

Ueber Verwitterungserscheinungen an Bausteinen. I.

1. Der Stubensandstein aus Württemberg, namentlich in seiner Verwendung am Cölner Dom.

Von

Erich Kaiser in Gießen.

Mit Taf. II.

Die Königliche Dombauverwaltung zu Cöln richtete vor einiger Zeit an mich die Anfrage, ob ich bereit sei, einige spezielle Verwitterungserscheinungen, die an Bausteinen des Cölner Domes zu beobachten sind, genauer zu untersuchen und festzustellen, ob aus den auftretenden Neubildungen die Art und der Grund der Umwandlung sich beweisen lasse. Nach einer Besichtigung der verwitterten Teile entschloß ich mich gerne zu der erbetenen Untersuchung, da ich gleich sah, daß die Durchführung der Untersuchung reiche Ausbeute sowohl in mineralogisch-petrographischer wie allgemein geologischer Hinsicht versprach.

Wenn auch die benutzten Gesteine schon früher durch VON LASAULX eine eingehende Besprechung hinsichtlich ihrer Eigenschaften erfahren haben, so haben doch die Umwandlungen nur sehr geringe Berücksichtigung erfahren, ja manche der Umwandlungsvorgänge sind falsch gedeutet worden, wie z. B. die Umwandlung des Trachytes vom Drachenfels, worauf ich in einer späteren Mitteilung noch eingehender zurückkomme.

Ich gebe im folgenden einen ersten Teil der erhaltenen Resultate, wobei ich zahlreiche Bemerkungen über die petrographischen Verhältnisse der frischen Gesteine nach eigenen Untersuchungen hinzufügen muß. Ich werde in kurzer Frist eine Fortsetzung dieser Mitteilungen folgen lassen, wobei auch andere Bauwerke berücksichtigt werden sollen.

Es war für die Veröffentlichung der Beobachtungen noch der Umstand bestimmend, daß die mineralogische¹ und petrographische Literatur über ähnliche oder gleiche Umwandlungsvorgänge fast gar keine Auskunft gibt, während die eingehende Pflege dieses Grenzgebietes zwischen Petrographie und Technik eine wichtige und notwendige Aufgabe ist, die sicherlich noch zu beachtenswerten Schlußfolgerungen für die Petrographie einerseits, für das Allgemeinwohl andererseits führen wird. Eine eingehendere petrographische Untersuchung der benutzten Sedimentgesteine ist dabei notwendig, so daß auch die Kenntnis dieser Gesteine hierdurch gefördert wird.

Ich muß besonders darauf hinweisen, daß der Dombaumeister von Cöln, Herr Regierungs- und Baurat HERTEL in Cöln meine Untersuchungen auf das liebenswürdigste unterstützt und nach allen Richtungen hin gefördert hat. Herr HERTEL wird wahrscheinlich eine die technischen Verhältnisse mehr berücksichtigende Arbeit in dem „Centralblatt für die Bauverwaltung“ veröffentlichen.

1. Die eingetretenen Beschädigungen.

Der Stubensandstein aus der Umgebung von Schlaitdorf und Neuhausen am Aich im Oberamt Tübingen bezw. Nürtingen in Württemberg ist an dem Cölner Dom in den Jahren 1842 bis 1868 in ziemlicher Ausdehnung zur Verwendung gekommen und zwar sowohl beim Ausbau des Schiffes, wie namentlich an dem Süd- wie Nordportale. Schon VON LASAULX machte darauf aufmerksam, daß die Wetterbeständigkeit des Schlaitdorfer Gesteines etwas zweifelhaft geworden sei¹. Die Verwitterung ist in neuerer Zeit erheblich fortgeschritten und hat an vielen Stellen besondere Erscheinungen, so z. B. in

¹ VON LASAULX, Die Bausteine des Cölner Domes. Bonn 1882. p. 54.

den Strebebögen und an den Strebepfeilern des Lang- und Querhauses, hervorgerufen. Die hauptsächlichste Veränderung ist folgende: Eine äußerlich unbeschädigt erscheinende, schalenförmige Rinde sitzt auf einer weißen Schicht und diese erst lagert auf dem festen Gestein. Mehrere solcher Schalen liegen oft aufeinander, getrennt durch mehr oder weniger dicke Lagen der weißlichen Ausblühungen. Die Menge des weißen Materiales ist dann am größten unter der äußersten Schale. Durch das Aufschlagen mit dem Hammer kann man die oft außerordentlich große Ausdehnung der abblätternden Schalen leicht nachweisen. Während das innere, frische Gestein wie die Schale des zersetzten eine hellgelbe bis weißliche Färbung besitzt, ist die äußere Oberfläche durch Rauch geschwärzt. Nach heftigen Regengüssen sieht man an zahlreichen Stellen die Schale losgesprengt und die helle Färbung hervortreten. Die weißliche Zwischenschicht ist gleichzeitig mit dem Absprengen verschwunden, was, wie wir nachher sehen werden, auf ihrer Löslichkeit in Wasser beruht. Der ganze Abblätterungsvorgang wiederholt sich an den Stellen, an denen er einmal eingesetzt hat, außerordentlich häufig, so daß hier bedeutende Schwächungen eintreten können. Taf. II gibt ein Bild der Beschädigungen, allerdings in noch nicht sehr weit vorgerücktem Stadium (vergl. die Erklärung auf p. 63—64).

Die weißliche Zwischenschicht erwies sich sofort bei der Besichtigung als eine Neubildung, und es war zu entscheiden, welche Eigenschaften des Gesteines zu dieser Ausblühung führten, und ob alle darin vorhandenen Massen aus dem Gesteine selbst stammten. Hierfür mußte die Untersuchung der Struktur des Gesteines und vor allem die Untersuchung des Bindemittels herbeigeführt werden. Das Gestein wurde mikroskopisch, das Gestein, die abgesprengte Schale sowie die Zwischenschicht chemisch untersucht. Der hieraus sich ergebende Verwitterungsvorgang mußte mit der natürlichen Verwitterung dieser Gesteine verglichen werden, wozu eine Besichtigung der Steinbrüche, aus denen diese Gesteine stammten, vorgenommen wurde. Dies führte zu einer Untersuchung auch an anderen Orten und zu Vergleichen mit den Verhältnissen in Cöln.

2. Das frische Gestein.

Der Stubensandstein in der Umgebung von Schlaitdorf, Neuhausen am Aich (Neuenhaus) wird aus verschiedenen Lagen zusammengesetzt, von denen für den Cölnner Dom namentlich die mittlere Abteilung des „Mühlsandsteines“ verwandt worden ist. Nach FRAAS¹ ist dies „ein bald typischer Arkosesandstein oder ein durch kieseliges Bindemittel verkitteter grobkörniger Sandstein, der zu Mühlsteinen verarbeitet und dann kurzweg Mühlsandstein genannt wird“.

Die Proben, die ich in den verschiedensten Brüchen der Umgebung von Altenrieth, Schlaitdorf, Neuhausen, Ober-Ensingen geschlagen habe, zeichnen sich durch großen Wechsel der Korngröße aus. Die Mehrzahl besteht allerdings aus einem ziemlich feinkörnigen Sandstein. Daneben treten aber außerordentlich grobkörnige Lagen auf, die schon als Konglomerate zu bezeichnen sind (namentlich oberes Höllental zwischen Schlaitdorf und Neckar-Tenzlingen). Auch die feinerkörnigen Sandsteine enthalten häufiger erbsen- bis nußgroße Gerölle. Die Festigkeit der Gesteine wechselt ebenfalls sehr von lockeren, leicht zerreiblichen Gesteinen bis zu harten, außerordentlich festen und zähen Gesteinen, die von den Arbeitern wegen dieser Eigenschaft als „Eisenkappe“ (Pfarrsteinbruch bei Neuhausen) bezeichnet werden.

Außerordentlichem Wechsel unterworfen ist die Porosität der Gesteine. Während einzelne ganz dichte Gesteine auftreten, vor allem die genannte Eisenkappe, sind andere vorhanden, die außerordentlich porös, ja sogar zellig porös sind, so namentlich die grobkörnigen Gesteine. Die Hohlräume sind dabei unregelmäßig gezackt, rauhwandig und deuten schon darauf hin, daß es sich um die Fortführung eines Bindemittels handelt, das einst diese Hohlräume ganz oder teilweise ausfüllte. Die weitere Untersuchung hat auch ergeben, daß das dichte Gestein der Eisenkappe wohl der Typus des frischen unausgelaugten Gesteines ist. Mulmiges Eisenhydroxyd, das in den Poren ungleichmäßig verteilt ist, weist schon darauf hin, daß ein dolomitisches Bindemittel vorherrschend war.

¹ EB. FRAAS, Begleitworte zur geognostischen Spezialkarte von Württemberg. Atlasblatt Böblingen. Stuttgart 1896. p. 28.

Das Bindemittel wechselt ebenfalls sowohl nach Menge wie Beschaffenheit. Makroskopisch ist neben dem soeben angeführten dolomitischen Bindemittel namentlich Kaolin in ungleichmäßiger Verteilung zu erkennen. Er tritt als eine weiße, trübe, weiche Masse zwischen den Quarzkörnchen auf. Wo das Kaolinbindemittel stark vorherrscht, neigen die Sandsteine gerne zu starkem Zerfall. Die einzelnen Sandkörnchen bröckeln leicht ab, woraus zu schließen ist, daß der Dolomit den Zusammenhalt der festeren Gesteine bedingt. Die vollständige Fortführung des Dolomites andererseits bewirkt den leichten Zerfall dieser Sandsteine zu lockerem Sand und damit ihre Bezeichnung als Stubensandstein. Als weißes, größeren Zusammenhalt bedingendes Bindemittel tritt stellenweise auch in ziemlicher Verbreitung Baryt auf, der sich durch seine Härte sowie durch die Festigkeit der Gesteine an den verkitteten Stellen von dem Kaolin unterscheiden läßt. Das Auftreten von Baryt wird schon von QUENSTEDT¹ und von FRAAS² erwähnt³. Schon makroskopisch fällt auf, daß diese drei Bindemittel in ganz ungleicher Weise an der Verfestigung der Gesteine und der Ausfüllung der Hohlräume zwischen dem klastischen Quarze teilnehmen. Ein lagenweiser Wechsel ist stellenweise deutlich zu beobachten. Er entspricht sowohl der normalen Schichtfuge wie einer stellenweise deutlich ausgeprägten Kreuzschichtung.

Die mikroskopische Untersuchung lehrt zunächst, daß nur noch wenige Mineralien neben Quarz, dabei auch nur in außerordentlich geringer Menge als klastische Körner das Gestein aufbauen.

Der Quarz ist nur zum geringsten Teile gut gerundet; er zeigt zumeist eckige, splittrige Formen. Hier und da weisen gerade Begrenzungslinien im Dünnschliffe auf noch erhaltene Kristallformen hin und auch in einzelnen Hohlräumen sind Kristallendigungen zu erkennen. Es ist aber wohl zu be-

¹ Beschreibung des Oberamts Tübingen. Stuttgart 1867. p. 30.

² Begleitworte zur geognostischen Karte von Württemberg. Atlasblatt Böblingen. Stuttgart 1896. p. 29.

³ In einem Steinbruche bei Ober-Ensingon erhielt ich ein größeres Stück gagatartiger Masse, das von einem Netzwerke von weißem, spätigem Baryt durchsetzt wird.

achten, daß diese Kristallformen primären Quarzen angehören. Irgendwelche sekundären Quarze, die etwa aus Lösungen abgesetzt worden sind oder als Bindemittel auftreten, sind nicht beobachtet worden. Ich weise darauf ganz besonders hin, daß ein kieseliges Bindemittel, sei es in der Form von Quarz, Chalcedon oder Opal, in keinem der untersuchten frischen oder zum Dombau verwandten Gesteine von mir beobachtet worden ist, während E. FRAAS ein kieseliges Bindemittel gerade für die Mühsandsteine angibt¹.

Die Quarze und das Bindemittel zeigen ein ganz verschiedenes Mengenverhältnis. Während die Quarze an der einen Stelle ohne irgendwelches Bindemittel aneinanderliegen, sind sie an anderen Stellen in einzelnen Körnern innerhalb des Bindemittels isoliert. Diese letzteren zeigen dann noch am schönsten eine rein klastische Form und eine deutlich klastische Struktur. Von besonderen Druckwirkungen ist an diesen Quarzen nichts zu erkennen. Die zusammenliegenden Quarze, ohne größere Menge von Bindemittel, zeigen dagegen sehr gute und deutliche Verzahnung oder auch eine prächtige Kataklasstruktur. Einzelne Quarze sind völlig zu einem Aggregate von Quarzkörnchen zerfallen. Diese gehäuften Quarzindividuen sind meistens durch eckige, splittrige Formen ausgezeichnet. Es ist dann auf Grund des mikroskopischen Bildes sehr schwer zu entscheiden, wie weit die einzelnen verzahnten Quarze etwa schon als gemeinsames kleines Gerölle bei der Sedimentation abgesetzt worden sind. Wenn, wie in einzelnen Fällen, eine gute Rundung die verzahnten Individuen abgrenzt, ist eine Bildung der verzahnten Struktur an einer anderen Lagerstätte wohl denkbar. Andererseits aber ist die Form der verzahnten Individuen oft so unregelmäßig zackig und splittrig, daß eine Bildung dieser Verzahnung erst in dem jetzigen Gesteinsverbande erfolgt sein kann. Die an einzelnen Quarzindividuen auftretende Kataklasstruktur ist ebenfalls wohl nur auf eine Einwirkung

¹ Begleitworte zur geognostischen Karte von Württemberg. Atlasblatt Böblingen. Stuttgart 1896. p. 29. Es erscheint immerhin möglich, daß FRAAS die harten Sandsteine, z. B. die sogenannte Eisenkappe, verkannt hat. Die Deutung des Bindemittels als kieselig ist nach dem ersten Aussehen wohl möglich.

mechanischer Umformungsprozesse auf diese Sandsteine selbst zurückzuführen.

Die ungleichmäßige Struktur dieser Sandsteine zusammen mit dem an Menge und Zusammensetzung außerordentlich wechselnden Bindemittel sind besonders wichtige Eigenschaften, die für die Verwendung dieser Gesteine in Frage kommen und, abgesehen von den speziell zu besprechenden Cölner Verhältnissen, die Benutzbarkeit wesentlich beeinflussen.

Neben Quarz wurde in Körnerform noch beobachtet: Feldspat sowohl als Plagioklas wie als Mikroklin, beide sowohl in gleichmäßig gerundeten Körnern wie in unregelmäßig zerlappten und zerrissenen Fetzen. Namentlich die Plagioklase sind stark angegriffen und z. T. zu einer trüben Masse von kaolinartiger Beschaffenheit zersetzt. Die Menge der Feldspäte ist aber so gering, daß man diese Gesteine noch nicht als Arkosen bezeichnen kann. Neben den Feldspäten wurde noch beobachtet Zirkon, Apatit, wenig Muscovit, einigemale auch etwas Magneteisen.

Das Bindemittel zeigt folgende Ausbildung: Kaolin tritt am reichlichsten auf, wenigstens wenn man nur den augenblicklichen Zustand der Gesteine betrachtet. Er zeigt in den Zwischenräumen zwischen den Quarzkörnern eine schuppige oder blätterige, oft auch rosettenförmige Anordnung. Rundliche, lappige und unregelmäßig gezackte Individuen sind in den wirr gelagerten Aggregaten recht häufig. Faserige Ausbildung der Individuen, wie sie von ROSENBUSCH angegeben wird¹, ist wohl vorhanden, aber immer auf die rosettenförmige Anordnung mehrerer Individuen zurückzuführen. Sie tritt namentlich bei starker Senkung des Beleuchtungsapparates hervor, wobei auch die in den kleinen Kriställchen nicht besonders vollkommene Spaltbarkeit in ziemlich gut durchgehenden Rissen hervortritt. Eine Verbiegung der einzelnen Lamellen wurde nicht beobachtet. Eine fächerförmige, stellenweise besser als hahnenkammartig zu bezeichnende Lage zahlreicher divergentstrahliger Blättchen um ein fremdes Korn herum oder auf der Oberfläche eines Quarzes oder auch um ein anderes Kaolinfetzchen herum könnte hier und da mit einer

¹ Mikroskopische Physiographie. 4. Aufl. 1. II. p. 267.

Verbiegung verwechselt werden, hat aber damit nichts zu tun. Die Auslöschung auf den Querschnitten ist im Maximum bis zu 15° gegen die Spalttrichtung und Hauptausdehnung der Blättchen geneigt. Die Lichtbrechung wurde nach der Einbettungsmethode (SCHROEDER VAN DER KOLK) bei mehreren Beobachtungen als zwischen 1,551 und 1,559 liegend bestimmt. Die Doppelbrechung ist gering, $\gamma - \alpha$ wurde durch Vergleichung mit Quarz in verschiedenen dicken Schliften zu höchstens 0,005—0,006 bestimmt.

Baryt als Bindemittel bietet ein besonderes Interesse, da er zu mikroskopischer Bestimmung noch wenig gekommen ist. Er tritt allerdings gegenüber dem Kaolin nur in recht geringer Verbreitung auf, auch noch weniger reichlich, wie der später zu besprechende Dolomit. Der Baryt zeigt sich in parallelfaserigen, auch blumigblättrigen Aggregaten, die durch ihre gegenüber Kaolin hohe Lichtbrechung leicht zu erkennen sind. Die Farbe ist gewöhnlich ganz schwach graubräunlich. Die blumigen Aggregate sind so geordnet, daß eine in der Ebene der Spaltfläche liegende Richtung den einzelnen Blättern gemeinsam ist. In den feinen Aggregaten zeigen sich häufiger Durchkreuzungen mehrerer Individuen unter Winkeln, die bis nahe zu einem Rechten gehen. Die Höhe der Interferenzfarben ist bei beiden Individuen der annähernd rechtwinkligen Durchkreuzungen ungefähr gleich, so daß es wohl möglich ist, daß hier Zwillingsbildungen nach einer Domenfläche, vielleicht nach (011), vorliegen, was den am Baryt auch makroskopisch beobachteten Zwillingsbildungen entsprechen könnte. Diese Durchkreuzungen sind nur in den feinsten Aggregaten zu beobachten, während die größeren Kristalle, die zuweilen in einzelnen Hohlräumen reichlicher auftreten, nichts von derartigen Durchkreuzungen wahrnehmen lassen, sondern vielmehr nur parallele Anordnung oder büschelige Verwachsung erkennen lassen. Die Querschnitte zeigen auch — namentlich gegenüber dem Kaolin — gerade Auslöschung; Richtung der größeren Elastizität senkrecht zur Spaltfläche. Die Doppelbrechung ist lebhafter wie beim Kaolin, $\gamma - \alpha$ etwa 0,015.

Dolomit (bezw. Braunspat) tritt in sehr feinkörniger, Aggregatpolarisation zeigender Ausfüllung sowie in größeren

Kristallen auf, die Hohlräume völlig schließend. Die größeren Kristalle lassen gute Spaltbarkeit erkennen, ebenso hohe Lichtbrechung. Die Kristalle sind im Schlicke recht häufig nach der Spaltfläche zersprungen. Die größeren Kristalle, die noch gleichmäßig die Hohlräume ausfüllen, zeigen eine ganz schwache bräunliche Färbung. Je mehr diese Dolomitenkristalle Auslaugungserscheinungen erkennen lassen, um so mehr sind sie zunächst getrübt und bei weiterer Umwandlung braun gefärbt durch feinverteiltes oder auch dicht zusammengepacktes Eisenhydroxyd-Pigment, das auf den gleichmäßigen Spaltflächen, auf unregelmäßigen Rissen, auch zwischen den einzelnen Individuen verteilt erscheint. Es ist dies eine Folge der Beimischung von Eisenoxydulcarbonat, dessen Eisengehalt bei der Zerstörung der Carbonate die Klüfte und Poren färbt. Immer intensiver wird die Verteilung dieses Pigmentes, je feinerkörnig diese Porenausfüllung wird und je mehr die Auslaugung der hier vorliegenden Carbonate fortschreitet. Eisenhydroxyd kleidet die Wände der Hohlräume mit einer gleichmäßigen Haut oder auch wolkig angereichert aus, wenn das Carbonatbindemittel völlig entfernt ist und unregelmäßige Hohlräume an deren Stelle getreten sind. Das Pigment dringt dann auch in die anderen Bindemittel ein, färbt die Kaolinaggregate oder Barytschuppen, auch die zersetzten Feldspäte und die Zwischenräume der Quarzkörner. Es ist wohl zu beachten, daß das Carbonatbindemittel keine Druckerscheinungen erkennen läßt, auch wenn in der Nachbarschaft auftretende Quarze deutliche mechanische Umformungen aufweisen. Kein mikroskopisches Anzeichen deutet auf das Auftreten von reinem Calciumcarbonat hin, das etwa noch neben Dolomit (bezw. Braunspat) als Bindemittel auftreten könnte. Kalkspat kann auch nach der chemischen Untersuchung nur in geringer Menge vorhanden sein. Es gelang aber nicht, ihn mikroskopisch neben Dolomit zu erkennen oder von ihm zu unterscheiden, selbst nicht in den Schlicken, deren Gestein auch bei der Behandlung mit kalter Salzsäure ein schwaches Aufbrausen erkennen lassen. Die für Kalkspat so charakteristische polysynthetische Zwillingsbildung wurde nirgendwo in den zahlreichen untersuchten Schlicken beobachtet. Die Resultate der chemischen Untersuchung (p. 52) weisen zur Genüge darauf

hin, daß neben Dolomit bezw. Braunspat noch Calcit auftritt oder daß der Braunspat sehr reich an Calciumcarbonat ist.

Es ist noch darauf hinzuweisen, daß die drei Bindemittel in denselben Hohlräumen nebeneinander auftreten könnten. Kaolin wiegt zumeist vor. Schwerspat tritt stark zurück, fehlt auch in manchen Vorkommen vollständig. Dolomit (bezw. Braunspat) hat zweifellos fast die ganzen Zwischenräume zwischen den klastischen Mineralkörnern ausgefüllt, soweit sie nicht von Kaolin und Schwerspat eingenommen waren. Durch die natürliche Auslaugung wird das Bild verändert, namentlich in der Richtung auf Fortführung der Carbonate.

Die mikroskopischen und makroskopischen Untersuchungen ergaben, daß kein Erz neben Magneteisen auftritt. Dieses wurde zumeist auch nur in wenigen Schliffen und dann auch nur in geringer Menge beobachtet. Vor allen Dingen ist trotz eifrigens Suchens nichts von Eisensulfid, sei es in der Form von Eisenkies oder als Markasit, gefunden worden. QUENSTEDT und FRAAS¹ weisen allerdings auf das Auftreten von Bleiglanz und Malachit hin, die hier und da beobachtet worden seien. Es kann sich aber nur um ganz geringe Mengen dieser Substanzen gehandelt haben, von denen ich nichts bemerkt habe. Sulfidische Erze, auf deren, wenn auch nur geringes Auftreten besonders gefahndet wurde, ließen sich bei meinen Untersuchungen nicht nachweisen.

Die chemischen Untersuchungen sind unter Mitwirkung des Herrn cand. chem. F. DANNEMANN ausgeführt worden. Sie stehen mit den besprochenen petrographischen Beobachtungen wohl im Einklange. Die Menge und Art des Bindemittels an Carbonaten konnte durch eine Auflösung in heißer Salzsäure leicht festgestellt werden. Schon einfache Versuche lehrten, daß bei der Umwandlung am Cölner Dom sich lösliche Salze bilden; auch die Menge und Art dieser konnte leicht durch Auflösung in heißem Wasser nachgewiesen werden. Deshalb wurden alle Analysen, auch die der frischen Gesteine in der Weise ausgeführt, daß zunächst das Gesteinspulver mit kochendem Wasser, dann mit heißer Salzsäure ausgezogen wurde. Die Analysen werden im fol-

¹ Vergl. die Anmerkungen 1 und 2 auf p. 46.

genden auch dementsprechend angeführt. Die Wasser- und Kohlensäurebestimmungen werden in der Weise angeführt, daß sie dem in Wasser bzw. dem in Säure löslichen Anteile zugefügt werden, wodurch ihre natürliche Bindung näher erläutert wird.

Als Typus des frischen Gesteines wurde das Gestein der Eisenkappe (vergl. p. 45, 47) näher untersucht. Es stammt aus dem Pfarrsteinbruch bei Neuhausen (Oberamt Nürtingen). Die Analyse ergab:

I. In kochendem Wasser löslich:	
Ca O	0,1
Mg O	0,1
H ₂ O	0,2
SO ₃	nicht nachweisbar.
II. In heißer Salzsäure löslich:	
Ca O	3,8
Mg O	1,7
Fe ₂ O ₃	1,1 entsprechend 1,0 Fe O
CO ₂	7,2
III. Weder in Wasser noch in Säure löslich:	
Si O ₂	77,2
Al ₂ O ₃	8,4
K ₂ O	Spuren ließen sich noch
	deutlich nachweisen.
	<hr style="width: 20%; margin: 0 auto;"/> 99,8

Die Untersuchung dieses Gesteines ergibt, daß das Bindemittel, bestehend aus Carbonaten, ziemlich reichlich ist. Es besteht aus einem Braunschat-ähnlichen Minerale, was auch mit der mikroskopischen Untersuchung übereinstimmt. Die geringe Menge der in Wasser löslichen Bestandteile weist entweder auf eine Auflösung einer geringen Menge von Carbonaten in dem kochenden Wasser, oder wahrscheinlicher auf schon gebildete Bicarbonate hin. Es ist wohl zu beachten, daß trotz genauer Prüfung keine Schwefelsäure nachweisbar war. Das Gestein der „Eisenkappe“ ist nach allen Beobachtungen das frische, unveränderte Gestein des Stubensandsteinniveaus, aus dem die lockeren und porösen Gesteine durch Verwitterungsprozesse entstanden sind.

Wegen der Wichtigkeit, den die Schwefelsäure für den Umwandlungsvorgang besitzt, wurden noch mehrere andere Gesteine auf ihren Schwefelgehalt besonders geprüft. Ein

grobkörniger Sandstein aus dem Lindenbruch zwischen Schlaitdorf und Neuhausen, ein grob- und feinerkörniger Sandstein aus dem Höllenbruch, endlich ein mittelkörniger Sandstein aus dem Steinbruch bei Ober-Ensingen zeigten keine Spur von Schwefel. Dagegen ließ sich in einem feinkörnigen Sandsteine aus dem Schalbruche bei Neuhausen, in einem sehr grobkörnigen Sandsteine aus dem Höllenbruch, der schon makroskopisch viel Schwerspat als Bindemittel erkennen läßt, und endlich in einem sehr feinkörnigen Sandsteine aus dem Steinbruche von Ober-Ensingen mit Soda auf der Kohle eine ganz geringe Hepar-Reaktion erzielen. Diese winzigen Spuren von Schwefel sind eben auf den Schwerspatgehalt des Bindemittels dieser Gesteine zurückzuführen. Trotz eifrigen Suchens ließ sich in allen, in dem genannten Gebiete gesammelten Gesteinen kein leicht lösliches Sulfat, anderseits auch kein Material nachweisen, welches für eine Neubildung von Schwefelsäure etwa in Frage käme.

Die in Cöln verwandten Stubensandsteine lassen sich nach dem Vorstehenden folgendermaßen charakterisieren: Es sind Sandsteine (fast nur aus Quarzkörnern bestehend) von außerordentlich wechselndem Korn, wechselnder Struktur, wie einem nach Menge wie Beschaffenheit wechselnden Bindemittel. Das Bindemittel ist in erster Linie Braunspat und Kaolin, in geringerem Maße auch Baryt. Das primär reichlich auftretende Carbonatbindemittel ist in einem Teile der Sandsteine bereits ausgelaugt. Diese Sandsteine erweisen sich in der Natur als verhältnismäßig stark widerstandsfähig, indem die Agentien der normalen Verwitterung unserer Gebiete nur allmählich das Bindemittel fortführen, aber sonst den Verband nicht zu lockern vermögen.

3. Das nach der Verwendung als Baustein am Cölner Dom umgewandelte Gestein.

Schon die Beobachtungen an dem frischen Gestein lassen erkennen, nach welcher Richtung die Umwandlung an den Bausteinen weitergehen werde. Wirken nur die Agentien der normalen Verwitterung, so wird eine allmähliche Auflösung des Bindemittels unter Bildung von Bicarbonaten und ein fortschreitender Zerfall der Gesteine eintreten. Aber immer-

hin zeigen auch noch große Teile der äußerlich frischen und der Kern der zersetzten Bausteine noch vorhandenes dolomitisches Bindemittel. Eine fleckenförmige Verteilung von Eisenhydroxyd ist wohl vorhanden, aber gewöhnlich sehr viel weniger reichlich, wie bei den Gesteinen in der Natur, weshalb die Querfläche der angeschlagenen Bausteine sehr viel heller erscheint wie bei den natürlichen Gesteinen. Der gleiche Vorgang der normalen Verwitterung ist also auch im Bausteine fortgeschritten.

Die Dünnschliffe zeigen wohl eine Lockerung des Gefüges, aber sonst dasselbe Bild wie die frischen Gesteine, das Auftreten der Quarze in denselben wechselnden Strukturverhältnissen, das Auftreten von Kaolin, Dolomit und Baryt als Bindemittel. Nach außen hin zeigen auch die Dünnschliffe eine größere Auflösung des Dolomits. Dieser war aber auch noch nicht ganz verschwunden in den Gesteinen, deren Abschuppung (p. 44, Taf. II) bereits einen hohen Grad erreicht hatte.

Die gesamten Umwandlungserscheinungen waren in wesentlichster Weise durch die Fortführung und Umwandlung des dolomitischen Bindemittels bedingt. Das zeigte vor allem die chemische Untersuchung.

Zur Deutung des Umwandlungsvorgangs am Cölner Dome wurde der Kern einer äußerlich umgewandelten Säule, die weiße Zwischenschicht, sowie die äußere Schale in der oben (p. 51—52) angedeuteten Weise näher untersucht:

Der Kern einer Säule zeigte zunächst folgende Zusammensetzung:

1. In kochendem Wasser löslich:

Ca O	0,2
Mg O	0,2
SO ₃	0,2
H ₂ O	0,6

2. In heißer Salzsäure löslich:

Ca O	0,5
Mg O	0,5
Fe ₂ O ₃	0,2
CO ₂	2,4

3. Weder in Wasser noch in Säure löslich:

Si O ₂	87,4	} zusammen 96,2
Al ₂ O ₃ und Spuren Fe ₂ O ₃	8,8	

101,0

Weitere Untersuchungen ergaben:

	I. Kern einer Säule	II. Weiße Zwischen- schicht	III. Äußere Schale
1. In kochendem Wasser waren, bezogen auf bei 105° getrocknete Substanz, löslich:	2,5	11,8	4,4
Hierin waren enthalten:			
SO ₃	0,6	4,5	1,8
CaO	0,6	0,2	0,55
MgO	0,3	1,6	0,5
2. In Wasser waren unlöslich:	97,5	88,2	95,6
Hierin waren enthalten, bezogen auf die Gesamtsumme des Gesteines:			
CO ₂	3,2	2,3	2,2
3. In heißer Salzsäure waren löslich:			
CaO	1,4	1,9	0,6
MgO	1,6	0,4	0,65

In dem Kerne der Säule waren Spuren von K₂O in dem in Säure unlöslichen Teile gerade noch nachweisbar, in den äußeren Teilen nicht, was wohl auf eine weitere Umwandlung der Feldspäte hinweist.

Aus den vorstehenden Ziffern berechnet sich der Carbonatgehalt für die einzelnen Zonen zu:

CO ₃ Ca	2,5	3,4	1,1
CO ₃ Mg	3,6	0,8	1,4

so daß also noch ein Teil der Kohlensäure als nicht an Calcium oder Magnesium des in Säure löslichen Teiles gebunden vorliegt; und zwar:

0,1	0,4	1,0
-----	-----	-----

Diese Kohlensäuremenge kann in zweifacher Weise erklärt werden. Ein Teil ist sicher an Eisen gebunden und bewirkt auch in diesen Gesteinen ein eisencarbonathaltiges Bindemittel (Braunspat). Ein anderer Teil aber liegt sicherlich als Bicarbonat vor, wofür namentlich die Anreicherung von außen her spricht. Die Menge der in dem löslichen Teil nachgewiesenen Schwefelsäure würde als Kalk- bzw. Magnesiumsulfat zu berechnen sein. Versucht man dies, so ist in der Zwischenschicht die Menge Schwefelsäure gerade ausreichend zur Bindung von CaO und MgO als Sulfat. In der äußeren Schale und in dem Kerne der Säule würde die Menge

der Schwefelsäure noch als zu niedrig erscheinen. Dies erklärt sich einfach daraus, daß eben in dem in Wasser löslichen Anteile auch schon Carbonate des Kalkes und vielleicht auch der Magnesia vorliegen, und zwar Bicarbonate, die dem natürlichen Verwitterungsprozesse entsprechen. Die Unstimmigkeiten in der Menge der Schwefelsäure und der Kohlensäure finden dadurch eine einfache und ausreichende Erklärung. Es ist zunächst auffallend, aber für die Deutung der hier besprochenen Umwandlungen sehr wichtig, daß die weiße Zwischenschicht wohl einen sehr großen Sulfatgehalt, aber keinen oder nur höchstens einen unwesentlichen Bicarbonatgehalt aufweist. Die wenn auch nicht quantitativ nachweisbare größere K_2O -Menge in dem frischen Gesteine (Eisenkappe) deutet zweifellos auf ein Fortschreiten des Kaolinisierungsprozesses in dem Bausteine.

Die Gesamtanalyse der Zwischenschicht ergab folgende Ziffern, zusammengestellt aus verschiedenen Bestimmungen und berechnet auf wasserfreie Substanz:

SiO_2	80,4
$Fe_2O_3 + Al_2O_3$. .	8,8
CaO	2,1
MgO	2,0
SO_3	4,5
K_2O	Spuren
CO_2	2,3
	100,1

Bei einem anderen, äußerlich völlig frischen Werkstücke ohne irgendwelche äußere Abschuppung wurde noch im Innern, etwa 25 cm unter der Oberfläche eine Menge von 0,45 % in Wasser löslichen Sulfaten nachgewiesen.

Die gesamten Analysenziffern zeigen uns, daß eine Abnahme des Karbonatgehaltes von innen nach außen vorliegt. Die Neubildungen bestehen einmal aus Bicarbonaten und dann aus Sulfaten. Die weiße Zwischenschicht besitzt einen besonders hohen Sulfatgehalt. Die Menge desselben wechselt von Probe zu Probe schon allein aus dem Grunde, weil man beim Abkratzen der weißen Masse eine wechselnde Menge von gelockerten Quarzkörnern mitnimmt, weil auch andererseits die Dicke der neugebildeten Zwischenschicht von Ort zu Ort

sich ändert und damit die Reinheit der entnommenen Probe auch großen Schwankungen unterworfen ist. Die vorliegende Umwandlung besteht nach allen Beobachtungen aus der Bildung von wasserhaltigen Kalk- und Magnesiasulfaten, also kurz von Bittersalz und Gips. Diese Bildung erfolgt auf Kosten der vorhandenen Carbonate. Selbst in den frisch erscheinenden Gesteinsstücken, die von Werkstücken entnommen waren, die äußerlich noch keine Spur der Umwandlung erkennen ließen, konnte doch der Angriff der Carbonate nachgewiesen werden, wenn auch die Menge der gebildeten Sulfate im Innern noch eine sehr geringe ist (0,45 gegenüber 2,5 in der Probe der äußerlich stark angegriffenen Säule).

4. Erklärung des Umwandlungsvorgangs.

Die Bildung von Sulfaten auf Kosten der primären Carbonate, speziell auf Kosten des Dolomits (bezw. Braunspats), verlangt zunächst eine besondere Erklärung der Herkunft des Schwefelsäuregehaltes. Ich habe besonderes Gewicht darauf gelegt, festzustellen, daß in dem frischen Gesteine, wie es aus den Steinbrüchen an Ort und Stelle entnommen wurde, sich keine Schwefelsäure in einer Form nachweisen ließ, welche zu derartig intensiven Verwitterungserscheinungen Veranlassung geben konnte. Der Schwefelsäuregehalt, der als Baryt in einem kleinen Teile der Gesteine vorhanden ist, kann nicht zur Erklärung der Umwandlung herangezogen werden. Denn es fehlt vollständig an Agentien, die den Schwefelsäuregehalt des Baryts in unserem Falle verfügbar machen könnte. Auch ist die Menge des Baryts so wechselnd, in vielen Gesteinen so gering, daß viele Handstücke, viele Dünnschliffe und eine Reihe von chemischen Analysen nichts, dagegen nur wenige Untersuchungen geringe Spuren davon nachweisen ließen. Der Ursprung der Schwefelsäure ist infolgedessen unbedingt außerhalb des Schlaitdorfer Gesteines zu suchen.

Die Schwefelsäure unserer Neubildungen besitzt also eine andere Herkunft. Der Cölner Dom steht inmitten einer Großstadtatmosphäre, die außerordentlich reich ist an schwefliger Säure. Der ganze Umwandlungsvorgang ist auf die Einwirkung von Rauchgasen zurückzuführen,

an denen beim Cölner Dom bei der Nachbarschaft vielbenutzter Bahnlinien, zahlreicher Hotels und Privathäuser mit Zentralheizungsanlagen, inmitten eines weitausgedehnten Häusermeeres, an die sich zahlreiche industrielle Anlagen anschließen, kein Mangel ist.

Die leichte Oxydierbarkeit der schwefligen Säure bedingt, daß schon die auf die Fassade niederfallenden Regen mit einer gewissen Menge von Schwefelsäure beladen sind. Diese Lösungen dringen teilweise in die Gesteine ein, z. T. werden sie aber auch oberflächlich abgeführt. Von den eingedrungenen Massen verdunstet ein Teil des Wassers. Neuer Regen bringt von neuem verdünnte Schwefelsäure, die auf diesem Wege mehr und mehr in dem Gesteine angereichert werden kann. Schon im stark verdünnten Zustande wird sie auf das Carbonatbindemittel einwirken. Sie wirkt auf dieses langsam, aber fortgesetzt ein, immer von neuem zerlegend. Der Prozeß wird unter dem Einfluß der immer wiederkehrenden Niederschläge so lange fortdauern, wie überhaupt noch ein dolomitisches Bindemittel in dem Gesteine vorhanden ist. Es ist noch besonders zu beachten, daß mit dem fortschreitenden Angriffe der Lösungen auf das Gestein dieses immer poröser wird. Es kann infolgedessen immer größere Wassermassen und damit zusammen immer größere Gasmengen aus der Atmosphäre aufnehmen. Wenn der Vorgang einmal eingesetzt hat, so wird er, da die Zufuhr von Wasser und Gas kaum abgeschnitten werden kann, sich immer mehr verstärken.

Das gebildete Calciumsulfat, wie das Magnesiumsulfat werden gelöst und so lange in wässriger Lösung bleiben, solange die Gesteine feucht genug sind. Das Austrocknen der Gesteine nach dem Aufhören des Niederschlags bewirkt, daß die Salze eine Bewegung innerhalb der Gesteine ausführen. Wenn auch nur eine geringe Menge von Feuchtigkeit in dem Gesteine zurückbleibt, wird immerhin das Salz in Lösung bleiben. Ist durch fortgesetzte Säurezufuhr die Konzentration der Lösung gestiegen, so wird zunächst das Calciumsulfat sich ausscheiden, erst später das Magnesiumsulfat. Das letztere wird schon von geringen Wassermassen von neuem gelöst und immerfort in dem Gesteine hin und her bewegt. Die Gesteine nehmen eine ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften ent-

sprechende Wassermenge auf. Trocknen sie nun, so wird eine Ausscheidung der gelösten Salze in einer bestimmten und gleichmäßigen Tiefe unter der Oberfläche erfolgen. Durch den Kristallisationsvorgang innerhalb des festen Bausteines wird dann eine Schale gelockert und durch ein häufiges Auskristallisieren an derselben Stelle zuletzt losgesprengt. Die Beobachtung zahlreicher heller Stellen an der Fassade des Domes (im Bereiche des verwandten Stubensandsteines) nach heftigem Regen infolge Abspringens einiger Schalen erklärt sich daraus ohne Schwierigkeiten. Wenn bei dem Abtrocknen die Auskristallisation nicht immer an derselben Stelle erfolgt, so werden abspringende Wirkungen in verschiedenen Tiefen hervorgerufen werden, woraus dann die häufig beobachteten, aufeinanderfolgenden Lagen weißlicher Ausblühungen in den Außenteilen der umgewandelten Gesteine folgern. Die Austrocknung erfolgt weiter in den verschiedenen Jahreszeiten bei recht wechselnden Temperaturen. Die Ausscheidung der Salze erfolgt bei ihrer mit der Temperatur wechselnden Löslichkeit¹ ebenfalls in recht verschiedener Tiefe. Vielleicht ist sogar dieser letztere Umstand der wichtigere und allein maßgebend dafür, daß die verschiedenen Schalen, die auf p. 44, 63, 64 beschrieben wurden, zu beobachten sind.

Es ist selbstverständlich, daß zu diesen Sprengwirkungen durch Auskristallisation noch die Frostwirkung hinzukommt und den ersteren Vorgang stark vergrößern kann.

Wenn der Vorgang einmal eingesetzt hat, so wird jeder Regenguß, jede noch so geringe Feuchtigkeit, die schon bei Nebel, Reif und Tau in die Gesteine eindringt, die Auflösung von neuem bewirken. Die dabei stattfindende Säurezufuhr wird immer von neuem weitere Umwandlungen hervorrufen. Gerade bei Nebel wird die Wirkung eine verhältnismäßig besonders große sein. Der Prozeß ist kaum durch andere Mittel einzuhalten, als dadurch, daß die Gesteine völlig gegen die

¹ Nach LANDOLT-BÖRNSTEIN (Tabellen, 1. Aufl. p. 161) sind zur Lösung von einem Gewichtsteile $\text{SO}_4\text{Mg} + 7\text{H}_2\text{O}$ bei 10° 1,036 Teile Wasser nötig, bei 20° sind dagegen nur 0,835 Teile Wasser notwendig. Ein Teil $\text{SO}_4\text{Ca} + 2\text{H}_2\text{O}$ ist bei 0° in 415 Teilen Wasser, bei 18° dagegen schon in 386 Teilen Wasser löslich. Vergl. auch die Kurven bei BRAUNS, Chemische Mineralogie p. 87.

Wasserzufuhr abgeschnitten werden. Es mag auf den ersten Blick merkwürdig erscheinen, daß die Wirkung nicht auf der ganzen Fassade und in allen einzelnen Teilen, in denen das Schlaitdorfer Gestein verwandt ist, gleichmäßig zu beobachten ist. Sie zeigt sich zunächst am reichlichsten an den Stellen, wo die Feuchtigkeit sich am längsten halten kann, wo sie nicht einer raschen Austrocknung ausgesetzt ist. Sie tritt anderseits auch hier nicht überall gleichmäßig ein. Die petrographische Untersuchung hatte uns auch schon gelehrt, daß die Gesteine nicht alle gleichmäßig aufgebaut sind, daß vielmehr auch die Menge des Bindemittels außerordentlichem Wechsel unterworfen ist. Danach schon allein muß der Umwandlungsvorgang verschieden einsetzen. Die beschriebene wechselnde Struktur wirkt aber auch ihrerseits. Die gut verzahnten Gesteine und einzelne Partien der Gesteinsstücke werden am leichtesten der Einwirkung der Absprengung widerstehen können. Die rein klastischen Gesteinsteile werden dagegen außerordentlich rasch umgewandelt werden. Diese vielfach wechselnden Verhältnisse bedingen dann auch einen vielfach wechselnden Angriff, eine vielfach wechselnde Erhaltbarkeit der Gesteine selbst und erklären damit, daß der Vorgang oft nur fleckenweise zu verfolgen ist.

Schon früher (p. 55) wurde darauf hingewiesen, daß auch die Bildung von Bicarbonaten beobachtet werden konnte. Diese Erscheinung ist auf einen anderen Verwitterungsvorgang zurückzuführen, den diese Gesteine erleiden, der von dem vorher besprochenen abweicht. Es ist der normale Verwitterungsvorgang, dem diese Gesteine auch außerhalb der Großstadtluft allmählich, wenn auch nur sehr langsam (s. unten die Beobachtungen am Neuschwansteiner Schlosse) erliegen müssen. Wie gering der Fortgang dieser normalen Verwitterung an den zum Bau verwandten Gesteinen ist, ergibt sich aus den geringen Ziffern, welche nach den Analysen für Bicarbonate verfügbar bleiben.

5. Ähnliche Umwandlungserscheinungen an anderen Orten.

Die gegebene Erklärung der Umwandlungen am Cölner Dom ließ vermuten, daß auch anderwärts diese Erscheinung des Abschuppens und der fortschreitenden Zerstörung zu be-

obachten ist, wo der Stubensandstein als Baustein verwandt und längere Zeit Rauchgasen ausgesetzt war. Ich konnte bei verschiedenen Gelegenheiten diese Vermutung bestätigen. So zeigt das Münster sowie andere Gebäude zu Ulm an der Donau derartige Abschuppungserscheinungen. In einem Turme des Querschiffes war ebenfalls eine weiße Zwischenschicht zu beobachten, die nach der Untersuchung aus Calcium- und Magnesiumsulfat im wesentlichen besteht. Die Umwandlung ist aber am Ulmer Münster bei weitem nicht mit der intensiven Veränderung am Cölner Dom zu vergleichen. Es erklärt sich dies aus der günstigen Lage des Ulmer Münsters gegenüber Rauchgasen. Während es in Cöln leicht möglich ist, größere Mengen der Zwischenschicht zu gewinnen, gelingt dies in Ulm nicht.

In Stuttgart wurde dieselbe Erscheinung an der Marienkirche beobachtet; die gesammelte Zwischenschicht besteht wesentlich aus Magnesiumsulfat.

Das Rathaus zu München, an dem das Schlaitdorfer Material zum Sockel, zu Fenstergesimsen u. dergl. an dem älteren Teile benutzt worden ist, zeigt dieselbe Umwandlung, Bildung einer weißen Zwischenschicht und Abschuppung einer äußeren Schale. Die Untersuchung der weißen Zwischenschicht ergab wiederum, daß sie wesentlich aus Kalk und Magnesiumsulfaten besteht.

Alle diese Beispiele, die sicher durch weitere Verfolgung noch zu vermehren sind, sind aus Großstädten genommen, in denen eine intensive Rauchgaseinwirkung ohne weitere Erklärung leicht verständlich ist. Sie wird sich auch noch an zahlreichen anderen Orten finden lassen. Es dürfte danach geboten sein, bei der Verwendung dieses und ähnlicher Sandsteine besondere Vorsicht walten zu lassen, also im allgemeinen in Großstädten Sandsteine mit dolomitischen Bindemittel von der Verwendung auszuschließen.

Gegenüber diesen Veränderungen des Schlaitdorfer Gesteines in den Großstädten war zu vermuten, daß sie bei anderen, günstigeren Atmosphärenverhältnissen unterbleibt. Dies ist auch der Fall. Das günstigste Beobachtungsobjekt hierfür liegt in dem Schlosse zu Neuschwanstein bei Füssen in Oberbayern vor. Das Schlaitdorfer Gestein ist hier zu

Türmen, Erkern, Portalen, Figuren verwandt worden, aber trotzdem gleichmäßig gut erhalten, obgleich es an den den Witterungseinflüssen am meisten ausgesetzten Stellen gerade am reichlichsten Verwendung gefunden hat. Selbst die Schornsteinkränze sind gut erhalten. Von irgendwelchen Umwandlungserscheinungen, ähnlich denen am Cölner Dom, war bei einem Besuche dieses Schlosses zu Beginn dieses Jahres trotz eifrigen Suchens nichts zu beobachten. Die reine Gebirgsluft hat eben eine andere Zusammensetzung wie die der Großstadt und entbehrt völlig der schwefligen Säure.

Nicht unerwähnt lassen darf ich, daß sogar auch in Neuhausen a. Aich bei Nürtingen (also in einem kleinen Dorfe) an einer Säule im Vorgarten zur Kirche die Abschuppung und weiße Zwischenschicht (mehr Kalk wie Magnesiumsulfate) zu beobachten ist.

Eine Einwirkung auf Bausteine durch Auskristallisieren von Salzen ist kürzlich auch von GARY¹ von einem Grabdenkmal des Grafen Enno II. von Ostfriesland in der Kirche von Emden beschrieben worden. Es handelt sich hier aber um Auskristallisieren von Chlornatrium und Gips in einem sandigen Kalksteine.

6. Geologische Bedeutung der Umwandlung.

Wenn man nun den ganzen Vorgang geologisch näher zu bezeichnen und mit anderen zu vergleichen sucht, so ist zunächst zu beachten, daß der Cölner Dom in einem Gebiete derartiger klimatischer Verhältnisse steht, in dem bei den normalen Verwitterungsvorgängen die gebildeten löslichen Verwitterungsprodukte dem Untergrunde und dem Grundwasser zugeführt werden. Die Umwandlung am Cölner Dom zeigt demgegenüber ein Zurückbleiben der löslichen Verwitterungsprodukte, sowohl bei dem normalen Vorgange der CO_2 -, wie dem anormalen Vorgange der SO_3 -Einwirkung. Er zeigt sozusagen eine Oase ariden Klimas innerhalb eines Gebietes humiden Klimas (wenn ich diese Ausdrücke im Sinne von HILGARD und RAMANN anwende). Es wäre eine sehr interessante Aufgabe, zu prüfen, ob nicht derartige Ausnahmen von dem

¹ M. GARY, Verwitterung eines Grabdenkmals im Kircheninnern. Mitt. a. d. k. techn. Versuchsanstalten zu Berlin. 20. Jahrg. 1902. p. 229—241.

allgemeinen Verwitterungsvorgänge auch in unseren Gebieten an natürlichen Gesteinen auftreten, und damit zu der Bildung unserer mannigfachen und größtenteils noch so wenig erklärten Verwitterungsprodukte beitragen.

Zum Vergleiche könnte auch noch die Verwitterung in der Wüste herangezogen werden, wo ebenfalls die Einwirkung der in der Rinde zurückbleibenden Salze zu Abschuppungen führt, die den durch die physikalische Verwitterung in der Wüste gebildeten Ablösungen sehr ähnlich sind. So beschreibt SCHWEINFURTH das Abblättern und Abbröckeln weicher Gesteine in der Wüste durch die Wirkung der Morgensonne, die aus den Gesteinen das zur Lösung der Verwitterungssalze eingetretene Wasser austreibt¹.

Tafel-Erklärung.

Tafel II.

Die beiden Figuren 1 und 2 stellen zwei Seiten ein und derselben Fiale dar, die vom Südportal des Cölner Domes stammt. Die Abbildungen sind im mineralogischen Institute der Universität Gießen angefertigt worden.

Fig. 1. ($\frac{1}{4}$ der natürlichen Größe.) Der Beginn der Abschuppung ist an der einen noch ziemlich frischen Seite der Säule zu sehen. An den Stellen h bis f ist die äußere Schale in der in vorstehender Arbeit näher beschriebenen Weise abgesprungen. Die weiße Zwischenschicht kommt auf der Abbildung gut zum Ausdruck, namentlich da das ganze Äußere des sonst ziemlich hellen Gesteins durch eine Rußkruste völlig geschwärzt ist. Die Schale ist von f aus weiter nach oben hin noch nicht entfernt. Man sieht aber die Lockerung und ein Aufplatzen bei a, b, c und e. Der ganze linke Teil des kleinen Giebels ist damit als durch die Einwirkung der schwefligen Säure angegriffen erkennbar. Auf der rechten Seite hat bei h ebenfalls schon eine Abschuppung begonnen. Die Stelle ist aber durch die Rußeinwirkung wieder völlig geschwärzt, sodaß das frische Gestein nicht wie auf der andern Seite hervorsieht. Der Umwandlungsprozeß ist auf der rechten Seite scheinbar zum Stillstande gekommen. Die rechte Seite des Giebels ist sonst gut erhalten, auch der Spitzbogen und der kleine Kleeblattbogen.

¹ Bei WALTHER, Einleitung in die Geologie. p. 558.

Fig. 2. ($\frac{1}{4}$ der natürlichen Größe.) Die andere abgebildete Seite der Fiale zeigt eine sehr viel weiter fortgeschrittene Umwandlung. Die Umrise des Rundstabes an dem kleinen Giebel, sowie die des Spitzbogens und die des kleinen Kleeblattbogens sind verwischt, bzw. vernichtet. Bei c steht nur noch eine ganz kleine Erhöhung zwischen dem unteren und dem oberen Felde, während weiter links noch der scharfe Grat des Kleeblattbogens erhalten ist. Zwischen c und f ist die Beschädigung bis auf mehrere Zentimeter Tiefe vorgedrungen. Der Vergleich der beiden Figuren 1 und 2 zeigt die starke äußere Veränderung, die namentlich 2 erlitten hat.

Es mag noch besonders betont werden, daß die Beschädigungen am Dome noch sehr viel stärker sind; es fanden sich nur keine weiteren guten Stücke, die zu einer Abbildung geeignet waren und gleichzeitig auch an der Skulptur die Art der Einwirkung erkennen ließen.



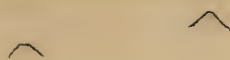


Lichtdruck der Hofkünstler von H. v. Schwaner & Co. Stuttgart





Lichtdruck der Hofkunstanstalt von Martin Kommel & Co., Stuttgart.





Lichtdruck der Hofkunstanstalt von Martin Kommel & Co., Stuttgart.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie](#)

Jahr/Year: 1907

Band/Volume: [1907_2](#)

Autor(en)/Author(s): Kaiser Erich

Artikel/Article: [Ueber Verwitterungserscheinungen an Bausteinen. I. 42-64](#)