

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 29/30 (1897)
Heft: 5

Artikel: Verhandlungen des Vereins schweizer. Cement-, Kalk- und Gipsfabrikanten
Autor: Lunge
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-82493>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 17.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Verhandlungen des Vereins schweizer. Cement-, Kalk- und Gipsfabrikanten.

(Fortsetzung von S. 12.)

Vortrag von Professor Dr. Lunge

Ueber das Verhalten der verschiedenen Arten von Kieselsäure zu kaustischen und kohlensauen Alkalien und über das Wesen der Puzzolanen.

Ueber diesen Gegenstand habe ich mit C. Millberg eine ausgedehnte Untersuchung unternommen, über welche in der Zeitschrift für angewandte Chemie 1897, Heft 13 und 14, ausführlich berichtet werden wird. An dieser Stelle will ich nur die Haupt-Ergebnisse, mit einigen Einzelbelegen, anführen.

Den direkten Anlass zu dieser Arbeit gab der sehr entschiedene Einspruch, welchen *Michaëlis* gegen die früher von mir mit *Schochor-Tscherny* ausgearbeitete Methode zur Untersuchung von Mergeln auf ihre Brauchbarkeit für Cement (Zeitschrift für angewandte Chemie 1894, 481) in der Beziehung erhoben hatte, dass wir die Behandlung des in Stücken scharf geglühten Mergels erst mit verdünnter Salzsäure, darauf mit 5% Sodalösung (Natriumcarbonatlösung) zur Extraktion der aufgeschlossenen Substanzen vorgeschrieben hatten. Dies ist nach *Michaëlis* (Chem. Zeitg. 1895, 1422 und 2299) unstatthaft, weil angeblich die verbindungsfähige Kieselsäure durch Sodalösung nur ganz unvollständig ausgezogen werde, was er namentlich dadurch zu begründen sucht, dass man aus Trass durch Soda nur 1—3%, dagegen durch Aetzalkalien über 16% Kieselsäure ausziehen könne. Man müsse daher die verbindungsfähige Kieselsäure durch Erhitzen mit *Aetznatron* ausziehen und das verursache keinen Fehler, da nach seiner Behauptung Laugen mit 10% Na_2O bei stundenlangem Kochen und beliebig stärkere bei Wasserbadtemperatur die quarzartige Kieselsäure absolut nicht angreifen sollen.

Ich für meinen Teil hatte die Behandlung mit Aetzalkalien verworfen, weil dieselben nach den Versuchen aller früheren Beobachter (*Rose*, *Fresenius*, *Rammeloberg*, *Frémy* u. s. w.), sowie nach meinem eigenen sehr stark auf Quarz einwirken.

Bei der grossen Bestimmtheit, mit der *Michaëlis* auftrat und der Autorität, die er bei vielen Cement-Technikern geniesst, konnte man seine Behauptungen trotz ihrer hohen Unwahrscheinlichkeit nicht ignorieren und dies führte also zu der vorliegenden Untersuchung, deren Ergebnis in wenigen Worten es ist, dass *Michaëlis* in allen Punkten Unrecht hat; es wird nämlich verbindungsfähige Kieselsäure durch Kochen mit 5% Sodalösung sicher gelöst. Aetzlaugen sind unbedingt zu verwerfen, da sie stets Quarz auflösen, unter Umständen sogar in grosser Menge; der Trass und die Puzzolane enthalten gar keine freie Kieselsäure, sondern nur leicht aufschliessbare Silicate.

Unsere Versuche wurden in durchaus einwandfreier Art angestellt. Die Behandlung der Substanz fand stets in Phasenschalen statt. Die in den Lösungen enthaltene oder durch Aufbewahrung in Glasflaschen hineinkommende Kieselsäure wurde fortlaufend bestimmt und in Rechnung gezogen. Die Reinheit der verwendeten Kieselsäuren wurde durch genaue Analyse konstatiert. Das mechanische Durchgehen von freier Kieselsäure durch die Filter, dem *Michaëlis* meine früheren Ergebnisse (ganz unberechtigterweise) zugeschrieben hatte, wurde in allen Fällen durch Zusatz von Alkohol oder von Chlornatrium vollständig aufgehoben.

Als Ausgangsmaterial diente uns für die quarzartige Kieselsäure wasserheller Bergkrystall aus zwei verschiedenen Bezugsquellen, im Stahlmörser gepulvert und durch Kochen mit Salzsäure und Auswaschen vollkommen gereinigt. Er wurde vollständig durch ein Sieb von 2000 Maschen per cm^3 getrieben, dann aber noch durch Schlämmen in zwei Kerngrössen geteilt, nämlich 1. „gröberes Pulver“ (das

aber auch gänzlich jenes Sieb passiert hatte), 2. „staubfeines Pulver“, durch mehrtägige Ruhe aus den Schlämmwässern abgesetzt. Eine kleine Menge blieb auch dann noch im Wasser suspendiert und soll 3. als „Quarzmilch“ bezeichnet werden.

Folgendes waren nun die Ergebnisse der Versuche.

A. Das *gröbere Bergkrystallpulver* ergab bei einstündiger Digestion mit 15% Kalilauge schon auf dem Wasserbade eine Auflösung von 0,6 bis 0,7%. Bei zweistündigem Kochen ging 2% in Lösung, bei Wiederholung desselben fast ebensoviel. Auch eine Lösung von 10% KOH löste noch 1,06% SiO_2 ; dagegen lösten 15% Lösungen im Kaliumcarbonat oder Natriumcarbonat (Soda) nur unsichere Spuren.

B. Das *staubfeine Bergkrystallpulver* gab schon auf dem Wasserbade an 15% Kalilauge in den ersten zwei Stunden 6,70%, in den zweiten 4,10%, in den dritten 2,34% SiO_2 ab, noch mehr an Natronlaugen und selbst an 5% Sodalösung schon 3,84%. Beim Kochen war der Angriff viel stärker; hier gelang es bei 15% Kalilauge in 32 Stunden, bei 15% Natronlauge, nach 30 Stunden *sämtlichen* Bergkrystall, also 100%, aufzulösen. Bei der „Quarzmilch“ trat dies schon nach zwei Stunden ein. Man bedenke, dass nach *Michaëlis* nicht 100%, sondern *gar nichts* hätte aufgelöst werden dürfen!

Aber auch kohlensaure Alkalien wirken auf das staubfeine Pulver schon stark ein. Beim Kochen mit 15% Lösungen kann man in zwei Stunden schon 10% des Bergkrystalls auflösen und selbst 1% Sodalösung löst noch 2%.

Es ist nun zwar allgemein bekannt, dass chemische Reaktionen um so leichter eintreten, je feiner verteilt die dabei zur Anwendung kommenden festen Körper sind. Aber es ist doch gewiss ein durch Obiges erzielltes, unerwartetes Ergebnis, dass jene für ganz besonders widerstandsfähig angesehene Substanz, der Quarz (Bergkrystall) bloss durch feine Verteilung (Schlämmen) in einen Zustand gebracht werden kann, in dem er an Reaktionsfähigkeit der amorphen Kieselsäure nur wenig nachsteht, und hieraus folgt logisch, dass ein scharfer Unterschied in chemischer Beziehung zwischen quarzartiger und amorpher Kieselsäure gar nicht besteht und dass vielmehr beide Arten von Kieselsäure gegenüber den Alkalien „reaktionsfähig“ sind und die Unterschiede in dieser Beziehung ganz wesentlich nur auf den rein mechanischen Zustand der mehr oder weniger feinen Verteilung und Oberflächenentwicklung zurückzuführen sind.

Eine zweite logische Folgerung ist die, dass eine wirklich scharfe analytische Trennungsmethode von quarzartiger und anderweitiger Kieselsäure gar nicht für alle Fälle gefunden werden kann. Für das „gröbere Pulver“ existiert eine solche allerdings, denn dieses wird, wie wir gesehen haben, von Sodalösung nicht angegriffen, während (wie eine besondere Versuchsreihe zeigte) die amorphe, aus Silicaten abgeschiedene Kieselsäure durch Kochen mit 5% Sodalösung *auch nach heftigem Glühen* vollständig in Lösung gebracht werden könnte. Ebenso verhält sich die Opalkieselsäure. Aber da bei dem für Analysen notwendigen feinen Pulvern der Substanz, wie Versuche zeigten, immer nur ungefähr $\frac{2}{3}$ als „gröberes Pulver“ und $\frac{1}{3}$ als „staubfeines Pulver“ entstanden, so ist die Trennung durch Sodalösung keine scharfe. Immerhin erwies eine besondere, eingehende Versuchsreihe, dass man bei der Aufschliessung von feinst gebeutelten Materialien durch Salzsäure und Trocknen des Rückstandes bei 110° die quarzartige von der aus Silicaten abgeschiedenen Kieselsäure durch viertelstündige Behandlung mit 5% Sodalösung mit einem dem Betrag von 0,2% der Gesamtkieselsäure nicht übersteigenden Fehler trennen kann. Dies ist um so mehr genügend, als dieser Fehler konstant nach der Richtung geht, dass der Quarz um diesen Betrag zu niedrig, die „verbindungsfähige“ Kieselsäure zu hoch gefunden wird. Diese Methode genügt also den praktischen Bedürfnissen, während die von *Michaëlis* vorgeschriebene Trennung mit Aetzalkali unbedingt zu verwerfen ist, weil dabei Quarz *massenhaft* in Lösung geht.

Ich habe oben angegeben, dass ich im stande war, die aus Silicaten abgeschiedene Kieselsäure auch nach heftigem Glühen vollständig in Sodalösung aufzulösen. Dies widerspricht aufs schroffste der Behauptung von *Michaëlis*, wonach die Sodalösung solche Kieselsäure nie vollständig auflöse; giebt dafür aber keine Belege ausser seine Versuche mit *Trass*, aus dem man aus 5 % Sodalösung nur 2 %, mit 10 % Natronlauge aber 16.5 % SiO_2 in Lösung bringen kann. Diese Versuche sind allerdings richtig, aber sie haben keinerlei Beweiskraft für den vorliegenden Fall. Es ist nämlich dabei übersehen, dass bei der Behandlung mit Natronlauge nicht nur Kieselsäure, sondern auch *Thonerde* in Lösung geht, und zwar stets in einem der Kieselsäure äquivalenten, konstanten Verhältnisse von 1 Gw. Th. Al_2O_3 auf 23 SiO_2 . Dies wurde von uns nachgewiesen durch eine ganze Anzahl von Versuchen mit zwei rheinischen Trassen, dem von *Hersfeldt* und dem von *Burgbrohl*, die nach unseren Analysen 55–56 % Gesamtkieselsäure und $21\frac{1}{2}$ –25 % $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{F}_2\text{O}_3$ enthalten (ausserdem 2 % *CaO*, 1 % *MgO*, 12 % H_2O , und eine nicht bestimmte Menge *Natron*).

Durch Aufschliessen mit Salzsäure konnte man erhalten: 30.45–33.28 % in 5 % Sodalösung lösliche Kieselsäure, daneben 15.48–17.24 % *Thonerde* plus Eisenoxyd u. s. w. Mit diesen Trassen wurden nun folgende Versuche angestellt. Durch Digestion des (nicht mit Salzsäure aufgeschlossenen) Materials von *Hersfeldt* mit 5 % Sodalösung ging nur 0.82 % SiO_2 und 0.20 % Al_2O_3 in Lösung, dagegen beim Kochen mit 10 % Kalilauge 14.72–15.70 %, mit 15 % Aetzlauge 25.80 %, mit 30 % Aetzlauge 28.12 % SiO_2 . Gleichzeitig mit der Kieselsäure ging immer *Thonerde* in Lösung und zwar in den Verhältnissen zur Kieselsäure 1:2.35–2.5–2.4–2.22–2.3–2.3–2.3. Beim *Trass* von *Burgbrohl* löste 30 % Kalilauge 25.40 % SiO_2 *Thonerde* im Verhältnisse 1:2.27–2.25–2.25–2.25 zur Kieselsäure.

Ganz ähnlich verhielt sich römische *Puzzolane*; doch war das Verhältnis hier konstant 1:1.85.

Diese Beobachtungen erweisen mit aller Bestimmtheit, dass der *Trass* überhaupt gar keine freie „verbindungs-fähige“ Kieselsäure besitzt, sondern nur durch Aetzalkalien (jedenfalls als auch durch *Kalk*) leicht zersetzliche *Silicate*. Durch Behandlung mit 30 % Kalilauge gingen diese bei dem *Trass* von *Hersfeldt* fast vollständig, bei den von *Burgbrohl* zu $\frac{2}{3}$, bei der *Puzzolane* zu $\frac{3}{4}$ in Lösung.

Die Vermutung musste sich nun aufdrängen, dass die *Silicate* des *Trass* mit den *Zeolithen* in Beziehung stehen, die sich ihnen chemisch so ähnlich verhalten. Es giebt einen *Zeolith*, den *Analcim*, dem die Formel $\text{Na}_2\text{O}, \text{Al}_2\text{O}_3, 4 \text{SiO}_2, 2 \text{H}_2\text{O}$ gegeben wird, welcher 23.35 % Al_2O_3 und 54.42 % SiO_2 entsprechen, also ein Verhältnis von 1:2.33. Ein durch die Güte von Prof. *Grubenmann* erhaltener, schön krystallisiertes *Analcim* enthielt in der That 22.96 Al_2O_3 und 57.50 SiO_2 , also nahezu obiges Verhältnis. Dieses Material löste sich bei dreistündiger Digestion mit 30 % Kalilauge in der That so gut wie vollständig (bis auf 3 %) auf, verhielt sich also ganz wie die *Silicate* des *Trass*, in denen das Verhältnis zwischen aufschliessbarer Kieselsäure und *Thonerde* ganz dasselbe ist. Der Schluss ist unabweisbar, dass der *Trass* nicht, wie früher wohl meist stillschweigend oder ausdrücklich angenommen worden ist, seine Reaktionsfähigkeit mit *Kalk* der Gegenwart von freier Kieselsäure im Zustande besonderer Aktivität verdankt, sondern dass er vielmehr als wirksame Bestandteile leicht zersetzliche, zeolithähnliche *Silicate* enthält. Bei dem rheinischen *Trass* stimmen diese chemisch genau mit dem *Analcim*; bei der römischen *Puzzolane* deutet das Verhältnis von Kieselsäure zu *Thonerde* auf ein anderes *Silicat*.

Es ist mehr als wahrscheinlich, dass ganz ähnliche Verhältnisse auch bei der *Santorinerde*, sowie bei den für *Cementfabrikation* verwendbaren, abgeschreckten *Hochfenschlacken* obwalten; doch kann dies mit Bestimmtheit erst durch nähere Untersuchungen entschieden werden.

Miscellanea.

Die Mirabeau-Brücke in Paris. Am 13. d. M. ist in Gegenwart des Präsidenten der Republik eine bemerkenswerte Pariser Strassenbrücke, die die äussersten westlichen Stadtviertel *Javel* und *Grenelle* auf dem linken Seineufer mit den rechtsufrigen Vierteln *Auteuil* und *Passy* verbindende *Mirabeau-Brücke* feierlich eingeweiht worden. Da Rücksichten auf die Schifffahrt eine möglichst breite und hohe Mittelöffnung und die Rücksicht auf den Strassenverkehr eine möglichst geringe Steigung und in Brückenmitte geringe Konstruktionshöhe der Fahrbahn bedingten, haben die Erbauer für die Konstruktion die Anordnung eines sehr flachen Fachwerkbogens mit drei Gelenken und zwei freitragenden Enden gewählt. Jede Bänderhälfte ruht auf einem Stropfweiler und wird aus zwei Armen von annähernd gleichem Gewicht, aber ungleicher Länge gebildet. Die mittlere Oeffnung hat eine Spannweite von 99.34 m bei einem Höhenunterschied der Gelenkpunkte von 6.17 m, die Seitenöffnungen sind mit 37 m und 4.585 m Stützweite dimensioniert. Die auf sieben Bindern, in drei bzw. 3.72 m Abstand aufruhende Brückenbahn hat eine Breite von 20 m. Die freien Enden der Träger sind mit den Landpfeilern durch eine senkrechte Stütze verbunden, die Druck und Zug übertragen kann, ohne die Längenausdehnung der Träger zu hindern. Einen besondern Vorzug des Brückentwurfes soll die Verminderung des Seitenschubes auf die Mittelpfeiler infolge der Anordnung freitragender Enden bilden. Zu diesem Zwecke hat man die Fahrbahn der Seitenjochs durch gewölbte Ziegelkappen mit einer hohen, überlagernden Betonschicht hergestellt, während die Fahrbahn beim Mitteljoch leichte Eisenplatten bilden, die auf einem Rost von kleinen Trägern liegen. An Metall sind insgesamt 2744 t, grösstenteils Stahl, verbraucht worden. Die Fusssteige sind in Asphalt, der Fahrdamm ist in Holz gepflastert. Die Gründung der 28.04 m langen, unter Wasser 10 m, an der Oberfläche 6.80 m breiten Stropfweiler wurde mittelst Druckluft bei Anwendung einer von *Zschokke* und *Terrier* gebauten, besonderen Luftscheule ausgeführt, welche zur Beförderung der ausgehobenen Erde und der Mauerstoffe diente. In den eisernen Senkkästen war die Arbeitsstube zur Erhaltung guter Luft elektrisch beleuchtet; um die Wirkung der Abkühlung auf die Arbeiter beim Zurückschleusen abzuschwächen und um ein Einfrieren der Hähne zu vermeiden, ist die Pressluft auf künstlichem Wege erwärmt worden. Die Kosten für den Bau der von den Ingenieuren *Rabel* und *Résal* ausgeführten, architektonisch sehr wirkungsvollen Brücke haben 2 300 000 Fr. betragen.

Die Bewährung von Linoleum als Fussbodenbelag. Bei dem Bestreben der preussischen Staatsverwaltung, namentlich für grössere Hochbauten massive Deckenkonstruktionen anzuwenden, lag es nahe, auch die Fussböden massiv herzustellen, da dieselben nicht nur schwammicher, sondern auch in gesundheitlicher Beziehung wegen ihrer Fugenlosigkeit wertvoll sind. Man hat zu diesem Zwecke die Stein- und Betondecken mit Estrich versehen und mit Linoleum belegt. Um über die Tauglichkeit des Linoleums in Amtsräumen möglichst vielseitige Urteile zu gewinnen, hat der preussische Minister für öffentliche Arbeiten den grösseren Teil der Regierungen, sowie die Eisenbahn-Direktion zum Bericht aufgefordert, und ferner auch Gutachten beim Reichspostamt, der Reichsbank und den Senaten von Hamburg und Bremen eingeholt. Nach den im «Centralblatt der Bauverwaltung» veröffentlichten Ergebnissen dieser Umfrage hat sich das Linoleum auf Holzfussböden oder anderer nicht ganz ebener Unterlage nicht bewährt, während es bei massiver, ebener Unterlage grosse Vorzüge bietet, wie sich aus den Berichten über 191 Ausführungen mit zusammen 77 500 m² ergibt. Dasselbe ist wasserundurchlässig, widerstandsfähig gegen Abnützung, glatt und fugenlos, schalldämpfend, elastisch, warm, selbst über ungeheizten Räumen, es ist leicht zu reinigen, zu erhalten und auszubessern und bietet keine Gelegenheit für Staub, Ungeziefer und Krankheitskeime, sich im Unterboden festzusetzen. Die in wenigen Fällen vorgebrachten Bemängelungen sind von geringer Bedeutung, und es ergibt sich aus denselben nur, dass Linoleum in solchen Räumen nicht angewendet werden soll, deren Fussboden der Einwirkung von Säuren und dergleichen ausgesetzt ist. Wichtig ist ausser der Verwendung guter, genügend abgelegter Ware die richtige Verlegung, am besten mit Linoleumkitt auf einen sorgfältig hergestellten, völlig ausgetrockneten Gips- oder Cement-Estrich, und eine sorgfältige Unterhaltung. Der Boden soll täglich gekehrt und sodann mit feuchten Tüchern aufgewischt werden. Sehr vorteilhaft ist ein jährlich zweimaliges, vorsichtiges Aufseifen mit warmem Wasser und milder Seife, wenn nach erfolgtem Trockenreiben der Boden mit Leinöl getränkt wird. Auch eine Behandlung mit Wachs wird empfohlen.

La plus grosse locomotive de l'ancien monde. La plus grosse locomotive du monde, en dehors de l'Amérique, était jusqu'ici la machine