



Die Bau- und Kunstarbeiten des Steinhauers

Text

Krauth, Theodor

Leipzig, 1896

4. Die Dauerhaftigkeit und die Erhaltung der Steine.

[urn:nbn:de:hbz:466:1-93821](http://urn.nbn.de:hbz:466:1-93821)

lufttrocken und wassersatt, nach 25maligem Ausgefrieren u. s. w. In den veröffentlichten Tabellen wird „senkrecht zum Lager“ mit \perp , „parallel zum Lager“ mit \parallel , „lufttrocken“ mit 1, „wassersatt“ mit w bezeichnet u. s. w. Die Anstalten dehnen die Versuche auch anderweitig aus, wenn es gewünscht und bezahlt wird; sie untersuchen das Material auf Zug-, Schub- und Bruchfestigkeit, auf Porosität, Wasseraufnahmefähigkeit, Feuerbeständigkeit, Härte, Abnutzbarkeit und Wetterfestigkeit. Es wird dann jeweils vorgeschrieben, welche Gestalt und Grösse die Probekörper haben müssen und in welcher Stückzahl sie einzusenden sind. Zur Prüfung auf die gewöhnliche Druckfestigkeit werden verlangt 8 bis 10 Würfel, geschnitten, nicht behauen, auf 2 Lagerflächen genau parallel und eben bearbeitet; von 10, 7,1 oder 5 cm Kantenlänge.

Es ist üblich, den Konstruktionen in Stein mindestens eine 10fache Sicherheit zu Grunde zu legen, und wo voraussichtlich starke Erschütterungen vorkommen, empfiehlt sich eine mindestens 20fache Sicherheit. Als zulässige Inanspruchnahme pro $\square\text{cm}$ gilt demnach diejenige Kilogrammzahl, welche erhalten wird, wenn man die durch Prüfung gefundene Druckfestigkeit mit 10, beziehungsweise mit 20 teilt (allgemein gesagt: mit derjenigen Zahl, die den Grad der gewählten Sicherheit angibt). In Hinsicht auf die Tabelle der Seite 156 könnte also ein Granit 2. Qualität höchstens auf 120, ein Sandstein 3. Qualität höchstens auf 40 kg pro $\square\text{cm}$ beansprucht werden.

Um hiernach die Querschnittsgrösse eines Pfeilers, einer Säule etc. bemessen zu können, muss man die aufzunehmende Last kennen. Auseinanderzusetzen, wie diese je nach Lage des Falls gefunden wird, würde hier zu weit führen und es sei in dieser Beziehung auf die Werke über Baustatik hingewiesen und auf die Bauhandbücher, welche das Einschlägige bringen unter Beigabe von Tabellen, welche das Rechengeschäft vereinfachen.

Nach Rondelet, von dem die ersten Festigkeitsuntersuchungen der Steine im Sinne der Neuzeit gemacht worden sind, betragen die Belastungen in kg pro $\square\text{cm}$ bei den:

| | |
|--|----------|
| Säulen der Allerheiligenkirche zu Angers | circa 44 |
| Pfeilern des Pantheon in Paris | „ 29 |
| „ „ Turmes der Kirche zu St. Méry | „ 29 |
| Säulen der Paulskirche vor Rom | „ 20 |
| Pfeilern der Paulskirche in London | „ 19 |
| „ „ Peterskirche in Rom | „ 16 |
| „ des Invalidendoms in Paris | „ 15 |

Im ersten Falle hätte demnach ein Sandstein 3. Qualität der zulässigen Inanspruchnahme schon nicht mehr genügt und wenn man für Mauerwerk mit Mörtel, wie üblich, nur die Hälfte der Steinfestigkeit annimmt, also in Bezug auf letztere mit mindestens 20facher Sicherheit rechnet, so würden für gemauerte Pfeiler auch mit einer geringen Belastung wie im Invalidendome Sandsteine 4. Qualität, Konglomerate und Tuffe 2. und 3. Qualität nicht mehr genügen.

Wir führen dies an, um zu erweisen, wie wichtig es für die Praxis ist, die Festigkeit des Steinhauermaterials zu kennen.

4. Die Dauerhaftigkeit und die Erhaltung der Steine.

Was aus Stein gebaut wird, gilt für gewöhnlich als auf die Dauer gebaut. Deswegen ist die Beständigkeit oder Dauerhaftigkeit der Bausteine nicht weniger wichtig als ihre Festigkeit.

Von unbeschränkter Dauer ist kein Stein. Er kann sich unter günstigen Verhältnissen durch Jahrtausende erhalten, wie die Erfahrung gelehrt hat; unter ungünstigen Bedingungen und ohne genügenden Schutz geht er in kurzer Zeit zu Grunde, wie die Ruinen alter und mitunter auch neuer Bauten es darthuen.

Es sind teils mechanische, teils chemische Einwirkungen, welche das Steinmaterial angreifen und zerstören. Zu den ersteren zählt die Abnützung im Gebrauch und die Zerstörung durch den Frost. Zu den letzteren gehören die Angriffe durch Luft, Wasser und Feuer; durch Algen, Flechten und Moose.

Am meisten widerstandsfähig sind durchschnittlich die harten, festen, zähen, dichten, schweren und dunkeln Gesteine. Weniger Widerstand leisten im allgemeinen die weichen, wenig festen, spröden, porösen, leichten und hellfarbigen Steinarten.

Gesteine von gleichmässiger Zusammensetzung, feinem Korn, richtungsloser Struktur, glattem, glänzendem Bruch halten in der Regel mehr aus, als ungleich gemengte, grobkörnige, schieferige, faserige und erdig brechende. Es gibt aber auch Ausnahmen von der Regel.

Die mechanische Abnützung spielt eine bedeutende Rolle in Bezug auf Pflastersteine, Mühlsteine, Schleifsteine, Bordschwellen, Treppenritte, Boden- und Podestplatten.

Hinsichtlich der Pflastersteine hat die Erfahrung gezeigt, dass sie nicht nur hart und fest, sondern auch zähe sein sollen, weil spröde Steine unter den Hufen der Pferde und den Rädern der Lastwagen leicht zertrümmert werden. Zähe Gesteine, d. h. solche, die sich besonders widerstandsfähig gegen Stoss und Schlag erweisen, sind: Syenit, Basalt, die Grünsteine, der Serpentin. Damit erklärt sich die häufige Verwendung von Basalt als Pflasterstein, obgleich er die unliebsame Eigenschaft hat, im Gebrauche glatt zu werden.

Für Mühlsteine haben sich besonders bewährt: poröse Porphyre, Süsswasserquarze, Sandsteine von grobem, gleichmässigem Korn und Trachytusse. Da es hauptsächlich darauf ankommt, dass die Abnützung in allen Teilen gleichmässig eintritt und grössere Steine dieser Bedingung selten genügen, so setzt man neuerdings die Mühlsteine aus 8 gleichartigen Stücken zusammen, verkittet die Teile und umschliesst sie mit heiss aufgetriebenen Eisenreifen.

Für Schleifsteine eignen sich besonders die Buntsandsteine, die Sandsteine des Rotliegenden, kieselige Keupersandsteine und feinkörnige Nummulitensandsteine. Mässig harte Steine mit feinkörniger, vollständig gleichartiger Masse taugen am besten. Der Sand muss scharfkantig, das Bindemittel weich und spärlich sein. Ein hartes Bindemittel macht die Schleifsteine im Gebrauch glatt und unwirksam. Ein reichliches Bindemittel schleimt zu sehr. Steine von ungleicher Härte und mit Einsprenglingen laufen sich unrund und sind ungeeignet. Schleifsteine sollen vollständig lufttrocken sein, bevor sie in Verwendung genommen werden, weil sie bruchfeucht sich unverhältnismässig rasch abnutzen.

Bordschwellen und Treppenritte erfordern ein festes, hartes, sich gleichmässig abnützendes, nicht glatt werdendes Material. Deshalb sind Granit, Gneis, Dolerit, Quarzit und die Sandsteine erster Qualität das Hauptmaterial.

Ziemlich das gleiche gilt von den Boden- und Podestplatten. Trottoirplatten müssen vor allem frostbeständig sein und dürfen im Gebrauch nicht abschiefern. Da hier die Billigkeit wesentlich in Betracht kommt, so werden vielfach auch Steine benutzt, die nicht allen Anforderungen genügen. Ein anerkannt gutes Material sind z. B. die Wesersandsteine. In Kirchen, Hallen und Treppenhäusern werden häufig Bodenbelege aus quadratischen Platten gebildet, die in der Farbe wechseln, also beispielsweise aus rotem und aus weissem Sandstein. Es ist dann genau darauf zu halten, dass beide Steinarten gleiche Härte haben, damit der Boden sich nicht ungleich ausläuft. Im Innenbau können auch Steine verwendet werden, die nicht frostbeständig sind, Plattenkalke etc. Zu Podestplatten, die gewöhnlich schon eine erhebliche Grösse haben, eignen sich am besten die Sandsteine erster Güte. Es sind nur vereinzelte Brüche, welche derartige Platten jederzeit liefern können, u. a. die von Gräfenhausen bei Neuenbürg im Enzthal. Bezüglich der Verwendung des Granits zu Podestplatten und freitragenden Treppenstufen hat man geltend

gemacht, dass bei Brandfällen dieses Material der Hitze wenig Widerstand leiste und berste. In erhöhtem Masse gilt dies natürlicherweise von den Kalksteinen, während kieselige und thonige Sandsteine als feuerfest gelten können.

Die Zerstörung der Steine durch den Frost ist ein mechanischer Vorgang. Wasser dehnt sich beim Gefrieren um ungefähr 10% aus. Wenn es die Poren eines Gesteins vollständig ausfüllt und dabei gefriert so wird die Struktur des Gesteins gelockert. Da, wo die zusammensetzenden Teile wenig fest nebeneinander lagern, entstehen Risse. Wenn nun wieder Wasser in diese Risse eindringt und gefriert, so werden sie dabei erweitert und schliesslich springt der Stein an der wenigst widerstandsfähigen Stelle. Man könnte nun glauben, dass dichte Steine mit unscheinbaren Poren am meisten frostbeständig seien. Die Erfahrung lehrt jedoch, dass auch solche, wie z. B. der Marmor, vom Frost gesprengt werden können, während anderseits stark poröse und schlackige Steine, wie verschiedene Tuffe, dem Frost ziemlich gut widerstehen. Das erklärt sich wohl damit, dass in den verhältnismässig weiten und unter sich verbundenen Hohlräumen das gefrierende Wasser genügenden Platz findet und dass der gegenseitige Druck sich teilweise aufhebt.

Es kommen übrigens auch Steinzerstörungen durch den Frost vor, an denen das Material an sich keine Schuld trägt. Die Sockelsteine der Geländer, Thürschwellen, Trottoirplatten und andere zum Teil im Boden steckende Stücke werden nicht selten dadurch abgesprengt, dass sie dem Drucke des gefrierenden Bodens nicht genügend widerstehen können. In die Fugen dringendes und dort gefrierendes Wasser drückt nicht selten Steine ab und zerstört sie auf ähnliche Weise, wie die eindringenden Wurzeln der Bäume die Steine sprengen, die im Wald zu Tage liegen. Rinnsteine und Brunnenschalen werden häufig dadurch gesprengt, dass ihr Inhalt gefriert.

Besonders schädlich erweisen sich einseitige und schroffe Temperaturwechsel. Die dabei durch Ausdehnung und Zusammenziehung des Materials eintretenden Spannungen können — besonders wenn sie sich oft wiederholen — an sich schon einen Stein ruinieren, ohne dass gerade Wasser dabei mit im Spiele sein müsste.

Es sind verschiedene Methoden vorgeschlagen und in Anwendung, nach welchen das Material auf Frostbeständigkeit geprüft werden kann. Die naturgemässeste ist wohl die von Bauschinger: die Probesteine werden zunächst auf ihre Festigkeit geprüft; dann werden sie 25 mal nacheinander dem Gefrieren ausgesetzt und hierauf wird noch einmal die Festigkeit untersucht. Einen ungefähren Anhalt giebt auch die Parforcemethode, wonach die Steinprobe abwechselnd und wiederholt in ein Kältemisch von — 15° C. (3 Teile Eisklein und 1 Teil Kochsalz) und in heisses Wasser gelegt wird. Die Anzahl der Wiederholungen, die erforderlich sind, bis die Verwitterung in die Erscheinung tritt, lässt einen Schluss auf die Widerstandsfähigkeit im allgemeinen zu.

Die natürlichen Vorkehrungen gegen Frostzerstörung sind naheliegend. Man soll nur trockene Steine verwenden, nur solche, die aus der Luft anscheinend kein Wasser aufnehmen und solche, die überhaupt gesund sind, die nicht schon „angefault“ sind und den Keim der Verwitterung in sich tragen. Besonders vorsichtig sind in dieser Hinsicht Findlinge zu prüfen. Sie sind meistens hart und dauerhaft als die festesten Reste einer im übrigen zu Grunde gegangenen Masse. Sie haben aber auch schon mehr ausgehalten, als frisch aus dem Bruch kommende Steine und können dabei altersschwach geworden sein; sie haben häufig ihr Bindemittel verändert oder eingebüsst, so dass sie „nässen“, d. h. bei feuchter Witterung nass werden. Wo man nicht auf sie angewiesen ist, bleiben sie am besten ausser Spiel. Die verbauten Steine können wesentlich geschützt werden durch eine vernünftige Konstruktion, durch richtiges Dichten der Fugen, durch Vermeidung von Wassersäcken etc. Auf den etwaigen Oberflächenschutz wird noch zurückzukommen sein.

Die Verwitterungsprozesse infolge chemischer Veränderungen sind mannigfacher Art.

Von den Bestandteilen der Luft scheinen nur der Sauerstoff und die Kohlensäure von Wirkung zu sein, während der Hauptteil des Gemenges, der Stickstoff, ohne Einfluss ist. Die oxydierende Wirkung des Sauerstoffes berührt hauptsächlich die Oberfläche, das Aeussere der Steine. Die metallischen Bestandteile, Eisen und Mangan in erster Linie, sowie die Kohle der organischen Reste werden verändert, womit eine Verfärbung verbunden ist, die unter Umständen willkommen ist, in anderen Fällen besser unterbleiben würde. Gewisse Kalksteine, die Buntsandsteine, der Travertin färben sich im Laufe der Zeit wärmer; die grauen Töne werden gelb, die rötlichen gelbrot und bräunlich, wobei das Aussehen der Bauten gewinnt. Anderseits verliert der schwarze Marmor z. B. im Freien bald seine Farbe; er wird grau und blind. Eisenhaltige Stellen rosten auf polierten Flächen durch und stören die Einheitlichkeit u. s. w. Im allgemeinen haben diese Verfärbungen jedoch nichts Zerstörendes und nicht immer sind sie gleichbedeutend mit beginnender Verwitterung.

Der unmittelbare Angriff der Kohlensäure als Atmosphärebzustandteil ist ebenfalls unwesentlich. Um so wirksamer ist dieselbe jedoch in Verbindung mit dem Wasser, teils im guten, teils im schlimmen Sinne. Die Bruchfeuchtigkeit der Kalksteine und der kalkigen Sandsteine ist der Hauptsache nach kohlensaures Wasser mit gelöstem Kalk. Beim Austrocknen dieser Steine verdunstet das Wasser; der kohlensaure Kalk scheidet sich aus und füllt die Gesteinsporen zum Teil aus. Dabei werden die Steine härter und ihre Festigkeit kann bis um 50 % zunehmen. Anderseits werden in kohlensaurem Wasser viele Mineralien, die an sich fest sind, angegriffen und zersetzt, wie der Kalk-Feldspat oder Labrador, der u. a. Bestandteil der Diorit-, Diabas- und Gabbrogesteine ist. Das Erdigwerden der verwitternden Granite, Syenite, Porphyre, Trachyte etc. beruht grossenteils auf derartigen Prozessen. Glasige Gesteine widerstehen dabei länger als locker und grob gefügte. Sog. Haarrisse sind stets ein ungünstiges Zeichen.

Pures Wasser ist weniger wirksam; immerhin kann es angreifend wirken. In diesem Sinne sind der Alabaster und die thonigen Bindemittel der Sandsteine zu erwähnen.

Eine wichtige Rolle bei der Zerstörung der Gesteine spielt auch das Pflanzenleben. Wie die Fäulnis organischer Stoffe eingeleitet wird durch kleinste Lebewesen (Bakterien), so setzen sich auf dem Stein unscheinbare Flechten fest (Algen mit auf ihnen schmarotzenden Pilzen). Sie leben von Wasser und Kohlensäure und lassen beim Absterben eine minimale Humusschicht zurück, deren Säuren den Stein angreifen. Damit wird der Nährboden für Moose und andere kleine Gewächse vorbereitet, deren Wurzeln schliesslich in den Stein eindringen, seine Oberfläche aufrauhen und weniger widerstandsfähig gegen zerstörende Einflüsse anderer Art gestalten. Staub und Russ bleiben in den Ueberzügen haften und werden vom Regenwasser abgeschwemmt. Die Steine werden schmutzig und unansehnlich. Manche Gesteinsarten überziehen sich leicht, andere weniger gern mit diesen pflanzlichen Gebilden, die im allgemeinen um so weniger Fuss fassen können, je glatter die Fläche ist. Geschliffene und polierte Steine widerstehen dem Ueberzug weit besser als rauh bearbeitete. Das Wachstum wird durch die Feuchtigkeit begünstigt; deshalb leiden besonders die Wetterseite, die Nordseite und dumpfe, winkelige Stellen. Hauptvorbeugungsmittel ist die Wahl nicht moosender Steinarten. Wo das Uebel einmal vorhanden ist, hilft nur eine von Zeit zu Zeit erfolgende gründliche Reinigung durch Abkratzen, Abwaschen mit Holzessig, Kochsalzlösung, verdünnten Säuren oder Teerprodukten.

Betrachtet man das Gesamtmaterial auf die Dauerhaftigkeit im allgemeinen, so ergiebt sich folgendes:

Widerstandsfähig sind besonders die glasig verschlackten, die quarzreichen und fein kristallinischen Gesteine, als schlackige Lava, Basalt, Quarzit, Porphy, Marmor, Dolomit.

Mittlere Dauerhaftigkeit haben: Granit, Gneis, Syenit, Glimmerschiefer, Diorit, Grauwacke etc.

Am wenigsten dauerhaft sind die klastischen Gesteine, besonders mit mergeligem und thonigem Bindemittel, also die Sandsteine, Konglomerate, Breccien und Tuffe.

Zu besonderer Vorsicht mahnen die Gehalte an Schwefelkies, an eisenreichem Glimmer und an Labrador.

Das beste Erhaltungsmittel sind gut ausgesuchte, gesunde Steine; alles übrige, was empfohlen wird, taugt nicht viel und ist nur auf kurze Zeit wirksam. Immerhin mögen die bekannteren Konservierungsarten hier kurz erwähnt werden.

Ein guter Oberflächenschutz ist der dreimalige Oelfarbenanstrich. Ein schönes Hausteinmaterial will man aber nicht gerne unter dem Anstrich verschwinden sehen. Soll die natürliche Farbe des Steins annähernd erhalten bleiben, so empfiehlt sich heiss aufzutragendes Leinöl. Auch kann eine Lösung von weissem Schellack in Holzgeist im Verhältnis von 1 zu 8 bis 16 verwendet und aufgespritzt werden. Poröse Steine lassen sich mit Vorteil durch einen Anstrich von Wasser-glas schützen. Auch ein Doppelanstrich mit Seifenlösung und Alaunwasser in 24 stündigem Abstand wird empfohlen. Wenn es auf das Aussehen nicht ankommt, sind Aufträge von heissem Teer oder von Asphaltlösungen ein guter Schutz. Alle diese Mittel setzen einen trockenen Stein voraus; sie schützen hauptsächlich dadurch, dass sie bis zu einer gewissen Tiefe eindringen und die Poren der Oberfläche verstopfen, so dass sie von aussen kein Wasser ansaugen können. Sie sind, wenn sie dauernd schützen sollen, von Zeit zu Zeit zu erneuern und darum ist das zuerst vorgeschlagene Erhaltungsmittel immer noch das billigste und beste.