© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Fragen der Wetterbeständigkeit natürlicher Bausteine.

Erläutert an Beispielen aus Niedersachsen und Westfalen.

Von Prof. Dr. Dr. G. Frebold, Leiter der Forschungsstelle für Technische Geologie, Technische Hochschule Hannover.

Die moderne Prüfung natürlicher Bausteine, zumal solcher für Zwecke des Hochbaues, erfolgt bei den zuständigen Prüfstellen bekanntlich nach Vorschriften, die genormt in den Blättern DIN DVM 2101-2105 usw. vorliegen. Von diesen Normen befaßt sich, streng genommen, nur eine einzige mit der Prüfung eines Faktors der Wetterbeständigkeit, nämlich der Frostbeständigkeit (DIN DVM 2104), die entweder nach der Größe der Sättigungsziffer oder nach dem Ergebnis eigentlicher Frostversuche beurteilt werden kann. Es steht aber vom geologischen Standpunkt außer Zweifel, daß in unserem i.a. humiden Klima der Frost nur einen, ja nicht einmal den wichtigsten Verwitterungsfaktor darstellt*). Die Zahl der Tage mit Frost ist zumal in West- und Norddeutschland unter der Einwirkung des nahe gelegenen Meeres verhältnismäßig gering und wird auf alle Fälle durch die Zahl der Tage mit flüssigen Niederschlägen erheblich überboten. Wasser als chemisches Lösungsmittel für Substanzen irgendwelcher Art steht also weit häufiger zur Verfügung als der lediglich mechanisch, durch Sprengung wirkende Frost. Es muß daher verwundern, daß dem Wasser als Lösungsmittel und als Teilursache häufiger Gesteinszerstörung in den deutschen Normen kein Augenmerk geschenkt wird, umso mehr, als sich der Nachweis leicht erbringen läßt, daß das Wasser der Niederschläge selbst oder zusammen mit den in ihm enthaltenen agressiven Substanzen in unserem Klima weit stärkere Zerstörungen an Bauten aus Naturstein hervorruft als der Frost. In der Erkenntnis dieser Tatsache hat man bereits vor langen Jahren begonnen, sog. Dauerlagerversuche anzustellen, d. h. bestimmte Arten von Gesteinen durch Lagerung im Freien lokalklimatisch verschiedenen Bedingungen der Verwitterung auszusetzen und von Zeit zu Zeit zu unter-

*) Bei dieser Gelegenheit muß unbedingt davor gewarnt werden, den Frost als alleiniges Kriterium der Wetterbeständigkeit von Natursteinen anzusehen. Dies hier zu betonen, liegt umso mehr Veranlassung vor, als durch Titel und Text einiger Aufsätze von Prof. Gaber-Karlsruhe über die Wetterbeständigkeit der Natursteine der Eindruck erweckt wird, als sei der Frost der allein wirksame Verwitterungsfaktor.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

suchen, welche Veränderungen diese Dauerlagerproben erlitten haben. Dieser Weg der Wetterbeständigkeitsprüfung ist, vorausgesetzt, daß die Gesteinsproben den auf sie wirkenden Verwitterungsfaktoren auch in entsprechender Weise ausgesetzt werden, solange theoretisch richtig, als man von der allein möglichen Annahme ausgeht, daß zur Feststellung wesentlicher Veränderungen der Proben in den meisten Fällen mit Jahrhunderten, nicht mit einem Menschenalter gerechnet werden muß. Für die Praxis haben damit derartige Dauerlagerversuche überhaupt keine Bedeutung, allenfalls nur dann, wenn damit bereits zur Zeit der Ägypter, Griechen und Römer begonnen wäre. Die in jüngster Zeit von Breyer (1—3) mehrfach erhobene Forderung, diese Versuche aufzugeben, ist daher völlig berechtigt, umso mehr als — sit venia verbo — Dauerlagerversuche verschiedenster Gesteine unter verschiedenen lokalklimatischen Umständen uns berelts seit Jahrhunderten in überaus lehrreicher und gerade für die gegenwärtige Baupraxis sehr bedeutungsvoller Weise zeigen, wie und warum dieses oder jenes Gestein nicht nur durch Frost, sondern noch weit mehr durch andere Verwitterungsfaktoren, zumal durch Wasser und die in ihm enthaltenen aggressiven Substanzen beschädigt oder weitgehend zerstört wird.

Jedes aus Naturstein errichtete Bauwerk ist ein solcher „Dauerlagerversuch", dessen Bedeutung für das Bauen in Naturstein leider nur wenig beachtet wird. Seine Bedeutung liegt nicht nur darin, daß dieses oder jenes Bauwerk schon vielfach jahrhundertelang den Verwitterungskräften überhaupt preisgegeben ist, sondern daß sein Gesteinsmaterial allen Verwitterungskräften unseres Klimas in verschiedener Höhe über dem Erdboden und nicht allein der nach Normvorschriften feststellbaren Gefährlichkeit des Frostes ausgesetzt ist, sich m. a. W. unter natürlichen, nicht unter den normenmäßigen Bedingungen eines Prüflaboratoriums befindet (4). Es ist Aufgabe der Beobachtung, den Einfluß der Verwitterung auf das Material alter Natursteinbauten festzustellen, durch genauere geologisch-petrographische und chemische Untersuchung die Ursachen der Beschädigungen aufzuklären und daraus Schlüsse auf die weitere praktisch nutzbare Verwendbarkeit des Gesteinsmaterials zu ziehen. Es ist klar, daß auf Grund dieser Untersuchungen die Maßstäbe für die Beurteilung umso schärfer gestellt werden müssen, je weniger ein neu zu errichtendes Natursteinbauwerk den Charakter eines kurzlebigen Gelegenheitsbauwerks haben soll.

Es ist wie gesagt nicht so sehr der Frost, der in unserem Klima eine wesentliche Gesteinszerstörung alter Bauten verursacht. Weit wirksamer ist das Wasser und insbesondere die in ihm enthaltenen aggressiven Substanzen, die das Wasser der Niederschläge als Gase aus der

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Luft entnimmt, wie Kohlendioxyd CO_2, das im Wasser gelöst als Kohlensäure, oder wie Schweflige Säure SO_3, die im Wasser gelöst als Schwefelsäure wirkt. Die Luft des freien Landes ist arm an diesen Gasen, weshalb nennenswerte Verwitterungserscheinungen an Natursteinbauten auf dem Lande, zumal in freier Umgebung, selten sind. Sie häufen sich aber umso mehr, je dichter die Bebauung ist, in der Natursteinbauten stehen. Und das ist zumal in dicht bebauten und daher durchweg schlecht ventilierten Städten der Fall. Freilich auch hier immer nur dann, wenn Natursteinmaterial benutzt wurde, das durch Wasser und seine aggressiven Substanzen angreifbar ist.

Es ist bekannt, daß die Zerstörungen an alten Natursteinbauten seit jener Zeit in erschreckender Weise zugenommen haben, in der die mittelalterliche Holzfeuerung durch die Kohlen-, zumal Steinkohlenfeuerung mehr und mehr ersetzt wurde. Die durch die Kohlenfeuerung erzeugten Rauchgase sind in der Großstadtluft besonders angereichert und ihr Verhältnisanteil erreicht in ausgesprochenen Industriestädten und -gebieten die höchsten Werte. Die Wirkung der im Niederschlagswasser gelösten Rauchgase ist dabei umso stärker, je ausgesprochener eine vorherrschende Windrichtung den Rauch der Industriezentren in die dicht bebauten Städteteile hineinbläst. Die Zerstörung durch derartige Rauchgase ist aber auch umso deutlicher, je größer die angreifbare Oberfläche eines Bauwerks ist, d.h. je mehr das Bauwerk in bildhauerische und steinmetzmäßige Feinheiten aufgelöst ist. Bei gleichen äußeren Abmessungen besitzt z.B. eine gotische Kirche mit ihren Bildwerken, Kreuzblumen, Maßwerken, Fialen und Strebepfeilern eine wesentlich größere Oberfläche als eine romanische Kirche. Und die Zerstörungen machen sich vor allem auf der der Hauptwindrichtung abgewandten Seite bemerkbar, weil hier im Windschatten die zerstörenden Faktoren länger und nachhaltiger einwirken können.

Es erhellt daraus, daß zumal im Bereich dicht bebauter Städte und Großstädte das Großraumklima wesentliche Modifikationen erfährt, die vielen Städten geradezu ein Lokalklima verleihen. Man hat nicht zu Unrecht besonders die Großstadt mit einem Vulkan verglichen. Dieser Vergleich trifft nicht nur hinsichtlich des erzeugten Rauches zu, der namentlich bei wenig bewegter Luft die Großstädte mit einer deutlich sichtbaren Dunsthülle bedeckt. Jede Großstadt ist in klimatischer Beziehung auch eine Wüste, denn genau wie diese muss die Großstadt aus ihrer Umgebung Feuchtigkeit ansaugen, da die Luft der Großstadt merklich trockener als die ihrer Umgebung ist. Ja, man kann die Großstadt auch bis zu einem gewissen Grade mit dem Walde vergleichen. Im Wald wie in der Stadt nämlich ist das tägliche Auf und Ab der

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Temperaturen sehr ausgeglichen und zwar deswegen, weil die Dunsthaube über der Stadt die nächtliche Ausstrahlung verhindert. Großstädte haben daher durchweg weniger Frosttage als das sie umgebende Land.

Diese klimatischen Eigentümlichkeiten der Großstadt sind zwar vom Standpunkt der Wetterbeständigkeitsbeurteilung von Natursteinen Extreme, aber als solche sind sie deswegen bedeutungsvoll, weil sie im Vergleich mit den Verhältnissen auf dem freien Lande dazu zwingen, kritisches Natursteinmaterial nicht nur nach seinem Verhalten in der Großstadt zu beurteilen.

An Hand von einigen Beispielen aus Niedersachsen und Westfalen seien einige besonders bemerkenswerte Verwitterungserscheinungen natürlicher Bausteine näher besprochen.

Kalkstein ist sehr oft als Baustein für Hochbauten im Mittelalter verwendet worden, zumeist freilich in der Form des Bruchsteinmauerwerks, seltener in Gestalt bearbeiteter Werksteine. Man darf annehmen, daß in den meisten Fällen das Bruchsteinmauerwerk aufgehender Wände ursprünglich verputzt gewesen ist und nur besonders hervortretende Ecken und Kanten (Lisenen, Streben usw.) von vornherein aus unverputzten Werksteinen hergestellt wurden. In diesen Fällen wie auch in jenen, in denen das Bruchsteinmauerwerk nie verputzt gewesen ist, macht sich — worauf weiter unten noch einzugehen sein wird — ein bemerkenswerter Unterschied in der Wetterbeständigkeit von Bruchsteinen und Werksteinen des gleichen Materials bemerkbar: bearbeitete Werksteine aus Kalkstein fallen in sehr vielen Fällen der Verwitterung eher anheim als unbearbeitete Bruchsteine. I. a. ist die Verwitterung von Kalkstein (ausschließlich Marmor und Dolomit) auf dem freien Lande sehr gering und nur in seltenen Fällen sofort sichtbar, eine Folge des an aggressiven Substanzen sehr armen Klimas auf dem freien Lande. In dicht bebauten Klein- und Großstädten jedoch sind die Verwitterungserscheinungen infolge der an Kohlensäure oder Schwefelsäure merklich angereicherten Luft sehr deutlich, ganz besonders an bearbeiteten Werksteinen, von fein bearbeiteten Bildwerken an den Außenteilen ganz zu schweigen; oft genug sind gerade letztere, wie z. B. die mannigfaltigen Epitaphien, bis zur Unkenntlichkeit verwittert. An den meist mit Glattfläche bearbeiteten Werksteinen der gotischen Epoche beginnt z. B. die Verwitterung flächenhaft mit der Verwischung der einzelnen Schlagspuren, die oberflächliche Auflösung des Kalksteins durch die gerade in dicht bebauten Stadtteilen angereicherten aggressiven Substanzen ebnet die Flächen ein und erschwert so ganz außerordentlich die Bestimmung der steinmetzmäßigen Bearbeitung nach Stilepochen. (Tafel I, Abb. 1).

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Die Einebnung der Werksteinflächen ist jedoch nur ein verhältnismäßig kurzer Zustand. Wo an der Hauptwetterseite die Niederschläge auf derartig eingeebnete Werksteinflächen auftreffen, fließen sie unaufhörlich auf diesen nach unten hin ab. Sie verhindern zwar auf diese Weise meistens, daß sich auf Werksteinen der Hauptwetterseite eine Schmutzkruste absetzt, aber mit der Zeit bilden sich auf den Steinoberflächen mehr oder weniger deutlich senkrecht gerichtete, oft unterbrochene Ablaufrillen von 2—3 mm Breite und 1—2 mm Tiefe, in denen das auftreffende Niederschlagswasser bevorzugt abläuft und die infolgedessen immer weiter ausgearbeitet werden. Das Gefüge des Kalksteins leidet zwar darunter nicht merklich, aber die bearbeitete Werksteinfläche verliert auf diese Weise ihre so oder so gemusterte Ansichtsfläche und wenn Wert auf möglichst lange Erhaltung solcher Musterung gelegt wird, wäre zu überlegen, ob Werksteine (und auch Verblendung) aus Kalkstein in dicht bebauten Städten von der Verwendung nicht auszuschließen sind. Von mir ausgeführte Untersuchungen haben ergeben, daß modern scharrierte Werksteine aus Kalkstein in dicht bebauten Orten ihre Scharrierung in fast 20 Jahren beinahe völlig verlieren, sofern sie nicht neu scharriert sind (Tafel I, Abb. 2).

Dieser Oberflächenverwitterung des Kalksteins steht seine tiefgreifende Verwitterung in jenen Fällen gegenüber, in denen Kalksteine von feinen, schichtig eingelagerten Tonhäutchen durchzogen werden, wie das z. B. beim fränkischen Muschelkalk der Gegend von Würzburg (Kirchheimer Blaue Bank und Kernfels) der Fall ist. Diese Tonhäutchen wirken stark wasseransaugend und führen damit die in der Luftfeuchtigkeit der Großstädte häufig merklich angereicherte Schwefelsäure tiefer in das Gestein. Durch Reaktion mit dem Kalk entsteht Gips, den ich in mehreren Dünnschliffen angewitterter Proben von Kirchheimer Muschelkalk von Bauwerken einer norddeutschen Großstadt unmittelbar mikroskopisch nachweisen konnte. Die Zerstörungen dieses Kalksteins an den einzelnen untersuchten Bauwerken sind seit deren Bestehen (rd. 30 Jahre) immerhin beträchtlich. Sie haben ausnahmslos ihre Ursache in der Sprengwirkung des kristallisierenden Gipses, dessen Menge in den Umwandlungsprodukten des Kirchheimer Muschelkalkes von mir in mehreren Fällen zu fast 50 % (!) chemisch nachgewiesen werden konnte. Diese Ergebnisse sollten zum mindesten in der weiteren Verwendung des Kirchheimer Muschelkalkes oder ähnlicher, von feinen Tonhäutchen durchzogener Kalke in Großstädten bedenklich machen! Wenn man dazu weiter bedenkt, daß sich an Bauten aus Kirchheimer Muschelkalk, die in Hannover vor etwa 4—5 Jahren errichtet wurden, bereits heute die Anfänge solcher Schwefelsäureverwitterung nebst Sprengung durch Gipsbildung deutlich bemerkbar

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

machen, so ergibt sich daraus, daß derartige Kalksteine von der Verwendung an Monumentalbauten der Großstädte in Zukunft unbedingt auszuschließen sind.

Auf alle Fälle ist Kalkstein kein sehr geeignetes Natursteinmaterial für dicht bebaute Orte, zumal nicht als Werkstein.

Sandstein steht nur solange in einem wohltuenden Gegensatz zum Kalkstein, als sein Bindemittel einwandfrei ist und leicht zersetzliche sonstige Mineralkomponenten ihm fehlen. Unbedenklich ist i. a. Sandstein mit kieseligem oder kieselig-tonigem Bindemittel, ausschließlich toniges Bindemittel ist stets ungünstig, kalkiges Bindemittel, das entsprechende Sandsteine zu sog. Kalksandsteinen stempelt, ist i. a. von schwerem Übel. Von einiger Bedeutung ist bei diesen Kalksandsteinen die Art, in der das kalkige Bindemittel im Gestein verteilt ist. Es gibt Kalksandsteine, in denen das kalkige Bindemittel nur auf dünne, etwa 3—4 cm mächtige Lagen oder auf schichtweise angeordnete kleine Nester im sonst kalkfreien Gestein beschränkt ist. Die Verwitterung arbeitet diese Lagen und Nesterreihen im Laufe der Zeit bald heraus, Lagen und Nesterreihen erscheinen im Gestein infolgedessen als kleine Hohlkehlen oder Löcher. Treten sie dicht bei dicht im Werkstein auf, so ist dieser bald stark beschädigt. Wenige Lagen und Nester schaden i. a. nicht sonderlich, aber man wird gut tun, derartiges Material für bildhauerische Feinarbeiten unbedingt zu vermeiden. Die Auswitterung von Nestern läßt sich auf den ersten Anhieb nicht von der Bildung sog. Sandlöcher im Gestein unterscheiden. Solche Sandlöcher entstehen im Gestein dort, wo jegliches Bindemittel von vornherein fehlt und das unverkittete Sandmaterial schnell durch die Niederschläge ausgespült wird. Diese Sandlochbildung findet sehr schnell statt, viel schneller als die Auswitterung von Lagen und Nesterreihen mit kalkigem Bindemittel, das erst im Laufe längerer Zeit durch die aggressiven Substanzen der Niederschläge gelöst wird. Bei sporadischer Verteilung im Gestein sind Sandlöcher gänzlich unbedenklich; sie sind es nicht, wenn sie in großer Zahl das Gestein durchschwärmen, da durch ihr zahlreiches Auftreten die Gesteinsfestigkeit von vornherein erheblich beeinträchtigt wird. Außerdem nehmen die Oberflächen derartiger Gesteine sehr bald ein unschönes pockennarbiges Aussehen an. I. a. sind derartige Gesteine schon leicht im Steinbruch zu erkennen.

Wetterunbeständig sind jene Kalksandsteine*), bei denen das kalkige Bindemittel im ganzen Gestein gleichmäßig verteilt ist, und zumal

*) Über die mineralische Zusammensetzung der hier genannten Sandsteine und Kalksandsteine unterrichtet die Tabelle auf S. 56.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

solche mit mehr oder weniger erheblichem Sandgehalt. Oft genug besitzen derartige Gesteine auch noch einen Gehalt an dem grünen Mineral Glaukonit, das nicht selten, so z. B. bei dem Grünsandstein der Gegend von Soest und Anröchte i. W., in solcher Menge im Gestein vorhanden ist, daß diese Gesteine eine schöne grüne bis oliv- oder blaugrüne Farbe haben (Kirchenbauten in Soest, Anröchte, Geseke usw.). Die Verwitterung des Kalksandsteins ist durchweg sehr intensiv, nicht selten sogar geradezu katastrophal. Das kalkige Bindemittel, das die Sandkörner umschließt, wird durch die mit Kohlensäure oder Schwefelsäure beladenen Niederschläge aufgelöst und fortgeführt. Durch die Schwefelsäure selbst entstehen dabei in der Gesteinsoberfläche sulfatische, meist Calciumsulfatlösungen, die bis zu einer gewissen Tiefe ins Gestein eindringen und hier in trockener Zeit zu Sulfaten, vorwiegend Gips, auskristallisieren. Da Gipsbildung stets mit erheblicher Volumvergrößerung verbunden ist, wirkt der sich bildende Gips sprengend auf das Gesteinsgefüge (Gipstreiben). Die Folge ist das Abplatzen dünner, innerlich weitgehend zermürbter Zonen von der Gesteinsoberfläche, die meist mit einer charakteristischen Aufbeulung dieser Zonen beginnt (Tafel II, Abb. 1 und 2). Es gibt jedoch auch Kalksandsteine, wie z. B. der im Lipper Land weitverbreitete sog. Schilfsandstein, die primär einen Gehalt an meist fein verteilten Schwefelkieskörnchen aufweisen. Sie sind höchst minderwertig, denn Schwefelkies oxydiert sehr leicht zu Brauneisen, wobei Sulfatlösungen gebildet werden, die bei Kristallisation zu Gips in gleicher Weise sprengend auf das Gesteinsgefüge wirken.

Ganz besonders intensiv werden derartige Verwitterungsschäden, wenn solche Kalksandsteine zudem noch einen merklichen Gehalt an Glaukonit führen, wie z. B. der schon genannte Grünsandstein von Soest und Anröchte oder der sog. Baumberger Sandstein der Baumberge bei Münster i. W. Glaukonit enthält Eisen als Eisenoxydul und dieses oxydiert an der Luft und unter der Wirkung der Niederschläge sehr leicht zu Brauneisen (wasserhaltiges Eisenoxyd). Die Brauneisenbildung ist mit einer Volumvermehrung vom 6- bis 8-fachen des ursprünglichen verbunden und der damit verknüpfte Wachstumsdruck ist stärker als die Zerreißfestigkeit jedes Natursteins — übrigens ein Vorgang, der auch außerordentlich häufig die Sprengung von Natursteinen durch eingelassene Eisenteile (Eisenanker und dgl.) bedingt.

Auch gewisse Sandsteine mit tonigem oder serizitischem Bindemittel enthalten Glaukonit, so der im Harzvorlande vielfach gebrochene Hilssandstein. Die durch den Glaukonitgehalt allein bedingten Verwitterungserscheinungen zeigen sich bei solchen Sandsteinen am klarsten. Der Glaukonitgehalt ist an sich nicht groß und bedingt nur selten im

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

frischen Gestein eine hellgelblich-grünliche, keinesfalls ausgesprochen grüne Farbe. Meistens sind derartige Sandsteine hellgelblich in angenehm warmer Tönung eine Folge der Verwitterung der wenigen Glaukonitkörnchen zu gelb färbenden Brauneisen. Derartige Gesteine sind, wenn sie im übrigen auch frostungefährlich sind, für die Verwendung unbedenklich. Es gibt aber im Hilssandstein auch Vorkommen, deren Gesteinsmaterial infolge stattgefundener Gebirgsbewegungen kreuz und quer, meist diagonal von feinsten gerade verlaufenden Haarrissen durchsetzt ist; meist sind solche Risse schon mit bloßem Auge kenntlich. Sie sind geradezu ein untrügliches Kennzeichen für den Hilssandstein der Gegend von Lutter a. Bbge. und Langelsheim. Wie Untersuchungen meinerseits in einem sehr lehrreichen Fall ergeben haben (Tafel III, Abb. 1), werden diese feinen Risse im Laufe der Zeit in mehr oder weniger breiter Zone zermürbt, das Gesteinsgefüge wird gelockert und in der Umgebung dieser Risse findet starke und tiefreichende Absandung statt. Dieser Vorgang kommt folgendermaßen zustande. Die tiefreichenden Risse wirken als bevorzugte Kapillaren für das Niederschlagswasser, das die Glaukonitkörnchen zu Brauneisen zersetzt. Dieses seinerseits zersprengt infolge der damit verbundenen Volumvermehrung das Gesteinsgefüge und verursacht dadurch ein tiefreichendes Heraussanden des Gesteinsmaterials. Nicht selten beobachtet man freilich dabei auch eine starke Anreicherung des Brauneisens auf diesen Haarrissen in Gestalt von kleinen Brauneisengängchen, deren Brauneisenfüllung merklich über die Gesteinsoberfläche hinausragt.

Bei den glaukonithaltigen Kalksandsteinen von Soest und Anröchte einerseits und den Baumbergen bei Münster andererseits ist die Verwitterung deswegen so besonders kräftig, ja katastrophal, weil zwei an sich verschiedene Zerstörungsvorgänge ständig zusammenwirken: 1. die Zersetzung des kalkigen Bindemittels durch aggressive Substanzen der Niederschläge (Kohlensäure, Schwefelsäure), 2. die Zersetzung des grünen Glaukonits zu Brauneisen durch den Sauerstoff der Luft. Eine genaue Untersuchung zeigt freilich, daß die Zerstörungen am Baumberger Sandstein, wie sie besonders in Münster i. W. (Dom, Lambertikirche, Ludgerikirche usw.) zu beobachten sind, nicht ganz so intensiv, aber immerhin noch eindrucksvoll genug, verlaufen wie beim Grünsandstein von Soest und Anröchte. Der Grund dafür ist darin zu suchen, daß der Glaukonitgehalt des Baumberger Sandsteins deutlich geringer ist als der des Grünsandsteins und somit die Zersetzung des Glaukonits zu Brauneisen merklich gegenüber der Zersetzung des kalkigen Bindemittels zurücktritt. Infolge dieses geringeren Glaukonitgehaltes besitzt der Baumberger Sandstein auch keine grüne, sondern gelbliche Farbe. Katastrophale

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Zerstörungen, wie sie in Soest (Patroklusdom, Wiesenkirche, Paulskirche usw.) (Tafel II, Abb. 1 und 2) oder Anröchte (Pfarrkirche) zu beobachten sind, fehlen in Münster i. W. meistens. Der Fall, daß der Grünsandstein am Sockelmauerwerk der Paulskirche in Soest schneller verwittert als der die Quader verkittende Mörtel, dürfte wohl einzig in seiner Art sein.

Es ist in neuerer Zeit vielfach Mode geworden, an einem Bauwerk zwei oder mehrere Arten von Natursteinen zu verwenden, zumal dann, wenn sie sich in ihrer Farbe erheblich voneinander unterscheiden und durch eine oder mehrere Farben bestimmte architektonische Formen betont werden sollen. Bereits das Mittelalter hat für viele Bauten solche Farbunterschiede des Materials zu architektonischen Zwecken zu nutzen gewußt (z. B. gleichzeitige Verwendung von rotem und weißem Sandstein, in Braunschweig von hellem Elmkalk uud rotem Rogenstein [Kalksandstein] usw.). Solange petrographisch gleichartiges Material verschiedener Herkunft dazu verwendet wird, ist, wie die Untersuchung entsprechender mittelalterlicher Bauten zeigt, unter dem Gesichtspunkt der Wetterbeständigkeit nichts dagegen einzuwenden. Bei petrographisch verschiedenen Gesteinen ist jedoch Vorsicht unbedingt am Platze, wie folgendes Beispiel zeigen möge.

Eine bei Goslar a. H. befindliche Eisenbahnüberführung ist in den Flügelmauern der Widerlager aus etwas glaukonitischem Kalksandstein (sog. Sudmerberg-Konglomerat), an den Stirnseiten der Widerlager aus etwas glaukonitischem Hilssandstein errichtet (6). Im Laufe der Zeit sind in beiden Gesteinsarten tiefe, meist der Schichtung folgende Rillen, Hohlkehlen und narbenartige Löcher hineingewittert (Tafel II, Abb. 2). Diese Verwitterung ist zumal für den Hilssandstein sehr auffällig und sonst in Goslar oder anderen Orten, wo Hilssandstein verwendet wurde, nicht wieder zu beobachten, auch nicht an Eisenbahnbrücken, bei denen ebenfalls Hilssandstein verwendet wurde. Wohl aber läßt sich an älteren Bauten Goslars, soweit bei ihnen das Sudmerberg-Konglomerat verwendet wurde, in vielen Fällen eine ähnliche, wenn auch nicht so weit gehende Verwitterung in Rillen, Hohlkehlen und dgl. beobachten. Daraus geht hervor, daß der an der Eisenbahnbrücke zu beobachtende Zerstörungsprozeß seinen Ausgang vom Sudmerberg-Konglomerat nimmt. Und zwar handelt es sich um Zersetzung durch aggressive Substanzen, die, wie Kohlensäure und Schwefelsäure, durch den Rauch der vielen über die Brücke fahrenden Lokomotiven hier besonders angereichert werden und sich hinter dem Bahndamm und den Widerlagern sowie unter der Brücke verfangen und infolgedessen nachhaltig wirken können. Es entstehen durch Einwirkung der Schwefelsäure sulfatische Lösungen, die in der Quaderoberfläche wandern und durch die Mörtelfugen hindurch in die

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;www.zobodat.at

Sandsteinquader gelangen. Wie in den Quadern aus Sudmerberg-Konglomerat, so kristallisiert daher auch in den Hilssandsteinquadern Gips aus, der durch sein Treiben den Sandstein an Stellen, deren Porosität durch besondere Schichtung und damit verbundene Kapillarität größer ist, zermürbt und damit zur Bildung der Hohlkehlen führt. Mit der Reichweite dieser Wanderung sulfatischer Lösungen steht im Einklang, daß die Hohlkehlenbildung in einem gewissen Abstande von den Quadern aus Sudmerberg-Konglomerat unter der Brücke endet. Der Vorgang gleicht grundsätzlich demjenigen, der bei Ausbesserungsarbeiten an der Wiesenkirche in Soest von Grün (5) beobachtet wurde. Hier zeigte sich nämlich, daß selbst der bekanntlich äußerst wetterbeständige Obernkirchener Sandstein, der an die Stelle besonders stark verwitterter Grünsandsteinquader gesetzt wurde, nach einigen Jahren das gleiche Abplatzen infolge Gipstreiben zeigte wie der Grünsandstein. Auch hier waren die im Grünsandstein durch Schwefelsäure gebildeten sulfatischen Lösungen in den Obernkirchener Sandstein gewandert und hatten selbst ihn zerstört.

Aus diesen kurzen Andeutungen, für die sich noch weitere Beispiele beibringen ließen, ergibt sich die wichtige Forderung, die gleichzeitige Verwendung von Kalkstein oder Kalksandstein neben Sandstein unbedingt zu vermeiden.

Manche Gesteine besitzen auch keine Wetterbeständigkeit ihrer Farbe und wer als Baumeister gerade auf die Farbe wesentlichen Wert legt, sollte sich vorher fragen, wie es um die zeitliche Dauer der Gesteinsfarbe bestellt ist. Gemeint ist in diesem Zusammenhaug nicht die als sog. Patina bezeichnete dünne Schmutzverfärbung — nicht Schmutzschicht—, die z. B. dem hellen Obernkirchener Sandstein nach längerer Zeit eine schmutziggraue Farbe verleiht, sondern von Interesse sind hier jene farbigen Natursteine, die infolge chemischer Vorgänge in der Gesteinsoberfläche ihre ursprüngliche Farbe im Laufe der Jahre ändern, ohne sich mit einer eigentlichen Schmutzkruste oder -verfärbung zu überziehen.

Schon der oben mehrfach genannte Hilssandstein zeigt mitunter derartige Verfärbungen, die allerdings architektonisch wohl belanglos sein dürften. Der im Hilssandstein fein verteilte Glaukonit verwittert namentlich an der Gesteinsoberfläche relativ schnell zu Brauneisen und färbt je nach Anreicherung die Gesteinsoberfläche mehr oder weniger gelb oder braun. Ähnliches gilt für den sog. Osningsandstein und einige andere. Noch weniger bedeutsam ist die Farbenwandlung beim roten Buntsandstein, wie er in zahllosen Brüchen des Oberwesergebietes (Stadtoldendorf, Carlshafen usw.) gewonnen wird. Seine Farbe ist i. a.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

braunrot, gelegentlich auch rotviolett, ja blau, namentlich auf ganz frischen Spaltflächen des plattigen Materials. Die meist sichtbare braunrote Farbe stammt von fein verteiltem Brauneisen, das unter der Einwirkung des Niederschlagswassers aus dem primär vielfach vorhandenen Roteisen hervorgegangen ist; dieses Roteisen bewirkt die violette bis blaue Farbe frischer Spaltflächen, die an der Luft jedoch nach einigen Wochen mehr und mehr verschwindet und dabei über rotviolett und rot zu braunrot übergeht. Ein Fall sehr kräftigen und vom architektonischen Standpunkt wohl zu berücksichtigenden Farbenwechsels liegt jedoch bei gewissen Grünsandsteinen des nördlichen Westfalens vor. Außer dem schon mehrfach genannten, als Kalksandstein zu bezeichnenden Grünsandstein der Gegend von Soest und Anröchte wird bei RüthenAltenrüthen ein echter Grünsandstein gewonnen. der statt des kalkigen ein kieseliges Bindemittel besitzt; seine Glaukonitführung ist ziemlich reichlich, infolgedessen hat er im frischen Zustande eine ähnlich grüne Farbe wie derjenige von Soest und Anröchte. Dieser Rüthener Grünsandstein verhält sich der Verwitterung gegenüber wesentlich besser als der von Soest und Anröchte, aber er wandelt seine schöne grüne Farbe infolge der Zersetzung des grünen Glaukonits bald in ein schmutziges Gelb bis Braungelb um; eigene Untersuchungen in und bei Rüthen haben ergeben, daß das in rd. 10 Jahren geschieht. Dieser Farbenumschlag vom Grün zum Gelb und Gelbbraun kommt auch bei dem Soester oder Anröchter Grünsandstein gelegentlich vor, aber regelmäßig nur dann, wenn das betreffende Bauwerk nicht in einer Atmosphäre steht, die wie in dicht bebauten Städten einen merklich angereicherten Gehalt an Kohlen- und Schwefelsäure besitzt. Die Tatsache, daß die wundervollen grünen Bauten von Soest, Geseke, Anröchte usw. immer noch ihre grüne Farbe trotz aller Verwitterung zeigen, beruht darauf, daß die Zersetzung des kalkigen Bindemittels zu Sulfaten in dicht bebauten Orten schneller vor sich geht als die Zersetzung des Glaukonits zu Braueisen. Es dürfte sich empfehlen, diese Farbenwandlungen des Grünsandsteins von Soest-Anröchte und von Rüthen-Altenrüthen für jene geplanten Bauwerke vornehmlich zu berücksichtigen, bei denen der entwerfende Baumeister einen ganz besonderen Wert auf die gewiß „phantastisch“ wirkende grüne Farbe und ihre Beständigkeit legt.

Zum Schluß dieser Ausführungen sei noch kurz auf einen Umstand eingegangen, dem man bislang so gut wie keine Beachtung geschenkt hat. Er betrifft die Frage nach der Beeinflussung der Verwitterung eines Natursteins durch seine Bearbeitung. Daß man Natursteine für

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;www.zobodat.at

Hochbauzwecke zumal Werksteinquader, im Steinbruch stets ohne brisante Sprengstoffe, höchstens gelegentlich mit Schwarzpulver gewinnen soll, ist nur zu bekannt, um den Grund dafür näher zu erläutern. Wenig bekannt aber ist es, daß das sog. Stocken mit dem Stockhammer eine intensive Prellung oberflächennaher Gesteinszonen darstellt, die eine Erweiterung vorhandener und die Bildung neuer Haarrisse und damit vermehrte Zufuhr aggressiver Substanzen ins Gestein nach sich zieht. Stocken lassen sich nur solche Gesteine, die sehr hart sind, bei denen also die dadurch verursachte Haarrißbildung nur sehr wenig tief reicht, und zudem aus sehr wetterbeständigen Mineralien und Bindemittel bestehen, z. B. Sandsteine mit kieseligem Bindemittel, gewisse quarzitische Sandsteine, soweit diese auf Stocken überhaupt ansprechen, usw., unter keinen Umständen aber Kalksteine oder Sandsteine mit feinen Einsprengungen von Schwefelkies*)! Aber auch Kalkstein kann sehr hart sein, dennoch wäre die Bearbeitung mit Stockhammer gänzlich falsch, da durch die gebildeten Haarrisse die aggressiven Substanzen schneller und tiefer eindringen können. Ähnlich wie das Stocken wirkt vielfach das Scharrieren. Mir sind in Soest (Wiesenkirche), Münster (Dom). Osnabrück (Rathaus) usw. Fälle bekannt, die in geradezu eindrucksvoller Weise zeigen, wie durch Scharrieren der Verwitterung immer wieder vorgearbeitet wird. Ein Kalksandstein oder ein Schwefelkies führender Sandstein darf eben nicht mit dem Scharriereisen bearbeitet werden, so sehr seine i. a. weiche Beschaffenheit dazu auch verlocken mag. Man sollte das Scharriereisen, das für die Gesteinsoberfläche ein wahres Marterinstrument ist, überhaupt nicht mehr verwenden, sondern sich stattdessen der Glattfläche bedienen, die die Gesteinsoberfläche merklich weniger nachteilig beeinflußt. Dazu ist freilich eine weitgehende Umschulung der gegenwärtigen Steinmetzen erforderlich, denn i. a. können nur diejenigen mit der Glattfläche umgehen, die in einer Dombauhütte gearbeitet haben. Als Beispiel und Gegenbeispiel für die Wirkung der Glattfläche und des Scharriereisens mögen das sog. Romanische Haus und die Wiesenkirche in Soest genannt werden. Das Mauerwerk des Romanischen Hauses besteht aus hammerrecht mit der Glattfläche zugeschlagenen Bruchsteinen desselben Grünsandsteins, der auch bei der Wiesenkirche verwendet wurde, zeigt aber keineswegs die Verwitterungsschäden, die das wohl bearbeitete, scharrierte und immer wieder scharrierte Quadermauerwerk der Wiesenkirche so traurig

*) Es erscheint überflüssig, diese Warnung auszusprechen. Aber Dummheiten, wie das Stocken von Kalkstein oder weichen Sandsteinen wurden schon vor 70, 80 Jahren gemacht und sind heute noch keineswegs ausgestorben!

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

kennzeichnet. Ebenso findet man häufig scharrierte Kalksteinquader oder gar scharrierte, nur 5—7 cm dicke Kalksteinverblendungen. Aus Untersuchungen, die ich über die Haltbarkeit der Scharrierung von Kalksteinen in dicht bebauten Orten ausgeführt habe, ergibt sich, daß durchweg diese Scharrierung nach rd. 20 Jahren fast völlig abgewittert ist. Wozu also der Gesteinsoberfläche ein feines Bearbeitungsmuster aufprägen, wenn die Verwitterung ihm kein langes Leben gönnt!

Alte Praktiker, die mit verschiedensten Natursteinen gewissermaßen groß geworden sind, behaupten allgemein, daß Bruchsteinmauerwerk wetterbeständiger sei als wohlbearbeitetes Quadermauerwerk. Wenn diese Behauptung in diesem Umfange auch übertrieben ist, so enthält sie doch insofern ein erhebliches Körnchen Wahrheit, als es eine Menge — ich möchte sagen: kritischer — Gesteine gibt, für die diese Erfahrung nach meinen eigenen Beobachtungen zutrifft. Aus Gründen der Wetterbeständigkeit wäre daher bei solchen kritischen Gesteinen eine sog. hammerrechte Bearbeitung oder auch Grobabspitzung der Ansichtsfläche unter allen Umständen vorzuziehen. Das mehr oder weniger rustikale Aussehen eines derartig bearbeiteten Mauerwerks sollte, so meine ich, kein Hinderungsgrund sein, solche Bearbeitungen anzuwenden, denn schließlich ist in ihm ein gut Teil Monumentabilität verkörpert.

Mineralische Zusammensetzung einiger Sandsteine und Kalksandsteine in Prozenten*).

	1	2	3	4	5	6	7
Quarz**)	79,67	10,1	18,3	10,95	90,73	74,59	83,88
Glaukonit	13,59	4,4	11,6	0,56	5,71	4,42	—
Kalkspat	—	85,50	70,2	80,33	—	—	—
Muskovit	—	—	—	8,11	—	—	—
Brauneisen	6,74	—	—	—	—	—	—
Tonig.-serizitisches Bindemittel . . .	—	—	—	—	3,56	20,99	16,12
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

*) Nach Messungen des Verfassers mit dem Integrationstisch.
**) Einschl. kieseligem Bindemittel.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;www.zobodat.at

TAFEL I

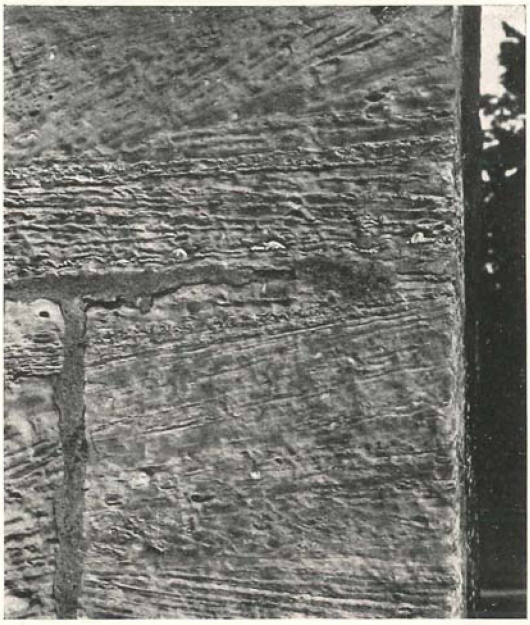


Abbildung 1



Abbildung 2

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

TAFEL II

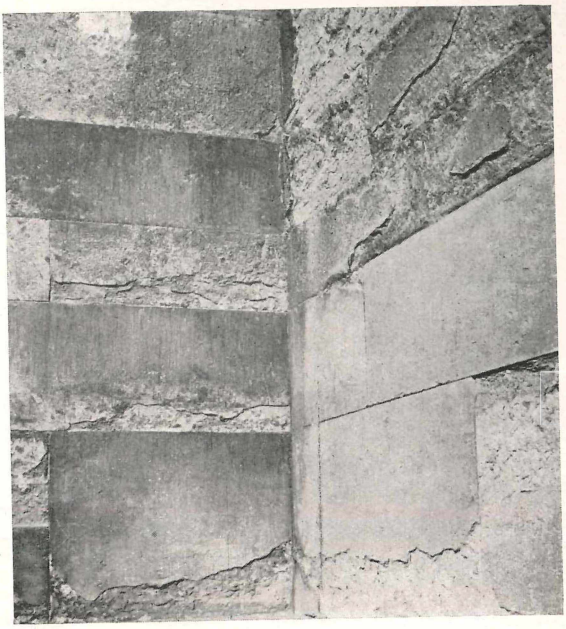


Abbildung 1

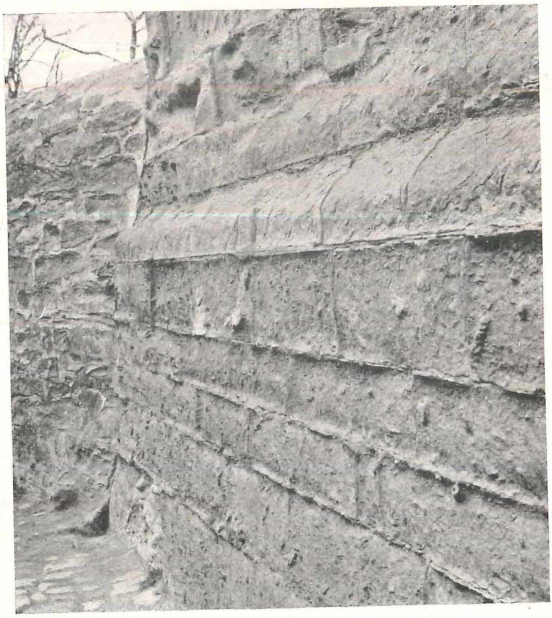


Abbildung 2

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

TAFEL III

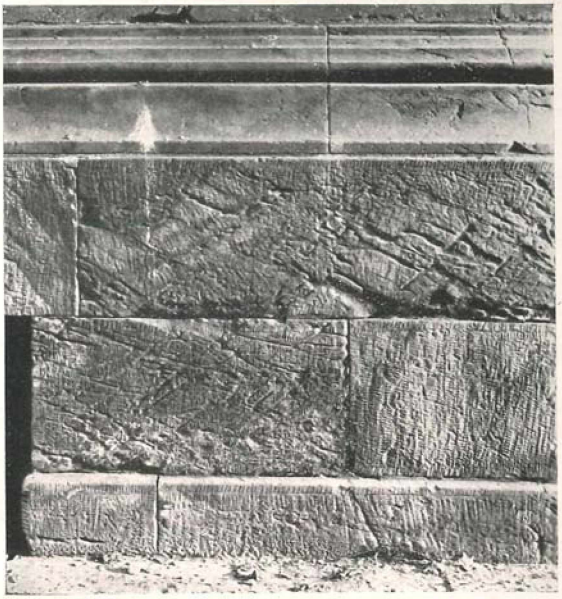


Abbildung 1



Abbildung 2

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;www.zobodat.at

Es ist:

1 = Grünsandstein von Rüthen/Altenrüthen i. W.
2 = Kalksandstein der Baumberge westlich von Münster i. W.
3 = Grünsandstein von Anröchte westlich von Paderborn.
4 = konglomeratischer Kalksandstein des Sudmerberges bei Goslar.
5 = Hilssandstein von Ostlutter bei Lutter a. Bbge.
6 = Hilssandstein von Wenzen am Hils (Bahnstrecke Kreiensen—Holzminden).
7 = Obernkirchener Sandstein.

Schrifttum.

1. H. Breyer. Über die Prüfung von Naturgesteinen auf ihre Frost- und Wetterbeständigkeit. Zement, **26**. 1937. S. 202—206.

2. H. Breyer, Über die Prüfung und Bewertung von Naturgesteinen auf Frost- und Wetterbeständigkeit für den Natursteinbau. Baugilde. **19**. 1937. S. 1158—1160, 1188—1190.

3. H. Breyer. Über die Prüfung von Naturgesteinen auf ihre Frost- und Wetterbeständigkeit. Ztsch. d. Deutsch. Geolog. Gesellschaft. **90**. 1938. S. 275—284.

4. G. Frebold. Wichtige natürliche Hochbaugesteine Niedersachsens und ihre Verwendung an Bauten des Mittelalters. Jahrbuch der Geographischen Gesellschaft zu Hannover für 1936 und 1937. S. 167—203.

5. R. Grün. Die Verwitterung der Bausteine vom chemischen Standpunkt. Chemiker-Zeitung. **57**. 1933. S. 401—404.

6. A. Schmölzer. Zur Entstehung der Verwitterungsskulpturen an Bausteinen. Chemie der Erde. **10**. 1936. S. 479—520.

Erläuterungen zu den Abbildungen der Tafeln I bis III.

Tafel I, Abb. 1: St. Paulskirche, Halberstadt. Mauerwerk an der Südwestseite des Westwerkes. Material: Kalk des Unt. Muschelkalkes. Die Feinschichtung, z. T. Diagonalschichtung des meist dichten, in einigen Lagen flaserigen Kalkes ist durch die Verwitterung scharf herausgearbeitet und hat jede Spur einstiger Oberflächenbearbeitung verwischt. Alter des Mauerwerks rd. 600 Jahre. Foto Frebold 1935.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Tafel I, Abb. 2: Kandelabersockel vor dem Neuen Rathaus, Hannover. Südseite des Sockels. Material: Travertin. Die Scharrierung der Quader ist bereits ziemlich verwischt und stellenweise ganz verschwunden. Foto Frebold 1938.

Tafel II, Abb. 1: Wiesenkirche, Soest. Aufgehendes Mauerwerk an der Südseite des Langhauses. Material: grüner glaukonithaltiger Kalksandstein des Scaphitenpläners (Obere Kreide) der Umgegend von Soest. Die Quader sind scharriert, ihre Oberflächenzonen in 0,5—1,0 cm Dicke platzen infolge Gipstreibens ab, die dadurch freigelegte Gesteinsoberfläche ist stark zermürbt. Stellenweise sind regelrechte Aufbeulungen der abplatzenden Gesteinszonen durch Gipstreiben zu beobachten. Alter des Mauerwerks rd. 600 Jahre, bei der Wiederherstellung 1846—1882 überarbeitet. Foto Frebold 1935.

Tafel II, Abb, 2: St. Paulskirche, Soest. Sockelmauerwerk an der Westseite des Turmes. Material: grüner glaukonithaltiger Kalksandstein des Scaphitenpläners (Obere Kreide) der Umgegend von Soest. Die Quader sind durch ständiges Abblättern ihrer Oberflächen infolge Gipstreibens soweit zurück verwittert, daß die Mörtelfugen leistenartig über die Ansichtsflächen hervorragen. Die nur aus Kalk bestehenden Schalen von Fossilien verwittern langsamer und ragen daher reliefartig aus den Ansichtsflächen der Quader heraus. Das Sockelgesims ist stark zugerundet und blättert ständig ab. Alter des Mauerwerks rd. 600 Jahre. Foto Frebold 1935.

Tafel III, Abb. 1: Reichsbahndirektion Hannover, ältester Bauteil Ecke Ernst-August-Platz und Thielenstraße. Sockelmauerwerk in der Thielenstraße, nach Südwesten gelegen. Material: Hilssandstein von Ostlutter bei Lutter a. Bge. Quader gekrönelt mit Randschlag. Die charakteristische Diagonalklüftung ist durch die Verwitterung stark herausgearbeitet, die Umgebung der Klüfte ist durch abgeschiedenes Brauneisen völlig zermürbt und sandet stark ab oder bricht in Stücken heraus. Dieser Zustand lag etwa 1937 vor und ist heute nicht mehr sichtbar. Die Ansichtsflächen der Quader sind 0,10 m und mehr tief herausgemeißelt und mit Platten von Obernkirchener Sandstein verblendet worden. Alter des Mauerwerks etwa 70 Jahre. Foto Frebold 1937.

Tafel III, Abb. 2: Eisenbahnbrücke über die Straße Goslar-Oker am Nordostausgang von Goslar. Südseite des westlichen Widerlagers. Material: links schwach glaukonitischer, sandiger, konglomeratischer Kalk des Emschers (Obere Kreide), sog. Sudmerberg-Konglomerat vom Sudmerberg bei Goslar; in der Mitte und rechts Hilssandstein (von Langelsheim? oder von Ostlutter bei Lutter a. Bbge.?). Das Sudmerberg-Konglomerat ist schichtenweise stark zerfressen, der Hilssandstein z. T. nach der Diagonalklüftung in Hohlkehlen und Löchern stark ausgesandet und zermürbt. Die Bearbeitung der Ansichtsflächen des Hilssandsteins ist völlig verschwunden, diejenige des Sudmerberg-Konglomerates (Scharrierung) vereinzelt noch erkennbar. Alter des Bauwerks rd. 60 Jahre. Foto Frebold 1935.

Anmerkung: Die Druckstöcke zu Tafel II, Abb. 1 und 2, wurden freundlicherweise von der Geographischen Gesellschaft zu Hannover zur Verfügung gestellt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Jahresbericht der Naturhistorischen Gesellschaft zu Hannover

Jahr/Year: 1940-1942

Band/Volume: 92-93

Autor(en)/Author(s): Frebold Georg

Artikel/Article: Fragen der Wetterbeständigkeit natürlicher Bausteine 44-58