©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Die
Festigkeit und Wetterbeständigkeit
der
natürlichen Gesteine.

Von

Privatdozent Dr. Alfons Leon.

Vortrag, gehalten den 24. Januar 1912.

(Mit Lichtbildern.)

Mit 3 Tafeln und 8 Abbildungen im Texte.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

So trocken und rein technisch auch der Gegenstand, den wir heute zu besprechen haben, nämlich die Festigkeit und Wetterbeständigkeit der natürlichen Gesteine, erscheint, so knüpfen uns doch bedeutende kulturelle Interessen an diese Frage.

Manches von dem, was die Alten hinterlassen haben, ist uns erhalten worden, vieles ist aber verloren gegangen und manches davon durch die Nichtbeständigkeit der verwendeten Materie. Von den Bauwerken der Ägypter ist uns auch relativ viel mehr erhalten als von denen der Babylonier und Assyrier.

Unsere Kirchen, der Stephansdom, die Karlskirche, Wahrzeichen der Zeit ihrer Entstehung und deren künstlerischer Empfindung, bedürfen steter Pflege. Bei großen Bauten ist es geradezu eine Seltenheit, wenn alle Teile des Kunstwerkes freistehen. Meist sind einzelne Teile von Gerüsten umgeben, verwitterte Blöcke werden herausgenommen und frischer Stein an deren Stelle gesetzt: Es findet also eine Art künstlichen Stoffwechsels statt.

Die Karlskirche, für deren Erhaltung lange Jahre nicht entsprechend vorgesorgt wurde, mußte vor kurzem gründlich restauriert werden, um zu verhindern, daß

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

dieses herrliche Werk in ruinenhaften Zustand komme. An der Votivkirche waren durch teilweise Verwendung nicht entsprechenden Steines Menschenleben gefährdet. Heute stehen noch die Schutzgerüste.

Fig. 1. Sandsteinverwitterung am Kölner Dom.
In 30 Jahren 6—9 mm tiefe Abwitterung durch Frostwirkung (Hirschwald).

Jedes derartige Bauwerk hat einen eigenen Fonds, meist sogar einen eigenen Stab von Fachmännern und Handwerkern, die für die Erhaltung des Baues Sorge zu tragen haben.

Die Hauptaufgabe des Denkmalschutzes und der Denkmalpflege ist es, der Verwitterung und Verrottung der Kunstdenkmäler entgegenzuarbeiten.

Mehr noch als für Österreich, das derzeit im Leithagebirge noch immer über beträchtliche Massen guten Kalksteines verfügt, ist die Frage für Deutschland von Wichtigkeit, dessen prächtige Dome und Rathäuser zumeist aus Sandstein bestehen.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Am Kölner Dom, dessen Grundstein schon 1248 gelegt wurde und dessen Ausbau 22 Millionen Mark kostete, hat man mit einzelnen Steingattungen, die schon nach 30 Jahren Abwitterungen bis 7 mm Tiefe zeigten, unangenehme Erfahrungen gemacht. (Fig. 1.) Desgleichen am Straßburger Münster. Auch am Münster in Ulm hat man die Teile aus Stubensandstein gegen solche aus Kalkstein ausgewechselt, da sich zeigte, daß die schweflige Säure der Rauchgase das kalkige Bindemittel des Sandsteines in Gips verwandelte und Verwitterungsnarben entstanden.

Daß Wind und Wetter, Regen und Schnee, Hitze und Kälte unsere Bauwerke beeinflussen, lehrt ein Gang durch die Stadt. Besonders bemerkbar ist die völlig weiße, nur teilweise durch die Wegwaschung des Rußes bedingte Färbung der am meisten dem Wetter ausgesetzten Teile. An der Votivkirche kann man dies deutlich beobachten.

Wer jemals Gelegenheit hatte, die Marmorbauten Venedigs zu sehen, dem wird kaum entgangen sein, daß sie stellenweise reinweiß sind, stellenweise wieder eine tiefe Schwärzung zeigen. Die Zinnen, Gesimse, alle dem Wetter ausgesetzten Teile von Säulen und Statuen sind völlig weiß, Lösungsrillen von 1 bis 3 mm Tiefe sind an Knöpfen von Brustgeländern nicht selten. Die Paläste am Canale grande sind einige Meter über der Wasserfläche auffallend hell. Die Ansicht der Seufzerbrücke nach dem Molo ist weiß, die Unterseite geschwärzt.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

In umgekehrter Art hat sich die Farbe im Laufe der Zeit an dem in Rom viel verwendeten Travertin, einem bei Tivoli gewonnenen Kalktuff geändert. Am Kolosseum in Rom, auch an der Peterskirche ist zu sehen, daß die oberen Geschosse, die ausladenden Gesimsteile, überhaupt alle dem Wetter besonders ausgesetzten Teile sich im Laufe der Zeit dunkler färbten. Der hellgelbe matte Ton des ursprünglichen Gesteines ist einem leuchtenden Braun gewichen.

Es ist demnach wohl kein Zweifel: Der leblose, tote Stein ändert sich im Laufe der Zeiten! Ist diese Veränderung nun ein Leben oder ist sie nur ein Verfall?

Wir müssen unterscheiden, je nachdem wir ein Stück Stein vom geologischen oder bautechnischen Standpunkt betrachten.

Bezüglich der Materie lebt die Natur in einem ungeheuren Kreislauf. Geologisch genommen sind alle Mineralien entweder löslich oder zersetzbar. Selbst Quarz, welcher der Auflösung durch kohlensäurehältiges Wasser — und solches ist überall vorhanden, liefert doch jeder Verbrennungs- und Atmungsprozeß Kohlensäure — am meisten trotzt, löst sich darin, wenn auch in äußerst geringen Mengen auf. Leichter als Quarz, der aus reiner Kieselsäure (SiO_2 $2H_2O$) besteht, gehen die Feldspate, die in allen Eruptivgesteinen und kristallinen Schiefern vertreten sind, durch chemische Zersetzung dadurch zugrunde, daß die in ihnen vorhandenen Metalle sich in Form von Verbindungen der Kohlen- und Kieselsäure ab-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

spalten;[1]) die Karbonate und ein Teil der Kieselsäure gehen in Lösung, während die Tonerde, an einen Teil der Kieselsäure gebunden, zurückbleibt.

Der Olivin, ein Magnesiaeisensilikat, wird in Serpentin verwandelt, aber auch Serpentin — man kann dies an Serpentinsäulen sehen, die im Laufe von Jahrzehnten ihre Politur verlieren — wird durch kohlensäurehältiges Wasser weiter zersetzt.[2])

Aber nicht nur die Eruptivgesteine und kristallinen Schiefer, die mit Ausnahme zufälliger Bestandteile aus kieselsäurehaltigen Mineralien bestehen, werden gelöst und zersetzt, sondern in weit höherem Grade die sedimentären Gesteine. Die Kalke und Sandsteine, die schon einen Teil ihres Kreislaufes zurückgelegt haben, werden gezwungen, einen Teil des schon zurückgelegten Weges noch einmal zu gehen.

Die angedeutete lösende und chemische Verwitterung wäre jedoch lange nicht von so bedeutsamer Wirkung, wenn diese Vorgänge nicht durch mechanische Kräfte mächtig unterstützt würden.

---

[1]) Die Kalkfeldspate, das sind solche, wo Calcium gegenüber anderen Metallen beträchtlich überwiegt, sind der Verwitterung leichter zugänglich als andere Feldspate.

[2]) Ist das Gestein stark basisch, so scheiden sich Karbonate aus, andernfalls bildet sich manchmal Glimmer, letzteres freilich nur in geologischen Epochen.

Basisch sind die dunklen metallreichen Gesteine mit etwa 20 bis 30 % Kieselsäure (Basalt, Gabbro, Serpentin); sauer die lichten kieselsäurereichen mit bis 70 % Kieselsäure (Granit, Gneis, Trachit).

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Vor allem ist es der Frost, der das in die feinsten Spalten und Poren eindringende Wasser zum Gefrieren bringt, die Steine sprengt und neue Flächen dem Angriff der Bergfeuchte zugänglich macht. (Taf. I.) So potenziert sich die Wirkung, wie uns ein einfacher Versuch lehrt. Während größere Glasstücke im Wasser unlöslich erscheinen — wir könnten sonst auf die Dauer keine gläsernen Trinkgefäße benützen — löst sich Glaspulver schon merkbar auf, wie dies durch Färbung von Lakmuspapier leicht erweisbar ist. Wie mächtig der Frost die Verwitterung unterstützt, geht daraus hervor, daß die granitenen Obelisken Roms, das keinen Frost kennt, noch heute tadellos erhalten sind, die Obelisken Ägyptens schon Jahrtausende bestehen, während die viel jüngeren von Paris und New-York aus demselben Materiale unter dem Einfluß der Kälte und Feuchtigkeit rasch oberflächlich zerfielen, so daß man sich ernstlich mit ihrem Schutz befassen mußte.

Während also der Frost durch Oberflächenvergrößerung die chemische Zersetzung gewaltig fördert, wirkt er ihr insoferne wieder entgegen, als diese Temperaturen die Reaktionsgeschwindigkeiten der chemischen Prozesse herabsetzen. Man hat wiederholt in Polargegenden Gesteinsmassen gefunden, die in unserem Klima sich schon längst zersetzt hätten und nie gefunden werden. Schon auf den Schiffen, die sie zu transportieren hatten, begann trotz aller Vorsichtsmaßregeln ihr Verfall.

In tropischen Ländern, wo der Frost nicht wirkt, ist es hingegen die Ungleichmäßigkeit in der Erwärmung,

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Taf. I. Die „Bergputzer“ am Mönchsberg bei Salzburg.
Im Frühjahr wird das durch die Fröste gelockerte Gestein entfernt, damit es keinen Schaden stifte. (Auch am Leopoldsberg bei Wien.)

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

der die Steine als schlechte Wärmeleiter ausgesetzt sind, die nicht selten ähnliche Wirkungen hat wie der Frost. Man hat in Afrika Bodentemperaturen von 84° C gemessen.[1]) Bedenkt man, daß ein plötzlicher Wolkenbruch mit einer Wassertemperatur von 20° C das Gestein an

Fig. 2. Bei der nächtlichen Abkühlung oder bei einem Gewitter gesprungener Granitblock in der Sierra de los dolores (nach Dr. Georg von dem Borne).

der Oberfläche fast plötzlich abkühlt, so erhält man einen Maßstab für die Größe der wirksamen inneren

[1]) Pechuel-Lösche, Ausland 1884, S. 425. Siehe auch Johannes Walther, Das Gesetz der Wüstenbildung, Berlin 1900, S. 28. In Westafrika Bodentemperaturen von 84° C und Temperaturen von Gewitterregen mit 21—24° C, also plötzliche Temperaturschwankungen von 60° C.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Spannungen. Man nennt Gesteine, die unter der Einwirkung der Sonnenstrahlen besonders leicht springen „Sonnenbrenner". (Basalte!)[1]) (Fig. 2.)

Bei gemengten Gesteinen, die aus hellen und dunklen Mineralien bestehen, macht sich die schädliche Wirkung der Erwärmung wegen der verschiedenen Absorption der Wärmestrahlen und der dadurch bedingten örtlichen Temperatur- und Ausdehnungsdifferenzen und Spannungen besonders bemerkbar. Je größer die einzelnen Körner und je greller ihre Farbenunterschiede, desto ungünstiger die Wirkung. An der Südseite von Monumenten Italiens haben wiederholt grobkörnige Granite und Gneise versagt, während sich feinkörnige vollkommen bewährten.

Die homogenen Marmorsorten der Bauten in Venedig, Rom und Florenz haben im Laufe der Jahrhunderte kaum merkbar gelitten, was man aber von den zusammengesetzten Breccien-Marmoren, besonders von den bunten, nicht behaupten kann. Ein Teil der bei diesen Gesteinen beobachteten Zerstörungen kommt auf das Konto der ungleichmäßigen Erwärmung.

Wasser und Stürme, Hitze und Kälte nagen im Gebirge an den Felsen und aus den Massiven entstehen

---

[1]) In der Technik wichtig für Dachschiefer. Es sind Proben zur künstlichen Herbeiführung dieses Phänomens vorgeschlagen worden.

In der Metallindustrie ist die „Härtung" von Werkzeugen, die bei der Abschreckung im Bad leicht springen, eine geschätzte Kunst.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

im Laufe von Jahrmillionen wundervolle Zacken und Schrofen, mystische Gestalten und Formen, die im Volksgeist Märchen erwecken und Sagen von Rosengärten und Berggeistern. (Fig. 3.)

Fig. 3. Am „Turmschlag" im Halltal.
Reste mächtiger Breccienbänke am Südabhang des Bettelwurf. (Melzer.)

Die Natur hat durch die mechanischen lösenden und chemischen Kräfte ganze Gebirge abgetragen: überall, wo Granit zutage tritt, muß darüber ein Deckgebirge vorhanden gewesen sein.

Die Donau führt im Durchschnitt täglich 25 Millionen Kilogramm gelöster Stoffe, hauptsächlich Kalk und Magnesia und 15 Millionen kg feinsten Schlammes an Wien vorbei. Schätzungsweise werden jährlich eine Milliarde Kilogramm gelösten Kalksteines von den Flüssen ins Meer getragen. Man hat berechnet, daß die abtragende und lösende Wirkung des Wassers eine durchschnittliche Erniedrigung der Kontinente von jährlich 0·1 mm beträgt, so daß nach vier bis fünf Millio-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

nen Jahren die Erde eine völlig glatte, vom Wasser bedeckte Kugel wäre.[1])

Während so die Natur ihre eigenen Werke zerstört, baut sie in ihrem Geiste andere wieder auf.

Die in der Gebirgsfeuchte gelöste Kieselsäure durchtränkt Kalk- und Sandsteine und verkieselt sie. Die Verdrängung der Kohlensäure durch die stärkere Kieselsäure ist in vielen Formationen beobachtet worden. Aus Kalksteinen, Sandsteinen und Mergeln sind Gneise entstanden. Die Geologen weisen heute den Gedanken nicht mehr von sich, daß das älteste bekannte Gestein, der Urgneis,[2]) aus sedimentären Formen hervorgegangen sein könnte, somit alle Gesteine eine Art Kreisprozeß durchmachen und wir von der ursprünglichen

---

[1]) Bei trübem Wasser sind in einem Liter Donauwasser 0·34, bei klarem 0·01 g schwebender fester Substanzen enthalten; hingegen gelöste Stoffe bei trübem (hauptsächlich aus direkt abfließenden Niederschlägen stammendem) Wasser 0·13 g auf je 1 Liter, bei klarem (hauptsächlich aus Quellen stammendem) Wasser 0·27 g. Im ganzen fließen also jährlich 14·3 Millionen Tonnen feste und gelöste Stoffe, das sind 5·7 Millionen Kubikmeter an Wien vorbei, hiezu kommt noch der Transport von Schotter und Sand. In 18.000 Jahren müßte das Einzugsgebiet der Donau bis Wien um 1 m erniedrigt werden. Siehe: Die Donau von A. Penck. Schriften des Vereines zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse 1890/91, S. 20.

[2]) Man unterscheidet dem Ursprung, nicht der Zusammensetzung nach Ortho- und Paragneise; Paragneise sind solche, deren semdimentäre Herkunft sichergestellt ist.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Erstarrungskruste der Erde vielleicht nichts zu sehen bekommen. Sind also die sedimentären Gesteine das großartigste Beispiel der Verwitterung und des Verfalles, so sind die Gneise und kristallinen Schiefer das Zeugnis für die ewig gebärende, schöpferische Kraft der Natur.

In der Erde sind Kräfte wirksam, die der nivellierenden Wirkung der Abtragungen entgegen arbeiten. Noch in historischer Zeit hat sich der Boden der Nordostküste Italiens um 2 m relativ gegenüber dem Meere gesenkt. Die nördlichen Teile des Bottnischen Meerbusens heben sich derzeit jährlich um etwa 1 cm.

Kann also der Geologe, der ungeheure Zeiträume überblickt, neben dem Altern und Zerfall der Gesteine auch ihre Entwicklung und Neubildung, also ihre Verjüngung studieren, so ist dies beim Ingenieur, der der Natur nicht so nahe steht wie der Geologe, nicht der Fall. Der Geologe beobachtet an der Natur das ewige Vergehen und Werden. Der Ingenieur jedoch hat zu bauen und die Natur legt seine Werke unrettbar im Laufe der Zeit in gestaltlose Trümmer: seine Aufgabe ist es aber, darauf zu sehen, daß es nicht zu bald geschehe.

Mit welchen Zeiträumen rechnet der Ingenieur? Von gewöhnlichen Nutzbauten wird eine Dauer von etwa hundert Jahren verlangt. Bei Monumentalbauten, Brücken, Wasserbauten — etwa die Anlagen am Donaukanal, soweit sie aus natürlichem Gestein bestehen — wird eine Dauer von 300 bis 500 Jahren erwartet. Kunstwerke sollen ein Jahrtausend überdauern. Mancher

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Vorgang, der im Haushalt und Kreislauf der Natur von großer Bedeutung ist, kommt für solche Zeiträume nicht in Betracht.

Frischer Feldspat erleidet auch in 1000 Jahren keine merkbare Veränderung. Daher hat sich der Ingenieur mit seiner schließlichen Zersetzung nicht zu befassen. Anders aber, wenn durch die Bergfeuchte schon in geologischen Zeiträumen die Zersetzung eingeleitet ist, dann können schon nach 100 Jahren, ja auch nach 10 und 5 Jahren feldspathältige Gesteine verderben. Beim Bau der Technischen Hochschule in Charlottenburg hat man Granitplatten benützt, die aus den obersten Lagen eines Steinbruches entnommen und angewittert waren. Schon nach wenigen Jahren waren kleine Stücke abgebröckelt, selbst im Hausflur, also an vom Wetter geschützten Stellen. Auch in Tunnels hat sich der rasche Fortschritt der Zersetzung von teilweise kaolinisiertem Granit und Gneis unangenehm bemerkbar gemacht.

Die Dauer eines Gesteins hängt natürlich auch von seiner Lage im Bau ab. Manche in Wien benützte Sandsteine sind als Stiegenstufen und in der Innenarchitektur völlig beständig, würden aber an der Außenseite von Gebäuden versagen. Mauerwerk, das in feuchtem, humusreichem Erdreich steckt, wird viel stärker angegriffen als das freistehende. Was im Hochbau 400 Jahre dauern kann, versagt im Wasserbau schon in weniger als der halben Zeit.

Die Lösungsfähigkeit des kompakten Kalksteines in kohlensäurehältigem Wasser kommt für den In-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

genieur im allgemeinen nicht in Frage, da im Laufe eines Jahrhunderts nur ein dünnes Häutchen von höchstens einem Millimeter Dicke abgelöst wird.[1]) Doch ist dies wichtig für den Künstler, da Marmorstatuen, besonders wenn sie in Gärten stehen, in wenigen Jahrzehnten Glanz und Politur verlieren. An Stellen, wo sich Schnee sammeln kann, der die schweflige Säure der Luft geradezu anzieht, wird durch den entstehenden Gips und der damit verbundenen Raumvermehrung das Gestein bis zu einer gewissen Tiefe aufgelockert. (Durch Färbeverfahren nachweisbar.) Die Eindeckung aller im Freien stehenden Kunstwerke im Winter ist sehr berechtigt.

Fig. 4. Sehr sprödes Gestein, von oben und unten gedrückt, knapp vor dem Zusammenbruch. Die Risse durch Färbung sichtbar gemacht.

Der Techniker prüft die Gesteine vor ihrer Verwendung. Er untersucht vor allem ihre Festigkeit, denn diese ist bestimmend für die dem Gestein zuzumutende Belastung. Auch ist hohe Festigkeit im allgemeinen von

[1]) In der Natur entstehen durch solche Auflösungen die wunderbaren „Karstlandschaften“, wie sie aus Krain, Südfrankreich bekannt sind.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

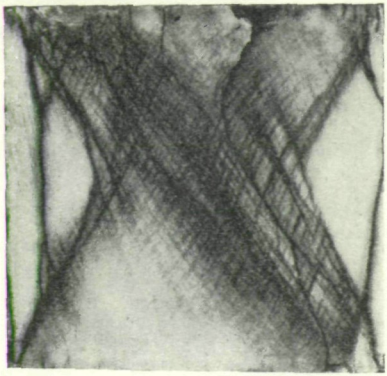


Fig. 5. Carraramarmorwürfel, von oben und unten gedrückt, knapp vor dem Zusammenbruche. Die Risse durch Färbung sichtbar gemacht.

guter Vorbedeutung für eine entsprechende Wetterbeständigkeit.[1]) (Fig. 4 und 5.)

Die Druckfestigkeit der Gesteine bestimmt man in der Weise, daß man Würfel herstellt, die zwischen den Druckplatten einer hydraulischen Presse bei allmählich wachsendem Druck zum Bruch gebracht werden. Es würde z. B. ein Würfel von 10 cm Kantenlänge etwa tragen aus

Basalt	210.000—480.000 kg
Granit, Gneis	80.000—300.000 „
Porphyr	170.000—250.000 „
krystallinem oder dichtem Kalk . (sogar bis 480.000)	80.000—200.000 „
Sandstein	10.000—200.000 „

[1]) So z B. sind die festesten Schiefer auch die wetterbeständigsten und auch meist diejenigen, welche den größten Gehalt an Eisen- und Aluminiumsilikat haben (Merriman).

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Zur Messung derartiger Kräfte bedarf es mächtiger Maschinen. An der Technischen Hochschule in Wien ist eine solche Presse in Betrieb, mit welcher Drücke bis 800.000 kg ausgeübt und genau gemessen werden können. Die Technische Hochschule in Dresden hat eine Maschine von einer Leistungsfähigkeit bis 1 Million Kilogramm. Als vor einigen Jahren (1907) die im Bau befindliche (eiserne) Quebecbrücke über den St. Lorenzostrom in Kanada einstürzte, forderte eine Bill in den Vereinigten Staaten den Bau einer Materialprüfungsmaschine von 11 Millionen Kilogramm Druck (und 5·5 Millionen Kilogramm Zug), die 8·5 Millionen Kronen gekostet hätte. Die Regierung ließ sich zwar dazu nicht herbei, ließ aber 1909 von Olsen in Philadelphia eine Presse für 5 Millionen Kilogramm Druck bauen, die mehrere Millionen Kronen kostete und hauptsächlich der Prüfung mächtiger Steinquadern dient.[1])

Außer der Festigkeit wird die Porosität ermittelt. Man unterscheidet bei Gesteinen vor allem die durch Kristallisation aus dem Schmelzfluß oder aus gesättigten Lösungen entstandenen von den klastischen Gesteinen, deren einzelne Körner nicht unmittelbar mit-

---

[1]) Haniel und Lueg in Düsseldorf bauen derzeit im Auftrage des Vereines Deutscher Brücken- und Eisenbaufabriken eine liegende Maschine, in welcher Konstruktionen bis 15 m Länge auf Druck und bis 13 m Länge auf Zug untersucht werden können. Die Leistungsfähigkeit der Maschine wird auf Druck 3 Millionen kg, auf Zug 1·5 Millionen kg betragen.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

einander verbunden, sondern durch ein Bindemittel verkittet sind. Als Vertreter der ersten Art sei Granit, Gneis und kristalliner Marmor, als solche der zweiten Art Sandsteine und Konglomerate genannt. Für die kristallinen Gesteine kommt die Porosität weiter nicht in Frage, es sei denn, daß sie schon durch chemische Verwitterung im Gefüge teilweise aufgelockert wurden.

Die absolute Porosität, d. i. das gesamte von den Poren eingenommene Volumen, wird gleichfalls nicht in Betracht gezogen. Es interessieren nur diejenigen Porenräume, die von außen zugänglich sind und vom Wasser gefüllt werden können.

Die Menge von Wasser, welche ein Gestein normalerweise aufnimmt, wird in folgender Art bestimmt: Man gibt eine Gesteinsprobe in ein Gefäß und füllt dieses langsam, im Laufe einiger Stunden mit Wasser (und zwar, damit etwaige Verunreinigungen desselben die Poren nicht verstopfen, mit destilliertem Wasser) an, bis der Stein völlig unter Wasser steht. Würde man die Proben sofort untertauchen und nicht warten, bis die Kapillarkräfte das Wasser aufsaugen und die Luft der Poren vor sich herschieben, so könnte die Luft die Poren nicht verlassen; es könnte Monate, ja Jahre dauern, bis die Luft vom Wasser aufgelöst würde. Treibt doch auch das Holz, dessen spezifisches Gewicht, welche Art von Holz man auch betrachte, stets größer ist als 1, jahrelang im Wasser schwimmend umher, bis es sich vollgesogen hat und in die Tiefe sinkt.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Durch Abwägung des Versuchsstückes vor und nach der Wasserlagerung bekommt man die vom Gestein unter der Wirkung der Kapillarkräfte aufgesaugte Wassermenge. Natürlich hängt die Wasseraufnahme von der Dauer der Tauchung ab und man paßt diese den natürlichen Verhältnissen möglichst an. Bei Gesteinen, die im „aufgehenden," also teilweise geschützten Mauerwerk Verwendung finden, genügen 2—12 Stunden; bei Teilen, die dem Schlagregen ausgesetzt sind, werden Lagerungen von mehreren Tagen, bei einem für Wasserbauten bestimmten Stein solche von mehreren Wochen nötig.

Neben der unter den natürlichen Verhältnissen aufgenommenen Wassermenge interessiert der Grad der Porenfüllung, wie man sagt, der „Sättigungskoeffizient", das ist das Verhältnis des vom Gestein aufgenommenen Wasservolumens zu den gesamten Porenhohlräumen, die dem Wasser zugänglich sind. Wären die Poren völlig gefüllt, so würde das bei der Kälte sich bildende Eis, das einen um 10 % größeren Raum einnimmt als das Wasser, den Stein zersprengen. Kein Gestein wäre elastisch und fest genug, um diesem Drucke standzuhalten. Sind aber weniger als 90 % der Porenräume und Kapillaren vom Wasser gefüllt, so findet das sich bildende Eis nur den geringen Widerstand der eingeschlossenen, leicht zusammendrückbaren Luft. Sind die Hohlräume nur etwas über 90 % mit Wasser gefüllt, dann ist es möglich, daß der Eisdruck, der nur in verminderter Stärke wirkt, vom Gestein ohne Schädigung ertragen wird.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Theoretisch also widerstehen dem Froste diejenigen im wassersatten Zustande gefrierenden Gesteine, deren Hohlräume sich nur zu höchstens 90 % mit Wasser füllen, die — so lautet der technische Ausdruck — einen „Sättigungskoeffizienten" von höchstens 0·9 haben. Praktisch liegen die Verhältnisse insoferne ungünstiger, als ja die einzelnen Hohlräume nicht gleichmäßig gefüllt sind. Bei einem durchschnittlichen Sättigungskoeffizienten von 0·9 kann es noch immer sein, daß eine Reihe von Porenzügen weniger gefüllt, eine andere dafür so überfüllt ist, daß sich die sprengende Wirkung des Eisdruckes geltend macht. In der Praxis haben sich alle Gesteine als gefährdet erwiesen, deren durchschnittliche Sättigung höher ist als 80 %.

Um nun das gesamte mit der Außenwelt in Verbindung stehende Porenvolumen zu erhalten, gibt man das Gefäß mit den in Wasser getauchten Proben in den Rezipienten einer Luftpumpe und setzt diese in Gang, so daß die Luft aus den Poren entweicht. Sobald das Gefäß wieder in die freie Atmosphäre kommt, jagt der Luftdruck das Wasser in die Hohlräume. Um völlig sicher zu sein, daß alle mit der Außenwelt in Verbindung stehenden Kapillaren sich füllen, setzt man überdies das die Proben umgebende Wasser durch mehrere Stunden einem Druck von 150—250 Atmosphären aus.[1])

---

[1]) In gemengten Gesteinen, deren einzelne Bestandteile sich verschieden komprimieren, bedeutet ein derartiger Druck schon eine gewisse Beanspruchung, über deren Wirkung Versuche auszuführen sehr interessant wäre.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Die Porosität und der Grad der Porenfüllung einiger Gesteine seien hier angegeben:[1])

Material:	Porosität (Vakuum und hernach Druck) in Volumenprozenten:
Basalt	0·5—1·0
Granit, Gneis	0·5—7·1
Porphyr	0·4—4·8
Carraramarmor	0·2—4·1
Sandsteine	1—50

In Silikatgesteinen sind Poren nur vorhanden, wenn die (geologische) Verwitterung beträchtlich vorgeschritten ist, was am Dünnschliff ohneweiters zu sehen ist. Im frischen Silikatgestein beruht die Wasseraufnahme nur auf dem Vorhandensein von einzelnen durch die Bearbeitung des Stückes entstandenen Rissen. Da die chemische Verwitterung wichtiger ist als die mechanische, so ist der „Sättigungskoeffizient" von untergeordneter Bedeutung.

Bei klastischen Gesteinen, die zumeist durch den Frost unbrauchbar gemacht werden, schwankt der Sättigungskoeffizient etwa zwischen 0·57 und 0·93.

Geschichtete Gesteine, deren Porenzüge in parallelen Lagen geordnet sind, füllen sich meist sehr un-

---

Föppl hat Gesteine durch allseitigen Flüssigkeitsdruck gesprengt.

[1]) Bei gleichartigem Materiale steigt im allgemeinen die Festigkeit mit dem Volumgewicht, während umgekehrt die Porosität und Abnützbarkeit mit steigendem Volumgewicht abnehmen. So erhält man an Kreidekalken etwa folgende Werte:

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

gleichmäßig und sind manchmal sogar bei einer durchschnittlichen Porenfüllung von 65—75 % gefährdet. Man untersucht daher experimentell die gleichförmige oder ungleichförmige Verteilung der Poren, indem man die Gesteine sowohl bei horizontaler als auch bei vertikaler Schichtung sich vollsaugen läßt. Aus der Verschiedenheit der Wasseraufnahme nach den verschiedenen Richtungen schließt man auf die räumliche Anordnung

Volumgewicht:	Trockenfestigkeit:	Naßfestigkeit:	Wasseraufnahme in 8 T. Wasserlagerung:
2·12	590 kg/cm²	420 kg/cm²	14·8 Volumproz.
2·10	505 „	410 „	15·4 „
2·07	490 „	390 „	16·2 „

Dies sind einige Mittelwerte aus verschiedenen Gesteinsbänken. Noch deutlicher sieht man es, wenn man nur Gesteinswürfel einer und derselben Platte untersucht; dann sinkt auch durchwegs die Abnützungszahl im gleichen Sinne wie die Porosität. Daß es aber auch Ausnahmen gibt, zeigt z. B. die Tatsache, daß von zwei dichten Kalksteinen von 2·69 Volumgewicht der erste eine Druckfestigkeit von 1100, der zweite eine solche von 1600 kg/cm² hatte. Die Abnützbarkeit des zweiten war um 30 % größer als die des ersten!

Bei den aus Schlamm entstehenden Gesteinen, von den weichen Tonen (mit dem Volumgewicht 2·4) angefangen bis zu den Glimmerschiefern (mit dem Volumgewicht bis 2·9) machen sich ähnliche Erscheinungen bemerkbar. Einerseits werden bei der durch die Zusammenpressung bedingten Verfestigung die Poren verkleinert, andererseits findet, was hier ausschlaggebend ist, die unter Druck stattfindende Umkristallisation im Sinne der Bildung von Kristallen höheren spezifischen Gewichtes statt; auch vermindert sich der Wassergehalt.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

der Poren (Verteilungskoeffizient). In Richtung der Schichten dringt das Wasser rascher ein als senkrecht dazu. Es ist im Steinbau als Kunstfehler verpönt, die Quadern anders als mit horizontaler Lage der Schichten zu verwenden (Verkleidungen natürlich ausgenommen).

Noch einer auffallenden Erscheinung ist bei der Prüfung der Gesteine zu gedenken: Manche Gesteine tragen nämlich im wassergetränkten Zustande beträchtlich weniger als im trockenen. In unbedeutendem Maße ist dies insofern noch nicht alarmierend, als selbst verhältnismäßig frischer Granit und dichte Kalke durch die Wassersättigung 10 % ihrer Festigkeit einbüßen. In der Technik gelten diese Gesteine noch immer als „nicht erweichbar“ und man sieht als Ursache dieser Erscheinung die bei der Druckprobe auftretende sprengende Wirkung des in den Poren eingeschlossenen Wassers an, das nicht rechtzeitig aus den Kapillaren auszutreten vermag. Durch möglichst langsame Durchführung der Druckversuche ließe sich diese Differenz der Trocken- und Naßfestigkeit (sofern diese Auffassung zutreffend ist) ausgleichen.

Ist der „Erweichungskoeffizient“ bei den Silikatgesteinen kleiner als 0·9, ist also die Naßfestigkeit kleiner als 90 % der Trockenfestigkeit, so deutet dies meist auf eine vorgeschrittene Verwitterung.

Sandsteine jedoch tragen, wenn die körnigen Bestandteile durch ein toniges Bindemittel verbunden sind, im wassergetränkten Zustande unter Umständen

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

nur halb soviel als im trockenen. Mergel und Tone zerfallen manchmal im Wasser völlig.

Zur Erklärung dieses Verhaltens muß man darauf verweisen, daß jede unlösliche staubförmige Masse, die mit Wasser zu einem Teig gerührt und hernach getrocknet wird, eine gewisse Festigkeit erhält; da aber die Teilchen lediglich durch Adhäsion — man sagt „Granular-Adhäsion" — aneinander haften, so werden solche Körper durch die Feuchte wieder erweicht.

Gesteine, die im Wasser beträchtlich, etwa bis unter 65 % der Trockenfestigkeit erweichen, sind nie als frostsicher anzusehen, auch wenn der durchschnittliche Grad der Porenfüllung günstig erscheint. Vom Wasserbau sind sie um so mehr auszuschließen, als die langjährige Einwirkung der Gewässer unter Umständen eine völlige Ausschlämmung des tonigen Bindemittels bedingt. Nur wenn das Bindemittel verkieselt oder verkalkt ist,[1]) kämen sie in Frage; dann erweichen sie aber auch nicht, wenigstens nicht in diesem Maße.[2])

---

[1]) Auch Sandsteine mit kalkigem Bindemittel erweichen manchmal (sogar auf 70 % der Trockenfestigkeit). Sie haben bei niedrigem Sättigungskoeffizienten (unter 0·80) der international vereinbarten Frostprobe mehrfach standgehalten. Uns ist ein solcher Fall bekannt, wo abgerundete Quarzkörner in eine kryptokristallinische kalkige Grundmasse eingebettet waren.

[2]) Auch Kunststeine erweichen im Wasser. So ergab z. B. ein „Kunstmarmor" eine Trockenfestigkeit von 300 kg/cm², eine Naßfestigkeit von 200 kg/cm²; im „ausgefrorenen" Zustande trug er trocken 250 und naß 150 kg/cm².

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Der Vorgang bei der Frostprobe ist in der Technik international geregelt, damit die Ergebnisse der verschiedenen Institute miteinander verglichen werden können. Man läßt die innerhalb einer bestimmten Zeit in Wasser gelagerten Gesteine 25 mal durch je vier Stunden bei einer Temperatur von —15 bis —25 °C gefrieren und taut sie hernach jedesmal durch zwei Stunden in Wasser von 20° C auf. Viele Institute besitzen hierzu eigene Eismaschinen. Ein derartiges 25maliges „Ausfrieren" entspricht in unseren Klimaten einer natürlichen Frostwirkung durch ein bis drei Winter. Insofern ist die Probe nicht besonders scharf.

Die Einwirkung des Frostes wird dadurch ziffernmäßig bestimmt, daß man die Festigkeit des 25 mal „ausgefrorenen" Gesteins mit derjenigen des unversehrten vergleicht. Manchmal allerdings sind die Steine schon so zerfallen, daß die anschließende Druckprobe überflüssig und unmöglich ist. — Die Geologen benützen übrigens das oftmalige Gefrieren und Auftauen (letzteres im siedenden Wasser), um Versteinerungen freizubekommen.[1])

Die erste Wirkung des Frostes ist selbst beim besten Gestein das Loslösen feinsten Staubes. — Frost-

---

[1]) Das Kochen in siedendem Wasser macht alle Poren dem Wasser zugänglich und verstärkt so die Frostwirkung. Dieses Verfahren ist besonders erfolgreich, wenn die Versteinerung eine etwas andere Zusammensetzung hat als die Füllmasse, was zumeist der Fall ist, da die Substanz des versteinerten Objektes die eingedrungene Masse etwas verändert.

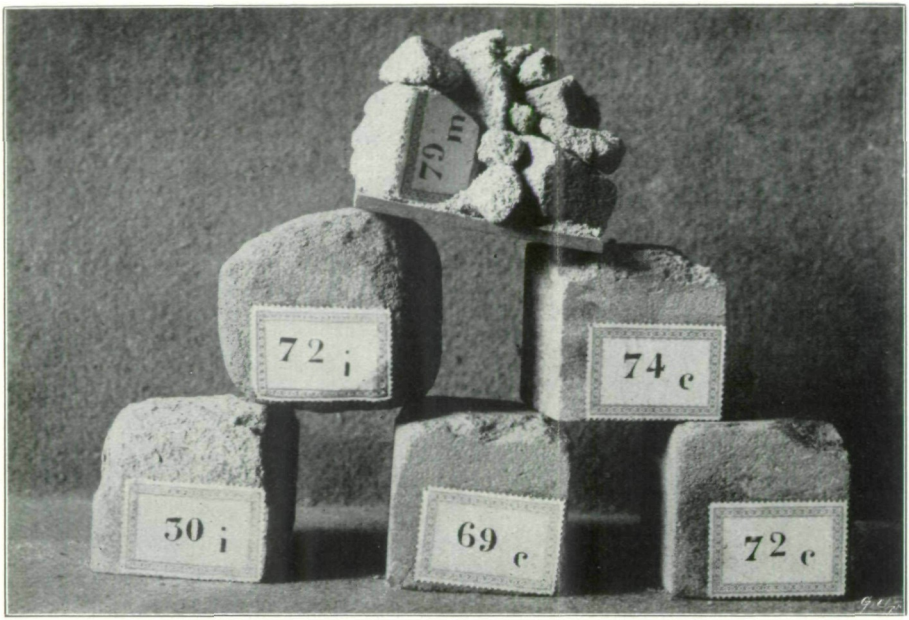
©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

unbeständige Stücke unterliegen in verschiedener Art: einzelne Sorten runden sich an den Kanten und Ecken ab, man sagt, sie „sanden ab“ (Porenfrostwirkung). Andere wieder reißen nach Spalten auf, die mit Vorliebe der Schichtrichtung folgen (Spaltfrostwirkung). (Taf. II und III.)

Es sei noch folgende merkwürdige Erfahrung erwähnt. Die Trockenfestigkeit von Keupersandstein betrug vor dem (30 maligen) Ausfrieren 370, nach demselben und darauf folgender Trockung 500 kg pro cm^2; ähnlich bei Tonschiefer, dessen Trockenfestigkeiten vor und nach dem Ausfrieren 970, bezw. 1730 kg/cm^2 betrug. Das liegt nun im tonigen Bindemittel dieser Gesteine, das durch das fortwährende Gefrieren und Wiederauftauen verfeinert und homogenisiert wird. Die Naßfestigkeiten dieser Gesteine haben durch das Ausfrieren nicht gelitten, sich aber auch nicht erhöht.

Ähnliche Wirkungen wie der Frost haben auch Salze, die im Gestein aus einer Lösung auskristallisieren. Nach dem Verfahren von Brard wurden Probestücke in einer gesättigten Glaubersalz- oder Alaunlösung gekocht — die Luft in den Poren wurde dadurch verdrängt — und hernach in der Luft abkühlen gelassen. Die bei manchen Lösungen bei der Abkühlung stattfindende relative Volumsvermehrung der teilweise kristallisierenden Lösung hat ähnliche sprengende Wirkungen wie der Frost. Das Salz kristallisiert zuerst an den der Verdunstungsfläche nahe gelegenen Kapillaren und so kommt die eingeschlossene Lösung bei weiterer

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



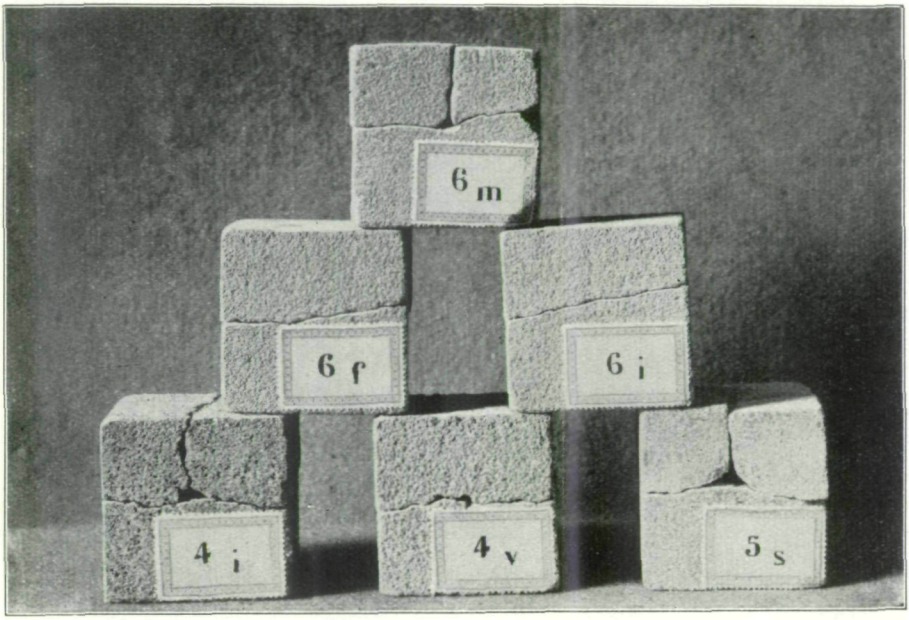
Taf. II. Aussehen von Probewürfeln nach 25 maligem Ausfrieren (Porenfrostwirkung).

Bezeichnung	Material	Druckfestigkeit in kg/cm² trocken	naß	Porosität in Raumprozenten (Wasseraufnahme im Vakuum)	Raumgewicht	Anmerkung
30	Kalksandstein	320—390	270—310	35—22	1·67—2·02	—
69	Sandstein	320—720	210—240	15—9	2·33—2·40	—
72	Kalksandstein	280—780	150—520	21—5	2·22—2·63	—
74	Kalksandstein	420—620	400—470	33—27	1·64—1·81	Blättert im Frost in papierdünnen Lagen ab.
79	Kalksandstein	70—660	70—330	34—14	1·64—2·21	Baustein für hervorragende Bauten in Ungarn.

Aus A. Hanisch, Resultate der Untersuchungen mit Bausteinen der österr.-ungar. Monarchie 1895.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



Taf. III. Aussehen von Probewürfeln nach 25 maligem Ausfrieren (Spaltfrostwirkung).

Bezeichnung	Material	Druckfestigkeit in kg/cm² trocken	naß	Porosität in Raumprozenten (Vakuum)	Raumgewicht	Anmerkung
4	Kalksandstein (Leithakalk)	100—350	70—260	35—22	1·46—2 03	Hauptbaustein des Stefansdomes, Rathauses.
5	Kalksandstein	60—350	30—250	44—18	1·56—2 22	Bildhauerstein.
6	Kalksandstein	50—220	50—170	45—23	1·59—2·22	—

Aus A. Hanisch, Resultate der Untersuchungen mit Bausteinen der österr.-ungar. Monarchie 1895.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Abkühlung unter Druck. Auch üben Kristalle bei ihrem Wachstun auf etwaige Hindernisse unter Umständen bedeutende Kräfte aus.

Die Gesteine wurden meist samt der Salzlösung völlig zum Trocknen gebracht. Ehedem, als man noch nicht mit Eisschränken und Eismaschinen arbeitete, wurde diese Probe häufig verwendet.[1])

Das Auftreten und Ausblühen löslicher Salze zum Beispiel vom Mauersalpeter ist hauptsächlich wegen dieser sprengenden Wirkung der sich bildenden Kriställchen gefürchtet.[2]) Ziegel werden häufig auf etwa vorhandene lösliche Salze in der Art untersucht, daß man sie in destilliertem Wasser auskocht, hernach die Flüssigkeit eindampft und den Rückstand bestimmt. (Natürlich kann es sich bei frischen Ziegeln nur um glühbeständige Salze handeln.)

Nicht nur die mechanischen, auch die chemischen Verwitterungsprozesse werden im Laboratorium nachgeahmt, wenn auch ihre Durchführung international noch

---

[1]) Im Hochgebirge kann man häufig beobachten, daß bei über Nacht eintretenden Frösten an den Wegen Steinchen bis $^1/_4$ kg Gewicht durch die darunter sich bildenden Eisnadeln um einige Zentimeter gehoben werden. (Ampferer.)

[2]) Die Salzlösungen wirken auch chemisch, wie die Zersetzung der Strandfelsen an den Meeren erkennen läßt. Man hat in Wüstengebieten, die stets salzreich sind, beobachtet, daß Marmore nach wenigen Jahrzehnten zerbröckeln. Für Hafenbauten ist diese Einwirkung technisch sehr wichtig. Für Kunststeine (Beton) sind zur Klärung dieser Fragen in Triest große Versuche im Gang.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

nicht geregelt ist. Immerhin hat der Vorstand des internationalen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik die Wetterbeständigkeit der Bausteine als „Hauptfrage“ für den im September dieses Jahres in New-York und Washington stattfindenden Kongreß aufgestellt. Oberbaurat Prof. Hanisch in Wien, der hochverdiente und langjährige Führer der bautechnischen Gesteinsforschung in Österreich, wurde mit dem Vorsitz und der Leitung einer internationalen Kommission betraut, der neben Hanisch noch die Professoren Grutterink in Delft (Holland,) Hirschwald in Charlottenburg, Howe in London und Öbbeke in München angehören. Die Vorarbeiten sind soweit gediehen, daß man in den nächsten Jahren bedeutende Fortschritte in der internationalen Vereinheitlichung der mechanischen und chemischen Wetterbeständigkeitsuntersuchungen erwarten kann.

Bei der chemischen Zersetzung interessieren vor allem die Wirkungen der Kohlen- und schwefeligen Säure. Nach dem Vorschlage von Seipp werden Versuchsplättchen der Gesteine der sogenannten „Agentienprobe“ in der Weise unterzogen, daß man sie abwechselnd kohlen- und schwefeldioxydhaltigem Wasser aussetzt.[1])

---

[1]) In Weiterentwicklung der Freseniusprobe schlägt Seipp zunächst für Dachschiefer folgende Methode vor: Die Probeplatten der Steine, „Normalformat“ $7 \times 3 \times 0{\cdot}5$ cm³ werden getrocknet, gewogen und hierauf einzeln mittels Platindraht an den Tauchstäben von Versuchsflaschen aufgehängt. Die Flaschen sind über die Hälfte mit Wasser gefüllt, in welches die Platten dauernd eintauchen und

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Der Verwitterungsgrad der Silikatgesteine wird an Dünnschliffen festgestellt.[1]) (Fig. 6, 7 und 8.)

---

welches vermittels wechselweiser Durchleitung von CO_2 und O (im ungefähren Volumverhältnis 10 : 1) mit diesen beiden Gasen gesättigt erhalten wird. Nach mindestens achttätiger Dauer des Versuches, während welcher Zeit die Platten mittels der Tauchstäbe häufig bewegt wurden, werden die ersteren an den Stäben und mit den Kautschukstöpseln der Flaschen aus diesen entfernt und jede in eine andere, bereit stehende, ganz gleiche Versuchsflasche von mindestens gleicher Wasserfüllung überführt. Dieses Wasser war vorher mit SO_2 gesättigt worden. Die Probeplatten tauchen dauernd in die Versuchsflüssigkeit und werden nur ab und zu auf 1 oder 2 Stunden emporgezogen. Während des Versuches geht zeitweise ein schwacher Sauerstoffstrom über die Flüssigkeit in den Flaschen hinweg. Nachdem die Platten höchstens etwa vier Tage in den neuen Flaschen sich befunden haben, kommen sie wieder in die erste Flaschenbatterie zurück, wo sie weitere acht Tage exponiert werden, um dann wieder auf vier Tage in die zweite Flaschenreihe überführt zu werden. Als Mindestdauer dürften 36 Tage anzusehen sein. (Siehe Bericht zur Aufgabe 7. Intern. Kongreß für die Materialprüfungen der Technik, Budapest 1901, erstattet von A. Hanisch.) Seipp hat auch schöne Resultate an Sandsteinen mit Prüfungen, die nur 9 Tage dauerten erhalten. (Brüssler Berichte 1906.) Merriman (Professor an der Universität in South-Bethlehem, Pennsylvanien) benützte zur Untersuchung der „Zerfreßbarkeit" der Schiefer eine Lösung von 1 Teil Hydrochlorsäure, 1 Teil Schwefelsäure und 98 Gewichtsteile Wasser, in welche die Proben 63 Stunden tauchten.

[1]) Der Vortragende projiziert mit Hilfe eines Reichertschen Mikroskops bei einer 400- und 1000maligen Ver-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

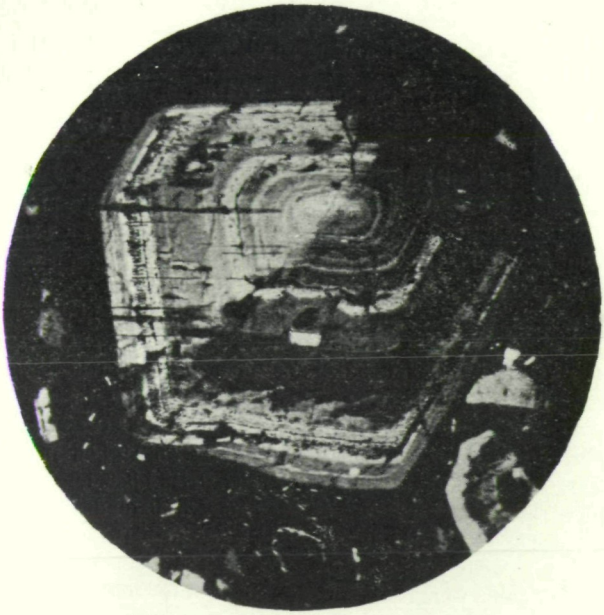


Fig. 6. Kleingefüge von Hornblendeandesit aus Ungarn.
Sehr schön zonar gebauter, in Zersetzung befindlicher Feldspat (Plagioklas). Die größenteils glasige Grundmasse ist auch zersetzt.

Der mikroskopische Befund, der Sättigungs-, Verteilungs-, Erweichungskoeffizient und die Ergebnisse der

---

größerung verschiedene Dünnschliffe im gewöhnlichen und polarisierten Lichte, und zwar: Basalt (feine Feldspatleisten in einer glasigen Basis, Erze, als Verwitterungsprodukt Nester von Quarzit), Hornbleandesit (porphyrische Struktur, Einsprenglinge von teilweise zonar gebauten

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

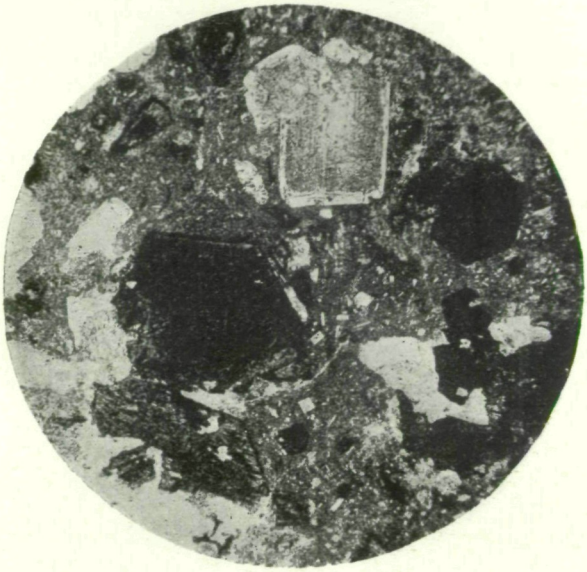


Fig. 7. Kleingefüge von Hornblendeandesit aus Ungarn. Porphyrische Struktur. In einer größtenteils glasigen, zersetzten Grundmasse befinden sich Einsprenglinge von brauner Hornblende (dunkel) und lichten Feldspaten (Plagioklasen). Die verschiedene Schattierung zeigt an, daß auch die Einsprenglinge teilweise zersetzt (chloritisiert, bezw. caolinisiert und carbonatisiert) sind.

Frost- und Agentienprobe geben dem Ingenieur unter steter Berücksichtigung der Lage des Gesteins im Bau-

---

Feldspaten und brauner Hornblende in einer größtenteils glasigen, zersetzten Grundmasse), Diabas (Augit mit chloritischen Zersetzungsprodukten desselben, caolinisierter Plagioklas), Granit (Quarz, Glimmer, sehr stark zersetzter Orthoklas), Quarzporphyr (Einsprenglinge

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

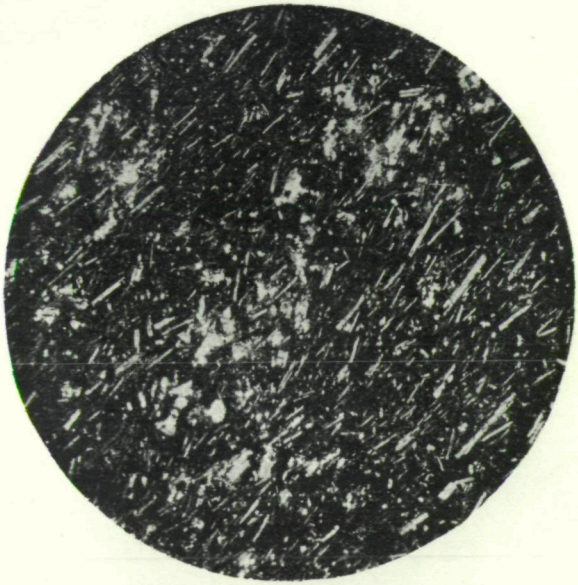


Fig. 8. Kleingefüge von Basalt aus der Gegend von Gödöllő in Ungarn.

Sekundäre Kalzitbildungen (Verwitterungserscheinungen) an den hellen verschwommenen Nestern. Die scharf abgegrenzten Nadeln stellen Feldspatkristalle (Plagioklasleisten) in einer glasigen Basis dar. Dunkle Punkte in der Grundmasse (hier nicht recht sichtbar) sind Erzkörner, bestehend aus Magnet- oder Titaneisen o. dgl. (z. B. Chromit).

werk und dessen Zwecken genügende Anhaltspunkte zur Beurteilung der Wetterbeständigkeit. — —

---

von Quarz, Feldspat und Glimmer in einer sehr feinkörnigen Grundmasse aus Quarz, Feldspat und Glimmer, als Zersetzungsprodukt Karbonate).

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Der Versuchsingenieur schließt aber seine Tätigkeit nicht mit der Feststellung, ob ein Material für den Bauzweck beständig ist oder nicht. Sein Ziel geht darüber hinaus! Er stellt sich die Aufgabe, die unbeständigen Materalien beständig zu machen. Und wieder nimmt er das Vorbild aus der Natur. Da die Silikate in chemischer und mechanischer Beziehung sich besonders wetterfest erweisen und überdies in der Natur weit verbreitet sind — Sauerstoff und Silizium bilden zusammen 75 % der festen Erdkruste — so ist man bestrebt, durch geeignete Verfahren die schutzbedürftigen Gesteine künstlich zu verkieseln. Der Holzopal, der ein von Kieselsäure durchtränktes Holz darstellt, dessen Struktur völlig erhalten blieb, ist eines der schönsten Beispiele einer natürlichen Verkieselung.

Derartige Erhärtungsmittel besitzt man in den wasserlöslichen Salzen der Kieselsäure, in den sogenannten „Wassergläsern". Wird ein Material mit einer Lösung eines Wasserglases getränkt, so scheidet sich unter dem Einfluß der Kohlensäure der Luft Kieselsäure aus.[1])

---

[1]) Wasserglas und Wasser geben eine Lösung von Kieselsäure in Natron-, beziehungsweise Kalilauge z. B. nach der Formel

$$Na_2SiO_3 + 3H_2O = SiO_2 . 2H_2O \text{ (Kieselsäure)} + 2NaOH \text{ (Natronlauge).}$$

Unter dem Einfluß der Kohlensäure der Luft bilden sich lösliche Karbonate, die im Laufe der Zeit auswittern, so daß die Kieselsäure zurückbleibt, etwa nach der Formel

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Schon 1820 tränkte man zur Verhütung der Feuersgefahr das Holzwerk und sämtliche Dekorationen des „Neuen Theaters“ in München mit Wasserglas. —

Beim Bau des Londoner Parlamentsgebäudes, der 32 Jahre dauerte (1837 bis 1868), wurde dolomitischer Kalk verwendet. Aber die in derLuft Londons enthaltene schwefelige Säure verdarb die Fassade, so daß sie nach Ausbesserung der Schäden mit einem Silikat behandelt werden mußte. — Anläßlich der Restaurierung der Karlskirche in Wien wurden Versuche gemacht, sowohl den Skulpturen als auch dem Mauerwerk eine höhere Lebensdauer zu verleihen.

Noch besser als die Salze der Kieselsäure scheinen sich die der Kieselfluorwasserstoffsäure zu bewähren (Fluate).

Die Anwendung der „Steinerhaltungsmittel“ erfordert jedoch zur Vermeidung eines Mißerfolges die Beachtung von Vorsichtsmaßregeln, damit das Gestein nicht nur rein oberflächlich erhärtet wird. Es würden sonst bei den Temperaturänderungen verschiedenartige Dehnungen auftreten, die wieder gegenseitige Beanspruchungen bedingen. Die Vernachlässigung der Vorsichtsmaßregeln hat das Wasserglas für viele Jahre in Mißkredit gebracht.

$$Na_2SiO_3 \text{ (Natronwasserglas)} + 2H_2O + CO_2 = SiO_2. \\ 2H_2O + Na_2CO_3.$$

Dieser Vorgang ist übrigens umkehrbar und wird in der Chemie benützt, um die unlösliche Kieselsäure durch ein Karbonat „aufzuschließen.“

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Nach den bisherigen Erfahrungen scheint es gelungen zu sein, die Lebensdauer von Kunstwerken aus Stein zu verdoppeln, bei öfters wiederholter, sachgemäßer Behandlung sogar noch weiter zu vervielfachen.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Literatur.

F. Toula, Lehrbuch der Geologie, 2. Auflage. Wien 1906, Hölder.

F. Rinne, Praktische Gesteinskunde. Hannover 1905, Jänecke.

W. Bruhns, Petrographie. Sammlung Göschen, Band 173. 1906.

A. Hanisch, Resultate der Untersuchungen mit Bausteinen der österreichisch-ungarischen Monarchie. Wien 1892, Graeser.

— — Frostversuche mit Bausteinen der österreichisch-ungarischen Monarchie. Wien 1895, Graeser.

— — Bestimmung der Biegungs-, Zug-, Druck- und Schubfestigkeit an Bausteinen der öster.-ung. Monarchie. Wien 1901, Graeser.

— — Laufende Berichte in den Mitteilungen des Technologischen Gewerbemuseums 1906—1912.

A. Hanisch & H. Schmid, Österreichs Steinbrüche. Wien 1901, Graeser.

H. Seipp, Die Wetterbeständigkeit der natürlichen Gesteine. Jena 1900, Costenoble.

— — Die abgekürzte Wetterbeständigkeitsprobe. Frankfurt a. M. 1905, Keller.

— — Italienische Materialstudien. Stuttgart 1911, Enke.

J. Hirschwald, Die Prüfung der natürlichen Bausteine auf ihre Wetterbeständigkeit. Berlin 1908, Ernst.

— — Handbuch der bautechnischen Gesteinsprüfung. Erster Band. Berlin 1911, Borntraeger.

Fröde, Das Konservieren der Baumaterialien. Wien 1910, Waldheim.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien

Jahr/Year: 1912

Band/Volume: 52

Autor(en)/Author(s): Leon Alfons

Artikel/Article: Die Festigkeit und Wetterbeständigkeit der natürlichen Gesteine. 147-182