

Groß- und
Klein = Verwitterungsformen
im Buntlandsteingebiet des südlichen Pfälzerwaldes
(Fellenland von Dahn)



Von Professor Dr. Häberle
Mit 6 Abbildungen



Sonderabdruck aus der Festschrift zur 55. Tagung des
Oberrheinischen Geologischen Vereins zu Saarbrücken
vom 19. bis 25. April 1927

1927

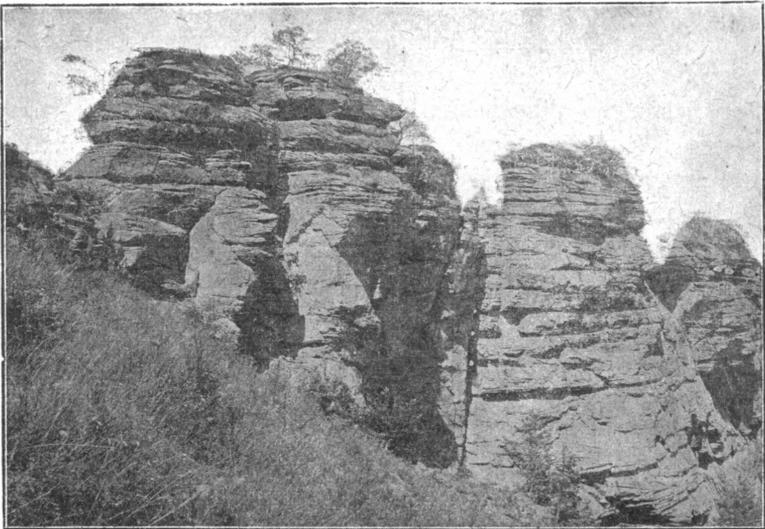
Saarbrücker Druckerei und Verlag AG, Saarbrücken

Die Druckstöcke zu den Abbildungen wurden von dem Naturhistorisch = medizinischen Verein zu Heidelberg und dem Hauptvorstand des Pfälzerwaldvereins in Neuladt a. H. in entgegengerichteter Weise leihweise überlassen.

Die Oberrheinische Tiefebene wird im Westen von einem langgestreckten, SSW—NNO gerichteten Gebirgswall, den Vogesen und dem sich unmittelbar anschließenden Hardtgebirge, oder wie dieses jetzt vielfach zutreffender bezeichnet wird, dem Pfälzerwald begleitet, der schließlich bei Grünstadt und Göllheim gegen das Tertiär des Mainzer Beckens ausläuft. Der Pfälzerwald ist also gewissermaßen das Gegenstück zum Odenwald im Osten der Oberrheinischen Tiefebene, doch weicht er in seinem geologischen Aufbau von jenem insofern ab, als bei ihm das Grundgebirge nur an einzelnen Stellen aufgeschlossen ist, während es im Odenwald auf weite Strecken hin zutage tritt. Wir unterscheiden deshalb einen nördlichen kristallinen Odenwald und einen südlichen Buntsandstein-Odenwald; es lassen sich deshalb auch nur die Oberflächenformen des letzteren mit denen des Pfälzerwaldes vergleichen. Im allgemeinen treten uns die gleichen Bilder entgegen, wie sie uns auch sonst aus den deutschen Mittelgebirgen, soweit Buntsandstein an ihrem Aufbau beteiligt ist, vertraut sind: reiche Gliederung einer ursprünglich vorhandenen Schichtentafel durch enge, tief eingegrabene Täler und Herausbildung von langgestreckten, sargähnlichen Höhenrücken. Dies trifft ohne weiteres auch für den nördlichen Pfälzerwald zu. Im Bereich des mittleren Pfälzerwaldes, also in dem Gebiet zwischen Speyerbach und Queich, überwiegen jedoch verebnete Höhen und massige Bergklötze, die fast alle mehr oder weniger mit dem Nord-Südzug in Verbindung stehen und ihm auch hier und da parallel verlaufen. Südlich der Queich dagegen ändern sich die Form und der Querschnitt der Täler und das Neigungsverhältnis der Hänge; das Landschaftsbild zeigt einen bewegten, unruhigen Charakter. Scharfe, gerade Linien und ebene Flächen fehlen; dafür treten einzelne schmalkantige Rücken mit steilen Abstürzen und isolierte Kegelberge auf.

Der abwechslungsreiche, aber gerade deshalb so anziehende und malerische Charakter der Landschaft kommt besonders dann zur Geltung, wenn man von einem hochgelegenen Punkte, z. B. vom Trifels bei Annweiler, vom Jungfernsprung bei Dahn, vom Eilöchelfelsen bei Schindhart Umschau hält oder von einem der Randberge gegen die Rheinebene, z. B. von der Madenburg, seine Blicke nach Westen schweifen läßt. Stets trifft das wandernde Auge neue Bilder. Hier erheben sich steile bewaldete Bergkegel, gekrönt von Burgruinen oder mächtigen Felsköpfen. Dort ziehen über langgestreckte Rücken schmale, oft fensterartig durchbrochene Sandsteinmauern und schroffe Felsgrate, die bald ununterbrochen fortlaufend, bald in einzelne Nadeln und Türme aufgelöst, sich vielfach über die Täler auf die nächsten Höhen weiter verfolgen lassen und sogar aus der Nähe betrachtet malerischen Burgruinen ähnlich sehen. Daran lehnen sich mit düsteren Kiefern bekleidete Hänge, aus denen gewaltige Felsmassen bald kulissenartig als schroffe Mauern, bald als weitausladende Bastionen und Erker vorstoßen oder mit

kühnen Überhängen die Schutthalden beherrschen. Zwischen ihnen ragen aus einer flachwelligen Hügellandschaft mit grünen Wiesen, roten Feldern und eingestreuten Wäldern hier und da einsame schroffe Felsnadeln und abenteuerlich geformte Felsgebilde empor, die je nach dem Standort des Beschauers oder nach der Beleuchtung, gewisse Ähnlichkeiten mit bestimmten Personen oder Werken von Menschenhand vortäuschen und deshalb auch im Volksmunde darauf anspielende Benennungen erhalten haben. Wenden wir uns weiter nach Westen und Südwesten, so verschwinden diese freundlichen Bilder und felsenreiche Waldreviere treten an ihre Stelle. Die Berge werden steiler, die Täler enger, der Wald verdrängt die Felder. Die Felsgrate und Felstürme in ihrer mannigfachen Ausgestaltung (Region der Tischfelsen) sind aber geblieben, nur treten sie wegen der Waldbedeckung meist erst bei ausgedehnten Abholzungen in Erscheinung.



Geierstein bei Bruchweiler

Die Verwitterung hat auf der senkrechten Klufffläche eingesetzt und am Schnittpunkt mit weniger widerstandsfähigen Schichten fensterartige Durchbrüche geschaffen

Daß diese steilen Felskämme, Grate, Türme, Tische, Pilzfelsen, Nadeln und Kegelberge nicht nach der noch heute vielfach bei Laien verbreiteten Ansicht als Wirkung einer alten Meeresbrandung („Auswaschungsformen“) aufzufassen sind oder gar nach der Meinung älterer Forscher (K. C. von Leonhard 1834) aus dem Erdinnern wirkenden vulkantschen oder tektonischen Kräften ihre Ausgestaltung zu verdanken haben, ist selbstverständlich. Sie sind nichts anderes als die ruinenartigen Reste einer früher zusammenhängenden und von zahlreichen Klüften durchsetzten Buntsandsteintafel, also lediglich wie die allerdings der Kreideformation angehörenden Felsgebilde der Sächsischen Schweiz und von Adersbach-Wekelsdorf nur die stummen Zeugen eines ausgedehnten subaerischen Zerstörungswerkes, die im Laufe von Jahrtausenden durch die Tätigkeit der Verwitterung, der Denudation und Erosion aus dem Gestein herausmodelliert worden sind

und auch heute noch immer weiter verkleinert werden. Es sind, kurz gesagt, Großformen der Verwitterung, deren Herausbildung durch die Mineralzusammensetzung, die Schichtung, Klüftung und Wasserdurchlässigkeit des Gesteins modifiziert wird.

Die merkwürdigen Felsbildungen sind an ganz bestimmte Zonen des Hauptbuntsandsteins gebunden. Nicht weniger als vier Felszonen, in denen sie in einer oder der anderen Form auftreten, lassen sich darin von unten nach oben unterscheiden, und zwar eine, von allen die wichtigste, in der mittleren Trifelsstufe, eine zweite in der darüber folgenden Rehbergstufe, dann eine in der Karlstalstufe und endlich eine unter dem Hauptkonglomerat. Da sich diese Felszonen stets genau an denselben Horizont halten, müssen die Bänke, aus denen die jetzt isolierten Felspartien im Laufe der Zeit herausmodelliert wurden, ein gegen die gesteinszerstörenden Kräfte widerstandsfähigeres Bindemittel besitzen bzw. sich gegen die Verwitterung gleichmäßig verhalten.

Bestimmend für die äußeren Umrisse der isolierten Felspartien bzw. für den Verlauf der Felskämme sind die zahlreichen Risse, Spalten und Klüfte, welche infolge der mit der Entstehung des Rheintalgrabens in Verbindung stehenden tektonischen Vorgänge entstanden sind. Diese Trennungsflächen sind entweder senkrecht gestellt oder auch unter verschiedenen Winkeln schief geneigt und vielfach parallel angeordnet; hauptsächlich folgen sie der SW—NO und SO—NW-Richtung. Dadurch können verschiedene Kluftsysteme nebeneinander entstehen, die sich in einem bestimmten Winkel schneiden, sodaß das Gestein in mehr oder weniger regelmäßig begrenzte Stücke zerlegt erscheint; wir finden da Pfeiler, Würfel oder was noch viel häufiger ist, unregelmäßig parallelepipedische Massen. Diese treten besonders in der untersten, zur Trifelsstufe gehörenden Felszone auf. Da diese Stufe an und für sich schon ein mehr kieseliges Bindemittel und infolgedessen auch eine geringere Plastizität besitzt, als die darüber folgende Rehbergstufe, mußte sie bei den tektonischen Vorgängen und den damit verbundenen ungleichen Verschiebungsprozessen, bei denen sicher auch torquierende Bewegungen eine Rolle gespielt haben werden, eine stärkere Zerklüftung erfahren als die übrigen Stufen mit mehr tonigem Bindemittel. Die Spalten und Klüfte waren nun für die chemisch lösenden und mechanisch trennenden Kräfte die gegebenen Angriffspunkte. Daneben mußte hier die Sprengkraft des Spaltenfrostes und die Wirkung der organischen Verwitterung zur Geltung kommen. Notwendiger Weise trat bei diesem, von den Spalten ausgehenden Zerstörungsprozeß die auf petrographischer und struktureller Verschiedenheit beruhende ungleiche Widerstandsfähigkeit benachbarter Gesteinspartien in Erscheinung. Bänke mit mehr tonigem Bindemittel mußten rascher zerstört werden als die durch Kieselsäure gebundenen. Die Abtragung erfolgte also bei den verschiedenen Bänken in verschiedenem Zeitmaß. Dadurch wurden Verwitterungsformen verschiedenen Grades erzeugt und in dieser Ausgestaltung durch die Richtung der Klüfte bestimmt. Widerstandsfähigere Felsmauern wurden als festes Gerüst aus den rascher zerstörbaren Schichten herausgearbeitet und unter Mitwirkung von Denudation und Erosion in gezackte Grate oder isolierte, durch tiefe Spalten getrennte Türme, oder bei fortschreitender Zerstörung in einzelne Nadeln und Pfeiler

zerlegt. Je stärker nun der Zusammenhalt der an ihrem Aufbau Schichten ist, desto höher und dünner konnten diese Gebilde w

Schwieriger ist es schon, eine befriedigende Erklärung für die der steilwandigen Felsmassen zu finden, da sie nicht nur auf c oder Hängen von Bergen auftreten, sondern auch ohne Fußhang Tälern mauerartig, von zwei parallelen Klufflächen begrenzt,



Der Asselstein
Isolierte Felsnadel

Felsenriffe bis zu 70 Meter Höhe aufragen. Nach den voraussetzungen theoretischen Erwägungen müssen sie als Kerne von primär wasserfähigem Material die rings abgewitterten und zerstörten Sandsteine überdauert haben. Wie sich jedoch dieser Vorgang im einzelnen abgehabt haben mag, darüber gehen die Ansichten auseinander. Die ein

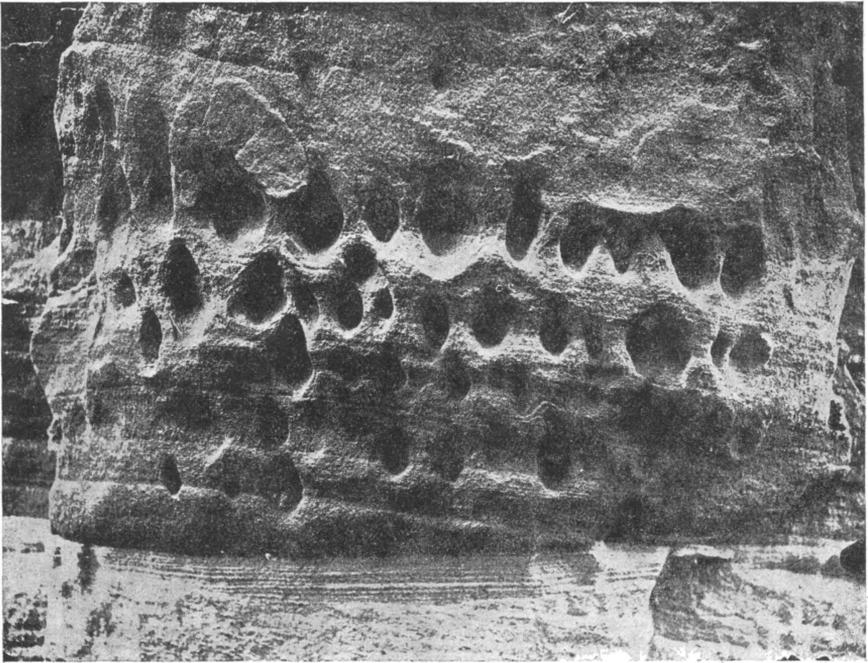
für die Entstehung der Steilwände die abschleifende Tätigkeit des Windes verantwortlich machen zu können, andere glauben diesen Vorgang in die Diluvialzeit mit ihren extremen Temperaturverhältnissen zurückverlegen zu müssen, am wahrscheinlichsten aber ist, daß noch jetzt in den durchlässigen Sandstein niedergehendes und auf tonigen Schichten sich stauendes Sickerwasser unterminierend wirkt und durch Untergrabung simsartig vorspringende Überhänge und Hohlformen schafft. Durch die auf dieser Schicht unaufhaltsam fortschreitende Verwitterung wird der Fels mehr und mehr



Der Teufelstisch bei Kaltenbach
Typischer Tischfelsen mit einem Sockel

untergraben, bis die Wand schließlich abstürzt und eine frische Kluftfläche freiwerden läßt, an der dann Verwitterung und Zerstörung von neuem ihre Tätigkeit beginnen. Quaderförmig brechende Gesteine suchen immer wieder die senkrechte Linie herauszubilden, wenn sie von rascher verwitternden Schichten unterlagert werden; hierbei spielt selbstverständlich der Spaltenfrost eine wichtige Rolle. Während die von den Schichthängen ausgehende

Untergrabung linear wirkt, arbeitet die Abtragung in Form von Verwitterung und Abstürzen flächenhaft. Es unterliegt wohl kaum einem Zweifel, daß solche Steilwände das Ergebnis unablässig fortdauernder Abtragung sind. Zwischen dem oberflächlichen Abschuppen und Herabrieseln von Sand einerseits und dem Herabstürzen von kleineren und größeren Blöcken und ganzen Felsmassen andererseits besteht eigentlich nur ein Unterschied dem Grade nach. Oft sind es nur einzelne Wandflächen, die davon betroffen werden und die Absandungs- und Abrißstellen sind im Verhältnis zur Ausdehnung der Felswände, an denen sie auftreten, vielfach nur geringfügig. Aber auch Absanden und Abbröckeln können im Laufe der Zeit durch Summierung große Wirkungen erzielen und ausgedehnte Buntsandsteintafeln verkleinern. Bei schärferem Zusehen kann man hier und da an den mit einer braunroten Verwitterungsrinde bedeckten Steilwänden unseres Felsenlandes heller ge-



Bayerischer Windstein bei Obersteinbach im Elsaß

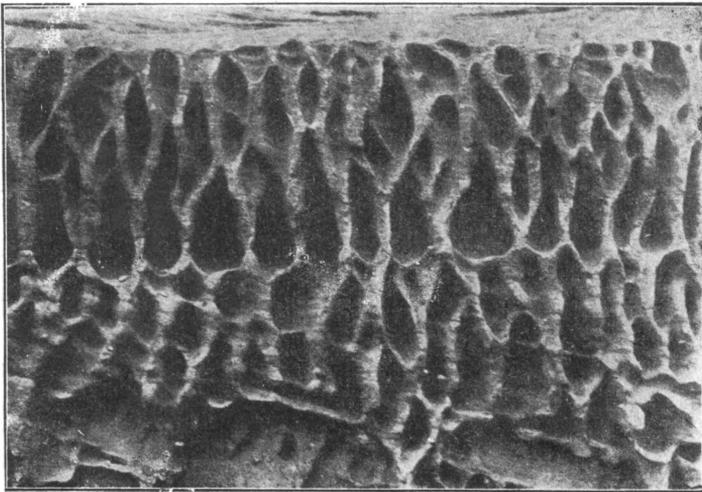
Die löcherige Verwitterung setzt auf den Schichtfugen ein und greift allmählich über diese hinunter als Einleitung zur gitterförmigen Verwitterung

färbte Abrißstellen herausfinden, die ihre Entstehung abgestürzten kleineren oder größeren Felsmassen zu verdanken haben. Auch durch Blitzschlag wurde nachgewiesenermaßen eine Steilwand beim Stephanshof im südlichen Pfälzerwald entlang einer Klufffläche zurückverlegt.

Es ist wohl möglich, daß in der Übergangszeit vom Diluvium zum Alluvium der Wind und die extremen Temperaturverhältnisse sowie Spaltenfrost bei der Rückwitterung der Felswände und deren Ausgestaltung eine bedeutende Rolle gespielt haben; Tatsache aber ist, daß sich auch unter den heute noch wirkenden Kräften diese Vorgänge, wenn vielleicht auch nur im geringen Ausmaße, vor unseren Augen vollziehen. Auf Grund der Untersuchungen

H ö g b o m s im cirkumpolaren Klima ist neuerdings K e ß l e r zu dem Ergebnis gekommen, daß besonders Erdfließen während der periglazialen Klimaperiode des Diluviums mit der viel intensiveren Regelation durch Wegführung und Ausräumung des Verwitterungsschuttes bei Herausbildung der Steilwände eine wichtige Rolle gespielt haben werden. Wir dürfen also unser Gebiet mit einer gewissen Berechtigung nach W. S a l o m o n - C a l v i als eine fossile oder tote Landschaft, nach A. H e t t n e r als eine heterogene Landschaft oder auch nach S. P a s s a r g e als eine disharmonische Bildung bezeichnen.

Etwas anders liegt es mit den uns vielfach an den Felswänden usw. entgegnetretenden K l e i n f o r m e n d e r V e r w i t t e r u n g, die ebenfalls wie die Großformen an ähnliche Erscheinungen im sächsisch-böhmischen Quadersandsteingebiet erinnern. Bald sind es netz-, gitter- und wabenförmige Gebilde an glatten Flächen, bald zapfen- und zitzenförmige Formen an überhängenden Wänden oder an der Decke von Nischen, bald blätter-



Gitter- und netzförmige- hier geradezu spitzenähnliche Verwitterungsskulptur am Drachenfels bei Busenberg

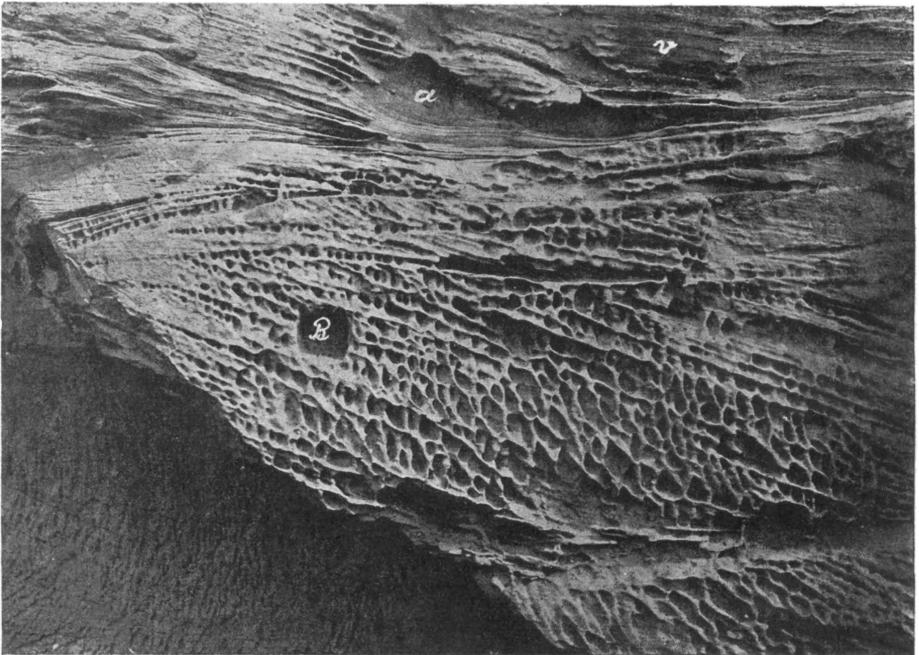
Mit dem Wechsel in der Schichtung nehmen auch die Verwitterungserscheinungen andere Formen an; darüber eine Bank mit sandiger Verwitterung (a)

teigartige Skulpturen an der Unterfläche vorspringender Felsbänke, wodurch das Gestein ein zerrissenes oder gar schlackenartiges Aussehen erhält. An größeren Flächen tritt dort, wo sie nicht von einer braunroten Verwitterungsrinde überzogen sind, auch einfaches Absanden auf.

Längere Zeit hat man wegen der auffallenden Ähnlichkeit dieser Gebilde mit den im trockenen Wüstenklima vorkommenden Erscheinungen auch für ihre Entstehung der Tätigkeit des Windes (Deflation und Korrasion) eine hohe Bedeutung beigemessen, bis sich schließlich gegen diese Anschauung eine gewisse Reaktion geltend gemacht hat. Insbesondere hat A. H e t t n e r wiederholt darauf hingewiesen, daß man diese Erscheinungen nicht als Gebilde eines trockenen Klimas, sondern lediglich als das Produkt von noch heute tätigen Kräften zu betrachten habe. Tatsächlich entstehen sie vor

unseren Augen und wir können deutlich ihre allmähliche Weiterentwicklung verfolgen und ihr Fortschreiten z. B. am Mauerwerk von Burgruinen so zahlenmäßig bestimmen.

Mit der Lösung dieses Problems der Verwitterungserscheinungen Sandstein haben sich zahlreiche Autoren beschäftigt (Beyer, Blank, Häber Hettner, Kessler, v. Lozinski, Obst, Rathsburg, Weiß u. a.) und verschiedene Theorien aufgestellt: Wind, mechanische Verwitterung, chemische Verwitterung u. a. werden zur Erklärung herangezogen. Es ist nicht möglich hier an dieser Stelle ihre Schlußfolgerungen, namentlich die von E. Blanc aus neuester Zeit im einzelnen wiederzugeben, vielmehr muß ich mich darauf beschränken, im Literaturnachweis die einschlägigen Arbeiten aufzuführen. Persönlich bin ich bei meinen Untersuchungen zu dem Ergebnis gekommen, daß die oft ganz regelmäßig angeordneten Rippen und Leisten der Netz- und



Netz- und gitterförmige Verwitterung im diagonal geschichteten Sandstein am Drachenfels bei Busenberg

Absanden (a), Verwitterungsrinde (v), Balkenloch (B)
Dauer des Verwitterungsprozesses höchstens zwei Jahrhunderte

Verwitterungsformen als Bahnen des Sickerwassers aufzufassen sind, die auf seinem Wege in die Tiefe durch Lösung und Umlagerung des Bindmittels bestimmte Partien imprägnierte und dadurch widerstandsfähig gegen die Verwitterung machte. Dünnschliffe von Gesteinsproben aus demartigen Maschenwerk besitzen eine geringere Porosität und einen größeren Limonitgehalt als andere aus benachbartem Gestein. Es hat also zweifellos eine sekundäre Infiltration und Imprägnation der jetzt als Rippen, Zapfen usw. durch die Verwitterung herauskulptierten Partien mit Eisenverbindungen stattgefunden. Und dieser Imprägnierung verdanken die betreffenden Gesteinspartien ihre größere Widerstandsfähigkeit gegenüber den zerstörenden Agentien.

Jedenfalls dürfen wir annehmen, daß nicht durch das Klima, sondern durch die Struktur und Zusammensetzung der Gesteine sowie durch die verschiedenen auf diese einwirkenden Kräfte die Entstehung der gitterförmigen Verwitterungsformen im Buntsandsteingebiet des südlichen Pfälzerwaldes bedingt wird und daß sowohl im ariden wie im humiden Klima ganz analoge, ja äußerlich wohl nicht voneinander unterscheidbare Formen durch das Vorwalten verschiedener Kräfte herausgebildet werden können.

Literaturnachweis.

- Die neuere Literatur über Verwitterung hat J. Sölich im Geographischen Jahrbuch für 1924/25, Bd. XL, S. 118—136 zusammengestellt.
- Beyer, O., Alaun und Gips als Mineralneubildungen und als Ursache der chemischen Verwitterung in den Quadersandsteinen des Sächsischen Kreidegebirges. Zeitschrift der deutschen Geolog. Gesellsch. 1911/12, Bd. 63, S. 429—467.
- Blanck, E., Verwitterungskundliche Studien zum Tafoni- und Karren-Problem im Mittelgebirge. Internationale Mitteilungen für Bodenkunde 1919, S. 32—71 und 179—234.
- Die ariden Denudations- und Verwitterungsformen der Sächsisch-Böhmischen Schweiz als Folge organischer Verwitterungsfaktoren im humiden Klimagebiet. Tharandter forstl. Jahrb. 1922, Bd. 73, H. 1, S. 38—60 und H. 2, S. 93—134.
 - und W. Geilmann, Chemische Untersuchungen über Verwitterungserscheinungen im Buntsandstein, insbesondere über die Natur der im Gestein wandernden Lösungen und deren Ausscheidungen. Tharandter forstl. Jahrb. 1924, Bd. 75, H. 3, S. 89—112.
- Bryan, K., Wind Erosion near Lees Ferry (Arizona). American Journal of Science 1923, Bd. VI, S. 291—307.
- The Papago Country (Arizona). (Verwitterungserscheinungen.) U. S. Geological Survey, Water-Supply Paper Nr. 499. Washington 1925.
- Campbell, M. R., Contributions to the Geography of the United States 1923—1924. (Verwitterungserscheinungen.) U. S. Geological Survey, Bulletin Nr. 760. Wash. 25.
- Darton, N. H., Sandstone Pinnacles. Stille, Geologische Charakterbilder 1912, Heft 11.
- Göttinger, G., Zur Frage der Wüstenformen in Deutschland. Deutsche Rundschau für Geographie 1913, Bd. XXXV, S. 524—526.
- Häberle, D., Das Felsenland des Pfälzerwaldes (Pfälzer Wasgenwald). Ein Beispiel für die Entstehung bizarrer Verwitterungsformen im Buntsandstein. Kaiserslautern, Kayser 1911.
- Über Kleinformen der Verwitterung im Hauptbuntsandstein des Pfälzerwaldes. Verhandl. des Naturhist.-Medizin. Vereins zu Heidelberg, 1911, Bd. XI, Heft 2, S. 167 bis 209. Heidelberg, Winter 1911. Mit Verzeichnis der älteren Literatur.
 - Über einen durch Blitzschlag verursachten Felsabsturz im Mittelgebirge. Jahresber. u. Mitt. d. Oberrhein. Geolog. Vereins. N. F. 1912, Bd. II, H. 3, S. 26—29.
 - Die gitter-, netz- und wabenförmige Verwitterung der Sandsteine. Geologische Rundschau 1915, Bd. VI, S. 264—285. Mit Verzeichnis der älteren Literatur.
 - Über das Vorkommen karrenähnlicher Gebilde im Buntsandstein. Jahresber. und Mitt. d. Oberrhein. Geolog. Vereins, N. F. 1917, Bd. VI, H. 2, S. 159—167.
 - Über die Herausbildung und Rückverlegung von Steilwänden in den Sandsteingebieten der deutschen Mittelgebirge. Jahresber. u. Mitt. d. Oberrhein. Geolog. Vereins 1919, Bd. VIII, S. 64—72.

- Häberle, D., Die Zerstörung der Steilwände im Buntsandsteingebiet des Pfälzerwaldes. Naturwissenschaftliche Wochenschrift 1919, N. F. Bd. 18, Nr. 23, S. 321—329 und Nr. 24, S. 337—344.
- Hettner, A., Die Felsbildungen der Sächsischen Schweiz. Geographische Zeitschrift 1903, Bd. IX., S. 608—626.
- Wüstenformen in Deutschland? Geographische Zeitschrift 1910, Bd. XVI, S. 690 bis 694.
- Högbohm, B., Über die geologische Bedeutung des Frostes. Bulletin of the Geolog. Inst. of Upsala 1914, Bd. XII, S. 257—390. Mit ausführlichem Literaturverzeichnis.
- Beobachtungen aus Nordschweden über den Frost als geologischer Faktor. Ebenda 1926, Bd. XX, S. 243—280.
- Keßler, P., Einige Wüstenerscheinungen aus nicht aridem Klima. Geologische Rundschau 1913, Bd. IV, S. 413—423.
- Über Lochverwitterung und ihre Beziehungen zur Metharmose (Umbildung der Gesteine). Geologische Rundschau 1922, Bd. XII, S. 237—270.
- Das eiszeitliche Klima und seine geologischen Wirkungen im nicht vereisten Gebiet. Stuttgart, Schweizerbart 1925.
- Klander, F., Über die im Buntsandstein wandernden Verwitterungslösungen in ihrer Abhängigkeit von äußeren Einflüssen. Dissertation Göttingen 1925. Chemie der Erde, Bd. II, 1925, S. 49—82.
- Lozinski, W. v., Über die mechanische Verwitterung der Sandsteine im gemäßigten Klima. Bull. Internat. de l'Academie des Sciences de Cracovie, Classe des sciences mathém. et natur. 1909, S. 1—25.
- Merrill, G. P., A treatise on rocks, rock-weathering and soils. New York 1921.
- Obst, E., Die Oberflächengestaltung der schlesisch-böhmischen Kreideablagerungen. Dissertation Breslau 1909. Mitt. d. Geogr. Gesellsch. in Hamburg, Bd. XXIV.
- Oehme, R., Klein- und Großformen der Südwest-Lausitz und des angrenzenden Quadersandsteingebietes. Dissertation Heidelberg 1926. Sonderveröffentlichung der Naturwissenschaftl. Gesellschaft Isis in Bautzen 1926.
- Passarge, S., Wüstenformen in Deutschland. Geograph. Zeitschrift 1911, S. 578—580.
- Penck, A., Die neue Schrammsteinkarte (Sächsische Schweiz). Zeitschr. d. Ges. für Erdkunde zu Berlin 1922, S. 235 ff.
- Petrascheck, W., Die Oberflächen- und Verwitterungsformen im Kreidegebiet von Adersbach-Weckelsdorf. Jahrbuch der K. K. Reichsanstalt zu Wien 1908, Bd. 58, S. 610—619.
- Pollack, V., Verwitterung in der Natur und an Bauwerken. Wien 1923.
- Zur Verwitterung durch Rauchgase und Schlagregen. Meteorologische Zeitschrift 1917, S. 298.
- Rathsburg, A., Zur Morphologie des Heuscheuergebirges. Zugleich ein Beitrag zur Morphologie der Sächsischen Schweiz und der „Wüstenformen“ in Deutschland überhaupt. 18. Bericht der Naturwissenschaftlichen Gesellsch. zu Chemnitz 1912, S. 120—188.
- Renz, C., Steingitter im Buntsandsteingebirge der Rheinpfalz. 90. Jahresbericht der Schles. Gesellsch. für vaterländische Kultur 1912, Bd. I, Abtlg. VI, S. 62—65.
- Udden, J. A., Etched Potholes. University of Texas Bulletin Nr. 2509, März 1925.
- Weiß, G., Verwitterungserscheinungen an Buntsandsteinsedimenten. Jahresber. und Mitteil. d. Oberrhein. Geolog. Ver. 1916, Bd. VI, H. 1, S. 87—99.