der seit 1800 Jahren zerstörten Gesichts- und Körpertheile — gewissermassen künstliche Steinkerne — hervorruft.

nach der Beschreibung bei L. v. BUCH 2—3 Fuss stark werden und fast wie versteinerte Baumstämme aussehen. Auch Abdrücke von Platanen-, Kastanien-, Nussbaum-, Lorbeer-Blättern, nach HOFFMANN auch Zweige von *Tamarix gallica*, sowie eingeklemmte Äste und Reiser finden sich häufig, so dass sich die ganze Bildung in nichts von den Felsen der Wasserfälle von Tivoli unterscheidet (L. v. BUCH l. c. Bd. II, p. 41).

Auf eine zweite Varietät des Travertins in der Gegend von Tivoli hat LEOPOLD v. BUCH ebenfalls aufmerksam gemacht. Dort wo der Anio nach seinem Sturz von den Felsen von Tivoli in die Tiefebene tritt, grenzt er an ein Terrain, welches, seiner mannigfaltigen Schwefelprodukte halber, als *Solfatara di Tivoli* bezeichnet wird und angeblich einem ausgebrannten Vulkan entsprechen soll. Schon von weiter Ferne macht sich dem von Rom Kommenden diese Gegend durch die weissen, von ihr aufsteigenden Dämpfe, wie durch den penetrirenden Geruch nach Schwefelwasserstoff bemerklich, der eine Viertelmeile weit wahrgenommen wird. Hier befinden sich drei kleine Lagunen oder Seen, aus denen Schwefelhaltige Quellen von einigen 20° Wärme entspringen, die im Alterthum wegen ihrer Heilkraft unter dem Namen der *Aquae Albulae* weit gerühmt, gegenwärtig der *Malaria* wegen fast ganz ausser Gebrauch gekommen sind. Der eine dieser Seen, Lago delle colonne, ist ein Teich von 170 Fuss Tiefe und mit Ruinen der alten Thermalanlagen des Agrippa, sowie angeblicher Tempel des Hercules und der Hygea eingefasst; der zweite heisst Lago St. Giovanni; am grössten ist der Lago delle isole natante; er hat nach der Schilderung des neuesten „Führer durch die römische Campagna von FOURNIER 1862“ die Eigenthümlichkeit, dass Erde, Staub und Samenkörner, die auf ihn herabwehen, durch die versteinemde Kraft des Wassers verbunden forttreiben, und grüne schwimmende Inselchen bilden.

LEOPOLD v. BUCH schildert die Entstehung dieser schwimmenden Inseln folgendermassen: „die Quelle, welche den See bildet, stösst sprudelnd auf, entladet viel Schwefelleberluft und verliert mit ihrer höheren Temperatur zugleich auch den

Kalkgehalt, mit dem sie hervorkommt. Die Wassergewächse des See's werden durch diese Kalkerde umgeben, die sich in ungemein dünnen Schalen mit feinfasrigem Bruche ansetzt. Aber die unruhige Quelle stösst immer wieder diese umgebenen Stiele in die Höhe und hindert sie, sich fest zu verbinden. Daher hat das Gestein fast das Ansehen von locker auf einander angehäuften Pflanzen. Man sieht fast mehrere und grössere Zwischenräume als feste Materien, und man glaubt kleine Felsen am Ufer dieses und eines andern wenig entlegenen See's, des Lago di Tartaro — (der übrigens jetzt gewöhnlich trocken ist, weil er angeblich seine eigene Quelle versteinert hat) — mit der Hand forttragen zu können. In der Mitte dieser fast gleichlaufenden aufeinander gehäuften Stiele findet man noch immer den vegetabilischen Rest, welcher der Kalkerde die erste Gelegenheit zum Absatz gab“ (l. c. p. 29).

Ich bedaure ausserordentlich, dass es mir nicht möglich war, diesen wunderlichen See mit seinen Pflanzen an Ort und Stelle zu untersuchen. Ich kann nur die Vermuthung aussprechen, dass auch hier vorzugsweise *Oscillarinen* die vegetabilische Grundlage der „schwimmenden Inseln“ seyn werden, da ich nicht glaube, dass andere Pflanzen in einem warmen und an Schwefelwasserstoff so reichen Gewässer fortkommen. Indessen gelang es mir, wenigstens die Kalkprodukte dieser Gewässer an einem benachbarten Punkte zu studiren. Da die Quellen der Lagunen in früherer Zeit die ganze Umgegend versumpften und ungesund machten, so liess der Cardinal *IPOLITO D'ESTE* einen Canal von 9' Breite und 2 Meilen Länge graben, welcher die Schwefelwassertoffhaltigen Gewässer in schnellem Strome nach dem Tiber ableitet, wobei sich fortdauernd Gasblasen entwickeln, welche unter schwachem Knall an der Oberfläche zerspringen. Nach *L. v. BUCH* sollen diese Gasblasen von Schwefelwasserstoff „beim Aufsteigen auch leichte Sandkörner in die Höhe führen und die mit der Luft hervortretenden Kalktheile sie in Kugelform umgeben und mit ihnen zu Boden fallen. So entstehen noch täglich die *Confetti di Tivoli*, welche in der Welt mehr gekannt sind als der ganze *Travertino* selbst.“

Da wo dieser Canal von der Via Tiburtina kurz vor dem Ponte Lucano überschritten und hier durch den Ponte della Solfatara überbrückt wird, nahm ich Gelegenheit, denselben zu untersuchen. Der Boden des Kanals zeigt nämlich eine höchst auffallende, theils blutrothe, theils gelbe oder grünliche Färbung, und bei genauer Betrachtung erheben sich über denselben warzige und buschige Massen, die zum Theil an Lichenen (*Stereocaulon*) erinnern. Ich sammelte daher Stücke von der übrigens steinharten und nur mit dem Meisel abzulösenden Masse des Canalbetts. Es ist ein weisses oder blassröthliches, inwendig dicht- und klein-blasiglöcheriges Gestein und besteht grösstentheils aus kohlenurem Kalk, löst sich daher fast ganz in Salzsäure. Dabei bleibt aber ein Rückstand fast von gleichem Volumen, wie der aufgelösten Steinmasse zurück; dieser ist eine feste Gallerte, theils von rother, theils von dunkelspangrüner Farbe, und gehört einer Anzahl Algen an, welche auffallender Weise mit den von MENEGHINI in den heissen Quellen der Colli Euganei aufgefundenen vollständig übereinstimmen. Die Hauptmasse bildet eine *Oscillarine*, welche sich durch ihre rivularienartigen, bräunlich spangrünen Fäden auszeichnet; diese sind unten dicker, keulenförmig, aus kurzen Gliedern ohne Samenzellen (*manubrium* Kg.), oben in ein dünnes peitschenförmiges Ende auslaufend, dessen sehr schmale Zellen doppelt so lang als breit sind; die Fäden sind von deutlicher Scheide umgeben; an der Basis sitzt eine oft platte Grenz-zelle (*Spermatie* Kg.); ihre Dicke beträgt an der Basis $\frac{1}{190}'''$ (0,014^{mm}) mit $\frac{1}{325}'''$ (0,008^{mm}) ohne Scheide. Diese Fäden liegen in einer Gallerte parallel, ohne scheinbare oder ächte Astbildung, und sind umgeben von zahlreichen, ebenfalls parallelen, äusserst feinen, leptothrixartigen Fäden, welche nur bei stärkster Vergrösserung rosenkranzförmig zart gegliedert erscheinen und höchstens $\frac{1}{3000}'''$ (0,0008^{mm}) dick sind.

Die rivularienartige Struktur der stärksten Fäden und die knorpelig gallertartige Beschaffenheit des Lagers weist diese Form unter die *Rivulariae* Kg., unter denen in der That uns eine grosse Anzahl von Arten begegnet, welche durch Inkrustation zu steinharten Kalkbildungen Veranlassung geben.

Ich erinnere nur an die Gattungen *Ainactis*, *Euactis* und *Inomeria*, die sämtlich nach KÜTZING ein *Phycoma lapidescens* besitzen. Die letztere Gattung wird durch Fäden charakterisirt, die von undentlich verwachsenen, allerseits in zarte Fasern aufgelösten Scheiden umgeben seyn sollen; eine Art *J. Roemeriana* ist im überschwemmten Kalktuff von Göttingen beobachtet worden.

Obwohl die leptothrixartigen, zarten Fäden sicher nicht aus den Scheiden der grösseren hervorgegangen sind, so würde ich doch den Abbildungen nach unsre Form als eine neue Art zu *Inomeria* gezogen haben, wenn dieselbe nicht offenbar zu einer schon früher beschriebenen, freilich von KÜTZING im System weit entfernt gestellten Art gehörte: zu *Amphithrix incrustata* Kg. Auch diese bildet ein *stratum crustaceum incrustatum cohaerens dure lapidescens*, und besteht aus zweierlei Fäden, stärkeren von $\frac{1}{2}220''$, sowie feineren, angeblich farblosen, die sie sehr dicht umgeben; sie ist in den Thermen der Euganeen von MENEGHINI entdeckt worden. Die Abbildung in den *Tabulae phycologicae* stimmt gut mit unserer Form überein. In dieser erkennt man, was die Diagnose verschweigt, die rivularienartige Struktur der stärkeren Fäden, mit der basalen Grenzzelle, die in der nächstverwandten *Amphithrix rudis* von derselben Thermalquelle noch deutlicher abgebildet ist. Freilich beweist diese Struktur, dass *Amphithrix* nicht, wie in den *Species Algarum*, zu den Lyngbyeen, sondern zu den Rivularieen gehöre und von *Inomeria* vielleicht gar nicht verschieden ist.* Obwohl nun der Gattungscharakter von *Amphithrix* bei KÜTZING: „*filamenta vaginata erecta basi fibris tenuissimis (strato gonimico egredientibus!?) inferne coalitis apice liberis cincta*“ nicht ganz zu den Verhältnissen unserer Art, wie zu den Abbildungen stimmt, so halte ich es doch für zweckmässig, für dieselbe den alten Namen der *Amphithrix incrustata* beizubehalten.

* Leider ist es mir noch nicht möglich gewesen, ein Original exemplar einer *Amphithrix* oder *Inomeria* zu untersuchen, da die in den RABENHORST'schen Algendecaden unter 198 als *Amphithrix incrustata* ausgegebene, von ITZIGHORN und ROTHE bei Neudamm gesammelte Alge nicht richtig bestimmt ist, sondern, wie ich glaube, zu *Dasyactis* gehört.

Ausserdem finden wir in dem Kalktuff des Solfatarakanals eine *Palmella* mit dick gallertartiger Grundsubstanz, in welche zahllose, sehr kleine ($\frac{1}{2000}$ — $\frac{1}{1200}$ ''') Zellen dicht eingebettet sind. Ich finde ihre Farbe spangrün und würde sie desshalb als *Palmella Brebissonii* K.G. (*Tab. phyc.* 36, Fig. III) bestimmen, die BREBISSON „in *lapicidina calcarea*“ entdeckt hat. Noch häufiger findet sich aber eine ganz ähnliche Palmelle, deren steife knorpelige Gallert röthliche, ebenso kleine Zellchen umschliesst. Sie bildet zum Theil grosse Massen, welche der Kalkkruste eine blutrothe Färbung verleihen. Ich finde eine solche Species noch nicht beschrieben und erkläre sie daher für eine neue Art *Palmella persicina* n. s. (*Palmella sanguinea duro-gelatinosa, incrustata et lapidescens late expansa, cellulis persicinis, dense confertis* $\frac{1}{2000}$ ''— $\frac{1}{1000}$ '''). MENECHINI fand in den Thermen der Euganeen einen *Protococcus persicinus*, der vielleicht, nach der Abbildung bei KÜTZING zu schliessen, identisch ist (*strato rubro violaceo cellulis sphaericis mucosis hyalino-amethysteis*, $\frac{1}{2000}$ ''— $\frac{1}{1500}$ '''); doch ist die Stellung unserer Form bei *Palmella* unzweifelhaft.

Auch einen echten *Protococcus* oder *Chroococcus* fand ich unter den Tuffmassen des Solfatarakanals; er ist dunkel-spangrün, die Zellen kugelig, oder halbkugelig paarweise verbunden, $\frac{1}{120}$ — $\frac{1}{100}$ ''' Durchmesser, mit dicker geschichteter Membran, deren Stärke bis zu $\frac{1}{600}$ ''' erreicht. Nach Beschreibung und Abbildung ist derselbe mit dem *Chroococcus* (*Protococcus*) *thermalis* MEN. identisch, den MENECHINI ebenfalls in den Bädern der Euganeen entdeckte, der aber auch in andern Thermen, z. B. zu Warmbrunn in Schlesien vorkommt.

Sehr auffallend ist die grosse Menge der Diatomeen, welche durch Auflösung des Tuffs frei gemacht werden; sie bilden zusammenhängende Gallertmassen und bestehen fast ausschliesslich aus kleinen *Synedra*arten, die gesellig, scheinbar in gemeinschaftlichem Schleim bei einander nisten; ich habe *Synedra Frustulum* K.G. ($\frac{1}{120}$ — $\frac{1}{93}$ '''), von MENECHINI in Italien beobachtet), ferner *Synedra pusilla* ($\frac{1}{182}$ ''' von Karlsbad bekannt), sowie die grössere *Synedra angustata* ($\frac{1}{60}$ ''')

aus den Thermen der Euganeen) bestimmt. Auch *Navicula lunata* ($\frac{1}{60}''$ Euganeen) glaube ich darunter vereinzelt gefunden zu haben.

So vereinigen sich in den Wänden des Solfatarakanals von Tivoli eine ganze Anzahl verschiedenartiger Algen in der gemeinschaftlichen Arbeit, den in dem Mineralwasser gelösten Kalk als kohlen sauren Kalk und zwar in Form eines dichten Travertins auszuscheiden. Auch aus dem benachbarten Lago di Tartaro habe ich eine von LEOPOLD v. BUCH gesammelte Probe des Gesteins durch die Güte des Geheimerath GUSTAV ROSE in Berlin aus dem dortigen mineralogischen Museum erhalten. Es ist ein sehr harter, dichter, strahliger Travertin, auswendig tropfsteinartig, unregelmässig gestaltet, inwendig spärliche Blasen und viele Schnecken umschliessend; eine grünliche Färbung der Oberfläche weist auch hier auf die Thätigkeit der Oscillarinen; doch konnte ich keine organische Struktur mehr nachweisen. Überraschend ist, dass, obwohl diese Travertine sich in einem Wasser bilden, das so überaus reich an Schwefelwasserstoff ist, doch dieselben, so viel ich ermessen kann, keine Sulfide, sondern nur Carbonate enthalten, wenigstens entwickeln sie beim Auflösen in Salzsäure keinen Geruch nach Schwefelwasserstoffgas. Ausser kohlen saurem Kalk ergab eine vorläufige qualitative Analyse des Gesteines nur noch reichlich Kieselerde und Gips, welche beim Auflösen in Salzsäure als ein weisser, pulvriger Rückstand übrig blieben. Leider ist mir ebensowenig eine genaue Analyse des Thermalwassers als des Sinters zugänglich gewesen. *

* Ich mache hier auf eine Beobachtung aufmerksam, welche ich an dem Wasser des Georgsbrunnen zu Landeck in Schlesien gemacht habe. In diesem vegetiren nämlich farblose Oscillarinen (*Hygrocrocis nivea* u. a.); während das Mineralwasser ohne Algen nur schwachen Geruch nach Schwefelwasserstoff besitzt, der sich nach einiger Zeit ganz verliert, so entwickelt sich nach wenig Stunden dieses Gas in unerträglicher Weise, sobald das Wasser wieder auf die Algen gegossen wurde. Es scheint daher, dass der im Wasser frei werdende Schwefelwasserstoff seinen Ursprung dem Einfluss der Algen verdankt, welche die in der Quelle aufgelösten Schwefelalkalien zersetzen. Zwischen den Algen finden sich Concremente von kohlen saurem Kalk, der früher in der Quelle nicht nachgewiesen war (Jahresbericht der

In der Nähe der Solfataralagunen findet sich der Hauptbruch für die dritte von L. v. Buch aufgestellte Varietät des Travertins, die dichte nämlich, oder der Travertin der Architekten, welcher ausserdem noch an mehreren Stellen der römischen Campagna vorkommt. Dieser zeigt nicht die concentrischen Schalen, den faserigen Bruch, die Abwechslung mit zerreiblicher Kalkerde, sondern er ist ganz dicht, uneben, von kleinem Korn und ungleich fester als der Travertin von Tivoli, ja fester als der carrarische Marmor, wie die geringe Abnutzung an den römischen Monumenten, besonders an den Treppenstufen, beweist. „Des alten Rom's Tempel, des neuen Rom's Paläste hätten von ihrer Pracht und Majestät unendlich verloren, hätte sich nicht dem grossen Geiste, der sie auffasste, ein Baugestein dargeboten, wie der Travertin“ (Buch l. c. p. 21). Dieser Travertin erinnert an die Varietät der Solfataralagunen durch seine eigenthümlichen Blasen und Höhlungen, welche auf Entbindung von Gasblasen bei seiner Entstehung und daher wohl auch auf eine ähnliche Bildungsweise, wie die soeben geschilderten Travertinmassen des Kanals, hinweisen; diese Blasen sind bald klein und länglich und schliessen oft vegetabilische Überreste ein, bald sind es grosse unförmliche Höhlungen, die parallel neben einander laufend, dem Gestein fast das Ansehen künstlicher Bearbeitung geben. So erkennt man sie auf den ersten Blick an den Säulen des Lateran, der Peterskirche, des Colosseums u. s. w.; anderwärts sind diese Höhlungen durch einen Überzug mit Stuck verdeckt, wie z. B. schon in alten Zeiten an Säulen des Sibyllentempels von Tivoli.

Die Eigenthümlichkeiten des dichten Travertins erklärt L. v. Buch aus seiner Bildung in ruhigem Gewässer im

schlesischen Gesellschaft für 1862. Sitzung der botanischen Section vom 4. Dezember, p. 53; Hedwigia 1863, p. 80). Dr. Lothar Meyer, der das Mineralwasser von Landeck aufs Neue analysirt hat, fand bestätigend, dass das Landecker Wasser über fünfmal mehr Schwefelwasserstoffgas enthält, wenn es vier Monate zugleich mit den Algen aufbewahrt wird, als ohne diese. (Chemische Analyse der Heilquelle zu Bad Landeck von Dr. Lothar Meyer, Breslau 1863). Vielleicht sind in der Quelle ursprünglich nur Sulfate enthalten, aus denen die Algen den Schwefelwasserstoff entbinden.

Gegensatz zu dem stürmisch bewegten der Wasserfälle; im Übrigen sind seine Annahmen, da sie eine Vereinigung mechanisch suspendirter, zusammengeschwemmter Kalktheilchen voraussetzen, unhaltbar; doch erklärt v. BUCH den dichten Travertin für dieselbe Bildung, wie die schon betrachteten Varietäten des schaligen und der Solfataralagunen.

Die im Tiberthal und selbst innerhalb der Mauern Rom's verbreiteten Travertine führt L. v. BUCH und nach ihm F. HOFFMANN, BREISLACK, BROCCI auf einen in der Vorzeit hier befindlichen Landsee zurück, „dessen Spuren jeder Schritt in der römischen Ebene offenbart.“ Da ich jedoch nicht Gelegenheit gehabt habe, specielle Untersuchungen über dieses merkwürdige Gestein anzustellen, so muss ich vorläufig dahingestellt seyn lassen, ob und inwieweit die ewige Stadt mit ihren unzerstörbaren Bauwundern ihr Material der Lebensthätigkeit niederer, mikroskopischer Algen und Wassermoose zu verdanken hat.

Die kalkhaltigen Gebirgswasser des Sabinerlands haben noch eine vierte Art von Travertin in historischer Zeit hervorgebracht, indem sie nämlich ihre antiken, gegenwärtig ausser Gebrauch gekommenen Aquäducte und Piscinen inwendig mit einem schönen harten Kalkstein, ähnlich dem Sprudelstein von Karlsbad, auskleideten, den die römischen Künstler unter dem Namen Alabaster häufig verarbeiten. Die noch jetzt in Gebrauch befindliche *Aqua felice* setzt in ihrem Aquäducte ebenfalls viel Kalk ab. Auch hier bin ich nicht im Stande gewesen, über die Entstehung desselben directe Untersuchungen anzustellen.

Gewöhnlich wird der Travertin als ein Italien und zwar seinem mittleren Theile eigenthümliches Gestein angesehen, als eine jener „merkwürdigen Bildungen, welche die Gegend von Rom für den Naturforscher nicht weniger wichtig erscheinen lassen, als für den Historiker“ (v. BUCH). Doch steht fest, dass verwandte Tuff- und Sinterarten in früheren oder gegenwärtigen Zeiten zum Theil in grossartiger Ausdehnung unter dem Einfluss warmer und kalter Quellen auch in andern Theilen der Erde entstanden sind, namentlich in solchen, wo vulkanische Erscheinungen in der Nähe von Kalk-

formationen stattfinden, da ein ungewöhnlicher Reichthum von Kohlensäure und eine davon abhängige massenhafte Lösung des kohlensauren Kalks die Vorbedingung derselben zu seyn scheint. Obwohl ich eine grosse Anzahl dieser zum Theil gleich dem Travertin röhriger und sichtlich um Pflanzenstengel, Blätter, Moose etc. abgelagerter Tuffe beobachtet habe, so muss ich es doch späteren vollständigeren Untersuchungen überlassen, den etwaigen Einfluss der Vegetation auf die Entstehung dieser Gesteinsarten zu ermitteln.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1864

Band/Volume: [1864](#)

Autor(en)/Author(s): Cohn Ferdinand Julius

Artikel/Article: [Über die Entstehung des Travertin in den Wasserfällen von Tivoli 580-610](#)