

Ueber die chemischen Bestandtheile der Auswitterungen an Ziegelsteinmauern (Mauerfrass) und die damit verbundene Salpeterbildung.

Von

Otto Helm, Danzig.

Zur Beantwortung der Frage, welche Zusammensetzung die an Mauern und Ziegelsteinen sich bildenden Auswitterungen haben, und welche Ursachen denselben zu Grunde liegen, machte ich mehrere quantitative chemische Analysen dieser Auswitterungen, deren Resultate ich nachstehend mittheile.

1) Auswitterung, entnommen von einem etwa fünfzehn Jahre alten Wachtgebäude aus Ziegelsteinen, welche mit Cement ausgefugt waren. Das Gebäude ist in Danzig am Petershagener Thore belegen, Der abgeschabte weissliche Beschlag verliert beim Erwärmen Krystallwasser; bei fernerm Erhitzen im Platintiegel schwärzt er sich ein wenig durch Verkohlen der in ihm enthaltenen organischen Substanzen. Vor der chemischen Analyse wurde er bei 100° C. ausgetrocknet.

Er bestand aus	4,3	Procent	kohlensaurer Kalkerde,
	1,4	„	salpetersaurer Kalkerde,
	0,6	„	salpetersaurem Kali,
	0,5	„	schwefelsaurer Magnesia,
	0,8	„	Chlornatrium,
	75,4	„	schwefelsaurem Natron,
	17,0	„	erdigen, in Säuren unlöslichen Substanzen, etwas organischer Substanz und Verlust.

2) und 3) Auswitterungen, entnommen von einem Neubau, Kriegsschule an der Promenade in Danzig. Hier kamen zwei Arten von Auswitterungen zur chemischen Untersuchung. 1) Die von den Ziegelsteinen des Rohbaues abgenommenen, 2) die aus den mit Cement verstrichenen Fugen entnommenen. Beide wurden vor der chemischen Analyse bei 100° C. ausgetrocknet.

Die ersteren bestanden aus	15,40	Procent	kohlensaurer Kalkerde,
	0,62	„	schwefelsaurer Magnesia,
	12,78	„	schwefelsaurer Kalkerde,
	43,60	„	schwefelsaurem Natron,
	0,28	„	salpetersaurer Kalkerde,
	1,52	„	Chlornatrium,
	25,80	„	erdigen, in Säuren unlöslichen Substanzen, Hydratwasser und Verlust.

Die zweiten bestanden aus 76,27 Procent kohlensaurer Kalkerde,
 1,19 „ schwefelsaurer Magnesia,
 6,68 „ schwefelsaurem Natron,
 2,32 „ Chlornatrium,
 0,21 „ salpetersaurer Kalkerde,
 0,47 „ kohlensauren Alkalien,
 12,86 „ erdigen, in Säuren unlöslichen
 Substanzen und Verlust.

4) Auswitterung, entnommen von einer Innenmauer des Leegethores, eines sehr alten Gebäudes in Danzig. Vor der chemischen Analyse wurde die hellgrau aussehende Substanz bei 100° C. ausgetrocknet. Sie enthielt etwas organische Substanz, welche sich beim Erhitzen im Platintiegel durch Verkohlung zu erkennen gab.

Sie bestand aus 7,2 Procent kohlensaurer Kalkerde,
 73,5 „ schwefelsaurem Natron.
 1,7 „ Chlornatrium,
 9,8 „ salpetersaurem Natron, resp. Kali,
 7,8 „ erdigen Substanzen, etwas organischer
 Substanz und Verlust.

5) Auswitterung, von einer Mauer an der grossen Mühle in Danzig von einer Stelle entnommen, welche in der Nähe einer mit fliessendem Wasser versehenen Bedürfnisanstalt belegen war. Beim Erhitzen im Platinschälchen verhielt sich diese Auswitterung ebenso wie die vorige. Die gut ausgetrocknete Substanz enthielt 2,18 Procent kohlensaure Kalkerde,

45,24 „ schwefelsaures Natron,
 5,05 „ salpetersaures Kali,
 27,72 „ salpetersaures Natron,
 11,01 „ Chlornatrium,
 8,80 „ erdige, in Säuren unlösliche und
 organische Substanzen.

6) Auswitterung, von einer feuchten Kellerwand entnommen, bestand zu mehr als der Hälfte aus organischen Substanzen und Erden, die in Wasser und Säuren unlöslich waren. In dem löslichen Theile waren enthalten:

53,70 Procent kohlensaure Kalkerde,
 43,40 „ schwefelsaure Kalkerde mit 2 Molekülen
 Hydratwasser,
 0,22 „ Chlornatrium,
 0,21 „ salpetersaure Alkalien,
 1,31 „ kohlensaures Natron,
 0,41 „ schwefelsaure Magnesia.
 0,75 „ Verlust.

7) Auswitterung, aus dem Vorkeller meines Hauses entnommen, bestand aus schwefelsaurem und kohlsaurem Natron, etwa zu gleichen Theilen, 2 Procent salpetersaurem Natron, vermischt mit einer kleinen Menge schwefelsaurer Kalkerde.

8) Auswitterung von den Kellerwänden des Directionsgebäudes der Gasanstalt zu Danzig. Sie hatte eine weisse Farbe und krystallinische Structur. Beim Austrocknen und darauf folgendem Ausglühen verlor sie fast die Hälfte an Wasser und schwärzte sich ein wenig durch Verkohlung der darin enthaltenen organischen Substanz.

Die vom Wasser befreite Substanz enthielt:

65,68	Procent	schwefelsaures Natron,
14,95	„	schwefelsaure Kalkerde (wasserfrei),
10,02	„	Sand und Eisenoxyd,
8,10	„	kohlsaures Natron,
0,12	„	salpetersaure Kalkerde, Spuren von Chlornatrium.
1,13	„	Verlust.

9) Auswitterung, entnommen von der Turnhalle des Königl. Gymnasiums in Danzig, einem Rohziegelbau. In ihrer Nähe befindet sich eine mit laufendem Wasser versehene Bedürfnisanstalt. Die Auswitterung besitzt eine weisse Farbe und ist fast völlig löslich in Wasser. Von dem ungelösten Theile konnte vermittels Chlorwasserstoffsäure eine sehr geringe Menge kohlsaure Kalkerde aufgelöst werden, ausserdem waren darin noch kieselsaure erdige Verbindungen enthalten. In dem vom Wasser aufgelösten Theile der Auswitterung waren enthalten:

5,41	Procent	schwefelsaure Kalkerde,
5,10	„	schwefelsaures Natron,
26,18	„	salpetersaures Kali,
29,20	„	Chlorkalium,
30,22	„	Chlornatrium,
2,19	„	Chlormagnesium,
1,70	„	organische Substanz und Verlust.

Nach diesen Untersuchungen gehört zu den hervorragendsten Bestandtheilen der analysirten Auswitterungen das schwefelsaure Natron. Sein Ursprung leitet sich aus verschiedenen Quellen her. Zunächst aus dem Thone, welcher zur Herstellung der Ziegelsteine diente. Alle Thone enthalten kleine Mengen von Alkalien und von Schwefelsäure, letztere gewöhnlich an Kalkerde gebunden. Sie haben diese Bestandtheile aus den feldspathhaltigen Gesteinen entnommen, durch deren Verwitterung sie einst entstanden. Folgende chemische Bestandtheile sind im Mittel in den norddeutschen Thonen enthalten:

60 Procent	Kieselerde,
30 „	Thonerde,
10 „	Wasser,
2 bis 5 „	Eisenoxydhydrat, kohlensaure und schwefelsaure Kalkerde, kohlensaure und kieselsaure Alkalien, kieselsaure Magnesia, salpetersaure Salze und Humussubstanzen.

In der Nähe des Meeres ist noch Chlornatrium in den Thonen zu finden. Hie und da ist die kohlensaure Kalkerde in erheblicherer Menge in den Thonen zu finden. Hannoversche Ziegelthone enthalten nach Wagner 0,5 bis 0,6 Procent Schwefelsäure und 0,4 bis 0,7 Procent Alkalien. Andere bessere Thone, die zur Porzellanbereitung dienen, deutschen resp. französischen Ursprungs enthalten bis zu 4 Procent Kali und Natron, ausserdem etwa 1 Procent Magnesia.

Eine zweite Quelle, aus welcher die schwefelsauren Alkalien der Auswitterungen stammen, ist der Kalkmörtel, resp. der Cement, mittels welches die gebrannten Steine zusammengemauert wurden. Alle Kalke und Cemente, welche zu diesem Zwecke verwandt werden, enthalten geringe Beimengungen von kohlensauren, schwefelsauren und Chlor-Alkalien. Während und bald nach erfolgtem Vermauern der Steine zersetzen sich die in dem Mörtel oder Cement enthaltenen Alkalien mit der schwefelsauren Kalkerde, die in den Steinen sich befindet, und bilden schwefelsaure Alkalien und kohlensaure Kalkerde. Letztere bleibt, da sie unlöslich ist, in den Steinen zurück, während die in Wasser gelösten schwefelsauren Alkalien den Stein durchdringen, an der Oberfläche desselben allmählich durch Verdunsten Wasser verlieren und als weisser Beschlag auskrystallisiren.

Eine dritte Quelle der Bildung von schwefelsauren Alkalien in den Auswitterungen der Mauersteine ist in den Steinkohlen zu suchen, mittels welcher die betreffenden Steine gebrannt wurden. Die bei dieser Verbrennung auftretenden Gase enthalten stets Schwefelsäure und schweflige Säure, und da die Verbrennungsgase direct mit den Steinen in Berührung kommen, so ist es leicht erklärlich, dass diese Säuren sich mit der Kalkerde der Steine verbinden. Die schweflige Säure oxydirt sich während dieses Processes und wird ebenfalls zu Schwefelsäure und so entstehen an denjenigen Theilen der Steine, welche mit den Verbrennungsgasen in Berührung treten, nicht unbedeutende Mengen schwefelsaure Kalkerde. Diese letztere setzt sich, wie vorhin erläutert wurde, mit den Alkalien des Mörtels zu schwefelsauren Alkalien um.

Das schwefelsaure Natron ist ein in Wasser leicht lösliches Salz. Wenn aus diesem Umstande der Schluss gezogen werden sollte, dass sich dasselbe durch die mit ihm etwa in Berührung kommenden atmosphärischen Niederschläge leicht auflösen und auf diese Weise von den Steinen abgespült wird, so ist solches für gewöhnlich doch nicht der Fall; denn in dem Maasse, als sich das Salz löst, dringt die Lösung in den porösen Stein zurück, setzt sich in ihm wieder

fest, um bei trockner Witterung von Neuem auszukrystallisiren. Dieser Vorgang wiederholt sich bei jedem die Mauer durchnässenden Regenfalle; nur wenig von den Salzlösung gelangt bis zum Erdboden, das meiste dringt in die Steine zurück.

Bei Mauerwerken, welche mit Cement gefugt wurden, treten die Auswitterungen von schwefelsauren Alkalien noch reichlicher auf, als bei solchen, welche mit gewöhnlichem Kalk aufgeführt wurden, weil Cement reicher an Alkalien ist, als Mauerkalk.

Der Gehalt an schwefelsaurer Kalkerde (Gyps) in den Auswitterungen hat denselben Ursprung, wie der der vorerwähnten schwefelsauren Alkalien. Zum Theil ist der Gyps schon als solcher in den Thonen enthalten, aus denen die Steine gebrannt wurden; zum Theil rührt die in ihm enthaltene Schwefelsäure aus den Verbrennungsgasen der Steinkohlen her; zum Theil ist sie in dem Mörtel und dem Wasser enthalten, die zum Vermauern dienen.

Die in den Auswitterungen enthaltene kohlen saure Kalkerde leitet ihren Ursprung aus der in Wasser gelösten Kalkerde des Mörtels her. Diese verbindet sich, wenn sie an die Aussenfläche der Mauer tritt, mit der Kohlensäure der Athmosphäre und wird dadurch unlöslich. Die kohlen saure Kalkerde ist der bleibende Bestandtheil der Auswitterungen, weil sie den atmosphärischen Niederschlägen vollständig widersteht. Sie bildet sich hauptsächlich auf frisch angelegten oder frisch verputzten Mauerwerken.

Das Chlornatrium der Auswitterungen stammt theils aus dem Wasser, mittels welches der zum Vermauern dienende Kalk angerührt wurde, zum Theil aus den Steinen selbst. Das Chlornatrium kann bei Berührung mit Kalksalzen sich leicht in Chlorcalcium umsetzen, ein sehr hygroskopisches Salz und als solches nach E. Müller einer der gefährlichsten Bestandtheile der Mauersteine, welcher diese stets feucht erhält und so allmählich das Stein- und Mörtelmaterial auflöst.

Die organischen Bestandtheile der Auswitterungen leiten ihren Ursprung aus dem Staube der Athmosphäre her und aus Pilzwucherungen, die in den Auswitterungen vor sich gehen. Durch das Mikroskop sind die verschiedenen organischen Bestandtheile des atmosphärischen Staubes leicht darin zu erkennen, pflanzliche Theilchen, Spinnwebe, Pilzsporen und andere Mikroorganismen.

Der interessanteste Bestandtheil der Auswitterungen ist jedenfalls die Salpetersäure, welche in den Auswitterungen an Alkalien und Kalkerde gebunden ist. Sie kann nur zu einem kleinen Theile als ein Bestandtheil der Mauersteine angesehen werden. Ich untersuchte einige Steine, welche aus renomirten Ziegeleien bei Danzig bezogen waren, auf ihren Gehalt an Salpetersäure und fand in ihnen auf den Stein im Gewichte von $3\frac{1}{2}$ bis 4 Kilogramm nur 0,00017 bis 0,004 Gramm Salpetersäure. Das ist äusserst wenig und kann bei den Auswitterungen kaum in's Gewicht fallen. Es ist vielmehr anzunehmen, dass die Salpetersäure der Hauptsache nach aus der athmo-

sphärischen Luft stammt, in welcher sie als solche vorhanden ist, und von wo aus sie in den Stein hineingelangen kann, oder dass der Ammoniakgehalt der Luft in den porösen Stein dringt und sich dort zu Salpetersäure oxydirt. Da wo die Mauern auf salpeterhaltigem Erdboden stehen, können salpetersaure Salze auch bis zu einer gewissen Höhe in den Mauern aufsteigen. Ammoniak ist erwiesener Maassen überall in mehr oder minder grosser Menge in der Atmosphäre enthalten. Es leitet seinen Ursprung darin aus Verwesungs- und Verbrennungsprocessen stickstoffhaltiger organischer Stoffe her und befindet sich stets in Verbindung mit Kohlensäure oder einer anderen flüchtigen Säure.

Fresenius fand in 100000 Theilen Luft im Mittel 0,133 Theile Ammoniak. Hersford fand zu Boston bei 13 Versuchen in 100000 Theilen Luft sogar 4,76 bis 0,12 Theile Ammoniak. Barral fand in den auf dem Observatorium zu Paris 1855 gesammelten Regenwasser pro Kubikmeter je nach der Jahreszeit 1,08 bis 4,42 Gramm Ammoniak. A. Petermann und J. Graftian prüften während der Jahre 1890 bis 1891 die in der Versuchsstation zu Gembloux in Belgien aufgefangenen Niederschläge auf Ammoniak, Salpetersäure und salpetrige Säure. Sie fanden, dass die Menge des gebundenen Stickstoffs, welcher auf einen Hektar Bodenfläche jährlich mit den Meteorwässern niedergeschlagen wird, 10,34 Kilogramm beträgt, davon etwa drei Viertheile Ammoniak.

Aus diesen Untersuchungen ist ersichtlich, dass recht beachtenswerthe Mengen Ammoniak in der atmosphärischen Luft enthalten sind. Nun sind poröse Substanzen leicht geneigt, das Ammoniak aus der Luft aufzunehmen, resp. zu verdichten, so Schnee und humus- oder thonhaltiger lockerer Erdboden. Faraday fand, dass weisser Thon, rothgeglüht, dann acht Tage lang der Luft dargeboten, beim Erhitzen viel Ammoniak ausgiebt. Auf ähnliche Weise wird auch das Ammoniak von porösen Steinen aus gebranntem Thon leicht aufgenommen werden können. Oft werden ammoniakalische Flüssigkeiten auch direct aus dem feuchten Erdboden in Mauerwerke eindringen, die darauf errichtet sind, und in ihnen bis zu einer gewissen Höhe aufsteigen. Es wird solches namentlich bei Stallgebäuden stattfinden, welche in der unmittelbaren Nähe von Dungstätten belegen sind, an feuchten Kellermauern, Futtermauern etc. Am öftesten aber werden ammoniakalische Gase vom Erdboden aus, wo sie sich durch Verwesung, Fäulnis, Verbrennung oder andere Zersetzungsprocesse gebildet haben, wie schon angeführt, indirect durch die Luft zu den Mauerwerken gelangen. Die Oxydation des Ammoniaks zu Salpetersäure findet dann in dem Maasse statt, als Ammoniak von den porösen Steinen aufgenommen wird und gleichzeitig alkalische oder kohlensaure Erden, resp. Alkalien in genügender Menge vorhanden sind, um die entstandene Salpetersäure zu binden. Es geht hier derselbe Process im Kleinen vor sich, welcher in den sogenannten Salpeterplantagen im Grossen stattfindet.

Auf welche Weise nun das Ammoniak in Salpetersäure übergeführt wird, darüber haben neuere Untersuchungen weitere Klärung gebracht. Früher war

man der Ansicht, dass solches durch einen rein chemischen Process zu Stande kommt, dass starke Alkalien oder Erden hierbei thätig sind, welche das Ammoniak dazu disponiren, sich zu Salpetersäure zu oxydiren und mit ihnen Verbindungen einzugehen. Man suchte auch den Allerweltsoxydirer, das Ozon der Luft, hierbei als mitwirkendes Agens herbeizuziehen. Heutzutage hat die schon von Pasteur ausgesprochene Vermuthung, dass Mikroorganismen hierbei eine Rolle spielen, Gewissheit erlangt, und zwar durch die von Winogradsky ausgeführten überraschenden Untersuchungen, die von andern Forschern bestätigt wurden. Winogradsky hat diese kleinsten Lebewesen rein gezüchtet, welche die Fähigkeit besitzen, durch ihren Lebens- und Entwicklungsprocess das Ammoniak zu Salpetersäure zu oxydiren. Es sind Spaltpilze, welche Winogradsky mit dem Gattungsnamen *Nitromonas* bezeichnet. Die Thätigkeit dieser Spaltpilze ist eine rein physiologische. Winogradsky beschreibt die von ihm gezüchtete *Nitromonas* als sehr kleine Körperchen von ellipsoider Gestalt. Ihr geringster Durchmesser überschreitet nicht 0,9 bis 1,0 Mikromillimeter, ihre Länge variirt zwischen 1,1 bis 1,8 Mikromillimeter. Die jüngeren Individuen nähern sich mehr der Kugelform; ältere, welche länger als 1,8 Mikromillimeter sind, zeigen schon die Verlängerung, welche einer Theilung vorhergeht; denn ihre Vermehrung erfolgt durch Theilung der einzelnen Zellen und Abtrennung der neugebildeten. Eine Kette von drei bis vier Individuen kommt äusserst selten vor. Bisweilen fand Winogradsky inmitten der ovalen Zellen andere von der Form einer Spindel mit stumpfer Spitze, welche ohne Zweifel demselben Organismus angehören. Die Zellen sind in der Ruhe im Allgemeinen frei und in der Flüssigkeit vertheilt, oft auch in Haufen vereinigt; sie befinden sich in einer gallertartigen Masse von schwachem Zusammenhange eingebettet. Oft gerathen sie in plötzliche Bewegung, oder einige bewegen sich, während andere ruhen. Das Merkwürdigste bei dem Lebens- und Entwicklungsprocesse dieser Spaltpilze ist jedoch, dass sie am besten gedeihen, wenn auch die geringste Menge von organischen Substanzen in der Nährflüssigkeit oder dem Nährboden ausgeschlossen ist.

Winogradsky wandte zu seinen Nährlösungen reinstes destillirtes Wasser an, in welchem Salze aufgelöst waren, welche eigens zubereitet wurden, um sie vollständig frei von organischen Substanzen zu erhalten. Diese Salze waren geschmolzenes schwefelsaures Ammoniak, geblühte kohlen saure Erden, phosphorsaures Kali, schwefelsaure Magnesia, Chloralkalien und Chlorcalcium.

Wenn ich nun in dem Vorstehenden die Ansicht aussprach, dass in den Ziegelsteinen und in den auf ihnen befindlichen Auswitterungen derselbe Process stattfindet, welcher im Erdboden das Ammoniak zu Salpetersäure oxydirt, so erübrigt es noch des Beweises hierfür und der praktischen Versuche. Zuvörderst will ich noch erwähnen, dass ich mich schon im Jahre 1890 mit der Zucht der Nitromonade beschäftigte und meine damals gewonnenen Resultate bei Gelegenheit eines Referats über die Winogradsky'sche

Arbeit in einer Sitzung der Naturforschenden Gesellschaft zu Danzig mittheilte. Ich experimentirte damals zunächst genau nach der Methode von Winogradsky; dann wich ich ab, indem ich mich statt der pulverförmigen Kalk- und Magnesiicarbonate des festen Dolomits bediente. Auch wandte ich zur Aussaat schon einmal Mauerfrass an. Doch gelang es mir bei all' meinen Culturen nicht, den von Winogradsky beobachteten Spaltpilz rein zu züchten. Es waren in den Culturen unter dem Mikroskop alle möglichen Organismen zu beobachten, die Nitromonade Winogradsky's war jedoch nicht genau zu unterscheiden. Dagegen beobachtete ich stets die Bildung von Salpetersäure aus den Ammoniaksalzen der Nährlösungen, oft in so erheblicher Menge, dass ich annehmen musste, dass bei ihrer Bildung noch andere Mikroorganismen mitthätig seien.

In diesem Sommer ist es mir nun gelungen, aus den Auswitterungen der Ziegelsteinmauern einen Spaltpilz zu erziehen, welcher dem von Winogradsky entdeckten gleichkommt.

Ich beschreibe nachfolgend meine darauf bezüglichen Experimente und Beobachtungen:

Am 15. April 1893 bereitete ich mir folgende Nährlösung. Ich vermischte

- 0,05 Gramm ausgeglühtes schwefelsaures Ammoniak,
- 0,01 Gramm phosphorsaures Kali,
- 0,005 Gramm Chlornatrium,
- 0,005 Gramm Chlorecalcium,
- 0,005 Gramm schwefelsaure Magnesia

mit 25 Kubikcentimeter reinstem von organischen Substanzen völlig befreitem destillirten Wasser.

Die klare Flüssigkeit sterilisirte ich durch Siedehitze, schob eine Stange ausgekochter und ausgeglühter Kreide hinein, verschloss das Gefäß mit sterilisirter Watte und liess es erkalten.

Nach kurzer Entfernung des Watteverschlusses bewirkte ich die Aussaat in die Flüssigkeit. Dieselbe bestand aus einer sehr kleinen Menge von den vermischten Ziegelsteinauswitterungen, welche von meinen chemischen Analysen übrig geblieben waren und in denen ich die Anwesenheit des Salpeterfermentes voraussetzte. Sie betrug etwa so viel, als eine Nadelspitze ausmacht.

Gleichzeitig bereitete ich eine Controllflüssigkeit in gleicher Weise, welche ohne Aussaat blieb.

Nach etwa zehntägigem Stehen bei Stubentemperatur und in zerstreutem Lichte beobachtete ich auf der Oberfläche der mit Aussaat beschickten Flüssigkeit eine geringe Trübung. Am Grunde der Flüssigkeit hatten sich einige Flocken abgeschieden, welche sich, unter dem Mikroskope betrachtet, als Mycelien eines Schimmelpilzes auswiesen. Nach Verlauf von zwei Wochen hatten sich feine Häutchen gebildet, von welchen ein kleines Theilchen bei 500facher Vergrößerung betrachtet wurde. Das Häutchen bestand aus einer feinen Membran, in welcher ovale Mikroorganismen eingeschlossen waren.

Die Organismen hatten dieselbe Gestalt und Grösse, welche Winogradsky's Nitromonade zeigte, etwa 1 Mikromillimeter breit und 1,1 bis 2 Mikromillimeter lang. Unter ihnen befanden sich auch die von Winogradsky erwähnten ebenso grossen, spindelförmigen Zellen; dann waren noch einige etwa doppelt so grosse kreisrunde Organismen zu bemerken. Die Vermehrung des am Grunde befindlichen Schimmelpilzmyceliums hörte im weiteren Verlaufe des Wachsthum der Nitromonade auf; ich entfernte dasselbe mittelst eines Häkchens aus der Nährflüssigkeit. Wahrscheinlich war die zur Vermehrung des Schimmelpilzes nöthige organische Substanz, welche durch die Aussaat in die Flüssigkeit hineingelangte, aufgebraucht und nunmehr der günstige Boden zum Wachsthum der Nitromonade gegeben, denn, wie schon erwähnt, gedeiht diese am besten in Flüssigkeiten, welche vollständig frei von organischer Substanz sind.

Nach drei Wochen hatten sich die Häutchen auf der Oberfläche der Nährflüssigkeit vermehrt und konnte in dieser zum ersten Male die Salpetersäure mittelst Diphenylamin und Schwefelsäure nachgewiesen werden. Diese Bildung schritt von Woche zu Woche weiter vor. Neben der Salpetersäure war durch Jodkaliumstärkelösung und verdünnte Schwefelsäure eine kleine Menge salpetriger Säure nachzuweisen.

Der Spaltpilz selbst glich in Gestalt, Grösse und Lebensweise dem von Winogradsky beschriebenen.

In der Controllflüssigkeit, welche keine Aussaat erfahren hatte, bildete sich weder Salpetersäure noch der vorerwähnte Spaltpilz.

Von dem durch die Cultur erzeugten Spaltpilze nahm ich nun wieder ein sehr kleines Theilchen heraus und säete es von Neuem in eine sterilisirte Flüssigkeit von obenbeschriebener Zusammensetzung aus. Schon nach Verlauf von drei Tagen hatten sich Häutchen gebildet, lediglich aus dem beschriebenen Spaltpilze bestehend. Sein Wachsthum ging schneller vor sich, als das erste Mal, möglicherweise wurde dasselbe durch die warme Sommertemperatur begünstigt. Die meisten Zellen waren langgestreckt und in der Spaltung begriffen. Ich konnte diese Spaltung deutlich durch das Mikroskop im hangenden Tropfen beobachten. In wenigen Stunden vermehrten sich die Zellen im Gesichtsfelde um das Doppelte und Dreifache. Auch wandte ich eine andere Flüssigkeit zur Aussaat an, welche zusammengesetzt war aus:

- 0,04 Gramm geglühtem schwefelsaurem Ammoniak,
- 0,02 Gramm kohlen-saurem Ammoniak,
- 0,01 Gramm phosphorsaurem Kali,
- 0,005 Gramm Chlorealcium,
- 0,005 Gramm schwefelsaurer Magnesia,
- 0,005 Gramm Chlornatrium,
- 25 Kubikcentimeter reinstem destillirtem Wasser.

In dieser vor der Aussaat sterilisirten Mischung vermehrte sich die Nitromonade ebenfalls bald. Schon nach Verlauf von sechs Tagen hatten

sich auf ihrer Oberfläche feine Häutchen abgeschieden, welche aus dem beschriebenen Spaltpilze bestanden, eingeschlossen in einer feinen Membran. In dieser Flüssigkeit war als absorbirende Substanz zur Bindung der sich bildenden Salpetersäure und der sich eventuell abscheidenden Schwefelsäure das kohlen-saure Ammoniak angewandt worden. Die Culturversuche in dieser Mischung fielen zwar sehr rein aus, doch gedieh für die Dauer der Pflanz nicht so gut, als in der Flüssigkeit mit kohlen-saurer Kalkerde.

Am 4. October stellte ich einen zweiten Versuch zur Züchtung des Spaltpilzes, welcher die Salpeterbildung bewirkt, an. Ich säete wieder eine sehr kleine Menge von Mauerfrass in die obenbeschriebene sterilisirte Nährlösung aus, machte auch die Controllprobe ohne Aussaat. Nach zehntägigem Stehen bei Stubentemperatur und im zerstreuten Lichte hatte sich auf der ersteren Flüssigkeit wieder ein sehr dünnes Häutchen gebildet, während die Controllflüssigkeit unverändert geblieben war. Ein Pröbehen des herausgenommenen Häutchens, unter dem Mikroskop bei 500- bis 800facher Vergrößerung betrachtet, wies auch hier sehr schöne Culturen des vorbeschriebenen Spaltpilzes auf, ovale, spindelförmige und in Spaltung begriffene; ausserdem waren wieder vereinzelt zusammenhängende Partien des grösseren kreisrunden Pilzes zu beobachten und äusserst kleine, lebhaft sich bewegende Mikrokokken. Eine weitere Reinzucht des Spaltpilzes werde ich in der Folge bewirken, um gleichzeitig zu erfahren, ob derselbe auch bei kälterer Jahreszeit sich vermehrt und Salpetersäure ausscheidet.

Um zu ermitteln, ob der beschriebene Spaltpilz auch im Stande ist, gasförmig ihm zugehendes Ammoniak, wenn Feuchtigkeit und sonstige Bedingungen vorhanden sind, in Salpetersäure zu verwandeln, machte ich folgenden Versuch:

Am 20. Juli beschickte ich zwei Gläschen mit Lösungen von:

0,01	Gramm	phosphorsaurem Kali,
0,005	„	Chlornatrium,
0,005	„	Chlorcalcium,
0,005	„	schwefelsaurer Magnesia

in 25 Gramm reinstem, von organischer Substanz völlig freiem destillirten Wasser.

Beide Lösungen sterilisirte ich durch Siedhitze und fügte zu der einen eine Stange ausgekochter und ausgeglühter Kreide. In beide Flüssigkeiten säete ich nach dem Erkalten eine sehr kleine Menge des Spaltpilzes aus, welchen ich aus den Auswitterungen der Ziegelsteinmauer erzogen hatte. Beide Gläschen verschloss ich mit losen Pfropfen von sterilisirter Watte. Dann stellte ich sie in ein Glasgefäss mit übergreifendem Deckel. In das Gefäss setzte ich ferner ein Schälchen mit anderthalbkohlen-saurem Ammoniak und deckte den Glasdeckel über das Ganze. Es fand nun ein allmähliches Verdunsten von kohlen-saurem Ammoniak statt, welches durch den losen Wattedropf auch Zugang zu den Nährlösungen fand. Nach Ver-

lauf einer Woche war in der mit Kreide versehenen Nährlösung bereits eine Vermehrung des Spaltpilzes erfolgt; nach zwei Wochen hatten sich dünne Häutchen gebildet, welche neben einigen Partikelehen der abgelösten Kreide den Spaltpilz in schöner, reiner, im Sprossen begriffener Form und in grosser Menge einschlossen. In dem zweiten Gläschen mit Nährlösung, welche keine Kreide enthielt, beobachtete ich ebenfalls eine Vermehrung des Spaltpilzes. Nach Verlauf von drei Wochen war ich im Stande, die Bildung der Salpetersäure mittelst Diphenylamin und Schwefelsäure sehr deutlich in beiden Lösungen nachzuweisen. Die Bildung schritt in den nächsten zwei Wochen vor, in demselben Maasse die Vermehrung des Pilzes. Auch hier konnte ich neben Salpetersäure eine kleine Menge salpetriger Säure nachweisen. Nach dieser Zeit siedelten sich, wahrscheinlich bewirkt durch das öftere Oefnen des Watterverschlusses, andere kleinste Organismen, Mikroccocci, in beiden Culturen an und verdrängten allmählich den ursprünglichen Spaltpilz. Doch fand trotzdem weitere Salpeterbildung statt: ich lasse es dahingestellt, ob die neuen Mikroorganismen zu dieser Bildung ebenfalls beitragen. Merkwürdigerweise fand nun aber eine schnellere Bildung von Salpetersäure in der ohne Kreidezusatz bereiteten Culturflüssigkeit statt, als in der anderen. Nach Verlauf weiterer sechs Wochen war namentlich in der ersteren Flüssigkeit eine recht bedeutende Menge Salpetersäure aus dem Ammoniakgehalt der damit angeschwängerten Luft gebildet worden, gleichzeitig kleine Mengen salpetriger Säure und organischer Substanz, welche letztere sich leicht nachweisen liess, indem eine Probe der Flüssigkeit im Platinschälchen verdunstet und der Rückstand der Glühhitze ausgesetzt wurde. Es fand dann eine Schwärzung des Rückstandes statt unter gleichzeitiger Ausstossung von Dämpfen, welche nach verbrennender organischer Substanz rochen. Der Spaltpilz hatte seine Schuldigkeit gethan: er hatte aus rein anorganischen Substanzen seine Nahrung gezogen, organische Substanz erzeugt und organisches Leben zur Entwicklung gebracht, welches dann von ihm und anderen sich anreihenden Organismen flott weiter geführt wurde.

So sind wir an der Hand von chemischen und physikalischen Experimenten in eine der verborgenen Werkstätten der Natur eingedrungen, wo die ersten Fäden gesponnen werden, welche dem organischen Leben zu Grunde liegen. Aber indem wir die Natur in dieser Werkstätte bei ihrem geheimnisvollen Spinnen und Weben belauschen, staunen wir zugleich über die Einfachheit der Mittel, derer sie sich bedient, um ihre grossen Ziele zu erreichen.

Meine Untersuchungen brach ich hier ab. Mykologen von Fach mögen die Wege, welche ich nach Winogradsky's Anleitung betrat, weiter beschreiten, um namentlich zu ermitteln, ob noch andere Mikroorganismen, als die Nitromonade Winogradsky's bei der Salpeterbildung mitthätig sind. Winogradsky verneint solches nicht, ja er hält es sogar für wahrscheinlich, dass solche bestehen. Auch Warrington ist derselben Ansicht, er will beobachtet haben, dass bei der Salpeterbildung aus dem

Ammoniak stets zwei Mikroorganismen thätig sind, einer, welcher die Bildung der salpetrigen Säure einleitet und bewirkt, und ein zweiter, welche diese zu Salpetersäure oxydirt. Letzterer kann den ersteren nicht in seiner Wirksamkeit ersetzen, ebenso umgekehrt der erstere nicht den letzteren. Münz theilt Versuche mit, nach denen im Erdboden nur ein Mikroorganismus vorkommt, welcher das Ammoniak in salpetrige Säure umsetzt, und dass die weitere Umwandlung der salpetrigen Säure in Salpetersäure ein rein chemischer Oxydationsprocess ist, welcher durch die Bodenluft erfolgt. Diese Ansicht findet Bestätigung durch den Umstand, dass ich in meinen Culturen neben Salpetersäure fast stets eine kleine Menge salpetriger Säure nachweisen konnte.

Doch hiervon abgesehen muss nach meinen vorbeschriebenen Untersuchungen angenommen werden, dass, ebenso wie im Erdboden, auch in den Auswitterungen der Ziegelsteinmauern, wenn die günstigen Bedingungen dazu vorhanden sind, eine Salpetersäurebildung aus Ammoniak stattfindet, welches den Mauern hauptsächlich durch die atmosphärische Luft zugeführt wird dass ferner bei diesem Vorgange die von Winogradsky entdeckten kleinsten Lebewesen, wahrscheinlich auch noch andere, thätig sind, welche Ammoniak, Kohlensäure, Wasser und einige mineralische Substanzen aufnehmen, sich dadurch nähren, vermehren und gleichzeitig Salpetersäure ausscheiden. Diese letztere ist auch hier als ein Stoffwechselproduct dieser Mikroorganismen anzusehen, als ein Ergebnis ihrer Lebensthätigkeit, ebenso wie bei den Hefezellen die Kohlensäure und der Alkohol.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften der Naturforschenden Gesellschaft Danzig](#)

Jahr/Year: 1892-1894

Band/Volume: [NF_8_3-4](#)

Autor(en)/Author(s): Helm Otto

Artikel/Article: [Ueber die chemischen Bestandtheile der Auswitterungen an Ziegelsteinmauern \(Mauerfrass\) und die damit verbundene Salpeterbildung. 168-179](#)