

10. Alaun und Gips als Mineralneubildungen und als Ursachen der chemischen Verwitterung in den Quadersandsteinen des sächsischen Kreidegebiets.

Hierzu Tafel XVIII und 4 Textbilder.

Von Herrn OTTO BEYER in Dresden.

Jedem aufmerksamen Beobachter unseres Elbsandsteingebirges ist bekannt, daß neben der Altersfarbe an den Felsen und Wänden recht häufig ganz frische Abwitterungsflächen auftreten, ähnlich den frischen Bruchflächen in den Steinbrüchen oder solchen mit den Merkmalen einer künstlichen Bearbeitung. Es sind solche Stellen sprechende Zeugen für den Fortgang der Verwitterung auch in der Gegenwart. An einem der südlichen Gipfelfelsen des Honigsteinplateaus bei Rathen regte mich vor einigen Jahren diese Erscheinung zu der Frage an, wie rasch diese Abwitterung zeitlich wohl fortschreiten möge. Ich entfernte den ausgewitterten Sand sorgfältig von der schwach grubig zerfressenen Fläche und fand bereits nach wenigen Wochen dieselbe aufs neue mit losem Sande behangen. Dabei fiel mir die krümelige Beschaffenheit des Sandes an. Die Quarzkörnchen erschienen wie durch eine zähe Flüssigkeit untereinander verbunden. Rein zufällig prüfte ich eine kleine Menge dieses frisch abgewitterten Sandes mit der Zunge und fand einen ganz auffälligen adstringierenden Salzgeschmack. Meine Wandergefährten kamen nach derselben Zungenreaktion zu dem gleichen Ergebnis. Die Ästhetiker unter ihnen suchten durch schleuniges Ausspucken das abscheuliche Zeug möglichst rasch wieder loszuwerden. Nunmehr beobachtete ich die interessante Erscheinung genauer und fand zunächst an den überall vorkommenden frischen Abwitterungsflächen der Feld- und Honigsteine die gleiche „krümelige“ Beschaffenheit des Sandes. Die an sich losen Körnchen hängen in kleineren oder größeren Gruppen untereinander zusammen und haften an der Ablösungsfläche. Der charakteristische zu-

sammenziehende, bald süßlich-bittere, bald säuerliche Geschmack war stets vorhanden. In der unmittelbaren Nachbarschaft der Abwitterungsfläche fielen mir grauweiße Flecken und Tupfen auf, deren Äußeres zunächst an Flechten erinnerte, bis durch die Zungenreaktion die völlige Übereinstimmung mit dem Geschmack des krümeligen Sandes festgestellt wurde. Diese Flecken haben die Gestalt papierdünner Krusten. Sie lassen sich leicht von der Felsfläche abstreichen und sind, mit der Lupe betrachtet, traubige Aggregate feiner wasserheller Körnchen, aus denen häufig kleine Dreiecksflächen aufblitzen. Im Wolfsgrunde, durch den ein Steig von der Brückenwaldstraße in nördlicher Richtung auf die Lohmen-Rathewalder Straße führt, fand ich diese „Ausblühungen“ in der Form feinsten Raubreifes oder eines überaus zierlichen Filzes auf dem losen Sande der frischen Abwitterungsflächen. In diesen Ausblühungen sind offenbar Analoga zu finden zu dem bekannten Mauer- oder Kehrsalpeter. Die weitere Beobachtung der interessanten Erscheinungen bezog sich zunächst auf den durch seine Zerrissenheit auffallenden Gebirgsstock der Feld- und Honigsteine bei Rathen. An allen Punkten bestätigte sich der räumliche Zusammenhang der Ausblühungen mit dem krümeligen Sande und den frischen Abwitterungsstellen. Da mein Amt mir anhaltende Laboratoriumsarbeit nicht gestattet, so wurde die chemische Vorprüfung der gesammelten Proben durch Herrn BRUNO LEHMANN angestellt. Aus dem Ergebnisse dieser ersten Untersuchung sei folgendes mitgeteilt: Die Ausblühungen geben, im Kölbchen erhitzt, unter lebhaftem Aufkochen viel Wasser ab, lösen sich leicht und vollkommen in heißem Wasser, die erhaltene Lösung reagiert stark sauer. Dieselbe Lösung wird erhalten bei der Behandlung des krümeligen Sandes und des dazugehörigen Sandsteins mit heißem Wasser nach entsprechendem Dekantieren und Filtrieren zur Abtrennung vom Sande, von organischen und den immer anwesenden tonigen Beimengungen. Aus den so erhaltenen farblosen bis schwach gelblich gefärbten Lösungen entwickelten sich beim Eindampfen am Rande Aggregate von büschelig angeordneten Krystallansätzen und Nadelchen, gegen die Mitte hin aber wohlgebildete Krystalle mit den charakteristischen Formen des Alauns, daneben auch ganz vereinzelte Kochsalzwürfelchen. Es wurden Alaunkrystalle bis 1 cm Seitenlänge erhalten. Die Lösung enthielt Schwefelsäure, Aluminium, Kalium, dann in geringeren Mengen Chlor, Natrium und Spuren von Magnesium und Calcium. Kieselsäure, Salpetersäure und Kohlensäure waren nicht vor-

handen, dagegen ließ die Bräunung beim Eindampfen auf organische Substanz und Spuren von Eisen schließen.

Herr Geheimrat Prof. Dr. KALKOWSKY und Herr LOCHNER, Assistent im Mineralogischen Institute der Technischen Hochschule in Dresden, denen gleichfalls Proben von Ausblühungen und dem krümeligen Sande vorgelegen, bestätigten in der Hauptsache diese ersten Untersuchungsergebnisse, fanden jedoch noch Ammonium in größeren Mengen. Durch freundliche Vermittelung des Herrn KALKOWSKY wurde von einer Probe ausgewählter reiner Substanz der Ausblühungen am „Goldsteig“, zwischen Zeughaus und Großem Winterberg, durch Herrn Assistent Diplom-Ing. RÖHL in Freiberg eine quantitative Analyse ausgeführt mit nachfolgendem Ergebnis:

NH ₃	2,23
K	3,39
Al	5,88
SO ₄	41,60

Wasser wurde nicht gewogen.

Die Ausblühungen bestehen nach diesen Prüfungen vorwiegend aus einem isomorphen Gemenge von Kali-Ammoniumalaun und aus geringen Mengen von Chlor-natrium bzw. Spuren einiger anderer Salze. Bei vielen an Ort und Stelle von mir vorgenommenen Prüfungen an Krustenmaterial, wie auch an krümeligem Sande mit Lösung von Ätznatron wurde stets Ammonium festgestellt, während Kalium nicht allenthalben aufgefunden werden konnte. Es scheint demnach der Alaun der Ausblühungen keine konstante Zusammensetzung zu haben und das Mengenverhältnis von Kalium und Ammonium, die sich bekanntlich in diesem Doppelsalze gegenseitig vertreten können, örtlich und vielleicht auch zeitlich gewissen Änderungen unterworfen zu sein.

Durch die mikroskopische Betrachtung wurde der chemische Befund in allen Hauptsachen bestätigt. Die Ausblühungen zeigen stets das mikroskopische Bild einer klaren, farblosen oder stellenweise schwach gelblich gefärbten Substanz, durchzogen unregelmäßig von Sprüngen, mit zahlreichen Luftbläschen und wunderlich zerfressen, mit lappenförmigen Vorsprüngen und rundlichen Einbuchtungen. An vielen Hervorragungen, auf den Rändern und in den Sprüngen, sitzen kleine Oktaeder oder Kombinationen dieser Form mit Würfel oder Rhombendodekaeder, dem Alaun zugehörig. Sehr zerstreut treten Kochsalzwürfelchen auf. Im krümeligen Sande wie auch im Sandstein der frischen Abwitterungsstellen ist diese wasserklare Alaunsubstanz zwischen den Quarzkörnchen, namentlich

bei gekreuzten Nikols, wenn die letzteren farbig aufleuchten, gut festzustellen. Namentlich die ausgebildeten Kryställchen sitzen gern den Quarzkörnern auf. An vielen Punkten konnte außer dieser beschriebenen Alaunzwischenmasse ein anderes Zwischenmittel nicht wahrgenommen werden, auch nicht die von HIRSCHWALD gefundene und als Kontaktzement bezeichnete Übrerrindung der Quarzkörnchen mit reiner Quarzmasse¹⁾. Tiefer im Gesteinsinnern tritt dann das tonige Zwischenmittel, allerdings in recht ungleicher Verteilung, hervor.

Ergebnisse:

1. Die Ausblühungen am Sandstein bestehen aus Kaliammoniumalaun mit spärlichen Beimengungen von Kochsalz und anderen Salzen.
2. Der frisch ausgewitterte, krümelige Sand, sowie der anstehende Sandstein der gleichen Örtlichkeit enthält Alaun als Zwischenmittel.

Beschreibung der Alaunausblühungen und des alaunhaltigen Sandes bzw. Sandsteines.

Die Ausblühungen sind immer kenntlich an der grauweißen Farbe. Bei einiger Übung wird man sie nicht leicht mit ähnlich gefärbten Flechten verwechseln können. Vollständig frisch treten sie auf an wetter- und windgeschützten, nicht zu trockenen Stellen, also namentlich an den Unterflächen der Überhänge, in den Höhlchen, Gruben und Narben, sowie in den Rissen des Sandsteins. Dort sind sie häufig schneeweiß, glänzend, unter der Lupe farblos und etwas schaumig und fallen bei der leisesten Berührung von der Gesteinsfläche ab. Nach längerer Trockenheit ist die Sohle der Höhlchen oft förmlich bedeckt mit abgefallenen Krusten. Ebenso findet sich dann massenhaftes Krustenmaterial auf der Sohle der Überhänge im Sande. Mit zunehmendem Alter färben sich die Krusten durch Aufnahme von organischen Substanzen dunkel und haften dann immer fester an der Unterlage. Die zahlreichen gesammelten Proben wurden von mir mit einer reinen Feder abgestrichen. Ältere Ausscheidungen lösten sich erst durch Berührung mit einem Holzspatel ab. Da der Alaun als wasserlösliches Salz an vielen Haftstellen fortwährend von anschlagendem Regen, von Schnee, Wind und Sonnenschein beeinflusst wird, ebenso auch durch Sicker- und Schwitzwasser, so sind fortgesetzte

¹⁾ HIRSCHWALD: Prüfung der natürlichen Bausteine. Berlin 1908. S. 253.

Veränderungen der Krusten unausbleiblich. Kleinere und größere Partikel werden aufgelöst und an anderen Stellen wieder abgetrennt. Es entwickeln sich so die beobachteten eigentümlichen Korrosionsformen. Durch starke Erwärmung verlieren die Krusten mehr oder weniger das Krystallwasser, werden trübe und hart und haften fester auf der Unterfläche. Wo die Luft durch stete Verdunstung von Tropfwasser einen relativ hohen Feuchtigkeitsgehalt behält, wie beispielsweise unter einem Überhänge am Großen Bärenstein, im Wolfsgrunde bei Lobmen, am Goldsteige östlich vom Großen Winterberge, an gewissen Felsen der Bielraud bei Eiland, und die Örtlichkeit den ungünstigen Einfluß der Atmosphärien ausschließt, entwickeln sich zierliche, ausschließlich aus winzigen Kryställchen zusammengesetzte Gerüste, schaumige oder schneeflockenförmige Ausblühungen im Durchmesser von mehreren Zentimetern. Sehr feuchte Wandstellen und Überhänge mit rieselndem Wasser zeigen keine Ausblühungen. Der Alaun wird durch das stets vorhandene und reichliche Lösungsmittel an andere Orte geführt. Überdies bedeckt die an solchen Punkten besonders üppig aufschießende Flechten- und Moosvegetation rasch und vollständig die Felsflächen. Namentlich eine grauweiße Krustenflechte mit ausgeprägter Felderung scheint die neugebildeten Ausblühungen mit besonderer Vorliebe aufzusuchen und zu zerstören, so daß das Vorkommen dieser Flechte in der Regel auf die einstige Anwesenheit von Alaunkrusten schließen läßt. Dies gilt namentlich von Felsen, an denen frische Abwitterungsflächen zurzeit nicht zu finden sind. Beim behutsamen Abheben der Flechte kann man recht häufig noch Reste von Alaunkrusten beobachten. Nach meinen Beobachtungen entnehmen diese Flechten dem Krustenmaterial, wie auch dem alauhaltigen Wasser, gewisse Nährstoffe, vielleicht Kali, Schwefel und Stickstoff. Da die Flechtenvegetation die Felsen namentlich der Gründe und Schluchten der sächsischen Schweiz bedeckt, so ist an diesen Orten selten die Alaunablösung zu finden. So unterliegen die Alaunablösungen und -krusten einer fortgesetzten Veränderung und Umwandlung in Abhängigkeit von den Sickerwässern und den jeweiligen Witterungsverhältnissen, verschieden je nach Örtlichkeit und Jahreszeit und unter dem Einflusse der Vegetation.

Der krümelige Sand, d. i. das Gemenge von Sand und Alaunmaterial, ist regelmäßig wie die Ausblühungen und Krusten an den frischen Abwitterungsflächen des Sandsteins zu finden. Er behält seine schon beschriebene Beschaffenheit, die mit einem gewissen, aber stets geringen Feuchtigkeitsgehalt

verbundene Zusammenhangskraft seiner Bestandteile bei, solange nicht verändernde Außenwirkungen hinzutreten, also namentlich an geschützten Örtlichkeiten, in den Höhlungen, Rissen und hinter den sogenannten Schutzrinden. Unter der Wärmewirkung der Sonne oder in feuchtigkeitsarmer Luft trocknet er bald aus, verliert die Zusammenhangskraft und fällt von den freien Flächen herab auf den Boden oder wird durch den Wind aus den Vertiefungen herausgeblasen. Bei Wasserzutritt wird er durch Auflösung des Alauns ausgelaugt und in normalen Sand zurückverwandelt. So ist es zu erklären, daß alauhaltiger und alaufreier Sand unmittelbar nebeneinander liegen können.

Der Gehalt an Alaun ist in diesem Sande wie in dem dazugehörigen Sandstein selbstverständlich recht verschieden. Sandstein vom Wolfsgründel bei Lohmen enthielt an wasserlöslicher Alaunsubstanz 0,262 %, krümeligen Sand von dem gleichen Punkt dagegen 32,89 %. Eine Probe Sand vom Feldstein bei Rathen enthält 1,549 %. Die wasserlösliche Substanz ist demnach recht ungleich verteilt, scheint aber nach der Außenfläche hin an Menge zuzunehmen.

Eine bestimmte Abhängigkeit des Alaunvorkommens von der Beschaffenheit des Sandsteins konnte nicht mit Sicherheit festgestellt werden. Der Sandstein der Feldsteine und Honigsteine bei Rathen ist allerdings in der Hauptsache ausserordentlich feinkörnig, jedoch kommen auch Bänke mit recht grobem und ungleichkörnigem Material vor, so am Lamm, an der Lokomotive und an dem Talwächter. Ausblühungen und Krümelsand finden sich an allen diesen Punkten. Die groben konglomeratartigen Bänke am Goldsteige sind stellenweise förmlich mit Ausblühungen überzogen.

Die frischen Abbruchstellen in den Steinbrüchen zeigen sehr selten die Ausblühungen. Solche fand ich in den Brüchen zwischen Wehlen und Rathen nur an wenigen Punkten und nur auf nicht abbauwürdigem, „faulem“ Gestein mit frischen Abwitterungsflächen. Auch anderswo „blüht“ der Alaun aus frischbearbeiteten Wandflächen reichlich aus, namentlich in den Hiebnarben, so am Pionierwege zwischen dem Riekestein und der Napoleonsstraße, am Reitsteige längs der Torwalder Wände, am Gamerig und Feldstein bei Rathen u. a. a. O., aber immer nur ausschwach feuchtem, leicht zerfallendem Gestein¹⁾.

Dagegen scheinen Sandsteine mit kieseligem Bindemittel,

¹⁾ In einer Schlucht nordwestlich am Großen Bärenstein sind an einer Wand die Zeichen II. P. 1895 eingemeißelt. Diese Vertiefungen sind völlig mit Alaun ausgefüllt.

mit Schlieren und Adern von Quarzsubstanz weniger für Ausblühungen von Alaun geeignet zu sein. So ist die gegen Süden gerichtete mehrere Kilometer lange Wandflucht des Quadersandsteines vom Hohen Schneeberge bis gegen Tyssa von uns vergeblich nach Alaun durchsucht worden. Der hohe Kieselsäuregehalt des Sandsteins verrät sich hier allenthalben durch die scharfen Kanten und ebenen Flächen an Felsen und Blockwerk, sowie durch die Adern und Schutzrinden aus Quarzsubstanz, durch welche das Gestein stellenweise mit reinweißer Farbe auftritt. Bekanntlich fällt der ganze Südhang des Hohen Schneeberges, mitsamt dem von hier aus gegen West sich erstreckenden Teil des Sandsteins, in das Gebiet der erzgebirgischen Bruchzone. Auch in der Nachbarschaft der großen Lausitzer Verwerfung, welche den Ostrand des Quadersandsteines charakterisiert, scheinen die Alaunablühungen selten zu werden. So ist die Umgebung der Gautschgrotte bei Hohnstein von mir erfolglos durchsucht worden. Dagegen treten sie bereits wieder hervor an den Felsen des „Nassen Loches“ westlich der Gautschgrotte. Auch die Sandsteine auf Blatt Zittau—Oybin sind in der Nähe der Verwerfung alaufrei. Die Ursache dürfte auch hier in der zunehmenden Verkieselung des Gesteins liegen.

Die Verbreitung des Alauns in horizontaler und vertikaler Richtung.

Von besonderem Interesse erschien mir die Kenntnis der Verbreitung des Alauns. Erstrecken sich die Ausblühungen auf bestimmt abgegrenzte Teile oder auf das ganze Gebiet des Sandsteins? Gehen sie über dieses hinaus, finden sie sich auch an anderen Gesteinen? Beschränken sie sich auf bestimmte Quaderstufen und Horizonte? Nicht alle diese Fragen konnten bei der mir verfügbaren Zeit ihre Erledigung finden. Hier muß die Zukunft volle Klarheit bringen.

Nach meinen allerdings nur lückenhaften Beobachtungen ist die Alaunbildung tatsächlich nur auf das Gebiet des Quadersandsteines beschränkt. Ich konnte dieses Salz bisher nicht finden auf Gneis, Syenit, Porphyry und Granit der benachbarten Gebiete.

Ich besuchte charakteristische Punkte der Grenzen des Quadersandsteines, zahlreiche Felsen innerhalb des Gebietes und namentlich wichtige größere Wandfluchten verschiedener Horizonte und mit verschiedener Orientierung bezüglich der Himmelsrichtung, um so gewissermaßen einen Einblick in die Profile zu erhalten.

Verzeichnis der Fundstellen:

1. Wolfsgründel bei Lohmen: Wandflächen am Steige 1, gerichtet gegen W.
2. Verlassene Brüche zwischen Wehlen und Rathen, Elbseite der Wände, gerichtet gegen S.
3. Rahmhanke, unterhalb der Bastei, große Wandflucht gegen S. Viele Stellen. Ebenso Wandstellen etwa 50 m tiefer. Sehr reichlich.
4. Riekefelsen am Pionierweg bei Rathen, gegen S und W, Pionierweg nach der 1. großen Schleife, bearbeitete Wand mit Ausblühungen.
5. Alle Wände und alle „Steine“ des Rathener Gebietes, namentlich aber Feldsteine und Honigsteine, vom Ende der Schutthänge an bis hinauf zu den Gipfelfelsen, unabhängig von der Himmelsrichtung. Sehr reichlich zu allen Jahreszeiten.
6. Felsen im Försterloch, gegen O W und S. Reichlich.
7. Carolastein, gegenüber dem Gasthaus zur Walthersdorfer Mühle, auf allen Seiten; ferner Wände zu beiden Seiten des Polenztales im ganzen Verlaufe und des Tiefen Grundes bei Hohnstein. Sehr reichlich.
8. „Nasses Loch“ bei Hohnstein, Felsen völlig gegen aussen abgeschlossen, S. Spärlich.
9. Rauenstein bei Weißig, an allen Wänden nach S, O, N und W. Sehr reichlich.
10. Großer und Kleiner Bärenstein, Stufe des Überquaders, unabhängig von der Himmelsrichtung wie 9. Sehr reichlich.
11. Lilienstein, Wandflächen an der Süd- und Nordseite vom Beginn der Wände bis 10 m unter dem Plateau. Reichlich.
12. Großer Zschirnstein. Wände gegen SW und N. Sehr reichlich.
13. Kleiner Zschirnstein: Alle Wandstellen am oberen Ringweg, unabhängig von der Himmelsrichtung, soweit nicht mit Vegetation besetzt. Sehr reichlich.
14. Hoher Schneeberg: Felsmauern unweit der Wirtschaft, gegen NW und NO. Spärlich.
15. Felsen und Wände in der „Dürren Biele“, gegen S, Labiatusquader.

¹⁾ Die Sandsteine der Brongniartstufe sind nicht besonders bezeichnet.

16. Felsen der „Bielraud“ südöstlich von Eiland, Labiatusquader, gegen S, O und W. Sehr reichlich.
17. Eibischsteine, Labiatusquader, östlich von Berggießhübel, gegen N. Spärlich.
18. Westrand des Bahratales, Labiatusquader, gegen S und O. Spärlich.
19. Einsiedlerstein bei Forsthaus Wendischcarsdorf, Karinatensandstein, gegen S, SW, O und N.
20. Krippenbachtal, Überhang unweit der Einmündung des Prölitzbaches, Labiatussandstein. Spärlich.
21. Blockwerk an der Straße zwischen Postelwitz und Schmilka, herrührend von altem Wandsturz. Viel Ausblühungen an einem Block mit dem Zeichen 1907/08 bei km 38.
22. Schrammsteingebiet: Wandfluchten oberhalb der Elbleithenstraße bis zum Langen Grunde, gegen SW. Reichlich.
23. Wände zu beiden Seiten des Langen Grundes, gegen SO und NW. Reichlich.
24. Felsen am Lehnwege, gegen N. Reichlich.
25. Vorderes Raubschloß (Frienstein), gegen W, N, O und S. Reichlich.
26. Wandfluchten am Kleinen Winterberge, Gleitsmannshorn und Heringsstein, gegen NO, O, SO, N und S. Sehr reichlich.
27. Bärfang- und Böse Wände, gegen NW, N und O. Sehr reichlich.
28. Thorwalder Wände, oberhalb des Reitsteiges. Sehr viel Fundstellen; gegen W, S, O und N. Sehr reichlich.
29. Goldstein, gegen N, O und S. Reichlich.
30. Goldsteig mit den Wandfluchten der Pech-, Hille- und Richterschluchte bis zu Richters Höhle. Sehr viele Fundstellen gegen alle Himmelsrichtungen. Sehr reichlich.
31. Rauschenstein bei Schmilka und alle Wände des Großen Winterbergs gegen die Elbe. Sehr reichlich.
32. Blatt Zittau—Oybin: Felsen nördlich oberhalb der Elfenwiese, Südostseite des Pferdeberges, vereinzelte Wandel und Felsen in der Umgebung der „Hölle“, Wandflächen des Oybinberges auf allen Seiten, namentlich reichlich gegen Süd und Ost, und die südöstlich von Oybin gelegenen Nasse Grabensteine, ferner Wandflächen und Überhänge im Eschengrund, in den Dachs- und Schindellöchern, Rosensteine, Thomassteine, Felsen

nördlich vom Mönchssteine. Überall reichlich. Normaler Quadersandstein in der Nachbarschaft der Mühlsteinbrüche. Reichlich. Ameisenberg, Südseite der Felsen. Spärlich. (Bruchzone.)

Wenn auch mit den genannten Fundstellen das ganze Gebiet des Quadersandsteines noch nicht umfaßt wird, so ist doch die Tatsache bemerkenswert, daß nur ganz wenige Örtlichkeiten ohne Ausbeute blieben. Zu nennen sind hiervon der Lattengrund, einige Felsen in der Nachbarschaft des Schrammtores, die meisten Wände der Steinbrüche zwischen Wehlen und Rathen und die schon erwähnten Südabstürze zwischen dem Hohen Schneeberge und Tyssa, sowie die Felsen in der Nachbarschaft der Lausitzer Verwerfung. An diesen Orten bestehen Verhältnisse, die z. T. schon erwähnt sind, wie üppige Flechtenvegetation — Lattengrund —, frische Gesteinsbeschaffenheit — Bruchwände — und durchgreifende VerkieSELUNG — Gestein an den Verwerfungen.

Nach den bisherigen Beobachtungen an den aufgezählten Fundstellen erscheint außer allem Zweifel, daß der Alaun an allen Punkten des Quadersandsteingebietes auftritt, daß die Alaunvorkommen sich finden in den Sandsteinen des Cenomans (Carinatenquader), des Turons (Labiatus- und Brongniartiquader) und des Überquaders (beide Bärensteine), daß ferner die Alaunbildung nicht auf bestimmte Horizonte beschränkt ist, sondern vorkommt in vertikaler Richtung von der Höhe des Elbtale und der einmündenden Gründe bis hinauf zu den Gipfelkronen der höchsten Tafelberge, und daß sie völlig unabhängig ist von der Himmelsrichtung, vom Elbtale, von etwaigen Industriegebieten und Verkehrsverhältnissen.

Beziehungen der Alaunausblühungen zu gewissen Verwitterungsformen.

Bei der ungeheuren Ausdehnung sichtbarer und freier Felsflächen im Quadergebirge bedeuten die alaunhaltigen Stellen trotz ihrer Verbreitung durch das ganze Gebiet in horizontaler wie vertikaler Richtung immerhin nur eine bescheidene Flächenentwicklung in ihrer Gesamtheit. Nicht jedes Felsstück und nicht jede Wandstelle zeigt Ausblühungen. Stark durchnäßte oder völlig trockene Gesteinsglieder, frische Abbruchstellen und Gesteine mit verhältnismäßig großer Festigkeit, Stellen mit reicher Vegetation sind frei von Ausblühungen. Auch auf den Gipfelflächen der Felsen und Wände mit vorherrschend horizon-

taler Lage, an weniggegliederten, nach oben zurückweichenden Wänden erscheint selten Alaun. Dagegen konnte sein Auftreten regelmäßig festgestellt werden an überhängenden breiten Wandflächen, an den „hohlen Wänden“, unter nischen- und höhlenförmigen Überhängen, in Rissen und Klüften und namentlich in Verbindung mit den bekannten Kleinformen der Verwitterung, die als Steingitter, Wabenbildung, Höhlen- und Lochverwitterung uns in den schönen Darstellungen von GUTBIER, BECK und HETTNER beschrieben worden sind¹⁾, sowie stets an Wandstellen mit frischen Abwitterungsflächen, die auch dem ungeübten Auge durch ihre abweichende Färbung sofort auffallen. Die kilometerlangen Wandfluchten zwischen dem Nordende des Kleinen Winterberges und dem Ostende der Bösen Wände, der Torwalder Wände, am Goldsteige, am Rauenstein, an den beiden Zschirnsteinen bieten hierzu lehrreiche Beispiele. Losgebrochene Blöcke alter Bergstürze, auch wenn sie mit ausgeprägter Wabenverwitterung versehen sind, haben wenig Alaun, solche jüngeren Alters sind oft mit Ausblühungen versehen.

Auf schwach überhängenden, freien Wänden laufen oft breite Streifen von Alaunausblühungen senkrecht nach unten. Sie nehmen stets den Anfang aus einem bzw. aus mehreren Höhlchen, aus Schichtenfugen oder auch aus dem Ende schmaler Spalten und Risse. Durch ihre helle Farbe sind sie leicht von der altersgrauen Wandfläche zu unterscheiden. Die Länge ist je nach der Örtlichkeit verschieden. An der Südwand des Großen Bärensteins fand ich zwei parallele Sickerstreifen gegen 15 m lang bei einer Breite von 5 cm oben und etwa 10 cm unten. Am Ostende des Rauensteins zieht sich ein solcher Streifen mindestens 20 m an der Wand abwärts. An einer Wand auf der Südseite des gleichen Berges tritt ein ähnlich mächtiger Sickerstreifen auf, der genau über ein kleines, etwa meterbreites Feld mit ausgeprägter und frischer Wabenverwitterung hinwegzieht. Ähnliche Streifen wurden von mir später an allen größeren Wandflächen aufgefunden, namentlich am Goldstein, an den Torwalder Wänden, an den Zschirnsteinen und den Polenztalwänden. Die Erscheinung ähnelt vollkommen den Schmutzstreifen, welche herabrinnende Gossenwasser an Mauern

¹⁾ GUTBIER: Geognostische Skizzen aus der Sächs. Schweiz, 1858. — HETTNER: Gebirgsbau und Oberflächengestaltung der Sächs. Schweiz, 1887. — BECK: Erläuterungen z. geol. Spezialkarte Sachsens. Blatt Königstein—Hohnstein, Sebnitz.

produzieren. Mit Regenwasser und Regenrinnen steht sie in keiner erkennbaren Beziehung. Sie kann nur erklärt werden als Ausscheidung von Alaun aus herabgerieseltem, verdunstetem Sickerwasser. In gleicher Weise müssen entstanden sein die überall zu beobachtenden Ringe und Bänder von Alaunausscheidung auf den Bodenflächen der Überhänge, auf Simsens und vorstehenden Wandleisten, welche von Sickertropfen getroffen werden. Solche Alaunstreifen schließen sich genau den bestehenden Unebenheiten an, ziehen wohl auch über den Rand einer Leiste oder eines Überhanges weiter abwärts, entsprechend dem Gange des verschwundenen Sickerwassers, dem sie ihre Entstehung verdanken. Auf der Ostseite des Carolasteins, unweit der untern Mündung der Dianagrotte, befindet sich auf der Sohle eines Überhanges ein etwa $\frac{1}{2}$ m im Durchmesser haltendes flaches Tropfbecken. Am Tage der Beobachtung war es in der tiefsten Stelle mit stark alauhaltigem Sande gefüllt und nach außen geziert mit einer ganzen Zahl konzentrisch angeordneter Alaunringe, welche die einzelnen Perioden der Verdunstung des angesammelten und durch Tropfenfall erzeugten Sickerwassers genau angeben. Daneben war eine ganze Anzahl von kleinen Tropfringen zu sehen. In der Nähe des Ursprungsortes sind diese Sickerstreifen und -bänder krustenförmig und dick, mit der zunehmenden Entfernung werden sie breiter, aber auch dünner, so daß schließlich nur noch eine feine Punktierung das Vorhandensein des Alauns zu erkennen gibt. Die gleiche Abhängigkeit der Alaunkrusten vom rinnenden Sickerwasser ist zu finden, wo Risse und Spalten durch solche Streifen eingeraht, oft auch völlig ausgefüllt werden, eine allorts zu beobachtende Erscheinung. An den Torwalder Wänden konnte unterhalb einer gleichmäßig horizontal verlaufenden Leiste eine Alaunausscheidung beobachtet werden, die auf 4 m Länge und Breite die Felsfläche bedeckte. Hier muß als Ursache die Überrieselung der ganzen Fläche mit Sickerwasser angesehen werden.

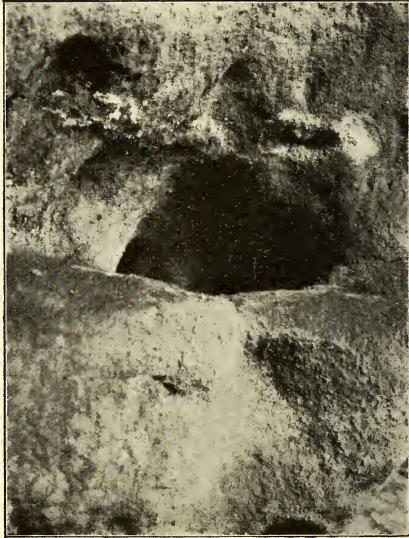
Das Gemeinsame dieser aus Alaun bestehenden Ringe, Bänder und Streifen liegt darin, daß sie die unveränderten, noch festen Sandsteinflächen überziehen und hervorgegangen sind aus fallenden Tropfen oder rinnendem Sickerwasser, also entstanden sind in größerer Entfernung von den eigentlichen Sickerstellen. Wohl zu unterscheiden hiervon ist das Anhaften von Ausblühungen an größeren freien Wandflächen mit allen Anzeichen frischer Sandabwitterung. Solche Stellen kommen vor bis zu 1 qm und darüber im Wolfsgründel, im Feldstein- und Honigsteinstock, am Rauenstein, den

Bärensteinen, den Zschirnsteinen u. a. O. Hier kommen Ausblühung und Abwitterung zur genauen räumlichen Deckung. An einer solchen Stelle, an einem Felsen der Bielraud bei Eiland, also am Labiatussandstein, versuchte ich das Gewicht des ausgeblühten Alauns festzustellen. Von einer etwa 2 dzm großen Fläche wurde der krustenförmige Alaun sorgfältig abgestrichen und gewogen. Ergebnis: 12,8 g. Das ist eine verhältnismäßig bedeutende Menge auf kleinem Raume und innerhalb einer nicht großen Zeitspanne. Die Ausblühungen an dieser Stelle werden durch Wind und Wetter sicher, mitsamt dem krümeligen Sande, nach kurzer Zeit entfernt, und der gleiche Vorgang wird sich wiederholen, wie ich im Wolfsgründel und im Feldstein-Honigsteingebiet beobachten konnte.

Wie in dem vorbeschriebenen Falle das Ausblühen von Alaun in genau räumlichem Zusammenhange mit der frischen Flächenabwitterung steht, so trifft das auch zu in dem örtlichen Zusammentreffen der Ausblühungen mit der schon erwähnten Löcher- bzw. Wabenverwitterung, soweit damit frische Sandabwitterung verbunden ist. Diese Wabenverwitterung, räumlich in der Regel mit den Überhängen verbunden, umzieht oft auf weite Strecken in gleichen Horizonten die Gesteinskörper. Bei aufmerksamer Betrachtung zeigen diese bekannten, aber immer interessanten Kleinformen des Quadergebirges entweder sich als fertige, in ihrer Entwicklung abgeschlossene Bildungen, auf welche die gegenwärtigen Verwitterungskräfte scheinbar überhaupt nicht wirken — eine Auffassung, die namentlich durch Dr. Obsr vertreten wird¹⁾ — oder als in frischer Entwicklung und Weiterbildung begriffen. Nach meinen Beobachtungen sind beide Formen in unserm Gebiet vorhanden. Die scheinbar abgeschlossene Wabenverwitterung, wie ich kurzweg sie bezeichnen will, zeichnet sich aus durch gleichmäßig gefärbte braune oder hellgraue Rinden. Sie ist bei genügender Durchfeuchtung mit Vegetation bedeckt. Die in frischer Entwicklung begriffenen und der fortschreitenden, also rezenten Erosion unterworfenen Waben, Löcher und Narben sind stets deutlich erkennbar an den hellen, weißen oder gelblichbraunen Farben und an dem lose den Flächen anhaftenden Sande. Sie sind viel häufiger, als gemeinlich angenommen wird, und immer zu finden, wo nicht Eisenkrusten und Kieselsäure als Konservierungsmittel der zierlichen Rippen, Gitter und Sanduhrsäulchen dazutreten.

¹⁾ Obsr: Die Oberflächengestaltung der schlesisch-böhmischen Kreideablagerungen. Mitteil. d. Geogr. Gesellsch. in Hamburg, Bd. 24, S. 134, 183 u. a. a. O.

Und hier, also in Verbindung mit den rezenten Verwitterungsformen, sind die Alaunausscheidungen regelmäßig zu finden. Die kleinsten und kleinen Gruben und Löcher sind sehr oft völlig erfüllt und ausgestopft mit Alaunsubstanz, größere Vertiefungen sind damit randlich um-



Aufnahme von BEYER.

Fig. 1. Rauenstein.

Höhlchenerosion. Die beiden kleinen Höhlchen oberhalb des größeren sind kranzförmig von Alaunablösungen umgeben. Die Innenflächen sämtlicher Höhlchen sind stark alainhaltig.

zogen und wie durch weiße Rahmen eingefasst (Abb. 1), und selbst auf den Sanduhrsäulchen der Höhlchen, wie auf und an den an sich schwach hervortretenden Rippen, laufen Alaunstreifen hin, entsprechend der Bewegungsrichtung der Schwitzwasser, und markieren so durch ihre charakteristische Färbung das Relief der Verwitterung. Bekanntlich liegen die Höhlchen,

angereicht an kleine Korridore, nach dem Gesteinsinnern zu oft mehrfach hintereinander. In diesen findet man völlig reine Krusten von Alaun. Ebenso ergiebig sind die Unter- bzw. Deckenflächen der Überhänge, namentlich wenn die letzteren



Aufnahme von BEYER.

Fig. 2. Rauenstein.

Unterfläche eines Überhanges mit Alaunpfropfen in den zahlreichen Schwitzlöchern.
Beginnende Lochverwitterung.

nicht zu hoch sind und möglichst weit in das Berginnere hineinreichen. Solche Decken sind sehr oft durch die Ausblühungen in den kleinen, selten über nußgroßen Grübchen und Löchern, weiß getüpfelt. Diese Ausblühungen wölben sich hervor wie feine Wattebüsche (Abb. 2). Unterflächen mit solchen „Spritzmustern“ sind z. B. zu finden am Rauenstein bei Pötzscha-

Weißig, an den Bärensteinen, an den Wandfluchten des Goldsteigs, am Kleinen Winterberge, am Rauschenstein u. a. O. Die beschriebenen Alaunpfropfen sind durchaus nicht auf die äußere Fläche beschränkt, sondern erfüllen die tieferen Öffnungen oft mehrere Zentimeter weit. Während in den nach außen geöffneten Narben und Höhlchen die Krusten von der jeweiligen Witterung stark beeinflußt werden, wenn auch niemals vollständig verschwinden, erfolgt eine Veränderung bzw. Erneuerung des Alauns an der Unterfläche der Überhänge nur durch Schwitzwasser, also namentlich im Frühjahr und nach längerem Regen. Ein gewisser Feuchtigkeitsgehalt scheint die Alaunbildung innerhalb des Sandsteins zu begünstigen. Einige Höhlchen am Rauenstein waren in dem Material der Innenwand und der Sanduhrsäulchen völlig durchsetzt von Alaunsubstanz wie die an Ort und Stelle angestellten Reaktionen zeigten.

Die Südostecke des Großen Bärensteins enthält einen, nur gegen SSO offenen, prächtigen Felszirkus mit Überhängen, mit Wabenverwitterung und reichlichen Ausblühungen von Alaun. An einem schwach überhängenden Wandel der Ostseite dieses Zirkus gewahrte ich im März dieses Jahres gewissermaßen die Anfangsstufe eines „Steingitters“. Es zeigte sich die Auswitterung krümeligen Sandes in Gestalt einer ganzen Anzahl nahezu paralleler Streifen und flacher Furchen, die durch festes Gestein voneinander getrennt waren. Die Abwitterungsstreifen und Furchen waren bedeckt von Alaunkrusten, die schwach erhabenen Rippen dagegen alaunfrei. Eine ähnliche Erscheinung fand ich später am Lilienstein, unterhalb der „Drachenschlucht“. Ein lehrreiches Beispiel für den ersten Anfang der Steingitterverwitterung wurde von mir im Februar an der Südwestecke des Feldsteins bei Rathen in einer der beiden künstlich erweiterten Grotte beobachtet. Die rechte Wand der südlichen Grotte, wegen des starken Alaungehalts von uns scherzhaft als Alaunhöhle bezeichnet, war quer durchzogen von etwa zwölf, auffallend gelbgrün gefärbten, 3 bis 10 cm breiten Streifen stark alaunhaltigen Krümelandes, getrennt voneinander durch schmale Partien normal gefärbten und kompakten Sandsteines mit dunkler, gleichmäßig gefärbter Rinde, ohne irgendwelche Anzeichen aktiver Verwitterung. Der krümelige Sand zwischen diesen harten Lagen ließ sich leicht entfernen. Dann erschienen an seiner Stelle die ersten Andeutungen von Furchen. Ich vermute, daß nach wenigen Jahren diese alaunfreien Querbänder, welche stellenweise anastomosieren, als erhabene Rippen den Fortschritt der Verwitterung noch deutlicher kennzeichnen und bei Fortdauer der Alaunausschwitzung in den Zwischenbändern zu

einem Steingitter sich entwickeln werden. In ähnlicher Weise mögen wohl auch die verwandten, gewissermaßen längst abgestorbenen Bildungen entstanden sein, die zu der Bezeichnung den Namen geliefert haben (Abb. 3).



Aufnahme von BEYER.

Fig. 3. Rauenstein.

Steingitter mit fortschreitender Verwitterung. In den Vertiefungen Alaun. Die Rippen gipshaltig.

Die bei den Ausblühungen und dem Krümelsande ursächlich wirkende Feuchtigkeit bewegt sich nicht nur von oben nach unten wie an den Überhängen zu sehen, sondern auch in anderem, und selbst wagerechtem Verlaufe, wobei allerdings weniger an Sickern und Fließen als an langsam fortschreitende Kapillarbewegung zu denken ist.

Über die Ursachen der Alaunausblühungen.

Wie schon aus der Übersicht der bisher festgestellten Fundorte hervorgeht und auf S. 438 besonders hervorgehoben wurde, sind die Ausblühungen, wie auch die beschriebenen und räumlich damit verknüpften Kleinformen der Verwitterung, von bestimmten Himmelsrichtungen und von Wind und Wetter hinsichtlich ihrer Entstehung völlig unabhängig.

Gerade an den wettergeschützten Stellen, in Spalten und Rissen, im Hintergrunde verborgenster Höhlchen, an den Unterflächen tiefer Überhänge findet man die schönsten Ausblühungen. Auch die beschriebenen Anfänge der Rippenerosion mit Ausblühungen nur in den Furchen und namentlich die Sickerstreifen, Sickerbänder und Tropfenringe (S. 439) sind unanfechtbare Beweise gegen die Annahme, daß die Ausblühungen gewissermaßen als Anflug von außen her an den Sandstein gekommen sein könnten.

Wind und Wetter und sonstige atmosphärische Kräfte wirken sicher verändernd und zerstörend auf die Krusten, wirken austrocknend und lösend und transportieren das Alaunmaterial an andere Punkte. Sie bringen mit den herbeigeführten Sporen und Samen die Anfänge der Vegetation, durch welche die Ausblühungen rasch vernichtet werden. Sie wirken aber nimmermehr ursächlich.

Man könnte annehmen, daß namentlich durch den Winterschnee die Bestandteile des Alauns der Luft entzogen und durch die einsickernden Schmelzwässer dem Sandstein zugeführt werden. Ein Besuch der Feldsteine bei der Frühjahrschneeschmelze veranlaßte mich zur Prüfung solchen Wassers, bevor es Gelegenheit zum Einsickern hatte, auf den Schwefelsäuregehalt, aber ohne positives Ergebnis. Das Schmelzwasser war überhaupt säurefrei.

Wie verhalten sich aber die an den Unterflächen der Überhänge abtropfenden Sicker- und Schwitzwasser? Es braucht kaum erwähnt zu werden, daß das Spiel dieser lebendigen Kräfte, je nach Jahreszeit und Witterungsverhältnissen, bald schwächer, bald stärker einsetzt. Überhänge mit Tropfenfall, Wände mit abrieselndem Sickerwasser sind namentlich im Frühjahr zu beobachten. Mit Zunahme der Wärme und Trockenheit stellen viele Sickerstellen ihren Betrieb ein, selbst die Sickerstellen der Hiekelshöhle, der Weber- und Richtergrötte versiegen in trocknen Jahren völlig. Zur Zeit der Schneeschmelze aber durchzieht lebendiges Wasser auf tausendfältigen Wegen den Quadersandstein. Es wird in breiter Fläche

gewissermaßen aufgesogen, rückt langsam auf Haarspalten vorwärts oder rieselt und sickert in breiteren Rissen rasch abwärts in Richtungen, die bestimmt werden durch die Beschaffenheit des Gesteins, durch die Menge des Bindemittels, durch mehr oder weniger undurchlässige, früher erfolgte Ausscheidungen, wie die überall vorkommenden Schlieren und Bänder von Eisenoxydhydrat, von Kieselerde und kohlsaurem Kalk, und tritt dann aus auf Rissen und Schichtenfugen, in Löchern oder auch in breiter Fläche, an den Gesteinsaußenflächen namentlich der Überhänge und Wände, um in Tropfen oder dünnen Rinnsalen weiter zur Tiefe zu kommen.

Bei der Berührung dieser Wässer mit Luft, mit Humus und den Bestandteilen des Quadersandsteins ist von vornherein eine Änderung in ihrer chemischen Zusammensetzung wahrscheinlich. Aus diesem Grunde beschäftigte ich mich an allen genannten Fundstellen des Alauns auch mit diesem Sicker- bzw. Schwitzwasser. Es wurde geprüft nach Aussehen, Geschmack und seinem Verhalten zu blauem Lackmuspapier, ferner mit Chorbarium nach dem Charakter der Säure und an verschiedenen Punkten mit Ätznatron auf den Ammoniakgehalt. Besonders ergiebig an Sickerstellen waren die Überhänge in der Feld-Honigsteingruppe, am Großen Bärenstein, am Goldsteig und an der Bielraud b. Eiland.

Selten verhielten sich die Sickerwasser völlig indifferent, in sehr vielen Proben konnte bereits durch den Geschmack der Alaungehalt erkannt werden, so am Feldstein — Alaunhöhle und Überhänge auf der Nordseite —, am Großen Bärenstein — Zirkus —, am Lehnweg u. a. O.

An manchen Punkten zeigte das Tropfwasser außerordentlich bitteren Geschmack. Mit verschwindenden Ausnahmen reagierten die aufgefangenen Tropfen der Sickerstellen sauer, in den Alaunhorizonten stark sauer, und zwar auf Schwefelsäure. In einzelnen Fällen ergaben die wenigen geprüften Tropfen mit Ätznatron charakteristischen Ammoniakgeruch. Nach meinen Beobachtungen steht also fest, daß das Tagewasser zunächst vollkommen alaunfrei ist, daß es den Alaungehalt erst bekommt bei seinem Durchgange durch den Sandstein, und daß das austretende Schwitz- bzw. Sickerwasser infolge Verdunstung die „Alaunausblühungen“ veranlaßt.

Ehe auf die Betrachtung der Bezugsquellen für die Alaunbildung eingegangen werden soll, drängt eine andere Frage auf Beantwortung: Entstehen im Sickerwasser

a u ß e r A l a u n e t w a n o c h a n d e r e S u l f a t e b z w . a n d e r e S a l z e ? D i e s e F r a g e k a n n a u f G r u n d b i s h e r i g e r B e o b a c h t u n g e n z u m T e i l w e n i g s t e n s b e a n t w o r t e t w e r d e n .

Beim Begehen der Torwalder Wände fand ich unter einem Überhange mit prachtvoller Wabenverwitterung in mehreren Höhlchen die Decken- und Bodenflächen dicht besetzt mit zierlichen zapfen-, korallen- oder traubenförmigen Gebilden. Die Höhlchen glichen dadurch den Miniaturausgaben von Tropfsteingrotten, wie sie uns in der Dechenhöhle und Adelsberger Grotte bekannt sind. Die winzigen, einige Millimeter langen Gebilde sind außen dunkel gefärbt, sie zerbrechen sehr leicht und zeigen dann ein schneeweißes Inneres.

Die Proben gaben bei Behandlung mit Salzsäure keine Kohlensäurereaktion, aber schwachen Eisengehalt, der wohl der dunklen Rinde zuzuschreiben ist, stark geglüht aber eine kräftige Reaktion auf Ca und weiterhin die Entwicklung von Schwefelleber (Hepar). In jenen zierlichen Stalaktiten und Stalagmiten finden wir demnach den Gips. Die Härte der Innensubstanz war sehr gering. Eine weitere Durchforschung der Torwalder Wände nach Gips ist bis jetzt unterblieben. Meine Aufmerksamkeit bezog sich damals ausschließlich auf den Alaun. Zum zweitenmal fand ich den Gips an den Eibischsteinen zwischen Berggießhübel und Bahra. Die stark zerklüfteten Felsklippen gehören zum Labiatussandstein. Sie zeigen ausgeprägte Höhlen- und Lochverwitterung. Alaun fand ich nur an einer Stelle, dagegen den Gips unter genau den gleichen Verhältnissen wie an den Torwalder Wänden in vielen Höhlchen, aber auch als wulstförmige Aussinterung von Löchern und Sickerspalten, stellenweise mit winzigen Kryställchen, als durchscheinende Krusten an den Wänden gewisser Höhlchen und in Gestalt von erdigen, schneeweißen Randbezügen längs vieler Sickerspalten und Ablösungsrisse. Auf weiten Flächen erschienen die einzelnen Kerne des stark zerklüfteten Quaders wie weißgeränderte Mauersteine. Die Unterfläche eines kleinen Überhanges an einem im Hochwalde unweit davon befindlichen Felsen war durch ausgesinterten Gips in den Löchern und Grübchen wie mit einem weißen Spritzmuster versehen, ähnlich gewissen Alaunausblühungen an anderen Orten. Die rein weiße Farbe der erdigen Gipsbänder und Tupfen läßt auf ein noch jugendliches Alter schließen gegenüber den Sinterwülsten und korallenförmigen Bildungen. Die Untersuchung mitgebrachter Proben ergab das Gleiche wie am Gips der Torwalder Wände, die Prüfung verschiedener Sickerwässer an den Eibischsteinen ergab immer starke Reaktion auf Schwefelsäure und Kalk,

aber keinen Alaun. Ganz prachtvolle Gipsausscheidungen fand ich an den durch die Verwitterung zerfressenen Überhängen des Großen und Kleinen Zschirnsteins und zwar immer in Verbindung mit den Alaunausblühungen. Genau wie an allen sonstigen beobachteten Stellen sind auch hier diese durch Schwitz- und Sickerwasser erzeugten Mineralneubildungen auf die in fortschreitender Verwitterung begriffenen Horizonte beschränkt. Der Gips kommt in prächtigen Stalaktiten und Stalagmiten, in Sinterwülsten und Krusten mit schaliger Zusammensetzung vor. Die Decke des Diebskellers am Kleinen Zschirnsteine wie auch diejenige eines benachbarten Überhanges ist mit Gips förmlich überzogen, die Sickerrisse und -löcher sind damit ausgestopft. Die Decke der 1910 erschlossenen bis 6 m tiefen und breiten Falkenhöhle auf dem Pfaffenstein ist mit prächtigen korallenförmigen Sinterbildungen des gleichen Minerals behangen.

Bei der schweren Lösbarkeit dieses Minerals im Wasser scheint es an solchen Stellen den Sandstein gewissermaßen zu konservieren. Unter einem Überhange der stark verkieselten Südwand des Hohen Schneebergs, westlich vom Aussichtsturme, sitzt der Gips wie Mehlstaub auf Kieselkruste, findet sich aber auch in selbständigen, sehr dünnen Krusten. Die Prüfung der Gipsvorkommnisse auf den Zschirnsteinen und an dem Hohen Schneeberge ergab vorherrschend schwefelsauren Kalk, daneben in einigen Proben geringe Mengen von Brauneisen — Ursache der Dunkelfärbung — und Aluminium. Als weitere Fundstellen von Gipsausscheidungen in den beschriebenen Formen mögen genannt sein: Rauenstein, Bärensteine, Pfaffenstein, Gohrisch, alle Wände und „Steine“ des Rathener Gebiets, die Basteigründe, die riesigen Wandfluchten des Polenztales, der Schrammsteine, des Kleinen Winterberges und des Goldsteigs zwischen Zeughaus und dem Großen Winterberge. Im Zittauer Kreidegebiete fand ich den Gips in Verbindung mit Alaun am Oybinberg, am Pferdeberge und an den Nassen Grabensteinen, in den Steingittern und Löchern des Töpfers aber ohne Alaun. Bei genauer Durchsicht der Überhänge und der charakteristischen Erosionsformen sind die Gipssinter regelmäßig zu finden an den Seiten- und Deckenflächen, wie auch auf der Felssohle, auf letzterer gewöhnlich in warzen- oder knospenförmigen Gebilden. Die Beziehungen der Gipsausscheidungen zu den Alaunausblühungen sind mannigfaltig. In der Regel kommen beide Neubildungen neben- und durcheinander vor. Ein klassisches Beispiel liefern hierzu die elbseitigen Überhänge

des Rauschensteins bei Schmilka mit der fortschreitenden Lochverwitterung, bedingt durch ein verblüffendes Durcheinander von Gips- und Alaunausscheidungen. Jedoch finden sich auch Stellen mit vorherrschendem Alaun, an denen ich den Gips nicht oder nur spärlich entdecken konnte (Rauenstein, Griesgrund b. Rathen, Ostwand), und solche mit ausschließlicher Gipsausscheidung (Griesgrund, Überhänge der Westwände und die elbseitigen Basteiwände längs der „Rahmhanke“ zwischen Tiedgestein und Femgrund). Hier hat dieses im Wasser schwer lösliche Mineral den Sandstein an den Außenflächen durchsetzt und zementiert und dadurch in eine grauweiße, feste Rinde verwandelt, welche alle Unebenheiten, also die Löcher, Höhlchen und Risse, gleichmäßig überzieht und vielfach den Austritt von Sickerwasser sehr stark einschränkt. Die Außenfläche dieser vergipsten Rinden ist regelmäßig mit den beschriebenen Sinterbildungen des gleichen Minerals besetzt.

Aus den bisher festgestellten Vorkommnissen ist mit Sicherheit zu schließen, daß der Gips, in gleicher Weise wie der Alaun, durch das ganze Gebiet des Quadersandsteins verbreitet ist und selbst dort vorkommt, wo die Verkieselung und die Ausscheidung von Eisenoxyd vorherrscht, wie in den Bruchzonen.

Daß alle Ausscheidungen von Gips, ebenso wie diejenigen des Alauns, auf die Sicker- und Schwitzwasser zurückzuführen sind, ergibt sich aus den charakteristischen Ausbildungsweisen und deren Beziehungen zum Sandsteine.

Weitere genaue Untersuchungen der Sickerwässer und der Außenrinden des Sandsteines werden vermutlich die Anwesenheit noch anderer, bis jetzt unbekannter Salze, wenn auch in zurücktretenden Mengen, ergeben.

Ergebnisse:

1. Das Quadersandsteingebirge Sachsens enthält neben den bisher bekannten Ausscheidungen von kohlensaurem Kalk, Kieselerde, Eisen- und Manganverbindungen auch Kali-Ammoniumalaun und Gips, und diese letzteren in relativ großen Mengen und durch das ganze Gebiet verbreitet.

2. Beide Mineralien werden durch das Sicker- bzw. Schwitzwasser an die Außenflächen des Sandsteins geführt und hier durch allmähliche Verdunstung des Wassers ausgeschieden: der Alaun in winzigen Oktaederchen, welche charakteristische und leichtlösliche „Ausblühungen“ an allen Stellen

mit frischer Abwitterung bilden, oder in Sickerstreifen und -bändern auf unverwitterten Flächen, der Gips in schwerlöslichen Sinterbildungen mannigfacher Gestaltung, auch als ausheilendes Zement von Rissen und Sickerstellen, sowie zwischen den Quarkörnern des Sandsteins.

3. Nach den bisherigen Feststellungen ist das Auftreten von Gips und Alaun auf diejenigen Horizonte beschränkt, die sich auszeichnen durch charakteristische Erosionsformen.

Es war zu vermuten, daß diese Neubildungen, Gips und Alaun, in Verbindung mit den Kleinformen der Erosion, nicht nur sich beschränken auf das Gebiet der sächsischen Kreide, sondern auch in den Quadersandsteinen derselben Formation in anderen Gebieten, vielleicht auch in den Buntsandsteinen, auftreten. Bezüglich der ersteren schreibt mir Herr Bruno LEHMANN folgendes:

„An der Regensteinkette bei Blankenburg, im Turon des nordöstlichen Harzes, lenkte ein Quaderfelsen durch seine Farben schon von weitem meine Aufmerksamkeit auf sich. An diesem konnten alle charakteristischen Erscheinungen der Kleinformen der Elbsandsteinverwitterung festgestellt werden. An allen Seiten, also unabhängig von der Himmelsrichtung, zeigten sich die Einflüsse der chemischen Tätigkeit. Hinter überhängenden Krusten rieselte beim Klopfen Krümelsand herab, der seine Entstehung durch den charakteristischen Alaungeschmack verriet. Weite Felsflächen waren bedeckt mit krausen, netz- und wabenförmigen Gebilden, denen eine Gipsschicht — ebenso wie den Krusten — besondere Festigkeit verlieh. Daß es sich tatsächlich um dieselben Agentien und Verbindungen wie im Elbsandsteingebirge handelte, ergab die Analyse der Proben. Calcium- und Schwefelreaktion bestätigten, daß Gips als konservierender Bestandteil der Rinden auftritt, und der Nachweis von Aluminium, Schwefelsäure und Ammoniak in den Ausblühungen und im Krümelsande ließ auf Alaun mit Sicherheit schließen.“ —

Literatur über sonstige Beobachtungen von Alaun und Gips als Mineralneubildungen in den Sandsteinen oder verwandten Gesteinen ist, wie mir scheint, nicht vorhanden.

Woher bezieht nun das aus dem Sandstein kommende Wasser die Rohmaterialien zur Bildung beider Mineralien, also Aluminium, Kalium, Ammonium, Calcium, Eisen und die sehr beträchtlichen Mengen von Schwefelsäure?

Wir haben kennen gelernt, daß 2 Quadratdezimeter Felsfläche an der „Bielraud“ 12,8 g Alaun produzieren. Legen wir diesem Alaun die auf Seite 431 angegebene Zusammensetzung zugrunde mit 41,60 Teilen Schwefelsäure auf 100 Teile Substanz, so erhalten wir für die genannte Fläche von 2 Quadratdezimeter einen Schwefelsäuregehalt von 5,2348 g (SO_4). Das ist eine sehr große Menge. Ist die nachgewiesene Schwefelsäure des Sickerwassers völlig gebunden oder, wenigstens zum Teil, in freier Form vorhanden?

Der Alaun des Quadersandsteins unserer Kreide reagiert immer stark sauer, aber auch die Sicker- und Schwitzwasser zeigen die Reaktion auf freie Schwefelsäure. Die Beantwortung der Frage ist demnach kaum möglich. Vielleicht ist bei der anzunehmenden sehr großen Verdünnung das Doppelsalz und auch das schwefelsaure Calcium dissoziiert.

Über die Herkunft der Schwefelsäure, des wichtigsten Bestandteiles der beschriebenen Neubildungen, können nur Vermutungen geäußert werden. Schwefelsäure kann durch Umwandlung von Schwefelmetallen entstehen. Über das Vorkommen von Schwefelkies bzw. Markasit enthält die Literatur unsers Gebiets einige Angaben.

Wegen der Wichtigkeit dieser Vorkommnisse für die Erklärung der Herkunft der Schwefelsäure seien sie hier zusammengestellt.

I. Cenoman:

1. Crednerienstufe: III. Bohrloch in der Neuen Kaserne zu Pirna 1888. Mittelkörniger, lockerer Sandstein mit viel Schwefelkies. BECK: Erl. z. Sekt. Pirna, S. 118.

2. Carinatensandstein zwischen Schlottwitz und Reinhardtsgrimma: Nicht selten über dezimetergroße Knollen von Eisenkies und dessen Zersetzungsprodukten. SCHALCH: Erl. z. Sekt. Dippoldiswalde-Glashütte, S. 50.

II. Turon:

1. Glaukonitischer Labiatussandstein: Konkretionäre Anhäufungen kleiner Pyritkörnchen. Daneben auch einzelne größere Knollen von reinem Pyrit oder Markasit. SCHALCH: Erläut. z. S. Rosenthal-Hoher Schneeberg, S. 20.

Körnchen von Eisenerzen im Labiatussandstein. BECK: Erl. z. S. Pirna, S. 59.

2. Glaukonitische Mergel und Pläner der Brongniartstufe: Kleine Pyritwürfel fehlen nirgends (Pläner bei der Wasigquelle). SCHALCH: Erl. z. S. Rosenthal-Hoher Schneeberg, S. 28.

Brongniartiquader: BECK und HIBSCH: Erl. z. S. Großer Winterberg-Tetschen, S. 35. Nach ausgeführten chemischen Analysen von F. ULLIK am Brongniartiquader aus der Nähe der Laubequelle fanden sich im Salzsäureauszuge äußerst geringe Mengen von Kalkerde, Kali, Natron und Schwefelsäure.

III. Der Überquader und die zugehörige Scaphitenstufe:

BECK: Erl. z. S. Pirna, S. 73. „Mitunter haben sich (in dem mergelartigen Tone dieser Stufe) infolge der Zersetzung des ebenfals beigemengten Pyrits zierliche Gipskrystalle ausgeschieden.“

Aus dieser Übersicht geht hervor, daß Eisenkies und Markasit, die Lieferanten von Schwefelsäure, keiner Stufe unseres Quadergebirges fehlen. Bei nachhaltigem Suchen dürften diese Mineralien auch noch im frischen Brongniart-sandstein selbst gefunden werden. Vereinzelt, winzige Pyritkörnchen fand ich im frischen Gestein in einem Bruche zwischen Wehlen und Rathen. Auch deuten die im ganzen Gebiete sehr zahlreichen Schlieren und Konkretionen von Eisenoxydhydrat im Brongniartiquader auf die einstige Anwesenheit von Schwefelkies hin. Vielleicht sind auch die öfteren Angaben über das Vorkommen von „Eisenerzen“ als feinste Körnchen bei der Gesteinszusammensetzung des Quaders auf Eisenkies zu beziehen.

Eine Zuführung der Schwefelsäure etwa nur von außen her, durch die Luft, erscheint mir nicht recht wahrscheinlich, schon mit Bezug auf ihr zeitweiliges Fehlen im Schmelzwasser der Schneedecke (vgl. S. 446), sowie auf die völlige Unabhängigkeit der Neubildungen von den Himmelsrichtungen, von der Höhenlage und der Entfernung von den etwa in Frage kommenden Industriestätten und Verkehrswegen, wiewohl der Gehalt an schwefeliger Säure in der Luft unseres Gebiets zu gewissen Zeiten infolge der Verbrennung von Kohlen sicher eine beträchtliche Höhe erreicht und die schweflige Säure bei der Aufnahme durch den Boden in Schwefelsäure umgewandelt wird. Auch eine Erwägung der Frage, ob der Vegetation bzw. dem Humus eine Rolle bei der Bildung der Schwefelsäure zugeschrieben werden kann, etwa wie bei der Kohlensäure, ist nicht von der Hand zu weisen, obgleich darauf bezügliche Untersuchungen für unser Gebiet noch nicht vorliegen. Viele alauhaltige Quaderkomplexe sind gegenwärtig zwar völlig vegetationslos; das kann aber in einer bestimmten geologischen

Vergangenheit auch anders gewesen sein. In den Humusstoffen des Bodens ist Schwefel organisch gebunden und wird bei der Verwesung in Schwefelsäure übergeführt. Auch die Moore und die unterlagernden Sande enthalten Eisenkies und Markasit in Konkretionen, wahrscheinlich durch Einwirkung von Schwefelverbindungen aus dem Pflanzeneiweiß auf Eisensalze unter Abschluß von Luftsauerstoff entstanden.¹⁾

Weniger Schwierigkeit macht die Erklärung des Aluminiums, des Kaliums und des Calciums in den gebildeten Sulfaten, Alaun und Gips. Diese Elemente finden sich in dem Bindemittel, das keinem Sandstein vollständig fehlt, und das je nach Örtlichkeit, Horizont und besonderer Beschaffenheit des Gesteins an Natur und Menge äußerst rasch wechseln kann. Ob dieses Bindemittel als Kontakt- oder Basalzement oder als Porenzement vorkommt, hat höchstens auf die Wasserdurchlässigkeit einen gewissen Einfluß. Daß ein vorherrschend kieseliges Bindemittel, wie in der unmittelbaren Nachbarschaft der großen Verwerfungen, die Ausscheidungen verringert und ganz unterbindet, ist auf Seite 435 und 438 gezeigt worden. Dem überall auftretenden tonigen Bindemittel entstammt das Aluminium. Die in den Erläuterungen zur Geolog. Spezialkarte unsers Gebietes sehr oft erwähnten Vorkommen von Feldspatresten, namentlich aber die glaukonithaltigen Sandsteine und Pläner an der Grenze des Brongniarti- und Labiatussandsteins, liefern Kalium in ausreichender Menge. Die Beteiligung des Kaliums an der Bildung des Alauns in unserem Gebiete schwankt in weiten Grenzen, wie die angestellten chemischen Prüfungen gezeigt haben. Auch bei völligem Fehlen dieses Metalls geht die Alaunbildung vor sich, wobei als Endprodukt reiner Ammoniumalaun auftritt.

Über Herkunft und Eintrittswege des Ammoniums können wir folgendes annehmen: Ammoniak bildet unter gewissen Umständen sich in der Luft und wird vom Boden aufgenommen. Nach HEINRICH²⁾ betrug die jährliche Ammoniakaufnahme des Bodens 30,6 kg für 1 ha, nach SCHLÖSING³⁾ sogar 63 kg. Ammoniak entsteht auch regelmäßig bei Zersetzung organischer Substanz. Beide Bezugswege sind möglich. Es ist zu bedenken, daß auf der Sandsteinoberfläche die Vegetation seit vielen Jahrtausenden bodenständig war und demgemäß ihre

¹⁾ E. RAMANN: Bodenkunde, Berlin 1911, III. Aufl., S. 100.

²⁾ Forsch. Agrik.-Phys., 1881 4., S. 446.

³⁾ Compt. rend. Paris, Akad. 102, S. 1002.

Zerfallsprodukte mit dem eindringenden Oberflächenwasser allenthalben dem Gesteinsinnern zugeführt wurden und noch werden. Auch die in der Gegenwart vegetationsarmen oder ganz vegetationslosen Wände und Felsen mit reichen Alaun- ausblühungen haben sicher in früheren Zeiten den Schmuck des Pflanzenkleides getragen und bewahrten in ihrem Innern vielleicht bestimmte Zerfallsstoffe auf bis auf die Gegenwart.

Der zur Bildung von Gips benötigte Kalk ist sicher weiter verbreitet als die Literatur über unser Gebiet angibt. Die Eibischsteine und Zschirnsteine sind sehr reich an Gips- ausscheidungen, wiewohl der Kalk an diesen Orten früher nicht aufgefunden worden ist. Dasselbe gilt auch von den meisten mir bis jetzt bekanntgewordenen Gipsstellen.

An verschiedenen Punkten erscheinen beide Neubildungen räumlich neben- und durcheinander, so ganz typisch am Rauschenstein bei Schmilka. Am Eibischsteine, an einigen Fundstellen des Kleinen Zschirnsteins, am Jungferstein bei Rathen, am Goldsteig und am Kleinen Winterberge sucht man an den gewissermaßen ausgegipsten Decken vergebens nach Alaun, der dann in einem etwas höher befindlichen Horizonte sich einstellt. Warum das Sickerwasser an einer bestimmten Stelle Gips und nicht Alaun herausführt an die Oberfläche, ist eine Frage, die ohne genaueste Kenntnis der Gesteins- beschaffenheit an der betreffenden Örtlichkeit nicht beantwortet werden kann.

Wie Schwefelsäure und Ammonium, so können, mit Aus- nahme des Aluminiums, schließlich alle Bestandteile der Neu- bildungen auf die Zerfallsstoffe der Pflanzendecke zurück- geführt werden. Beweise für eine solche Auffassung sind aber wohl kaum ohne weiteres herbeizuschaffen.

Als Ergebnis unserer Betrachtungen über die Herkunft der Komponenten der beschriebenen Neubildungen, Gips und Alaun, gilt:

1. Alle Stufen des Quadersandsteins ent- halten Schwefelkies bzw. Markasit. Durch deren Zerfall bei Gegenwart von Luft und Wasser entsteht Schwefelsäure. Eine Zu- fuhr dieser Säure aus der Luft und aus den Humusstoffen ist ebenfalls wahr- scheinlich.
2. Die Schwefelsäure wird vom zirkulierenden Wasser aufgenommen und erzeugt aus den Mineralbeständen des jeweiligen Bindemittels unter Hinzutritt von Ammoniak, das den

Zerfallsprodukten der Vegetationsdecke und der Luft entstammt, Alaun und, beim Vorwalten von Kalk, schwefelsauren Kalk.

3. Das Sickerwasser führt die neugebildeten Salze in gelöster Form an die Außenflächen und gibt bei seiner Verdunstung den Alaun in krustenförmigen Ausblühungen, den schwefelsauren Kalk als Gips in korallen- oder zapfenähnlichen Hervorragungen oder in Sinterwülsten, oder in weißen erdigen Bändern ab.

Der außerordentlich hohe Gehalt von Alaun in den frischen Abwitterungsstellen, wie er von mir an den Felsen der Bielraud bei Eiland mit 12,8 g auf 2 Quadratdezimeter Fläche festgestellt, auch in vielen Sickerwässern beobachtet wurde, ebenso die massenhaften Gipsausscheidungen dürfen nicht zu der Folgerung verleiten, daß eine derartige Konzentration der Sickerlösungen auch innerhalb des Gesteins vorhanden sein müsse. Der Gehalt an beiden Neubildungen nimmt gegen das Gesteinsinnere sehr rasch ab, ebenso sind die erwähnten Erosionsformen nur auf die Außenflächen beschränkt. Wir haben also allen Grund zu der Annahme, daß innerhalb der Gesteinskörper die chemischen Agentien zunächst in außerordentlich starker Verdünnung auftreten, und daß erst mit der Länge des Weges, der Innigkeit und Dauer der Berührung mit dem Bindemittel und der zunehmenden Annäherung an die Außenfläche die Konzentration zunimmt bis zu den beobachteten hohen Graden. Es ist ferner wohl anzunehmen, daß die zur Zeit der Beobachtung zugänglichen Mineralneubildungen nur einen Teil der überhaupt entwickelten Salze darstellen, und daß ein anderer, vielleicht noch größerer Bruchteil, mit vielleicht noch unbekanntem löslichen Salzen, durch die zirkulierenden Wasser in tiefer gelegene Horizonte geführt bzw. in manchen Quellen zum Vorschein kommen wird. Die darauf bezügliche Literatur unseres Gebiets enthält leider nur recht dürftige Angaben.

In der Analyse der Schandauer Mineralquelle wird schwefelsaurer Kalk angegeben mit 0,0128 g auf 1 l Mineralwasser (Erl. z. S. Königstein-Hohnstein, S. 44).

Aus den Analysen einiger der wichtigsten Quellen der Sektion Großer Winterberg-Tetschen ist das Vorkommen von Sulfaten zu erkennen. Der Gehalt in Gramm ist bezogen auf 1 Liter Wasser.

1. Eisenquell des Josefsbades bei Obergrund: 0,0132, gebunden an K und Na.
2. Laubequelle: 0,0244, gebunden an Ca und Mg.
3. Wolfsborn bei Obergrund: 0,0042, gebunden an K und Mg.
4. Teichgrabenquell bei Biela: 0,00525, gebunden an K und Mg.
5. Kellborn bei Obergrund: 0,00289, gebunden an K und Na.

Der Gehalt an Chloriden schwankt in diesen Quellen von 0,0301 (Laubequell) bis 0,0079. Das Aluminium findet sich mit Ausnahme der erstgenannten Quelle in allen anderen Quellen¹⁾.

Von besonderer Wichtigkeit für die Frage, ob die an der Oberfläche beobachteten Sulfate durch die Sickerwasser den Tiefenquellen zugeführt werden, scheint der Brunnen der Festung Königstein zu sein. Dieser Brunnen steht mit 152,47 m durchaus im Brongniartiquader. Seinen größten Wasserzufluß erhält er bei 139 m Tiefe aus 2 gegen N in festes Gestein vorgetriebenen Strecken von 7,8 und 8 m Länge. Die mir vorliegenden und durch die Güte der Königl. Festungskommandantur zur Einsicht überlassenen Wasserprüfungsbeefunde gehen zurück bis 1884. Von 1904 bis gegenwärtig ist das Wasser regelmäßig und jährlich 2 bis 4 mal untersucht worden. Entsprechend ihrem besonderen Zwecke sind diese Untersuchungen leider nicht gerichtet auf die Feststellung der Metalle, mit Ausnahme des Kalkes, durch welchen die Härte des Wassers bestimmt wird. Immerhin ist aus den Befunden das Verhalten der Schwefelsäure und des Kalkes zu erkennen. Die sämtlichen in dem Originale angegebenen Werte sind umgerechnet auf 1 l Wasser und geben den Gehalt in Bruchteilen eines Gramms an. Bemerkenswert erscheint zunächst das neutrale Verhalten des Trinkwassers in allen Prüfungen²⁾.

Verschiedene kleine Quellen im Gebiete des Brongniartiquaders sind auffällig durch den charakteristischen Geschmack ihrer Wässer, obwohl nähere Untersuchungen darüber noch nicht vorliegen. So erwähnt schon der alte GÖTZINGER 1812 eine Quelle in der Gostge, unweit der Breiten Kluft bei Schmilka, mit auffallend bitterem Geschmack³⁾. An einer Quelle im Schleifgrunde bei Wehlen, linke Seite der Schlucht, kann man, namentlich im Sommer bei geringem Wassergehalte, einen

¹⁾ Erl. z. S. Großer Winterberg-Tetschen von BECK und HUBSCH.

²⁾ Hierzu Tabelle umseitig.

³⁾ GÖTZINGER: Schandau und seine Umgebung, Dresden 1812, S. 343, Anm.

Gehalt des Trinkwassers aus dem Brunnen der Festung Königstein an CaO und SO⁴ in Gramm, bezogen auf 1 l.

Nr.	Jahr	Tag	CaO	SO ⁴	Bemerkungen
1	1884	10. 9.	0,030	0,05	1. Der vorhandene Kalk reicht nicht aus zur Sättigung der Schwefelsäure. Da das Wasser stets neutral reagiert, so muß der Schwefelsäurerest an Magnesium, an Alkalien bzw. Aluminium gebunden sein.
2	1904	4. 6.	0,053	0,095	
3	"	5. 9.	0,062	0,110	
4	"	8. 12.	0,062	0,110	
5	1905	2. 3.	0,0532	0,095	
6	"	3. 6.	0,0537	0,096	2. Das Wasser läßt starke Schwankungen in dem Kalk- und Schwefelsäuregehalt erkennen. Nr. 1 bzw. 18 und Nr. 17.
7	1906	27. 3.	0,050	0,091	
8	"	3. 7.	0,0378	0,0675	
9	"	7. 12	0,058	0,105	3. Diese Schwankungen zeigen sich auch innerhalb eines Jahres. Nr. 17 und 18. Sie scheinen in Verbindung zu stehen mit den Niederschlagsverhältnissen.
10	"	17. 9.	0,058	0,105	
11	1907	26. 2.	0,054	0,084	4. Der Festungsbrunnen übertrifft in dem Gehalte an Kalkerde und Schwefelsäure alle vorgenannten Quellen um ein ganz Beträchtliches. Ursache: die Größe des Einzugsgebietes.
12	"	11. 6.	0,054	0,093	
13	1908	27. 3.	0,051	0,090	
14	"	26. 6.	0,048	0,086	5. Die chemische Zusammensetzung seines Wassers kann nur erklärt werden damit, daß Alaun und Gips, die an der Außenfläche des Quadersandsteins auftreten, z. T. durch die Sickerwässer in den Brunnen geführt werden.
15	1909	18. 1.	0,039	0,070	
16	"	4. 3.	0,0366	0,065	
17	1910	21. 1.	0,088	0,1575	
18	"	23. 9.	0,036	0,0630	
19	1911	28. 2.	0,064	0,115	

ganz auffallend adstringierenden Geschmack wahrnehmen, der anscheinend nicht an Eisensalze gebunden ist.

Beziehungen der schwefelsäure- und sulfathaltigen Sickerwasser zur Verwitterung des Quadersandsteins.

Nach den bisherigen Anschauungen wird die Verwitterung des Quadersandsteins ganz vorwiegend als ein mechanischer Vorgang aufgefaßt, und zwar mit Hinweis namentlich auf die verschwindende Menge des Bindemittels, dessen Umänderungen ohne Bedeutung für die Gesteinsverwitterung bleiben sollen. Die charakteristische Waben- und Löcherverwitterung wurde lediglich als Wirkung der mechanischen Tätigkeit des Schwitz- und Sickerwassers betrachtet und eine chemische Tätigkeit dieses Wassers mit dem Hinweise auf das Fehlen von Stalaktiten- bzw. Stalagmitenbildungen in Abrede gestellt. Vergl. Anmerkung zu S. 439. Im Gegensatz zu diesen an-

gedeuteten bisherigen Anschauungen steht Obst¹⁾, der die Herausbildung der Kleinformen im schlesisch-böhmischen Kreidegebiete und auch in der Sächs. Schweiz den Sandstürmen postglazialer Wüstenwinde zuschreibt und weder einer mechanischen noch einer chemischen Arbeit der Sickerwasser einen nennenswerten Einfluß zugesteht.

Allen den bisher erschienenen Arbeiten über die Verwitterung im Quadergebiete ist selbstverständlich ihre Bedeutung zuzugestehen. Nur scheint mir, als ob die Natur mit ihren tausendfach verschlungenen Wegen hin und wieder doch nicht immer in ein bestimmtes Schema sich einfügen ließe. Die Bedeutung der mechanischen Kräfte des Sickerwassers, wie auch der verändernden und formenden Tätigkeit eines Wüstenklimas mit dem Sandgebläse seiner Stürme, tritt in unserm Gebiete allenthalben hervor, aber der Anteil chemisch wirkender Kräfte bei der Verwitterung ist unterschätzt worden. Die massenhaften Alaunausblühungen und die gleichfalls überall vorkommenden Gipsaussinterungen, in Verbindung mit den Eisenrinden, sind sprechende Zeugen von der chemischen Tätigkeit zirkulierender Wässer. Ausblühungen und Stellen frischer Sandabwitterung sind stets räumlich gebunden an die Austrittsstellen der Schwitz- und Sickerwässer. Der örtliche Zusammenhang dieser Erscheinungen deutet hin auf ein ursächliches Verhältnis. Der relativ hohe Gehalt an Schwefelsäure in diesen Wässern ist an sehr vielen Sicker- bzw. Austrittsstellen festgestellt. Die chemische Arbeit der Säure wird gesteigert in der Nähe dieser Austritte. Sie kann bei der Unlöslichkeit der Quarzkörner und der kieseligen Bestandteile des Sandsteins sich nur richten gegen das überall, wenn auch oft in ganz geringen Mengen vorkommende Bindemittel, namentlich bei toniger und kalkiger Beschaffenheit. Diesem wird Aluminium oder Calcium entzogen, und damit hört auch die Kraft der Bindung auf. Die nunmehr zwischen den Quarzkörnern aufwachsenden winzigen Alaunkryställchen treiben mit ganz bedeutender Sprengkraft jene voneinander, und als Endwirkung tritt auf der völlige Gesteinszerfall, der charakteristische Krümelsand, diese schwachfeuchte Mischung aus Quarz- und Alaunkörnern.

Erfolgt der Austritt der Feuchtigkeit in der Flächenfront, so entwickelt sich die Flächenabwitterung, zieht er sich

¹⁾ Obst: Oberflächen- und Felsformen im Gebiete der schlesisch-böhmischen Kreideablagerungen, *Mitteil. d. Geolog. Gesellschaft in Hamburg*, Bd. IV, 1909, S. 183 ff.

räumlich zusammen auf gewisse Punkte, veranlaßt durch örtliche Verhältnisse im Gestein, auf einzelne Sickerstellen, so entstehen Löcher und Gruben, die Anfänge der Wabenbildung, schreitet die chemisch wirkende Sickerlösung in horizontal gerichteten, durch widerstandsfähigere Zwischenlagen (Gips) voneinander getrennten Bändern fort, so entwickeln sich die charakteristischen Steingitter.

Diese chemische Verwitterung wirkt bei Anwesenheit der Schwefelsäure und des Bindemittels ununterbrochen, solange genügend Feuchtigkeit vorhanden ist. Sie wird gesteigert im Frühjahr und zu anderen Jahreszeiten durch längeren Regenfall und nur vorübergehend unterbrochen durch langdauernde Trockenperioden.¹⁾

Sind die Schwefelsäurebestände erschöpft, so kann die chemische Verwitterung nicht weiter fortschreiten. Der erreichte Verwitterungsgrad bleibt auf lange hinaus bestehen, oder andere Faktoren — mechanische Kräfte und die Vegetation — sind allein tätig.

Es ist kaum anzunehmen, daß die chemische Verwitterung nur in der Gegenwart ihre Rolle spielt. Nach aller Wahrscheinlichkeit waren die Schwefelkiesbestände, sowie andere Quellen der Schwefelsäure und die Bindemittel in früheren Zeiten reicher als jetzt, dementsprechend müssen auch die chemisch wirksamen Kräfte bei der Verwitterung des Quadersandsteins früher stärker gewesen sein als in der Gegenwart. Über den Anteil des Alauns an der chemischen Erosion des Sandsteines lagen bisher noch keine Beobachtungen vor. In seiner „Bodenkunde“ behandelt RAMANN den Einfluß von Salzen auf die Verwitterung ganz im allgemeinen und ohne Bezug auf den Alaun in treffender Weise, indem er schreibt: „Großen Einfluß gewinnen die löslichen Salze des Bodens, wenn sie in größerer Menge vorhanden sind, beim Verdunsten des Wassers konzentrierte Lösungen bilden und endlich auskrystallisieren. Hierdurch wird der Zusammenhang der Gesteine, zumal Kalk und Sandstein, gelockert. Die Folgen sind chemisch geringe Veränderung der Oberfläche, starke Zerstörung der inneren Teile der Gesteine. Zerbricht endlich die schwache Oberflächenschicht, so sind die innern Teile des Gesteins dem Angriff der Atmosphärien ausgesetzt und die Zerstörung dringt in das Innere vor und bildet Löcher und

¹⁾ In dem an Niederschlägen außerordentlich armen und abnorm heißen Sommer 1911 wurde die beschriebene chemische Verwitterung an vielen Stellen beobachtet.

Höhlungen. Es sind dies die bezeichnenden Formen der Verwitterung im Wüstengebiet, wo die Voraussetzungen für diese Verwitterungsform vielfach gegeben sind. In humiden Gegenden stehen frei hervorragende Felsmassen unter ähnlichen Einflüssen, und es ist anzunehmen, daß viele Sandsteine — (Quadersandstein) und Kalkfelsen zum Teil dadurch ihre eigenartigen Formen erlangen.“ (Bodenk. S. 70 u. 71). Nach E. KAISER¹⁾ geht der Zerfall des Stubensandsteins am Kölner Dom in ähnlicher Weise vor sich. Verantwortlich werden hierfür die sauren Rauchgase der Luft gemacht²⁾. Während also die Alaun- ausblühungen an unseren Sandsteinwänden die fortschreitende chemische Verwitterung äußerlich kennzeichnen, spielen die Ausscheidungen von schwefelsaurem Kalk entschieden eine ganz andere Rolle.

An allen von mir beobachteten Punkten wird der vom Gips durchsetzte Sandstein der Außenflächen zur festen, schwer wasserdurchlässigen Kruste. Die Sinterwülste und Rißausfüllungen des gleichen Minerals sind der Außenwirkung der Verwitterungskräfte schwer zugänglich und schützen, wie die Krusten, den damit durchsetzten und überdeckten Sandstein vor der Zerstörung. Die dazwischen befindlichen ungeschützten Sandsteinpartien fallen der von innen herauswirkenden chemischen Verwitterung rasch anheim, und so entsteht in vielen Fällen ein verschiedenfarbiges Relief mit weißen, gips- haltigen Hervorragungen in Rippen, Wülsten und Schalen und dazwischen befindlichen Furchen und Gruben des abwitternden Sandsteins. Ein ganz ausgezeichnetes Beispiel für diese konser- vierende Bedeutung des Gipses und die zerstörende des Alauns am gleichen Orte, außer später zu beschreibenden Punkten, ist eine kleine Höhle unweit des Diebskellers auf der Westseite des Kleinen Zschirnsteins. Die Decke dieser etwa $2\frac{1}{2}$ m tiefen, am Eingange etwa $1\frac{1}{4}$ m hohen Höhle ist weißen übergipsten, unregelmäßig verlaufenden, fingerbreiten Rippen verziert, zwischen welchen die zentimetertiefen Furchen gelben auswitternden Sandsteins verlaufen. Die kleinsten, erbsengroßen Sickerstellen sind durch weißen Gips völlig ver-

¹⁾ E. KAISER: N. Jahrb. f. Min. 1907 II, S. 42.

²⁾ Nach einer mir durch Herrn Oberlehrer VOGEL in Pirna zur Verfügung gestellten Mitteilung eines Fachmannes haben die Sandstein- bauten in Chemnitz i. S. eine durch das Sandstrahlgebläse kaum an- greifbare feste, durch Staub und Ruß dunkelgefärbte Kruste, hinter welcher das Gefüge des Gesteins bis zu einer gewissen Tiefe allen Zu- sammenhang verloren hat. Offenbar eine Wirkung der sauren und ammoniakreichen Rauchgase in der bekannten Fabrikstadt.

stopft, größere dagegen randlich von Gipswülsten umgeben. Die dünne Kruste des Sandsteins in der Umgebung dieser Höhle ist gips- und alauhaltig.

Ganz besonderes Interesse wecken die Beziehungen der Sickerlösungen zu den Außenflächen des Sandsteins durch die Bildung und Zerstörung von dünnen Rinden.

Soweit diese Außenflächen nicht in frischer Abwitterung begriffen sind, unterscheiden sie sich von der dahinter befindlichen Gesteinsmasse durch gleichmäßige Färbung, Glätte, größere Dichte und Festigkeit und unter der Lupe in der Regel durch das Auftreten feiner, hellgefärbter Sinterbildungen oder erdiger Überzüge. Beim Anschlagen zerspringen diese auffallenden Partien wie spröde Scherben und mit hellem Klingeln (Basteiwände, Griesgrund, Gänse, Jungfernstein, Feldsteine, Pfaffenstein u. a. O.). Diese beschriebene abweichende Beschaffenheit setzt sich höchstens einige Millimeter fort in das Gesteinsinnere und macht ganz allmählich dem normalen Gefüge Platz. Die so gebildeten dünnen Krusten oder Rinden überziehen sehr oft große Wandflächen mit allen Unebenheiten, die Decken- und Sohlflächen vieler Überhänge. Sie kleiden die Zellen, Löcher und Höhlchen aus und bedecken alte, der rezenten Verwitterung nicht unterworfenen Steingitter. Durch organische Substanz oft dunkel gefärbt, erscheinen diese Rinden vielfach wie künstlich aufgelegte Dachpappen, namentlich dann, wenn sie in durchlöcherten Lappen und Fetzen mit ausgefranzten Rändern vom abwitternden Sandstein herabhängen. (Rauenstein, großer Überhang a. d. Nordseite u. a. O. Tafel XVIII.)

Durch ihre offenbar größere Widerstandsfähigkeit gegen zerstörende Außenkräfte bilden diese dünnen Rinden bis zu einem gewissen Grade Schutzdecken, ähnlich den bekannten Eisen- und Kieselrinden bestimmter Örtlichkeiten (Hoher Schneeberg, Nachbarschaft der Lausitzer Verwerfung, Lattengrund u. s. f.), die aber durch Färbung, viel größere Härte und Festigkeit ausgezeichnet sind, lediglich als Ausscheidungen von früheren Sickerlösungen betrachtet werden müssen und hinsichtlich der Häufigkeit und Verbreitung nur örtliche Bedeutung haben.

Beim Glühen des ersterwähnten Rindenmaterials verflüchtigt sich die organische Substanz mit charakteristischem Geruch, und der nunmehr weiße Rückstand aller Proben aus dem Brongniarti-, Labiatus- und Carinatensandstein erwies sich stets stark alkalisch, gab mit HCl eine starke Flammenfärbung nach Ca und stets die Reaktion auf Schwefelsäure.

Danach enthalten die dünnen Rinden des Sandsteins eine bestimmte, örtlich stark wechselnde Menge von schwefelsaurem Kalk.

Dieser aber kann nur von innen heraus durch das Schwitz- bzw. Sickerwasser der Außenfläche zugeführt worden sein. Eine andre Erklärung ist nicht möglich. Es spielt also an der Außenfläche der zwischen den Quarzkörnern abgelagerte, diese selbst gewöhnlich als dünne Haut überziehende Gips die Rolle eines sekundär gebildeten Zements, genügend fest, um die Wirkung äußerer Erosionskräfte zu verlangsamen. In der Tat ist an allen Wandflächen mit ausgegipstem Sandsteine ohne gleichzeitige Anwesenheit von Alaun, wie solche häufig zu treffen sind, die Wirkung rezenter Erosion nicht zu beobachten. Es verhindert die mit der Zeit immer dichter werdende Rinde aber auch schließlich den Austritt des Schwitzwassers und durch vollkommene Auszementierung der Löcher, Narben, Zellen und aller sonstigen Sickerstellen denjenigen des Sickerwassers. Die davon betroffenen Sandsteinkomplexe erscheinen dann zu allen Jahreszeiten trocken. Die das Gestein gefährdenden Lösungen kommen an solchen Stellen nicht an die Außenfläche. Der Verwitterungsvorgang ist unterbrochen. Typische Stellen hierfür sind zu finden an den elbseitigen Basteiwänden längs der „Rahmhanke“, im Griesgrunde, am Feldstein und namentlich am Jungferenstein (Talwächter) bei Rathen. Die Wandstellen der durch ihren malerischen Ausblick berühmten Durchfahrt an letzterem sind vollkommen ausgegipst, darum trocken und alaunfrei. Erst weit oberhalb der Deckenwölbung setzt die charakteristische Alaunverwitterung wieder ein mit Absprengen von Teilen der Gipsrinden. Eine ganz ähnliche Stelle findet sich auf der Südseite des Rauschentores bei Schmilka. Eine längs einer Kluft abgesunkene Wand liegt schräg gegen den stehengebliebenen Flügel. Die Innenseiten der so gebildeten „Durchfahrt“ sind vollkommen ausgegipst und dadurch bisher vor jedem atmosphärischen Angriff gesichert¹⁾. An anderen Orten freilich ist die Schutzwirkung der beschriebenen dünnen Krusten nicht ausreichend gegen die Zerstörung des Gesteins von innen her. Das Schwitzwasser bzw. Sickerwasser dringt vor gegen die Rinde. Die Auskrystallisation des Alauns erfolgt dann innerhalb des Sandsteins, unmittelbar hinter der Rinde. Durch die damit verbundene Volumvergrößerung und

¹⁾ Auch das bekannte Prebischtor bei Herrnskretsch und ähnliche Gebilde scheinen so entstanden zu sein.



Aufnahme von BEYER.

Fig. 4. Rauenstein, Ostseite.

Wand in frischer Lochverwitterung begriffen. Herausquellender Alaunsand und Ausblühungen auf den frischen Sprenglöchern der dunkelgefärbten, gipshaltigen „Schutzrinde“.

durch die sprengende Kraft der Alaunkryställchen wird der Zusammenhang der Quarzkörner gelockert. Die Rinde bläht sich stellenweise förmlich auf, blättert ab in oft wunderbarlich durchbrochenen, hellklingenden Scherben, und aus den so entstandenen Öffnungen quillt förmlich der alauhaltige Krümel-sand hervor. So wird durch den Alaun die durch den Gips gebildete „Schutzrinde“ wieder zerstört. Das abwechselnde Spiel dieser Vorgänge, der Bildung und Zerstörung von Rinde, ist typisch dargestellt an einem Felswandel in den Ostwänden des Griesgrundes bei Rathen, nicht leicht zugänglich, ferner im Hirsegrunde bei Rathen, am Rauensteine, an dem Felsen rechts vom Stufenaufgange von Rathen bzw. Weißig her, Figur 4. Die Ostwand dieses letztgenannten Felsens ist in voller Auflösung begriffen. Ein kleiner Rest alter Rinde über Wabenzellen hängt links oben. Der größte Teil der Wandfläche oberhalb des Überhanges ist überzogen mit einer hellgrauen durchgipsten jüngeren Rinde, zerrissen und vielfältig durchlöchert. Aus allen Öffnungen aber quellen hervor die Ausblühungen und der Krümel-sand. Deutliche Aufblähungen dieser Rinde reißen schon bei schwachem Fingerdrucke auf und entwickeln sich zu neuen Öffnungen mit nachquellendem alauhaltigen Sande. Ähnliche prächtige Beispiele bietet der große Überhang am Fuße des Kleinen Winterberges, unweit vom Wappenstein, sowie der Goldsteig und der Rauschenstein bei Schmilka. Als Ergebnisse für die Beziehungen der Sickerwasser zur Verwitterung und Erosion im Quadersandstein der sächsischen Kreide gilt nach den im vorstehenden beschriebenen Beobachtungen:

1. Die Entwicklung der charakteristischen und bekannten Kleinformen im Quadersandstein der Sächsischen Schweiz, der Waben, Steingitter, Löcher und Höhlchen, ist in erster Linie auf chemische Verwitterung zurückzuführen. Die mechanischen Kräfte — Temperaturwechsel, Spaltenfrost, Wasserausspülung, Windschliff und Sandgebläse, auch postglazialer Zeiten — und die Vegetation wirken nur sekundär und unterstützend.

2. Diese chemischen Vorgänge sind an die Gegenwart zirkulierender Wässer gebunden, welche freie Schwefelsäure enthalten. Sie bestehen zunächst in der Zerstörung des Bindemittels im Sandstein durch Entziehung von Aluminium, Calcium und Kalium und in der Neubildung von Kali-Ammoniumalaun und Gips.

3. Die neugebildeten Stoffe werden durch das Lösungsmittel gegen die Außenflächen des Sandsteins geführt und hier infolge allmählicher Konzentration der Lösung durch Verdunstung ausgeschieden.

4. Die Auskrystallisation zahlloser winziger Alaunoktaeder innerhalb des Sandsteins ist mit einer kräftigen Sprengwirkung verbunden, als deren Endergebnis der Auseinanderfall der Quarzkörner und die Bildung von alauhaltigem Krümelsand anzusehen ist.

5. Der gebildete Gips imprägniert an den Außenflächen den ursprünglich porösen Sandstein und kittet als Zement die Quarzkörner fest zusammen. Er füllt ebenso Sickerrisse, Sickerlöcher und andere Sickerstellen aus, überrindet wulst- und krustenförmig seine Austrittsstellen und wirkt durch die dadurch gebildeten festen Rippen, Rinden und sonstigen Zementierungen konservierend für den Sandstein. Die Richtung dieses Schutzes geht zunächst gegen die von außen her wirkenden mechanischen Kräfte. Der Gips veranlaßt in bestimmten Fällen aber auch eine Änderung in der Bewegungsrichtung der zirkulierenden Lösungen und wirkt dann auch konservierend gegen die Zerstörung von innen heraus.

6. Die chemische Verwitterung kann erst zum Stillstand kommen, wenn in dem betr. Gesteinskörper der Schwefelsäurevorrat und die zu den Neubildungen benötigten Bestandteile des Bindemittels aufgebraucht sind.

Als leicht erreichbare und besonders eindrucksvolle Belegstellen sind zu nennen für die chemische Verwitterung der Rauenstein bei Pötzscha, Osthälfte, auf der Süd- und Nordseite, der Goldsteig zwischen Zeughaus und Großem Winterberg mit den zahlreichen Überhängen der ausgedehnten Wandfluchten, sowie der Rauschenstein bei Schmilka. Für die konservierende Wirkung der Gipsrinden sind typisch die Überhänge auf der Westseite des Kleinen Zschirnsteins am oberen Ringwege, der Jungferenstein und die Überhänge der elbseitig gelegenen Basteiwände. (Der zu letzteren

führende Steig, die „Rahmhanke“, ist nicht leicht und nur mit Vorsicht zu begehen. Anfang beim Tiedgestein¹⁾.

Als angenehme Pflicht erachte ich es, Herrn Geh. Hofrat Prof. Dr. KALKOWSKY, Herrn Oberbergrat Prof. Dr. BECK, sowie den Herren LOCHNER und RÖHL für gegebenen Rat und freundliche Unterstützung, namentlich auch meinem treuen Mitarbeiter bei den chemischen und photographischen Arbeiten, Herrn BRUNO LEHMANN, meinen besten Dank auszusprechen.

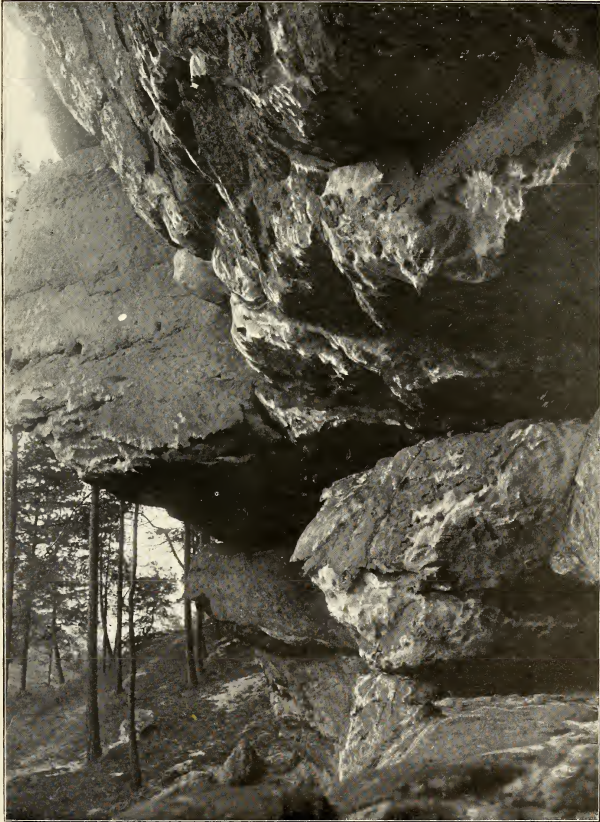
Dresden-Plauen, am 21. April 1911.

Nachwort.

Zwischen dem Abschlusse dieser Arbeit (Ende April 1911) und der Drucklegung verstrich mehr als ein Halbjahr. Und so konnte ich eine inzwischen erschienene Abhandlung über ähnliche Erscheinungen am Buntsandsteine des Pfälzerwaldes²⁾ nicht textlich genügend verwerten. In dieser trefflichen, mit zahlreichen ganz vorzüglichen Bildern ausgestatteten Arbeit beschreibt Herr HÄBERLE rezente Verwitterungsformen, die in allen Stücken denen der sächsischen Kreide völlig gleichen. Herr HÄBERLE findet, allerdings im Gegensatz zu meinen Beobachtungen, die Verwitterungserscheinungen namentlich auf der Süd- und Südostseite. Als Ursache betrachtet er mit HETTNER die Sickerwasser (Seite 204 und 202) und namentlich deren mechanische Arbeit in Verbindung mit den Atmosphärien und der Vegetation. Jedoch fehlen auch nicht Hinweise auf chemische Wirkungen (Seite 205 und 206), für welche freilich exakte Beobachtungen nicht beigebracht werden konnten. Alaun und Gips aufzufinden in den Sandsteinen des Pfälzerwaldes, wie im Buntsandstein überhaupt, ist sonach eine Aufgabe der Zukunft. Ich bezweifle nicht, daß beide Neubildungen dort gefunden werden in ähnlichen Beziehungen zur Kleinerosion wie in den Sandsteinen der sächsischen Kreide. Auch über die Beziehungen der Kleinerosion zu der Entwicklung der Großformen wird hoffentlich die Zukunft bald Klarheit bringen.

¹⁾ Ein ganz großartiges Beispiel der konservierenden und erodierenden Tätigkeit der beiden Neubildungen, Gips und Alaun, sind die jenseits der Landesgrenze zwischen der Silberwand und Rainwiese befindlichen kilometerlangen, mächtigen Wandfluchten, namentlich die Flügelwände, durch den malerischen „Gabrielensteig“ bequem zugänglich gemacht.

²⁾ HÄBERLE: Über Kleinformen der Verwitterung im Hauptbuntsandstein des Pfälzerwaldes. Heidelberg 1911, WINTERS Universitätsbuchhandlung.



Aufnahme von BEYER.

Rauenstein. Großer Überhang auf der Nordseite.
Zerfallende gipshaltige, dachpappenähnliche Rinde mit hervorquellendem,
alaunhaltigem „Krümelsande“.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1911

Band/Volume: [63](#)

Autor(en)/Author(s): Beyer Otto Wilhelm

Artikel/Article: [10. Alaun und Gips als Mineralneubildungen und als Ursachen der chemischen Verwitterung in den Quadersandsteinen des sächsischen Kreidegebiets. 429-](#)

467