MITTEILUNGEN DER POLLICHIA	III. Reihe 19. Band	133. Vereinsjahr 1972	Pollichia Museum Bad Dürkheim	Seite 79 bis 96

EGON BACKHAUS, DARMSTADT

Die geologische Deutung der Felsschüsseln („Opfersteine") im Buntsandstein der Pfalz, mittels Stoffwanderungen

Mit 3 Abb. und 14 Bildern

Im Buntsandstein der Pfalz sind seit Jahrzehnten kessel- und wannenartige Hohlformen bekannt, die seither sowohl Geologen als auch Archäologen und eine Reihe von interessierten Laien beschäftigen. Sie erreichen Durchmesser von 1 m und sind gelegentlich 50 cm eingetieft (s. Abb. 1 und 2 und Bild 1). Sie treten sehr zahlreich in einem ca. 20 bis 25 km breiten den Ostrand der Pfalz begleitenden Streifen (Westrand des Rheingrabens) auf. Stellenweise in großer Zahl (Wasserstein, SW Weidenthal, acht Schüsseln auf ca. 50 m^2), viele unter der Humusdecke des Waldes verborgen; aber generell gen Westen seltener werdend.

Die beschreibenden Bezeichnungen wechseln je nach der Erscheinungsform oder der Phantasie der Betrachter und werden z. B. Wasser- oder Suppenschüsseln, Wannen, Pfannen, Kessel, Näpfe oder mit einer gewissen Deutung Opferschalen oder Opfersteine genannt; dazu gehört auch der Kurfürstenstuhl (Bild 1) auf dem Bloskülb, westlich Elmstein, und nach den Formen

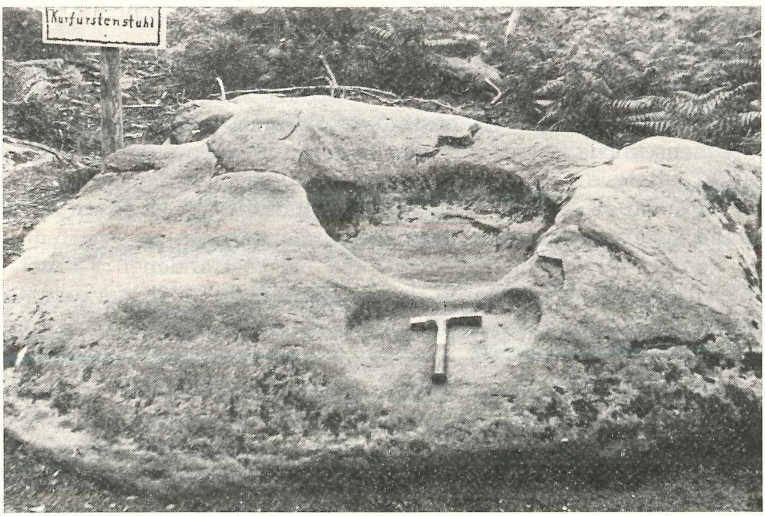


Bild 1 „Kurfürstenstuhl", schlüsselförmige Hohlformen in (?) Rehberg-Schichten (Bl. 6613 Elmstein r 34 19 810, h 54 68 320).

benannt gibt es den Kesselberg bei Edenkoben. (Zur regionalen Verbreitung der Namen und der bekanntesten Vorkommen vgl. den Aufsatz GÖDEL in diesem Heft).

Die geologische Deutung vieler dieser Formen als „Gletschermühlen" wurde schon früher von HÄEBERLE und von RÜGER ad absurdum geführt. Die Vertiefungen wurden als Ergebnis der allgemeinen geologischen Verwitterung durch Wasser, Wind und Organismen erklärt. Das Herauswittern einer Tongalle oder auch einer Kugel etc. wird zwar als einfacher Vorgang aber doch als Sonderfall stark eingeschränkt für den Bereich der Kugelfelszone (vgl. Abb. 1) als mögliche Ursache der Hohlformbildung erachtet; die schlüssige Erklärung zur Genese dieser Form blieb bislang aus.

Schon RÜGER stellte fest, daß die Hohlformen besonders in Gesteinen vorkommen, die zu Felsgruppenbildungen neigen. Das sind Regionen der Trifels- und Rehberg-Schichten im Unteren Buntsandstein, die Felszonen der Karlstal-Schichten des Mittleren Buntsandsteins und der Übergangsbereich zum Hauptkonglomerat des Oberen Buntsandsteins. Außerdem beobachtete RÜGER am Kesselberg bei Edenkoben noch Übergänge von den topfförmigen bis zu den flachen großen Vertiefungen.

Da die geologischen Erklärungen nicht zwingend zu sein schienen, wurden in den letzten Jahrzehnten mythologische Deutungen als Opfersteine oder -schalen häufiger. Gleichartige Erscheinungen und entsprechende Deutungen aus anderen Gebieten, u. a. aus dem Elbsandsteingebirge oder in den magmatischen Gesteinen des Riesengebirges und des Fichtelgebirges (GRUNER 1881) lassen diese Verfahrensweise verständlich erscheinen.

Von Herrn Dr. KILIAN, Staatliches Amt für Vor- und Frühgeschichte Speyer, wurde ich 1972 um eine erneute geologische Stellungnahme gebeten. Auf einer gemeinsamen Exkursion führte uns Herr O. GÖDEL, Bad Dürkheim-Leistadt, an die entscheidenden Aufschlüsse; Herrn GÖDEL darf ich auch für weitere Führungen in der Pfalz herzlich danken, er stellte mir dankenswerter Weise die Negative für die Bilder 2—3 und 11—14 zur Verfügung.

Zweifelsfrei sind die mannigfaltigen Formen durch die Verwitterung in geologischen Zeiträumen entstanden. Es bedarf aber einer Erklärung, wie und warum in so großer Zahl bestimmte Formen entstanden, die zwangsläufig die menschliche Phantasie zu besonderen Erklärungsversuchen bewegten. Das Ergebnis, die ordnende, von menschlichem Willen geführte Hand dahinter zu sehen, liegt nahe, denn vom Zufall der Natur ist es auf den ersten Blick kaum zu erwarten, solche geordneten Strukturen zu schaffen — und dennoch können wir davon ausgehen, daß die entstandenen Formen weitgehend geologisch geprägt waren, bevor diese Gebilde so herauswitterten. Wir müssen dafür folgende geologische Vorgänge in Betracht ziehen und auf unsere Wannen etc. anwenden.

1. Primäre Entstehung im Sedimentkörper
2. Herausbildung durch Stoffwanderungen
2.1. Wanderungen von Na etc. zur freien Felswand (Ausblühungen)
2.2. Ca-Wanderungen, Bildung von Karbonatkonkretionen (Kugelhorizont)
2.3. Eisendiffusionen (Liesegangsche Ringe)

1. Primäre Entstehung im Sedimentkörper

Der Buntsandstein der Pfalz ist ein vorwiegend im aquatischen Milieu gebildetes Sediment. Das gilt sowohl für die stark schräggeschichteten mit Geröllen beladenen Bankfolgen des Hauptkonglomerates als auch für die weitgehend ebenschichtigen sog. Dünnschichten der Karlstal-„Folge", die in einem lacustrinen (zum See gehörigen) Becken abgesetzt sein dürften (s. Abb. 1). Die fluviatil (in einem flußartigen Gewässer) transportierten Sande werden auf 5 bis 30 ° geneigten Flächen vorgeschüttet (schräggeschichtet). Wechselt die Strömungsrichtung, wird die Schüttungseinheit von der überlagernden, jüngeren abgeschnitten; es entsteht das Bild einer Diagonalschichtung (Kreuzschichtung). Die einzelnen Schüttungsblätter laufen auf der jeweiligen Unterlage flach aus. (s. Bild 8). Das jüngere Blatt greift über das ältere hinaus.

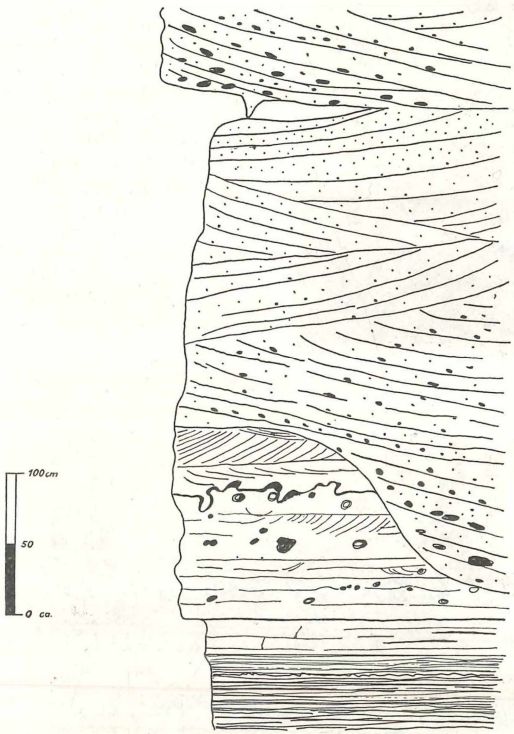


Abb. 1

Schichtenfolge (schematisch) im Übergangsbereich Karlstal-Schichten/Kugelfelszone/Hauptkonglomerat am Drachenfels, westlich Bad Dürkheim.

Die so aufgebauten Schüttungskörper wären durch mögliche Strömungswirbel oder Gleitungen in ihrem Gefüge gestört. An unseren Hohlformen, wie an unseren Kugeln (2.3.) können wir auch im Nachbargestein keinen Hinweis für Auskolkungen und sonstige Schichtflächenstörungen finden. Sind noch Gesteinskugeln erhalten, so ist in jedem Falle (s. Bild 2+3) die Sedimentfläche von der einen Seite der Kugel durch sie hindurch auf die andere Seite zu verfolgen. Bei Hohlformen sind die seitlich ausbeißenden Schichtflächen ebenflächig miteinander zu verbinden. Das bedeutet, daß eine kugelige Gestalt dem Gestein erst nach der Verfestigung (Diagenese) aufgeprägt wurde.

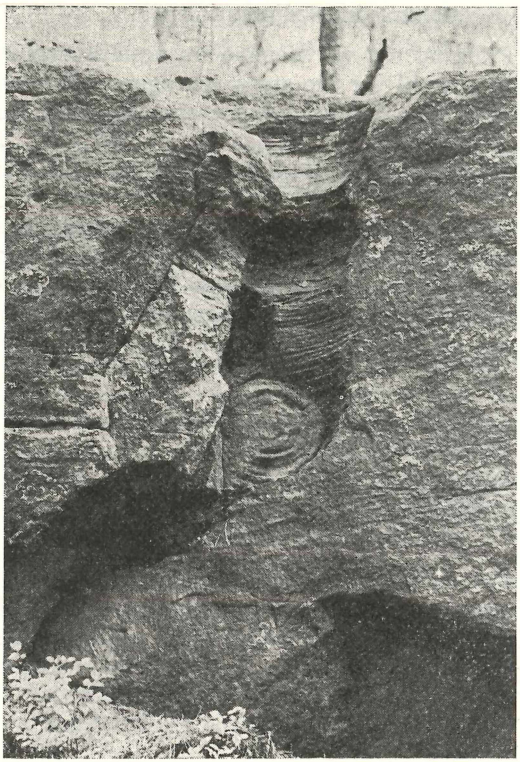


Bild 2

Zusammenhang der Kugeln und Hohlformen im Schichtverband. Auf einer Kluftfläche ausgebildet, Schichtung durchgehend, Durchmesser der erhaltenen Halbkugel ca. 25 cm. Isolierte Kugeln (Bild 6) möglicherweise aus diesen Hohlräumen. Fundpunkt Taubenkopf, NW Maikammer, TK 6614 Neustadt r 34 33 800, h 54 65 420.

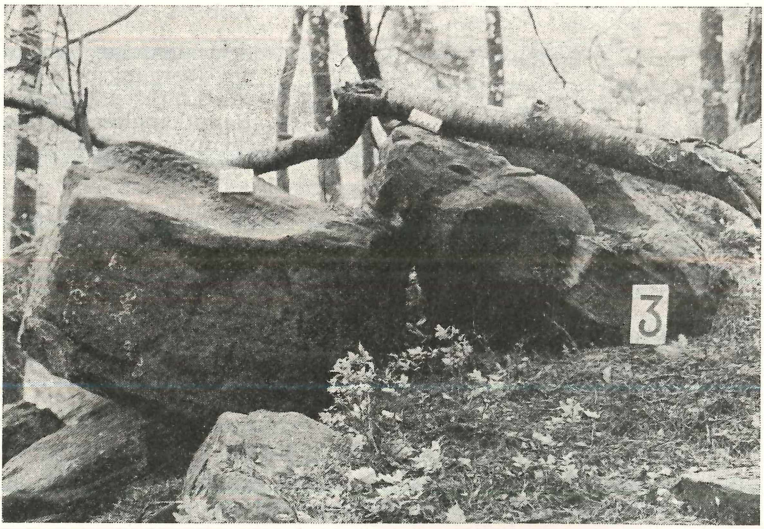


Bild 3 Hohlform (Schlüssel) in (?) Karlstal-Schichten mit angedeuteter Ca-Kugelbildung am oberen Rand, daneben die herausgelösten Großkugeln. Taubenkopf, wie Bild 2.

2. Herausbildung durch Stoffwanderungen

2.1. Wanderungen von Na etc. zur freien Felswand (Ausblühungen)

Die von Häberle (1911, 1934) so eindrucksvoll beschriebenen vielgestaltigen Kleinformen der Verwitterung sind nach den Untersuchungsergebnissen von Frenzel weitgehend auf Stoffwanderungen im exponierten Buntsandsteinfelsen zurückzuführen.

Entscheidend ist dafür der Stoffbestand des Buntsandsteins. Neben dem Hauptanteil an Quarzkörnern, liegen die verschiedenen Feldspäte (5 bis 20 %) in zumeist stark angewittertem Zustand vor; daneben wenige Prozent Fe, zumeist als Fe_2O_3 (Hämatit) oder FeOOH, nebst etwas Mangan und einigen Schwermineralien und Gesteinsrelikten.

Durch das poröse und klüftige Gestein sickern die schwach kohlensäureaggressiven Niederschlagswässer und nehmen dabei leichter lösliche Stoffe (wie K, Na, Ca) abwärts. Bereits in Zonen geringerer Porosität, wie es Schluffe und Tone sind, wird das Wasser gestaut, das Eisen und andere Stoffe fallen aus.

Die zahlreichen Felsfreistellungen sind besonders in ihren sonnenseitigen Expositionen der Verdunstung ausgesetzt, die in einer Art Sogwirkung weitere Feuchtigkeit aus dem Innern an die Außenfläche zieht, die gleichermaßen gelöste Stoffe an die Außenfläche bringt. Wenn der entsprechende Hohlraum

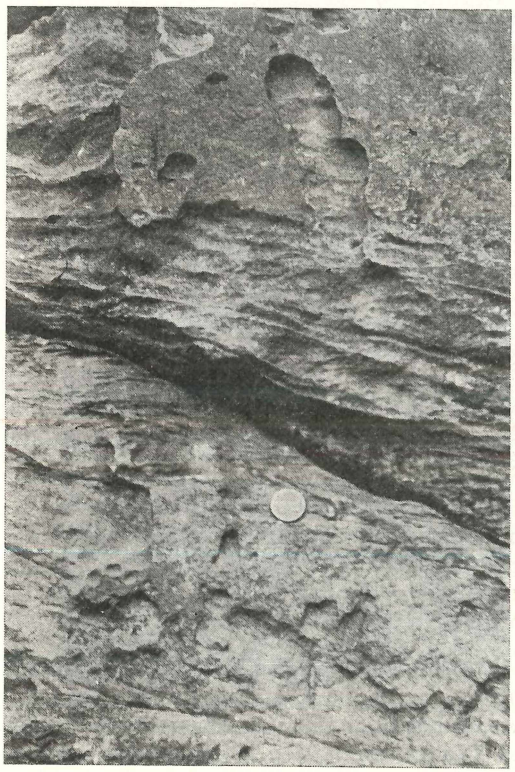


Bild 4

An der Oberfläche erhärtete Eisenrinde. Teufelstein 2 km SW Leistadt, TK 6514 Bad Dürkheim-West, r 34 38 325, h 54 81 810.

(Porosität, Kluft) vorhanden ist, und das von ph- und eh-Wert bestimmte Lösungsgleichgewicht in eine bestimmte Richtung verändert ist, kann z. B. das Eisen in den Kornzwischenräumen niedergeschlagen werden; es können sich daher die verschiedenartigsten Strukturen (Knollen, etc.) bilden.

Die ebenfalls an den Buntsandsteinwänden kurzfristigen sulfatischen und chloridischen Ausblühungen mit Ca, K und Na-Kationen sind teilweise auf die angewitterten Feldspäte zurückzuführen, aber auch auf den möglichen primären Stoffgehalt des Buntsandsteins.

Die zu Tage tretenden Fe-Krusten verhärten, während das dahinter liegende Gestein seines Bindemittels teilweise beraubt ist, wodurch die Kornbindung gelockert wird. Beim Herausfallen eines Gerölles, durch das Herauswittern einer Tongalle wird eine Ansatzstelle für die aushöhlende Verwitterung geschaffen (s. Bild 4).

Die Skulptierung des Sandsteins wird in ihren netz-, gitter- und wabenartigen Formen weitgehend von der Struktur des Sediments bestimmt. — Diese Skulptierungen sind nach den Untersuchungen von Frenzel oft erst in den letzten 300 Jahren an den Felswänden der zerstörten Burgen der Pfalz entstanden.

2.2. Ca-Wanderungen, Bildung von Karbonatkonkretionen (Kugelhorizont)

Oberhalb der Dünnschichten der „Karlstal-Folge" liegt die Kugelfelszone, sofern sie nicht vom hangenden Hauptkonglomerat ausgeräumt ist, eine gröberkörnige Schichtenfolge (grob- und feinkörniger Mittelsand), von wenigen Metern, die kugelartige Absonderungen von 3 bis 5 cm ϕ enthält (s. Abb. 1). Sofern überhaupt erkennbar verläuft die Schichtung ungehindert durch die schalige Struktur der Kugeln, was auch hier wieder die Entstehung der Konkretion im bereits verfestigten Sediment beweist.

Die Bildung dieser Konkretionen (s. Bild 5 und 6) wird nach den Untersuchungen von Strasser und Jung auf die Kristallisation von Calzit zurückgeführt. Strasser konnte im Odenwald noch die äußere Form der Kalkspatskalenoeder nachweisen, wobei diese Stücke von Anfang an lediglich aus Sandkörnern mit einem calzitischen Bindemittel bestanden haben.

Die Herkunft des Kalkes ist von beiden Autoren diskutiert worden, ohne endgültig beantwortet werden zu können. Wir würden nach dem heutigen Stand unseres Wissens über die Buntsandsteingenese folgenden Vorgang für den wahrscheinlichsten halten:

Der Buntsandstein besitzt einen geringfügigen primären Kalkgehalt, der aus der Verwitterung der Kalknatronfeldspäte (Plagioklase) oder auch aus der Bildung von Kalkkrusten (vgl. Caliche der Kanaren, Sonora-Wüste) im semiariden Bereich abgeleitet werden kann.

An den randlichen Zonen des Buntsandsteinbeckens haben wir im Ablauf des großzyklischen Sedimentationsrhythmus (20 bis 50 m mächtige Folgen) am Ende des Rhythmus eine Ruhestandsperiode mit Vorgängen, die mit einer Bodenbildung zu vergleichen sind. Die im semiariden Klimabereich gebilde-

ten Krusten (Caliche) könnten durch ihre spätere Auflösung und Infiltration den geringverfestigten, unterlagernden Sandsteinschichten das Ca zugeführt haben.

Die Herkunft des Ca ist aus den Feldspäten wie auch aus anderen Ca enthaltenden basischen Mineralien, wie Pyroxene (Augite) und Amphibole (Hornblenden), abzuleiten. Der Feldspatgehalt schwankt zwar örtlich und zwischen den einzelnen Schichtenabschnitten beträchtlich, aber 1 bis 3 % sind in unserem Gebiet der Regelanteil, 10 % sind Ausnahmen. Da wir von den

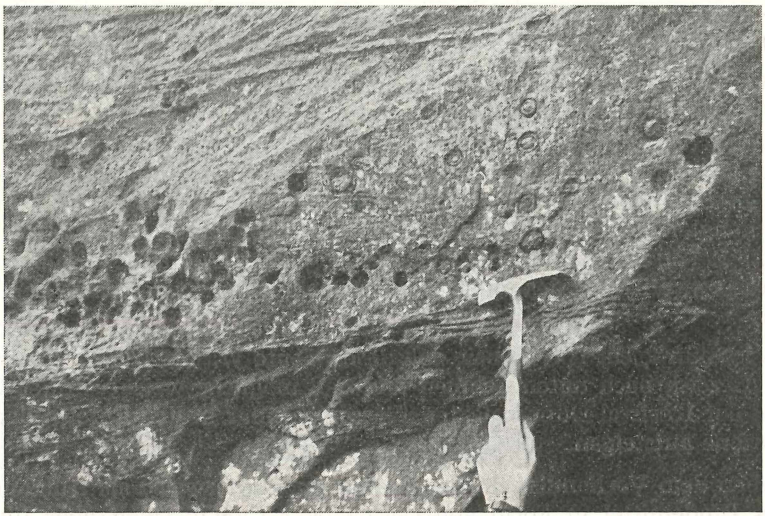


Bild 5 Kugelfelszone Rahnfels, TK 6514 Bad Dürkheim-West, r 34 34 54, h 54 82 75.

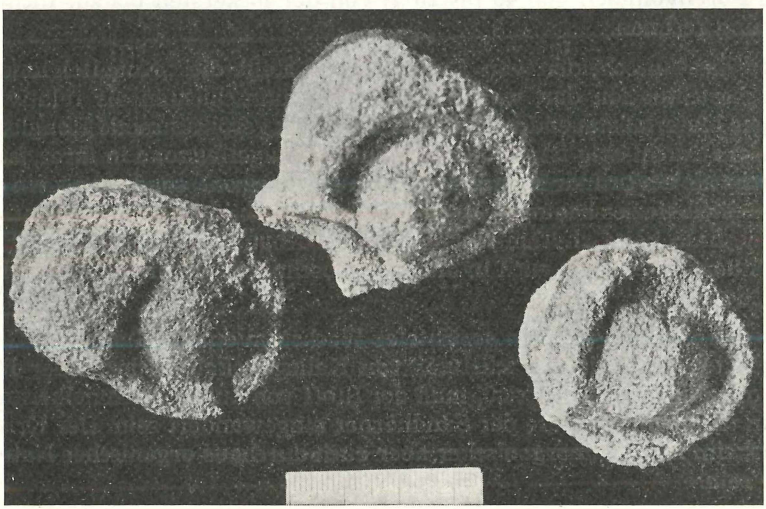


Bild 6 Isolierte Kugeln aus dem Bereich der Kugelfelszone. Rahnfels, vgl. Bild 5.

zersetzten Pyroxenen, Amphibolen und auch Biotiten gemäß den Grundvorstellungen WALKERS unter semiariden Bedingungen die Braun- bzw. Rotfärbung des Buntsandsteins durch FeOOH bzw. Fe_2O_3 herleiten dürfen, erscheint in unserem Fall der gleiche Weg für den Ca-Gehalt möglich.

Nach den Untersuchungen von LANGBEIN läßt sich an den Ca-Konkretionen des Thüringischen Buntsandsteins eine deutliche Abhängigkeit zwischen Karbonatanteil und relativem Feldspatgehalt ermitteln, die auf eine direkte Feldspatkarbonatisierung schließen läßt, zumal man bei der Addition beider Werte konstante Summen erhält. Für die Analysen JUNGS errechnete LANGBEIN eine Verschiebung des Quarz-Feldspat-Verhältnisses von 0,45 im Gestein zu 0,95 in den Kugeln.

Mit der Oberkante der lacustrinen Karlstaler-Dünnschichten haben wir die Oberkante eines Sedimentationszyklus erreicht, wenn nicht erst mit der Oberkante des meist vorhandenen Kugelfelshorizontes — sofern wir in diesem randnahen Bereich nicht mit einer buntsandsteinzeitlichen Abtragung rechnen. Überlagert wird die 1 bis 2 m mächtige Kugelfelszone vom sog. Hauptkonglomerat mit gleichfalls stark schwankender Mächtigkeit von (0) 8 bis 15 (20) m. Seine Oberflächenverkrustungen sind in der Pfalz zumeist der erosiven Wirkung des jüngeren „Karneolkonglomerates" zum Opfer gefallen.

Es ist nun leicht vorstellbar, daß descendente Wässer Kalk aus dem höheren Bereich nach unten nehmen und daß möglicherweise von der Obergrenze der Karlstal-Dünnschichten Wässer kapillar in den Bereich der Kugelfelszone aufsteigen.

Neben dem Vorhandensein des Kalkes (möglicherweise als frühdiagenetisches Bindemittel in Form von $CaCO_3$ oder $CaSO_4$) spielt aber für den Transport und Niederschlag die Porosität eine entscheidende Rolle. Generell können wir in Sanden bei kugelgestaltigen Körnern ohne Bindemittel mit einem Porenvolumen von 48 bis 26 % von der lockersten bis zur dichtesten Lagerung rechnen.

Für das Ausscheiden von Kalklösungen stellt die „Kugelfelszone" die günstigste Situation dar, weil die Karlstal-Dünnschichten als relativ feinkörniges Material stauend wirken und das stark geröllführende Konglomerat besonders durchlässig ist, somit erscheint die Kugelfelszone in ihrer jetzigen Art nicht als ein primär stratigraphischer Leithorizont, sondern als ein durch seine Gesteinsfazies bedingter, sekundär herausgebildeter Leithorizont. — Es kann deshalb beim rhythmischen Gesteinsaufbau des Buntsandsteins nicht verwundern, wenn wir auch in anderen Abschnitten derartige Kugelbildungen finden.

Da den „Ca-Kugeln" ein gerichtetes Wachstum entsprechend den Gesetzmäßigkeiten des Kristallwachstums von Kalkspatskalenoedern oder Rhomboedern zueigen ist (STRASSER), muß der Stoff von außen (Sammelkristallisation) in die Intergranulare der Sandkörner eingewandert sein. Der Kristallisationskeim könnte anorganischer aber auch durchaus organischer Natur gewesen sein.

Wenn wir häufiger conzentrische Kugeln finden, so mögen hier auch Diffusionsvorgänge eine Rolle gespielt haben. Das gleichzeitige Einwandern von

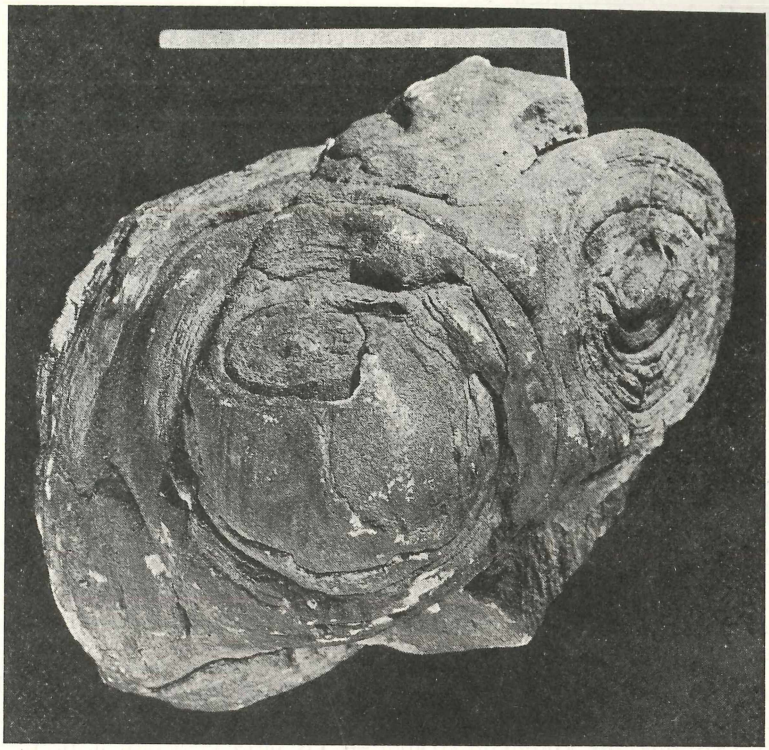


Bild 7 Doppelkugel aus den (?) Karlstal-Schichten vom Taubenkopf (vgl. Bild 2) Maßstab 30 cm.

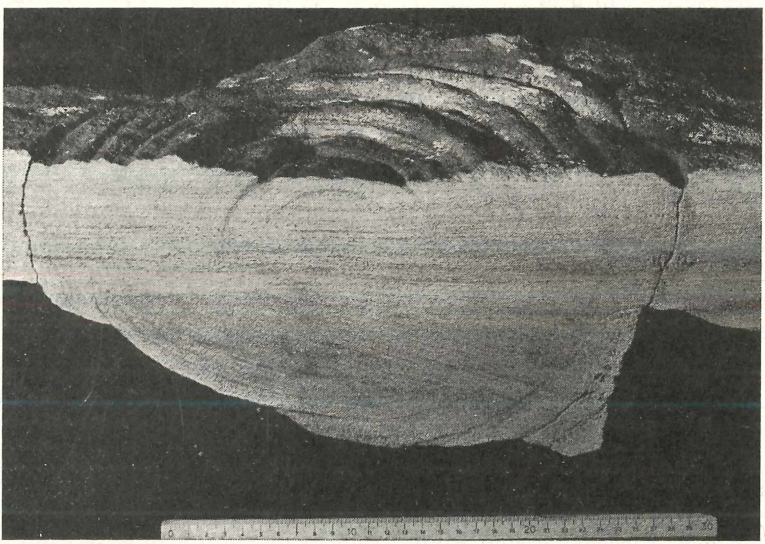


Bild 8 Angeschnittene Kugel vom Taubenkopf. Die hervorstehenden Rippen auf der Oberfläche sind durch Silifizierung bedingt; aus den dazwischenliegenden Vertiefungen ist das ferritische Bindemttel herausgelöst worden.

Fe und Ca könnte zum Schalenaufbau und -erhalt beigetragen haben. Daß die Kugeln oder ihre Hohlformen noch heute erhalten sind, ist weitgehend der jüngeren Silifizierung zuzuschreiben. Vielleicht erklärt das sekundäre Weiterwachsen der Quarze auch die von Jung gemessene Verschiebung der Korngröße zur etwas gröberen Fraktion bei der Kugel im Vergleich zum Muttergestein.

2.3. Fe-Diffusionen (Liesegangsche Ringe)

Am Taubenkopf (Bl. 6614 Neustadt a. d. Weinstr., r 34 33 800, h 54 65 380), nördlich der großen Kalmit, liegen Kugeln, die einen Durchmesser bis 80 cm erreichen (s. Bild 2, 3, 7, 8). Strasser und Häberle, 1907 brachten diese Bildungen in Zusammenhang mit der Kugelfelszone, zumal sie wohl hier wie am Hüttenberg in den höheren Bereich der Karlstal-Schichten gehören.

Die Einzeluntersuchung an einer Serie von 10 aneinandergereihten Dünnschliffen an einer Kugel (Bild 8) erbrachten eine Bestätigung der makroskopischen Beobachtungen, ohne aber durch den Verwitterungszustand wesentlich neue Erkenntnisse zu ermöglichen.

Die Dünnschliffe wurden mir Dank des freundlichen Entgegenkommens von Herrn Prof. Paulitsch im Mineralogischen Institut der TH Darmstadt durch Herrn Öffler angefertigt. Bei der Auswertung und bei der Diskussion der Ergebnisse habe ich Herrn Dipl.-Mineralogen Dr. G. Tietz, Darmstadt/Erlangen, zu danken.

Zum Verständnis dieser Kugeln müssen zuvor einige weitere Beobachtungen diskutiert werden. In dem Hohlweg am westlichen Ortsausgang St. Martin (Anfahrt zur Totenkopfstraße) — TK 6614 Neustadt a. d. Weinstr., r 34 34 480, h 54 63 040 — sind an der Südseite im weitgehend gebleichten Trifels-Sandstein (Unterer Buntsandstein) einige sphäroidische Gebilde von einem Durchmesser, der einen Meter überschreitet, aufgeschlossen (s. Bild 9). Vom Schnittpunkt zweier rheinisch streichender Klüfte (die Aufschlußwand streicht ca. 110 °) geht ein nach außen gerichteter rhythmischer Wechsel von Fe-freien bzw. -armen und Fe-reichen mm- bis cm-breiten Bändern aus. Die eisenreichen Partien sind mitunter verhärtet und treten deshalb hervor. Wir pflegen diese rhythmischen Fällungen als „Liesegangsche Ringe" zu bezeichnen. Ihre Entstehung ist so zu deuten: Auf den Kluftflächen treten wäßrige Lösungen hinzu, die u. a. mit Sauerstoff angereichert sind. Sie können Fe und andere Stoffe zuführen, aber möglicherweise aktivieren sie auch lediglich das im Nachbargestein befindliche Fe. Von diesem Zentrum (Klüfte) ausgehend wird durch geringfügige Verschiebungen das Redoxpotential ständig verändert.

Das im wesentlichen an die tonigen Substanzen im Buntsandstein gebundene Fe_2O_3 muß in Lösung gebracht worden sein. Dabei würde eine Überführung des Fe^{+++} in das leichter lösliche Fe^{++} den Ablauf erleichtern. Ein ständiges Schwanken des Redoxpotentials führt zum ständigen Wechsel von Fällung und Lösung. An einer äußeren Grenzfläche gehen die Sole in Gele über, die dann allmählich altern und verhärten. Damit ist die schalige Anordnung der „Liesegangschen Ringe" und in der verhärteten Form die Gestalt der großen Kugel gegeben. Ob an diese Diffusionsvorgänge des Eisens auch Kalzium gebunden ist, läßt sich nicht ausschließen. Die Ausnahme-



Bild 9 „Liesegangsche Ringe“ im Trifels-Sandstein, von einer Kluft ausgehend. Hohlweg westlich St. Martin, TK 6614 Neustadt a. d. W., r 34 34 480, h 54 63 040.

erscheinung dieser großen Kugeln im Pfälzer Buntsandstein, während kleine Karbonatkonkretionen auch aus anderen Schichtabschnitten und Regionen des Buntsandsteins bekannt sind, und die Häufigkeit der kugelförmigen Fe-Wanderungen in anderen Gesteinen, lassen dies aber weniger wahrscheinlich sein.

Wie Bankungsfugen und Schichtflächen die Form der Fällungsringe beeinflussen zeigt Bild 9, vergleichen wir dazu das Bild 8, das eine Kugel vom Taubenkopf zeigt, dann erkennen wir den gleichen Einfluß der Schrägschichtung auf die Form; es entsteht eine abgeflachte Kugel.

Ein Kristallisationspunkt in Form einer Kluft ist am Bild 8 nicht zu erkennen, es mag aber die Grenze zweier Schüttungen ausgereicht haben; gleichfalls könnten größere Gerölle oder Tongallen (hier nicht angeschnitten) als Unstetigkeitsflächen im Sediment genügt haben. Die zonare Bänderung ist nur noch in der Andeutung zu erkennen. In dem leicht porös erscheinenden Bereich (Bild 8) ist das ursprünglich vorhandene Eisen inzwischen herausgelöst, sichtbar treten die eingekieselten Partien hervor. Das später mobilisierte SiO_2 konnte nur in die Intergranulare des Sandsteins einwandern und sich an die bestehenden Kornflächen der Quarze anlagern. Dies geschah bevorzugt in den Schichten, die aus mittlerem und grobem Sandkorn aufgebaut waren. Waren diese Körner von eisenhaltigen Tonhäuten umgeben oder war ein dichtes tonig-ferritisches Bindemittel vorhanden, unterblieb diese Einkieselung, die gleichzeitig eine Verfestigung des Materials bedeutete. Wenn später das tonigferritische Material herausgelöst wurde, war damit an diesen Stellen eine Materiallockerung verbunden; eine schalenförmige Absonderung wird sichtbar. Die silifizierten Partien bleiben als Höcker stehen (s. Bild 8).

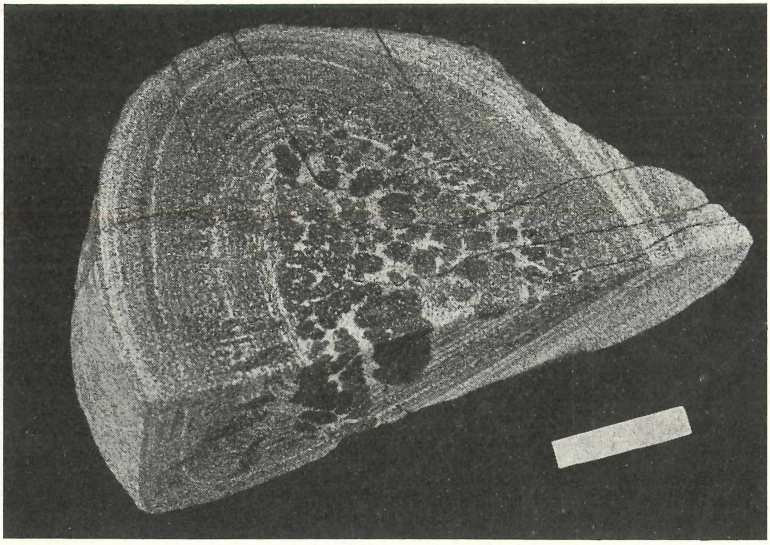


Bild 10 Rhythmische und concretionäre Eisenanreicherungen. Lesestein der (?) Karlstal-Schichten, oberhalb Christel-Brunnen bei Leimen, TK 6712 Merzalben, r 34 14 00, h 54 60 90.

Der Ablauf dieser Stoffwanderungsvorgänge in einer bestimmten Reihenfolge:

1. Einfärbung des Buntsandsteins (coating),
2. Konkretionsbildung (z. B. durch Karbonatisierung von Feldspäten),
3. Silifizierung (Quarzblatese),
4. Bleichung des Gesteins,

wäre denkbar, muß aber in dieser strengen Reihenfolge dahin gestellt bleiben, weil gerade die letzten Bleichungsvorgänge Stoffwanderungen (hauptsächlich von Eisen) bedingt haben.

Östlich Leimen, ca. 18 km vom Rheingrabenrand entfernt, sind die Eisenfüllungen besser erhalten als in unmittelbarer Nähe der Hauptverwerfung; die Konzentrationen sind höher, aber im ganzen seltener. Deutlich ist die Eisenbänderung an einer Kugel oberhalb des Christel-Brunnen (TK 6712 Merzalben, r 34 14 00, h 54 60 90, ca. 500 m. ü. NN), östlich Leimen (s. Bild 10). Im Zentrum ist das Eisen auf einige Punkte konzentriert in das Sandsteingefüge eingedrungen, der Zugang mag auf den aufgerissenen Klüften erfolgt sein. In Abhängigkeit vom Sedimentgefüge ist die concentrische Ausfüllung erfolgt. Das ausgefällte Eisen festigt gleichzeitig die Kornbindung als Zement.

Der Schliff läßt um einzelne Quarzkörner eine schwache Ummantelung eines tonig-ferritischen Bindemittels erkennen, bevor die Quarzkörner bei einer SiO_2-Zufuhr weitergewachsen sind. Dieses Wachstum in vorhandenen Hohlräumen, vielleicht wurde ein primäres karbonatisches oder sulfatisches Bindemittel weggelöst, wurde durch einen Niederschlag von Nadeleisenerz (Goethit, FeOOH) gestoppt. In den concentrischen Ringen ist das Erz randlich ziemlich dicht. Im Zentrum füllt es die vorhandene Intergranulare aus.

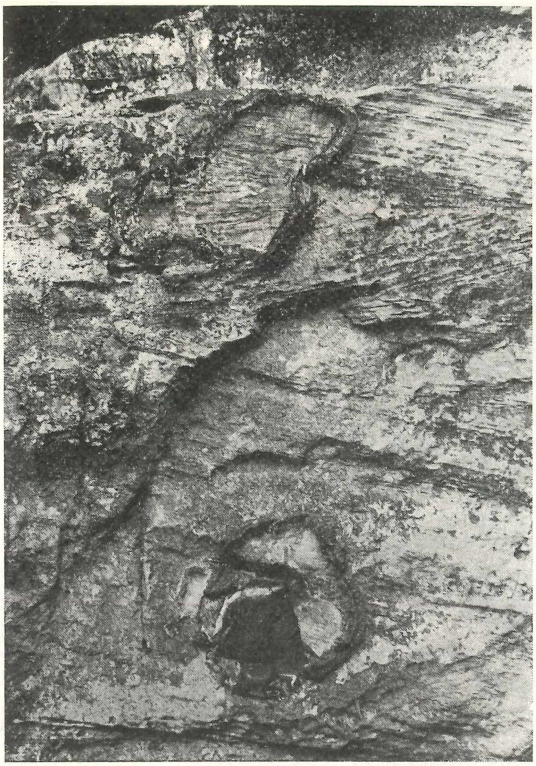


Bild 11

Eisenrinden in schräggeschichteten Karlstal-Schichten, Durchmesser der Körper ca. 40 cm. Die Abhängigkeit der Fe-Zufuhr von einer Kluftfläche deutet die noch teilweise erhaltene Auskleidung innerhalb der unteren Rinde an. Steilwand-Christeleck (TK 6712 Merzalben, r 34 13 50, h 54 60 90, ca. 500 m ü. NN).



Bild 12 Eisenrinden in der Schichtfläche. Zentrum völlig gebleicht. Form entsprechend den volkstümlichen „Schuhsohlen". Höhe 15—20 cm, vgl. Bild 11.

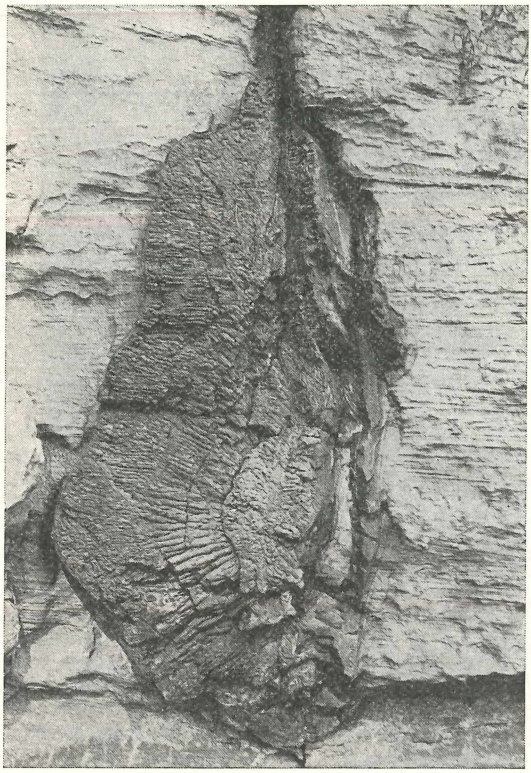


Bild 13

Kluftfüllung mit intensiv eisenverkittetem Sandstein. Links der Schichtung folgend, rechts und im Zentrum concentrisch angeordnet. Ausmaß ca. 120 x 60 cm. Vgl. Bild 11.

In den Bildern 11 und 12 zeigt sich die postsedimentäre Entstehung und gleichzeitig die Rindenbildung aus der Stoffzufuhr der unmittelbaren Umgebung; die Formen des Bildes 12 entsprechen den sog. „Schuhsohlen". Die starke Abhängigkeit von der geologischen Struktur zeigt eine Kluftfüllung, die 120 cm lang und in ihrer kugeligen Ausbuchtung etwa 60 cm ⌀ besitzt (s. Bild 13). Am äußeren Rand folgt die Vererzung deutlich den Schichtflächen.

3. Zusammenhang zwischen Schalen und Kugeln

Je nach dem Grad der Lockerung bzw. Verfestigung können die großen Kugeln aus dem Gesteinsverband gelöst werden, isoliert erhalten bleiben oder auch zerfallen.

Am Taubenkopf hat uns die Natur Kugeln und dazugehörige Hohlform unmittelbar nebeneinanderliegend erhalten (s. Bild 3); die Zusammengehörigkeit ist eindeutig. Aus dem Vergleich zwischen einer Wanne am Christeleck (s. Bild 14; vgl. Häberle 1933) im Streichen einer Kluft mit der noch in situ befindlichen Eisenkonkretion (Bild 13) in einer Kluft wird die Entstehung offenschtlich.

Die entstandenen Kugeln oder die noch häufiger vorhandenen Hohlformen sind in ihrer primären Anlage auf geologische Flächen zurückzuführen. Allein 60 bis 70 % der bekannten von Archäologen zumeist als Opferschalen

gedeuteten Steine besitzen eine „Blutrinne", die sich als geologische Kluft erweist. Die anderen Wannen oder großen Kugeln liegen zumeist an einer geologisch markanten Schichtfläche, die oft auch Bankungsfuge (vgl. Bild 2, 8) ist. Somit war sie primär Kristallisationspunkt bzw. Ausgangspunkt für die Stoffwanderungen und später Trennfuge, an denen die Blöcke durch die Verwitterung voneinander gelöst wurden.

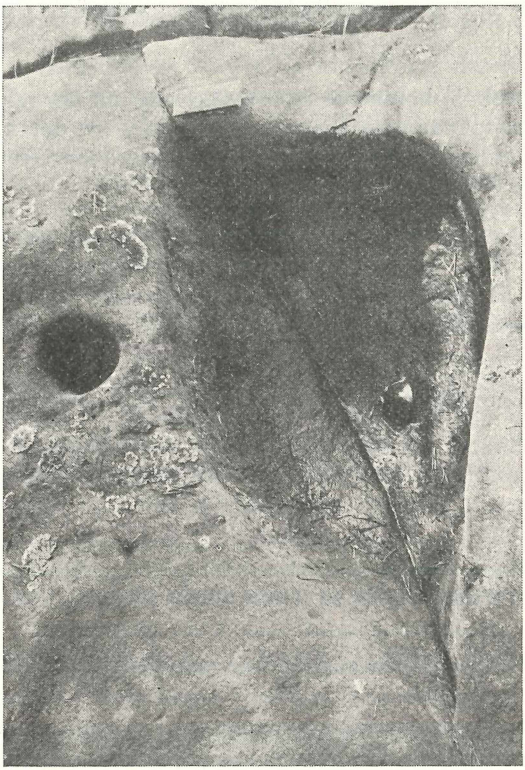


Bild 14

Oberhalb Steilwand. Hohlform aus der möglicherweise eine Bildung analog Bild 13 herausgewittert ist. Kreisrundes Loch daneben auf herausgewitterte Eisenrinde zurückzuführen. Die Rinne („Blutrinne") folgt einer Kluft.

Die große Schale auf dem Maimont (TK 6912 Bundenthal, r 34 05 60, h 54 35 86, Rehberg-Schichten) ist im Bereich der deutlichen 140 ° und 30 ° streichenden Klüfte — der Block lag isoliert, aus dem Schichtenverband gelöst, daher abweichende Streichrichtung — weil er an der einen Seite in Freilage war, auseinandergebrochen.

Auch die weiteren Formengestaltungen sind geologisch zu deuten. So ist ein unterkolkter Rand, wie ihn Abb. 2 zeigt, allein das Ergebnis des stärkeren Einfallens der Schichtflächen, denn der Neigungswinkel von > 24 ° stellt für die Beeinflussung der geometrischen Form einen gewissen „Grenzwert" dar, ähnlich wie sich die Schichtenanisotropie auf die Spannungsausbreitung (Druckzwiebel) bei Bauwerken auswirkt.

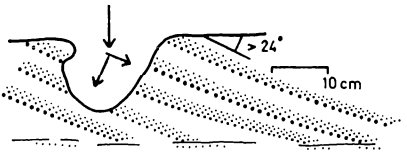


Abb. 2 Zerlegung der lotrecht wirkenden Verwitterungskraft bei steiler (> 24°) einfallenden Schichten in einen Anteil parallel zur Schichtung und einen Teil senkrecht dazu, so daß das Bild einer Auskolkung entsteht. (Skizze in Anlehnung an Rüger).

Bei geringeren Neigungen (Abb. 3) kommt es zur Abflachung auf der mit dem Hang fallenden und zur treppenartigen Herauspräparierung an der in den Hang fallenden Seite, wie es jeder geomorphologisch kartierende Geologe immer wieder in der Praxis erfährt.

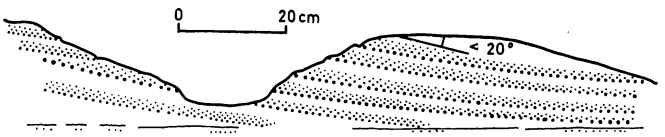


Abb. 3 Wanne in flach (ca. 20°) schräggeschichtetem Sandstein. Herausbildung einer abgeflachten Seite, wenn Schichten und Wandneigung parallel, steiler Hang, wenn Schichten in den Hang fallen. Erscheinungsbild analog der Ausbildung von Flußtälern in Schichtgesteinen. (Skizze in Anlehnung an Rüger).

Zu großflächigen Ausräumungen kommt es an den auslaufenden Schrägschichtungsblättern, so daß von dort ausgehend große flache Wannen entstehen können.

Wenn auch die Vielzahl und die Abhängigkeit von der Geologie eine Schaffung dieser Schalen von Menschenhand abwegig erscheinen läßt, so kann der Geologe ihre Verwendung zu kultischen Zwecken nicht ausschließen. Allerdings müßte dieser Beweis aber dann mit naturwissenschaftlich-kulturgeschichtlichen Methoden erbracht werden. Jede Wanne und Schüssel im Buntsandstein der Pfalz dürfte geologisch zu begründen und zu erklären sein.

4. **Regionale Verteilung**

Daß diese Wannen und großen Kugeln lediglich im Buntsandstein der Pfalz und nicht im benachbarten Odenwald, im Schwarzwald und in den Vogesen oder anderen Buntsandsteingebieten vorkommen, ist gleichzeitig ein Beweis für den alleinigen geologischen Ursprung dieser Formen.

Die in 2.1. beschriebenen Stoffwanderungen als Urheber der zahlreichen Kleinverwitterungsformen haben u. a. die Zerlegung des Pfälzer Buntsandsteins an bevorzugt SW-NE gerichteten Störungen und die daraus bedingten Felsfreistellungen zur Voraussetzung.

Die möglicherweise zur Buntsandsteinzeit erfolgten Ca-Konkretionsbildungen, die auch in den benachbarten Buntsandsteingebieten vorhanden sind, können zur Deutung nicht weiter herangezogen werden.

Von entscheidender Bedeutung sind die Fe-Wanderungen, die in keinem Buntsandsteingebiet so intensiv sind, wie an der Haardt. Da wir davon ausgehen können, daß der Buntsandstein nach Abschluß seiner Diagenese in gleichwertigen Schichtenabschnitten in den verschiedenen Regionen die gleiche entsprechende Färbung hatte, können nur junge Vorgänge diese Unterschiede (Bleichung) bedingt haben.

So erfuhren bei der Herausbildung des Rheingrabensystems im jüngeren Tertiär die am Grabenrand liegenden Gesteine eine starke Bleichung. — Die Sandsteine der Vogesen, des Schwarzwaldes und des Odenwaldes (mit Ausnahme einiger hängengebliebener Schollen, z. B. bei Heppenheim) blieben davon verschont, weil sie nicht unmittelbar am Grabenrand liegen, sondern erst das Kristallin angrenzt —. Die Entfärbung der Sandsteine am Haardtrand war durch eine Auswanderung der färbenden Eisenbestandteile, zuerst aus den gröberen Partien und zuletzt auch aus den feinkörnig-tonigen bedingt. Diese Entfärbung bedeutet zugleich eine starke Beweglichkeit des Eisens, die mit der Entfernung vom Grabenrand zum Innern der Pfalz hin abnimmt. Daher wird auch die Zahl der Kugelbildungen und der Wannen und Schüsseln gen Westen geringer, vgl. dazu die Aufstellung in der Arbeit GÖDEL in diesem Band. (Sie sind auf den Grabenrandblättern (TK 25) mit den Endnummern 14 und 13 reichlich nachzuweisen, auf denen mit 12 selten). Die entscheidenden Vorgänge sind die Heraushebung des Haardtrandes und damit das Durchströmen von lösenden Wässern auf Klüften und im Porenraum. Im Pliozän (vielleicht auch schon ab Oligozän) wurden diese Eisenwanderungen unter subtropischem Klima bei hohem Anteil an Huminsäuren durch eine Überführung vom Fe^{+++} in Fe^{++} begünstigt. Unter Einfluß von Huminsäuren kann sich diese Entwicklung auch im Pleistozän fortgesetzt haben; Lösungen von FeOOH sind noch heute möglich.

5. Zusammenfassung

Die im Buntsandstein der Pfalz häufig vorkommenden Vertiefungen, die oftmals als Opferschalen gedeutet werden, können auf das Herauswittern sphaeroidischer Gesteinsteile zurückgeführt werden. Wanderungen von Ca und Fe bilden kleinere 3 bis 5 cm oder größere 70 bis 80 cm messende Kugeln. Eine jüngere Silifizierung und das Wegführen der Calzium- und Eisenverbindungen bedingen die heute erhaltene schalige Struktur der Kugeln in der Hohlform.

Die Häufigkeit der Schalen, Kessel etc. am Westrand des Pfälzer Waldes ist auf die Heraushebung der Haardt an der westlichen Rheingrabenverwerfung zurückzuführen, wodurch vor allem die starken Wanderungsbewegungen (Lösungen) des färbenden Eisens ermöglicht wurden.

Menschliche Tätigkeiten zur Gestaltung dieser „Opferschalen" waren nicht erforderlich.

6. Schriftenverzeichnis

BACKHAUS, E.: Red beds of the „Buntsandstein" (Lower Triassic) in the Odenwald and Pfalz-Vosges areas. — Sedimentology of parts of Central Europe, Guidebook VIII. Intern. Sedimentol. Congr. 1971 Heidelberg, p. 105—124, 8 fig., 2 pl., Frankfurt a. M. 1971.

— Die vererzten Buntsandsteinproben im Römerkastell Hesselbach (Odenwald — Limes). Limesforsch. **12**, S. 148—152, Taf. 34, Berlin, 1973.

FRENZEL, G.: Kleinverwitterungs-Skulpturen im südpfälzischen Buntsandstein. — N.Jb. Geol. Paläontol., Mh. 1962, S. 453—466, 9 Abb., Stuttgart 1962.

GÖDEL, O.: Wasser-, Schüssel-, Kessel-, Pfannen-, Schalen- und Opfersteine im Buntsandsteingebiet der Pfalz. — Pollichia, 3. Reihe, **19**, S. , Bad Dürkheim 1973.

GRUNER, H.: Opfersteine Deutschlands, Eine geologisch-ethnographische Untersuchung. — 63 S., 13 Abb., 4 Taf., Leipzig 1881 (Duncker und Humblot).

HÄBERLE, D., Kugelfelsen im Pfälzerwald. — Pfälzerwald, Jg. **8**, S. 159—160, Zweibrücken 1907.

— Über das Vorkommen von Kugelbildungen in verschiedenen Gesteinen der Rheinpfalz. — Pfälz. Heimatkde., **6**, S. 2—7 u. 13—18, 16 Abb., Speyer 1910.

— Über Kleinformen der Verwitterung im Hauptbuntsandstein des Pfälzerwaldes. — Verh. naturhist.-med. Ver. Heidelberg, N.F., **11**, 2, S. 167—209, 6 Abb., 4 Taf., Heidelberg 1911.

— Über traubige und zapfenförmige konkretionäre Bildungen im Buntsandstein. — Jb. Mitt. Oberrh. geol. Ver., N.F., **3**, S. 94—97, 2 Abb., Stuttgart 1913.

— Über das Vorkommen karrenähnlicher Gebilde im Buntsandstein. — Jb. Mitt. Oberrh. geol. Ver., N.F., **6**, 2, S. 159—167, 1. Abb., 2 Taf., Karlsruhe 1917.

— Wannen-, schüssel-, napf- und kesselförmige Verwitterungserscheinungen im Buntsandsteingebiet des Pfälzerwaldes. — Geol. Rdsch., **23a**, S. 167—185, 13 Abb., Berlin 1933.

— Neuere Beobachtungen über Verwitterungsformen im Buntsandstein (Wannen und Kessel). — Bad. geol. Abh., Jg. **6**, S. 17—38, 9 Abb., Karlsruhe 1934.

JUNG, H.: Sedimentpetrographische Untersuchungen an einem Kugelsandstein des Mittleren Buntsandsteins bei Kahla in Thüringen. — Chemie der Erde, **8**, 4, S. 601—612, Jena 1934.

LANGBEIN, R.: Zur Petrologie des Thüringer Buntsandsteins. — Beiheft zu Z. Geologie, **68**, 131 S., 7 Tab., 8 Taf., 22 Beil., Berlin 1970.

LIESEGANG, R. E.: Geologische Diffusionen. — 180 S., 44 Abb., Dresden und Leipzig 1913 (Steinkopf).

RÜGER, L.: „Gletschermühlen" im Pfälzer Wald. — Pfälzer Museum, **41.** Jg. — Pfälz. Heimatkde., **20.** Jg., S. 155—159, 9 Abb., Speyer 1924.

SCHMIDT, L.: Mulden, Kreuze und Schuhsohlen in der Pfalz. — Pfälzer Heimat, Heft 3, 1967, S. 101—106, 8 Abb., Speyer 1967.

STRASSER, R.: Über Scheinkristalle aus dem Buntsandstein bei Heidelberg. — Verh. naturhist.-med. Ver. Heidelberg, Jg. 1907, **8**, S. 371—396, 1 Abb., Taf. 4 u. 5, Heidelberg 1907.

WALKER, T. R.: Formation of red beds in modern and ancient deserts. — Geol. Soc. Amer., Bull. **78**, p. 353—368, 5 Abb., 2 Taf., New York 1967.

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. E. Backhaus, Geologisch-Paläontologisches Institut der Technischen Hochschule, 61 Darmstadt, Schnittspahnstraße 9

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mitteilungen der POLLICHIA

Jahr/Year: 1972

Band/Volume: 19

Autor(en)/Author(s): Backhaus Egon

Artikel/Article: Die geologische Deutung der Felsschüsseln („Opfersteine“) im Buntsandstein der Pfalz, mittels Stoffwanderungen 79-96