

Der gebleichte Mittlere Buntsandstein („Rehbergsschichten“ b^{2b}) von Bergzabern-Westmark

Eine gesteinskundlich-technische Betrachtung

Von Harald H. Hübl, z. Z. Wehrmacht

(Mitteilung aus dem Institut für Geologie, techn. Geologie und
Mineralogie der Technischen Hochschule Karlsruhe)

(Mit 19 Abbildungen im Text und 4 Tafeln)

1.	Vorbemerkungen	302
	Zur Stratigraphie	302
3.	Ausbildung der Schichten	306
4.	Fallen und Streichen der Schichten	307
	Die Klüftung	307

I. Allgemeiner gesteinskundlicher Teil

6.	Die Korngrößenverhältnisse der ursprünglichen Quarzsandkörner	309
	a) Einkieselung und Korngröße	314
	b) Korngröße und Bleichung	315
8.	Sekundär authigene Kieselsäure und Ferritmasse	315
9.	Chemisches zur Einkieselung des sm	316
10.	Die primären Gemengteile (klastische Komponente)	318
11.	Schwach gebleichter Brauneisenkristallsandstein (B_6)	322
	a) Das direkte ergänzende Zement	323
	b) Das indirekte ergänzende Zement	326
	c) Das difforme Zement	327
12.	Der Eisen-Mangan-Haushalt	330

II. Spezieller gesteinskundlicher Teil

„O“:	1—6	338
„B“:	1—7	348
	Schlußwort	355
	Benützte Schriften	356

1. Vorbemerkungen

Die nachstehenden Untersuchungen stellen die profilmäßige petrographische Durcharbeitung zweier Bundsandsteinaufschlüsse im gebleichten sm des linken Rheintalrandes bei Bergzabern vor. Die Untersuchungen wurden besonders unter Berücksichtigung technischer Fragen durchgeführt.



Abb. 1

Die hangendste Partie des Steinbruches in „O“: 1 und 2 Abraum; 1 fluviatil umgelagerte Buntsandsteinsedimente (jungpliozän-altquartäre Terrasse), stark zersetzt, Fe abgeführt. — 2. stark zersetzter gebleichter Buntsandstein, unter Beibehaltung der Schichteigenschaften der liegenden Sandsteinstöße. — 3. weißlich-gelber, gebleichter Sandstein, stark verkieselt: unvermittelter Übergang in den zersetzten Sandstein! — 4. Entnahmestelle der Druckproben. — 5. Die starke Verkieselung verursacht schalenförmiges Abspringen.

— bis zur Talsohle hinabziehen. Die Tälchen scheiden eine Anzahl von langgestreckten, vielfach parallelen Rücken, die an die westlich gelegenen zusammenhängenden Gebirgsteile wie Rippen an das Rückgrat stoßen.

Der eine Steinbruchaufschluß liegt in Bergzabern, Kreis Weißenburg (HW: ⁵⁴ 41 ²⁰, RW: ³⁴ 25 ²⁶) und soll mit „B“ im Text abgekürzt werden. Im Streichen des Rheintalabfalles liegt südlich der zweite Aufschluß in Oberotterbach (HW: ⁵⁴ 37 ⁴⁶, RW: ³⁴ 26 ¹⁴), seine textliche Abkürzung sei „O“.

Die ausgedehnten Hochflächen des gebirgigen Teiles zwischen Weißenburg und Bergzabern gehen mit einem merklichen Abfall in die Rheinebene über. Die jungpliozän-altdiluviale Terrassenfläche ist von ein bis zwei Meter mächtigen Verwitterungsprodukten bedeckt, die sich auch — die Flanken und Hänge der WNW-OSO verlaufenden Tälchen verhüllend — bis zur Talsohle hinabziehen.

2. Zur Stratigraphie

Beide hier beschriebene Vorkommen liegen im Mittleren Hauptbuntsandstein (= Grès des Vosges = sm);

der ohne Übergang dem Unteren Buntsandstein aufliegt. Forche (1935, S. 21—24) arbeitet die Unterschiede des sm vom su wie folgt heraus:

Korngröße im sm: 0,2—0,5 mm Ø, im su 0,05—0,2 mm Ø. Zurücktreten des tonig-ferritischen Bindemittels, hellere Farbe, größerer Feldspatgehalt, Fehlen von Dolomit, Vorhandensein von Geröllen, Vorkommen von Schrägschichtung.

Die Gliederung des sm geschieht in der Pfalz in zwei Abteilungen:

O b e r e A b t e i l u n g

Hauptkonglomerat (b^{2d})

Karlstal- oder Trippstadtschichten (mit Untergliederungen) (b^{2c})

U n t e r e A b t e i l u n g

Rehberg-Schichten mit der Rehbergfelsregion in der Mitte und der Tischfelsregion im unteren Teil (b^{2b}).

Trifelssandstein (b^{2a}).

Die eingeklammerten Ziffern beziehen sich auf die Ausscheidungen in G ü m b e l s Geognostischer Karte (1886).

In den Vogesen ist die Horizontierung des sm nicht mehr so fein, da die charakteristischen Felszonen nach S hin verschwinden.

Es entspricht: (b^{2d}) = h

(b^{2c}) = sm₂

(b^{2b}) }
(b^{2a}) }

Unsere Pfälzer Vorkommen „O“ und „B“ liegen beide in den Rehbergsschichten, und zwar im gebleichten Abschnitt am Rheintalabbruch. Forche gibt eine kurze Charakteristik und Gegenüberstellung des Trifelssandsteines und des Rehbergsandsteines. Der erste ist ein „mittelkörniger Sandstein mit Geröllen, die sich im unteren Teil konglomeratisch häufen können, nach oben aber seltener werden. Der Feldspatgehalt ist ziemlich groß, der Muskowitgehalt unbedeutend. Pseudomorphosenflecken sind in wechselnder Häufigkeit in Trifelssandstein zu finden. Von den Schrägschichtungsarten, die Hoppe unterscheidet, wiegt die synklinale Kreuzschichtung vor. Der Unterschied vom Trifelssandstein zum Rehbergsandstein ist nur gering. Der Rehbergsandstein führt durchschnittlich weniger Gerölle und ist etwas feldspatärmer. Gelegentlich findet man in ihm auffallend gut sortierte Kornbestände. Diese ausgezeichnete Sortierung ist aber keineswegs herrschend.“ (Siehe auch Strigels {1929, S. 110} Darstellungen.)

Zeichenerklärung zu den Schichtprofilen

Die einzelnen Zahlen beziehen sich auf die Gesteinsart im allgemeinen. (3, 12.)

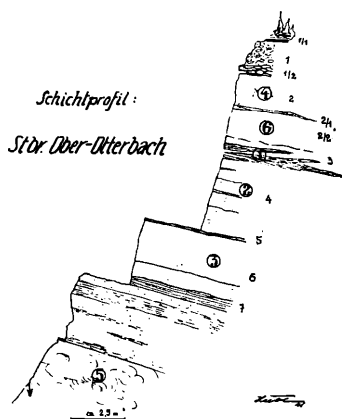


Abb. 2

Profil durch den Steinbruch „O“
(annähernd N—S), siehe Erklärung im Text.

Die zusammengesetzten Zahlen weisen auf die verschiedene Ausbildung der betreffenden Gesteinsart hin.

Die mit Kreisen umgebenen Zahlen sind die Entnahmestellen für die petrographischen Untersuchungen im Dünnschliff. Die Mächtigkeiten der einzelnen Schichtglieder sind in dm absichtlich nicht angegeben, da bei dem Fazieswechsel den einzelnen Schichtgliedern Abweichungen in der Schichtmächtigkeit $\pm 25\%$ auftreten.

1. Verwitterungsschutt der altquartären (jungpliozänen?) Terrasse am Rheintalabfall: stark sandig, mehliges Material aus eisenlosem, gebleichten Buntsandstein.
- 1.1. Humose, sandige Vegetationsdecke mit zusammenhängendem Kiefernbestand.
- 1.2. Stark zersprungene und aufgelockerte Buntsandsteinpartien.

Gebleichte, stark verkieselte Buntsandsteinbänke.

2.1. Rötliche Tonlage 0,20 cm.

2.2. Weißliche, stark verkieselte Buntsandsteinbank.

3. Kreuzgeschichtete, schwache, tonig-sandige Bänke, wechsellagernd mit teilweise vollständig gebleichten, feinsandigen Komplexen.
4. Gebleichte, verkieselte Buntsandsteinkomplexe. Bankung ausgezeichnet durch schmale, zentimetermächtige, sandig-tonige Zwischenlagen getrennt, wodurch die Bankung sich vorteilhaft Steinbruchbetrieb bemerkbar macht.

Rotes, geschiefert, sandiges Zwischenmittel.

6. Sehr gut gebankte, weißlich-gelbe, stellenweise gebleichte Sandsteinkomplexe.

Feinst geschichtete, 3—4 cm mächtige, stark wechsellagernde, weißliche bis rötliche, tonige Sandsteinbänkchen; auf größere Entfernung konstant bleibend.

8. Mürbe, gelbliche Sandsteinkomplexe mit weißlichen und rötlichen Zwischenlagen; stellenweise schwach tonig.
9. Rostgelbe, mittelharte (an der Luft sich verhärtende) Sandsteinkomplexe — in die Tiefe sich fortsetzend —.

Starke Durchschwärmung mit Liesegangsehen Diffusionsringen. Mäßig guter Baustein.

Die kleinen Zahlen (nicht eingeringelt) beziehen sich auf die Profileklärung. Die Zahlen zwischen den Bruchstrichen stellen die Unterabteilungen

dar. Die im Ringel stehenden Buchstaben weisen auf die dem betreffenden Lager entnommenen Handstücke und daraus geschnittenen Dünnschliffe hin. Aus der Verteilung der Probeentnahmestellen kann ersehen werden, daß das Profil ziemlich gleichmäßig petrographisch durchmustert wurde.

1. Verwitterungsschutt der (jungpliozänen?) quartären Terrasse: gebleichte Buntsandsteinknollen in stark zersetztem Buntsandsteinmaterial.
 - 1.1. Stark humoses, sandiges, teilweise selten lehmig verschwemmtes Material.
 - 1.2. Blockig zersprungene Sandsteinplatten, ins Hangende in Schutt. Liegende kompakte Platten bis Anstehendfels übergehend.
2. Weißliche Buntsandsteinschichten.
 - 2.1. Weißliche, mürbe Sandsteine.
 - 2.2. Weißliche bis gelbliche, harte Sandsteine mit teilweise muscheligen Bruch. Stellenweise stark von Liesegangschen Diffusionsringen durchschwärmt.
 - 2.3. 6 cm mächtige Tonlage.
 - 2.4. Sehr gut gebankte, harte, verkieselte Sandsteine, Sandsteinbänke.
3. Dünnbankige, rötliche, tonig-sandige Bänke, stellenweise leichte Kreuzschichtung und teilweise Verwitterungserscheinungen.
4. Weißliche und rötliche, bröckelige (tonig-sandige) Schichten abwechselnd. Feinsandig-tonige, geringmächtige, gelbliche und rötliche Schichten, abwechselnd zum Teil stark grusig und in großen Schalen abbröckelnd.
6. Rötlicher Sandstein, mittelhart.
7. Eisenhydroxydschichte: 8 cm.
8. Rosaroter, mittelharter Sandstein.
9. Rötlicher bis gelblicher Sandstein.
10. Dünnbankige, sandige, meist rötlich-gelbe Lage.
11. Rötliche, kompakte, nur schwache Schichtung zeigende Sandsteinkomplexe.
12. Wechsellagerung von feintonig bis stark sandigen Schichten.
13. Rötliche Sandsteine, verkieselt, muscheliger Bruch.
14. Stark verkieselte weiße, selten weißlich-gelbe Lage von ausgezeichnet zu bearbeitendem Gestein (Denkmäler); polierfähig.

Harte, gelblich-rötliche Sandsteine, kompakt mit muscheligen Bruch.
16. Weißlich-gelbliche Sandsteine mit eckigem bis muscheligen Bruch, mit guter Spalt- und Bearbeitbarkeit.

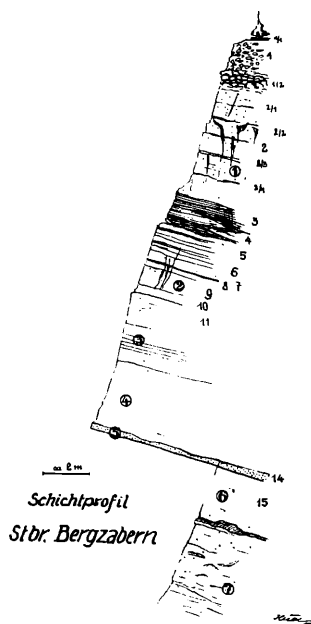


Abb. 3

Profil durch den Steinbruch „B“ (annähernd N—S), siehe Erklärung im Text.

3. Die Ausbildung der Schichten

Die Schichtung ist meist gleichsinnig horizontal. Zu auffallen der Feinschichtung kommt es nirgends. Während die Bleichungsvorgänge die Sandpartien vollständig ergriffen und entfärbt haben, behielten die tonig-glimmerigen Lagen größtenteils ihr fleischrötliches Aussehen.

Stark zurück tritt auch die Schräg- oder widersinnige Schichtung mit ihrem besonderen Fall der Kreuzschichtung. Der unmittelbare Wechsel der Bewegungsrichtung im sedimentierenden Medium (Wasser) ist verhältnismäßig schwer zu erkennen, da einerseits die Korngröße ziemlich gleichmäßig ist und anderseits die verschiedenen Formen der Bleichungsstadien verwischend gewirkt haben.

Sedimentationsunterbrechungen wurden kaum festgestellt. Bei sehr großer Bettbreite liegt der Neigungswinkel in der Hauptsache bis 10° . Durch die starke Limonitisierung werden die Fugen so stark verkittet, daß praktisch eine Ribbildung im Gestein nicht eintritt.

Schwach wellige Schichtung wurde fast nicht beobachtet und ist technisch, wie die Kreuzschichtung, ohne Einfluß auf die Verwertbarkeit des Gesteinsvorkommens.

Durch Bleichungsvorgänge ist eine undeutliche Schichtung mehr hervorgehoben, als ihr im Gesamtbild zukommt. Sie ist wohl



Abb. 4

Teilansicht des Steinbruches in „B“: Die Verkieselung des gebleichten sm läßt Formatisierungen in jeder Größe und mit beliebigen Verhältnissen von Länge, Breite, Höhe zu, Mannshohe Würfel (rechts im Bilde), dünne, fast polierfähige Platten (Bildmitte) und Bau- bzw. Dekorationsstein (Bild unten). Die Bankungsfugen setzen scharf ab und sind oft meterweit auseinander entfernt. Tonige Zwischenmittel gering und scharf abgegrenzt. Rechts und Bildmitte oben: Terrasseneinkerbungen des Bächleins im Altquartär.

durch gleichmäßigen Absatz ohne starken Wechsel des sedimentierenden Materials bedingt.

Die Mächtigkeiten der gewinnbaren Lager schwanken zwischen 0,7 und 1,7 m.

Die Zwischenmittel:

Sie bestehen aus tonigglimmrigen Lagen, heben sich vom Lager meist scharf ab und sind prozentual recht unbedeutend. Eine linsenförmige Einschaltung und Tongallenbildung in den silifizierten Lagern kommt recht selten vor, und gerade das ist es, was beiden Vorkommen gegenüber anderen einen merklichen Vorteil sichert.

4. Das Fallen und Streichen der Schichten

Die Grenze von Gebirge und Hügelland wird nicht durch eine im Zusammenhang fortlaufende Verwerfung, sondern durch verschiedene in ost-westlicher Richtung gegeneinander verschobene Spalten gebildet. Zwischen Bergzabern und Oberotterbach trennt bald ein auffallender Schnitt Gebirge und Hügelland, bald aber ist der Übergang beider ein durchaus allmählicher, durch Staffelbrüche bewirkt.

Das Streichen ist mit N 25° O und einem Einfallen von 20° nach SO in beiden Vorkommen „O“ und „B“ durchaus konstant; es stimmt mit dem Streichen des Rheintalgrabens überein.

Technisch ist das Streichen und Fallen hier im Steinbruchbetrieb sehr günstig, da die Abbaumaßnahmen vom Rheintal her durchgeführt werden können, die Lage nach SO vorteilhaft ist, die jeweiligen abbaubaren Lager normal zur Abbaurichtung, also im Streichen liegen und der Sandstein auf größere Entfernungen hin seine sedimentpetrographische Ausbildung wahrt, sich soweit eine gesteinskundliche Überwachung während des Abbaues erübrigt.

5. Die Klüftung

Die Klüftrosen Sie sind in Abb. 5 für „O“ und in Abb. 6 für „B“ dargestellt.

Für die Steinbruchtechnik sind die Klüfte nächst den Schichtfugen eine gewaltige Hilfe. Erfolgt durch die Schichtfugen eine Zerteilung der Sandsteinmassen in horizontaler Richtung, so teilen die Lose den Sandstein in vertikaler Richtung.

Es herrscht das NNO-Streichen (Rheinisches Streichen) gegenüber dem NW-Streichen (Hercynisches Streichen) bei weitem vor.

Im allgemeinen stehen die Klüfte in beiden Vorkommen sehr steil bis 70° und darüber, selten $65\text{--}45^\circ$, oft seiger. Sie laufen unter sich meist parallel und stehen zueinander im wesentlichen in zwei fast senkrecht gestellten Systemen.

Zu bemerken ist, daß nicht alle einzelnen Klüfte gemessen wurden, sondern nur die Hauptrichtung der Systeme auf Grund mehrerer Messungen. Die Winkelunterschiede in der Richtung der einzelnen Klüfte sind untereinander gering und stehen innerhalb der Fehlergrenze. Im wesentlichen bleiben die Ergebnisse für technische Untersuchungen dieselben, ob hunderte von Klüfte gemessen vorliegen oder die zusammenfassende Tätigkeit im Steinbruch in Hinsicht auf Ausbildung und Vorherrschen von ausgeprägten Kluftarten zur Bewertung gebracht wird.

Die Gesteine beider Brüche lassen sich mit den Klüften (des „Stehganges“) und den Schichtfugen (des „Hebganges“) leicht in Platten oder Quader zerlegen. Das Fehlen anderer Klüfte (wie Zerrungsklüfte) wirkt sich auf die Bearbeitbarkeit gut aus.

Der Grad der Ausbildung der Klüfte wurde mit I (sehr gut), II (mittelmäßig) und III (schlecht) ausgedrückt, wobei bemerkt wird, daß die Zeichen I. II. III einen Ausgleich auch mit der Häufigkeit bzw. dem Vortreten oder dem Zurücktreten vorgebildeter Kluftrichtungen angeben.

Die Klüfte treten selten unter einem Meter Abstand auf.

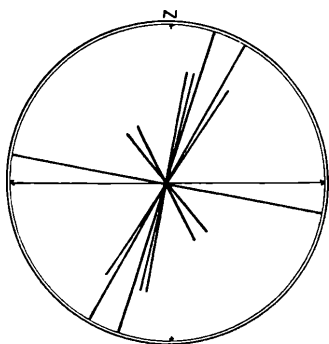


Abb. 5

Kluftrose „O“. Durchgehende Linien, Ausbildung und Häufigkeit: sehr gut, mittlere: mittelmäßig, kurze: schlecht.

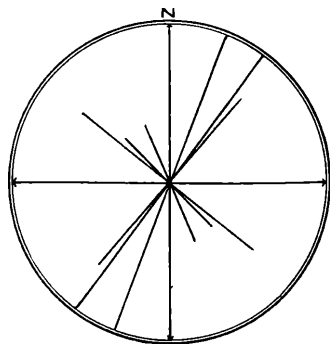


Abb. 6

Kluftrose „B“. Durchgehende Linien, Ausbildung und Häufigkeit: sehr gut, mittlere: mittelmäßig, kurze: schlecht.

Kluftmessungen in „B“:

1. 270°/83° ¹⁾	I	} selten, aber dann sehr gut mit glatter Verwurfffläche ausgebildet
2. 180°/85°	I	
3. 222°/85°	I	
4. 310°/72°	II	
5. 230°/45°	III	
6. 310°/seiger		
7. 315°/78°	II	
8. 299°/73°	I	
9. 230°/70°	III	
10. 235°/65°	III	

¹⁾ Zur Messung von Fallen und Streichen sei bemerkt: Die Lage einer Ebene im Raum wird durch Einmessen der Richtung größten Einfallens (Falllinie) festgelegt. Die erste Zahl ist das Azimut der Projektion der Falllinie. Die zweite nachgestellte Zahl ist der Fallwinkel. Alle Werte in 0°—360° über Ost im Vollkreis (nach K. G. Schmidt — mündlich). B. Streichen N 50° O, Fallen 75° NW wird geschrieben: 50°/75°

Kluftmessungen in „O“:

1. 300°/74°	I	} Hauptklüftung; sehr gute Ausbildung
2. 193°/76°	I	
3. 235°/seiger	III	
4. 244°/43°	III	
5. 193°/76° bis seiger	I	
6. 290°/78°	I	
7. 305°/70°	II	
8. 196°/fast seiger	II	
9. 287°/fast seiger	II	
10. 284°/80°	II	

I. Allgemeiner gesteinskundlicher Teil

6. Die Korngrößenverhältnisse der ursprünglichen Quarzsandkörner

Da das vorliegende Material durch Einkieselung sehr stark verkittet ist, war es unmöglich, mit Schlämm- oder Siebverfahren eine Korngrößenbestimmung durchzuführen. Es wurde daher zu Ver-

gleichszwecken eine mikroskopische Ausmessung durchgeführt. Die Körner wurden in Gruppen mit dem Durchmesser (in mm) von:

0,5—0,4; 0,4—0,32; 0,32—0,26; 0,26—0,2; 0,2—0,16; 0,16—0,13;
0,13—0,08; 0,08—0,05 und 0,05—0,02 eingeteilt.

Die gewonnenen Werte wurden in besonders großen Schliffen (bis 2×3 cm) ausgemessen, die gute Durchschnittsverhältnisse aufwiesen. Zur Ausmessung gelangten 800—1000 Körner.

Zur Probe wurden zwei getrennt geschnittene Schläffe aus demselben Sandstein (Körnung 0,5—0,02 mm) ausgemessen. Die Schwankung des Maximums betrug $\pm 0,05$ mm Durchmesserlänge. Dadurch ist es möglich, Rückschlüsse auf die Sedimentationsbedingungen, Transportgeschwindigkeit, Sortierung und ähnliches zu ziehen.

Mit Hilfe eines Mikrometers wurde eine bestimmte Fläche umgrenzt und die Anzahl der Körner mit dem Durchmesser der jeweiligen Gruppe in der umgrenzten Fläche bestimmt. Die Messungen wurden auf dem Integrationstisch vorgenommen und so der gesamte Schliff erfaßt. Aus den Durchmessern wurde der Rauminhalt der jeweiligen Korngrößenklasse bestimmt und auf 100 % gerechnet. Der Rauminhalt entspricht unter Annahme des gleichen spezifischen Gewichtes (etwa der des Quarzes) dem Gewichte.

Die Meßergebnisse wurden auf zweifache Weise dargestellt: einerseits als Maxima-Minima-Kurve (Abb. 9 und 10), anderseits mit Hilfe der Summenlinie (Abb. 7 und 8).

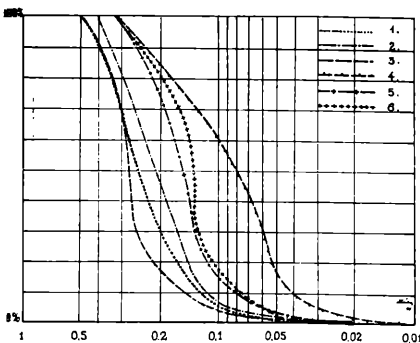


Abb. 7

Summenlinien der Buntsandsteine:
„O“ 1—6 im logarithmischen Maßstab
(siehe auch das Körnungsdiagramm
Abb. 9).

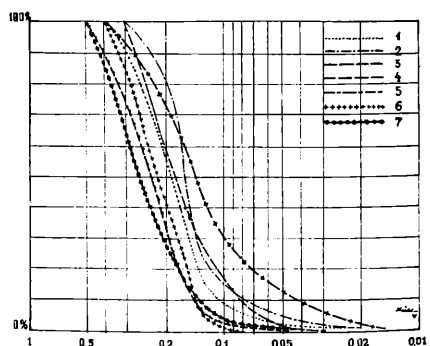


Abb. 8

Summenlinien der Buntsandsteine:
„B“ 1—7 im logarithmischen Maßstab
(siehe auch das Körnungsdiagramm
Abb. 10).

Es sei betont, daß die gewonnenen Kurvenbilder nicht direkt mit Kornverteilungskurven von Lockersedimenten, z. B. eines Sandes, verglichen werden können, der mit Hilfe üblicher Siebschlämmverfahren aufbereitet wurde; denn die Korngrößen, die wir durch den Schliff gewannen, entsprechen — da die Schliffebene nur eine von unzähligen Schnittebenen durch ein Gehäufte von Kügelchen (Körnchen) ist — nicht den wirklichen Korngrößen der durchschnittenen Körner. Da wir aber nicht die Durchmesser vergleichen, sondern das Volumen (Gewicht) der Körnchen, so werden die gewonnenen Prozentwerte um so sicherer, je mehr wir uns der größten Korngrößenklasse nähern. In der Summendarstellung wird man mit einiger Sicherheit den oberen und mittleren Ast als am meisten der wirklichen Kornverteilung angenähert denken können. Der asymptotisch verlaufende unterste Ast wird wahrscheinlich stark abweichen. Die Kornverteilung im sm des Bergzabener Vorkommens ist in allen Horizonten ziemlich ähnlich, während die Summendarstellungen im Oberotterbachvorkommen in den Horizonten, z. B. „O“₃ und „O“₄ stark voneinander abweichen. Wie die Maxima-Minimawerte der prozentuellen Korngrößen zeigen (Abb. 9 und 10), erhalten wir eine stark differenzierte Kurve, nicht, wie vielleicht zu erwarten wäre, eine stark ausgeglichene Kurve mit gleichen oder ähnlichen Korngrößenverhältnissen.

Tabelle I

Kornanalysen Buntsandstein Oberotterbach

[illegible]

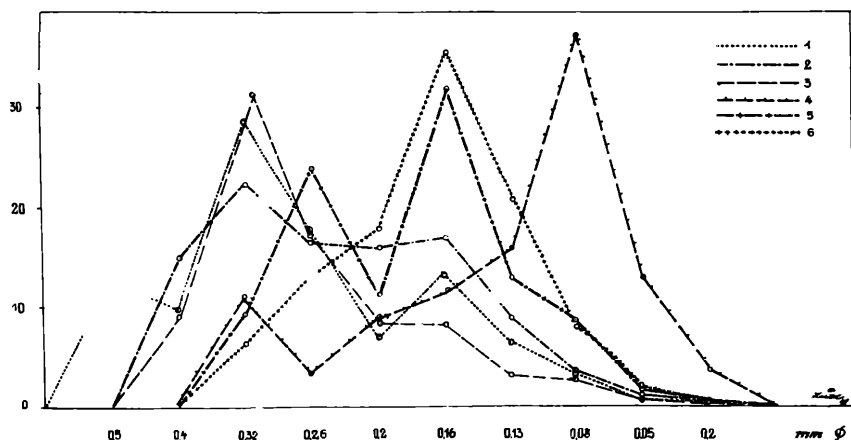


Abb. 9

Körnungsdiagramm der klastischen Quarzkörner des Buntsandsteines: „O“ 1—6.

Tabelle II

Kornanalysen Sandstein Bergzabern

Korn- durch- messer mm	1		3				4		5		6		7	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
0,5—0,4							16,8	100,0					15,7	100,0
0,4—0,32	7,5	100,0					7,4	83,2	8,4	100,0	11,6	100,0	18,7	84,3
0,32	14,3	92,5	6,4	100,0	12,6	100,0	23,0	75,8	5,1	91,6	25,5	88,4	19,3	65,6
0,26	21,8	78,2	12,5	93,6	18,0	77,4	19,4	52,8	13,3	86,5	21,2	62,9	16,6	46,3
0,2	21,3	56,4	28,8	81,1	18,6	59,4	17,8	33,4	10,1	73,2	14,2	41,7	12,0	29,7
0,16	19,8	35,1	29,0	52,3	21,8	40,8	9,6	15,6	20,3	63,1	17,8	27,5	9,4	17,7
0,13	10,0	15,3	11,8	23,3	20,7	29,0	4,4	6,0	9,8	42,8	7,4	9,7	6,2	8,3
0,08	3,6	5,3	7,8	11,5	6,9	8,3	1,1	1,6	20,0	33,0	1,8	2,3	1,3	2,1
0,05	1,3	1,7	3,1	3,7	1,3	1,4	0,3	0,5	11,0	13,0	0,5	0,3	0,7	0,8
0,02	0,4	0,4	0,6	0,6	0,1	0,1	0,2	0,2	2,0	2,0	—	—	0,1	0,1
	100,0		100,0		100,0		100,0		100,0		100,0		100,0	

Forche führt (1935, S. 23) drei Korngrößenanalysen an. Er erwähnte nicht die Methode der Messung. Einer liebenswürdigen brieflichen Mitteilung zufolge wurden die Kornanalysen mit Hilfe von Sieben durchgeführt, da das Material sehr mürbe war. ein Zeichen der geringen Verkittung durch sekundäre authigene

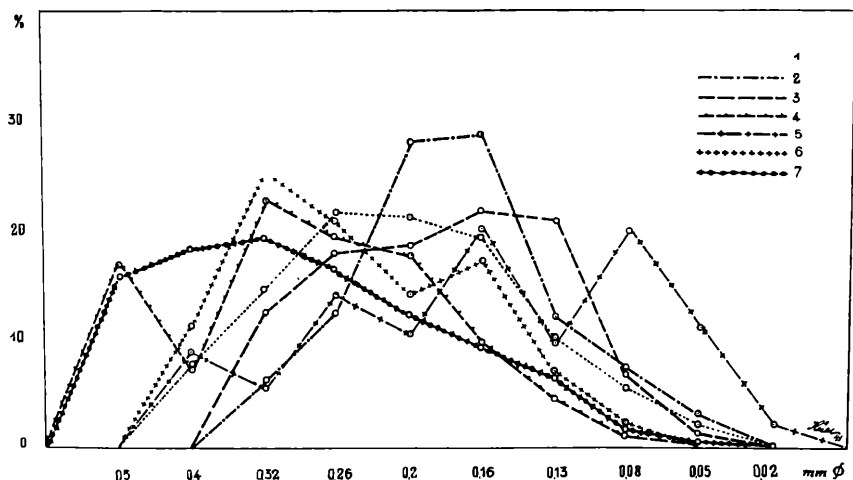


Abb. 10

Körnungsdiagramm der klastischen Quarzkörner des Buntsandsteines: „B“ 1—7.

Kieselsäure. In Abb. 11 wurden die Prozentanteile als Summenkurve aufgetragen, um einen Vergleich mit den Analysenergebnissen von „O“ und „B“ (Abb. 7, 8, 9, 10) zu ermöglichen.

Tabelle III

Durch- messer in mm	I		II		III	
	%	S	%	S	%	S
über 2	einige	100,0	—	—	—	—
2—1	4,2	99,2	—	—	0,5	99,5
1—0,5	22,8	95,0	12,2	99,1	21,3	99,0
0,5—0,2	62,0	72,2	82,4	86,9	63,2	77,7
0,2—0,05	10,2	10,2	4,5	4,5	14,5	14,5
	99,2		99,1		99,5	

I = Trifelssandstein von Annweiler,
II = Rehbergssandstein vom Rintal,
III = Rehbergssandstein (andere Probe).

Die Ähnlichkeit der Korngrößenanalysen Forches und des Verfassers ist sehr stark. Die auf verschiedenem Wege durchgeführten Kornanalysen (Sieben bzw. mikroskopische Planimetration)

beweisen die Brauchbarkeit der nachstehend beschriebenen Methode zur raschen Ermittlung der Kornverteilung von stark durch sekundäre Kieselsäure verkitteten Sedimenten mit Hilfe mikroskopischer Integration. Deutlich lassen sich die Maxima bei der Korngröße 0,5—0,2 mm $\varnothing$ erkennen, was auf eine Sortierung nach Korngrößen beim Transport hindeutet. Der Mittlere Buntsandstein ist fluviatiler Entstehung (Forche S. 54) und dürfte mit einem niederschlagsreicheren Klima begonnen haben (S. 44).

7. a) Einkieselung und Korngröße

Wenn G. Fischer (zitiert in Hoppe, 1926) den Satz prägt: „Je feinkörniger das ursprüngliche Sediment ist, desto schwieriger erfolgte die Verdrängung und auch die Mineralbildung der Kieselsäure“, ist er für den Fall vorliegender Sandsteine nur mit Einschränkung zu übertragen.

Ein Vergleich der quantitativen Erfassung der sekundären authigenen Kieselsäure (Abb. 13) mit den Kornverteilungskurven (Abb. 9, 10) von „B“ und „O“ ergibt: Im Horizont von O_3 , O_2 , O_1 liegt das Verhältnis: größte Korngröße zu stärkster Einkieselung am deutlichsten, verwischerter bei O_5 , O_6 , und vollständig verkehrt bei O_4 , wo sich starke Einkieselung bei geringster Korngröße vorfindet.

In den Horizonten B_7 , B_6 , B_4 ist der vorerwähnte Einkieselungssatz bewahrheitet. B_1 , B_3 , B_2 weisen mittlere Verhältniszahlen auf, und nur B_5 dreht den Satz um.

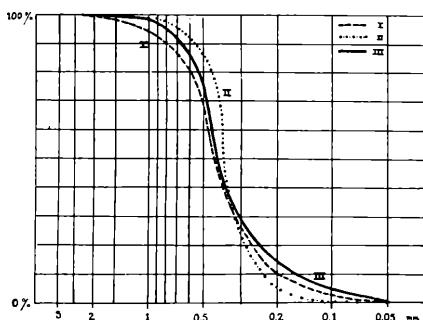


Abb. 11

Darstellung der Korngrößenanalysen aus dem sm von Forche (1935, S. 23) mit Hilfe der Summenlinien. I. Trifelssandstein von Annweiler, II. Rehbergsandstein vom Rinntal, III. Rehbergsandstein vom Rinntal, andere Probe.

Verfolgt man die Horizonte, in denen das Verhältnis: größtes Korn — stärkste Verkieselung umgekehrt ist, so bemerkt man in diesen Horizonten eine abweichende Einkieselung. Diese ist hydrothermal bedingt. Der Buntsandstein, der in der Nähe der großen Rheintalspalten liegt, weist nicht nur Bleichungserscheinungen auf, die auf zirkulierende Thermalwässer zurückzuführen sind, sondern auch spätere (vermutlich tertiäre, miozäne?) Einkieselungen, die auf dieselbe Ursache und dasselbe Mittel zurück-

zuföhren sind. Makroskopisch ist diese jüngste Einkieselung infolge über sie hinwegföhrende Bleichungserscheinungen usw. kaum mehr zu verfolgen. Die Stärke dieser Verkieselung ist von Fall zu

Fall verschieden: Entfernung vom hydrothermalen Verwurf. Abdichtung im Hangenden oder Liegenden durch tonige Lager. im Vertikalen durch Klüfte.

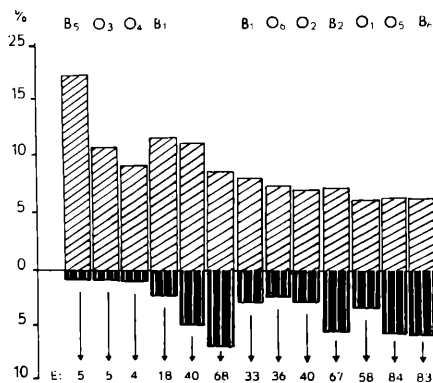


Abb. 12

Prozentverhältnisse der sekundären authigenen Kieselsäure (oberhalb des waagrechten Striches) zur Eisenmangan-Gelmasse. Unten E = Verhältnisswert der Ferritmasse zur sekundären, authigenen Kieselsäure. Oben: Probestücke aus den Horizonten „O“ und „B“

b) Korngröße und Bleichung

Die von Hoppe (1926) aufgestellten Gesetzmäßigkeiten, daß die Bleichung vom Korn der Sandsteine, von Stellen des Material- und Schichtwechsels abhängig, daß ihr Auftreten auch an Bankungs- und Schichtfugen gebunden und hier unabhängig von der Korngröße und Schichtung des Materials ist, kann im allgemeinen

bejaht werden. Ebenso, daß sich Einkieselung und Bleichung meiden.

Da aber die vorliegenden untersuchten Proben knapp an der Rheintalspalte entnommen wurden, so macht sich hier der bleichende hydrothermale Einfluß stark bemerkbar. Im Horizont B₅ z. B. liegen die Verhältnisse gerade umgekehrt. Dazu kommen noch die im Gefolge der hydrothermalen Einflüsse auftretenden unnatürlichen Fe-Mn-Gelwanderungen durch Diffusion, wobei nahe an den Spalten die eben geschilderten Verhältnisse umgekehrt werden.

8. Sekundär-authigene Kieselsäure und Ferritmasse

Die Schliffausmessungen (Abb. 13) ergaben, daß die sekundäre authigene Kieselsäure und die Eisen-Mangan-Gelmasse (Ferritsubstanz ohne den primären Mineralien) in einem bestimmten Verhältnis zueinander stehen. In Abb. 10 wurden diese Verhältnisse darzustellen versucht. Die Höhe der Kolonnen entspricht den Raum-

prozenten des Gesamtmaterials. Über der Nullordinate die sekundäre authigene Kieselsäure, unterhalb die Eisen-Mangan-Gelmasse.

Die Einkieselung hängt außer von der Korngröße auch vom Gehalt an Fe-Mn-Gel ab. Beide stehen im Porenraum im antagonistischen Verhältnis: „Je stärker die Ferritmasse, desto geringer die Einkieselung und umgekehrt.“

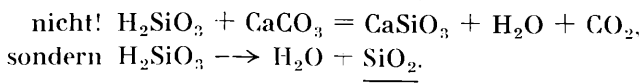
In der untersten Reihe ist der Verhältniswert ε zwischen der Ferritmasse und der sekundären authigenen Kieselsäure angegeben:

$$\varepsilon = \frac{\text{Fe } \%}{\text{SiO}_2 \text{ (s. a.) } \%} \cdot 100$$

= sekundär-authigene Kieselsäure.

9. Chemisches zur Einkieselung des „sm“

Die Bergzaberner gebleichten Buntsandsteine können als fast völlig entkalkt betrachtet werden. Bei genauester Durchmusterung trifft man auf Stellen, die noch ehemalige Karbonatrhomboeder aufweisen, aber durch andere Substanz ersetzt bzw. abgebildet sind. Karbonatrete (Dolomitknauern) kommen in kleinen, konkretionären Kügelchen vor. Die Schliffausmessungen zeigen höchstens um 1 % Karbonat, meist aber nur Zehntel-Prozente. Dies dürfte noch zu hoch bemessen sein, da man bei der Ausmessung von Mineralkomponenten in geringster Verteilung, die noch dazu wie die Karbonatrete im vorliegenden Falle durch Eisenverbindungen getrübt sind, oft zu Überschätzungen neigt. Die Karbonatisierung war im ursprünglichen Sediment viel reicher. Bei der Einkieselung und bei späteren Bleichungserscheinungen wurde das Karbonat zum größten Teil abgeführt. Einkieselung und Karbonatgehalt ist in direkter Beziehung gestanden, die aber nicht über ein Kalziumsilikat gegangen (siehe Correns 1939, S. 260) ist:



Durch CaCO_3 werden aus sauren Lösungen H⁺ weggenommen, weil CaCO_3 in $\text{Ca}^{++} + \text{CO}_3^{--}$ dissoziiert und diese CO_3^{--} nun beim Zusammentreffen mit H⁺ zu HCO_3^- zusammentritt. (Daher erhöhte Löslichkeit des CaCO_3 in Säure.) (Hier $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \longrightarrow \text{Ca}^{++} + 2 \text{HCO}_3^-$.)

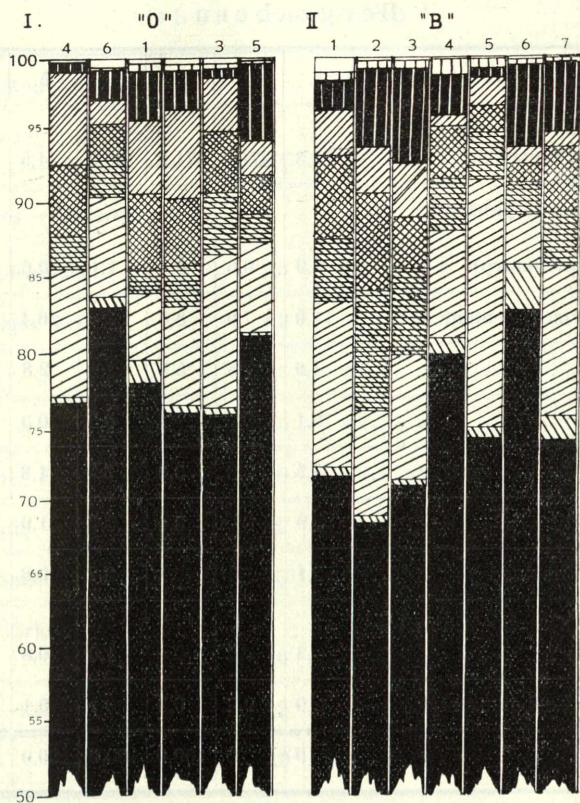


Abb. 13

Graphische Darstellung der quantitativen Mineralverteilung in I — „O“, und II — „B“. Von links nach rechts: vom Hangend ins Liegend! (Reihenfolge wie im Profil!)

Zeichenerklärung:

- | | |
|--|--|
| a)  | a) Dolomit-Kalkspat, |
| b)  | b) Schwerminerale: Turmalin + Zirkon + Chlorit + Magnetit, |
| c)  | c) Ferritische Substanz, |
| d)  | d) Muskowit (Serizit) + Biotit, |
| e)  | e) Kaolin (+ kaol. Feldspatrestel!), |
| f)  | f) Feldspat: Orthoklas + Plagioklas, |
| g)  | g) Kieselsäure: sekundär, Textur- und Strukturfülle (difformes Zement), |
| h)  | h) Kieselsäure: sekundär: pleromorph den Quarzkörnern angesetzt (direkt ergänzendes Zement), |
| i)  | i) Kieselsäure: primär: Quarzkörner klastisch. |

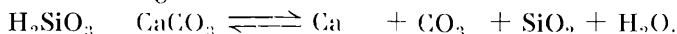
Tabelle IV

Bergzabern

Mineralkomponenten	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Kieselsäure primär Quarkörner klastisch	72,3	69,4	71,8	80,6	74,5	83,3	74,8
SiO ₂ : Direktes ergänzendes Zement							
Kieselsäure pleomorph	0,9	0,6	0,4	1,1	0,6	3,0	1,5
SiO ₂ : Difformes Zement	11,0	7,0	8,6	7,0	16,4	3,4	10,0
Orthoklas	4,0	7,8	5,5	3,1	2,8	1,9	3,0
Plagioklas	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,5
Kaolin + kaol. Feldspatreste		6,3	3,3	3,3	1,8	1,2	4,4
Serizit + Biotit	2,9	3,0	3,4	0,8	1,9	1,1	1,0
Ferritische Substanz*)	2,1	5,1	6,1	2,7	0,8	5,3	4,5
Turmalin + Zirkon + Chlorit + Magnetit	0,3	0,4	0,4	1,0	0,8	0,3	0,2
Dolomit (+ Karbonatreste)	0,9	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

) Ohne optisch erkennbares allothigenes Gemengmaterial.

Die Umsetzung schreibt Correns schematisch:



Gemeint ist: H₂SiO₃ bei bestimmten p_H (im sauren Gebiet) relativ am beständigsten. CaCO₃ neutralisierte Säure. Auf diese Weise wird es u. a. zur Ausfällung des SiO₂ a₂ führen, weil die gelöste Kieselsäure im neutralen Wasser weniger beständig ist. (Vgl. auch Storz 1928 S. 5, 1931 S. 216—222, Willstätter 1925, 1928, 1929.)

10. Die primären Gemengteile. (Klastische Komponenten)

Mit freiem Auge lassen sich in dem vorliegenden Untersuchungsmaterial nur Quarz und Feldspat unterscheiden.

Tabelle V

Oberotterbach

Mineralkomponenten	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Kieselsäure primär Quarzkörner	78,1	76,2	76,1	77,0	81,5	83,0
SiO ₂ : Direktes ergänzendes Zement: Kieselsäure pleomorph	1,5	0,4	0,4	0,5	0,2	0,7
SiO ₂ : Difformes Zement	4,2	6,4	10,6	8,8	6,0	6,5
Orthoklas	1,7	2,6	3,8	2,0	1,6	2,2
Plagioklas	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,1
Kaolin + kaol. Feldspatreste	5,0	4,3	4,1	4,7	2,6	2,4
Serizit + Biotit	4,9	5,7	3,6	6,2	2,3	1,6
Ferritische Substanz*)	3,3	2,7	0,5	0,4	5,2	2,6
Turmalin + Zirkon + Chlorit + Magnetit	0,6	0,8	0,4	0,2	0,2	0,2
Dolomit (+ Karbonatreste)	0,2	0,7	0,3	0,1	0,1	0,7
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

*) Ohne optisch erkennbares allothigenes Gemengmaterial.

Q u a r z Er bildet, wie die quantitativen Schlifffausmessungen (Abb. 13) ergaben, einen Anteil, der zwischen 70 und 80 % schwankt, im Durchschnitt aber etwas unter 80 % liegt.

Die einzelnen Quarzkörner zeigen meist Einschlüsse von schungitischem Pigment, selten Zirkon, Rutil und streifenweise Einlagerung von Flüssigkeitsporen. Ob Hornblende als Einschlußmineral vorkommt, konnte nicht einwandfrei nachgewiesen werden. Die meisten Quarze sind optisch ungespannt, daher tritt undulöse Auslöschung in den Hintergrund. Die Quarzkornoberflächen sind meist gut geglättet, selten sind näpfchenförmige Eindellungen, in denen sich ferritische Substanz primär ansetzen konnte. Der Rundungsgrad kann als gut bezeichnet werden, der Abrollungsgrad als sehr gut.

Verhältnis von: Kontaktzement und Porenzement (Struktur- und Texturporen) und Füllmittel (1) zu Kornbestandteilen (2) (in Abb. 14 schwarz).

Tabelle VI

Steinbruch	Nr.	(1) %	(2) %
Oberrotterbach	1	21,9	78,1
	2	23,8	76,2
	3	23,9	76,1
	4	23,0	77,0
	5	18,7	81,5
	6	17,0	83,0
Bergzabern	1	27,7	72,3
	2	30,6	69,4
	3	28,2	71,8
	4	19,4	80,6
	5	25,5	74,5
	6	16,7	83,3
	7	25,2	74,8

Feldspat Wohl der häufigste Feldspat ist der Kalifeldspat (Orthoklas), seltener sind Plagioklase (ganz zurück tritt Mikroklin). Die Plagioklase sind fast vollständig zersetzt und verkieselt. Die Orthoklase zeigen alle Übergänge der Verwitterung, die hier auch sicher nach der Ablagerung fortgeschritten ist.

Die Verwitterung tritt zuerst an Spaltrissen auf und macht sich in einer leichten Trübung kenntlich.

Die Neubildungen sind: Serizitisierung und Kaolinisierung. Meist finden sich Kaolin und Serizite zusammen vor. Ist die Zersetzung zu weit fortgeschritten, so ist eine Auflösung infolge des dichten Gefilzes nicht möglich. Epidot und Klinozoisit konnten als Umwandlungsprodukte in den Plagioklasen nie gesehen werden. — Bedeutend häufiger finden sich rötliche Einschlüsse von Eisenoxydschüppchen. *Cayeux* (zitiert in *Correns*, 1939, S. 168) bemerkt, daß es möglich sei, aus der Morphologie der Quarzkörner Schlüsse auf ihre Herkunft zu ziehen. Die ganz unregelmäßig geformten Quarze dürften aus Graniten, die regelmäßigen Formen aus kristallinen Schiefern stammen. In unserem Falle hat jedoch

diese Methode kaum Aussicht auf Erfolg, da ja der Faktor: Veränderung beim Transport unbekannt ist.

Die Einschlüsse im Quarz hat Mackie untersucht und vier Gruppen unterschieden: 1. Quarz ohne Einschlüsse oder mit so kleinen, daß sie der Beobachtung entgehen, 2. Quarz mit „regulären“ Einschlüssen, die aus Glimmer, Rutil, Zirkon, Apatit und schwarzen Eisen-erzen bestehen, 3. irreguläre Einschlüsse, Flüssigkeitseinschlüsse mit und ohne Libelle, und 4. nadeliger Rutil oder seltener Sillimanit.

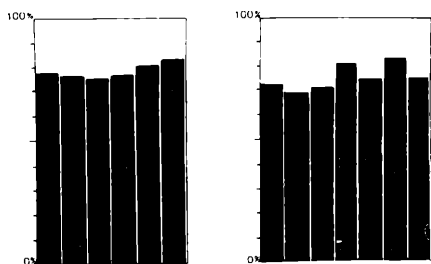


Abb. 14

Prozentverhältnis der primären (klastischen Quarzkomponenten des ursprünglichen Sedimentes) = schwarz, zu allen übrigen mineralischen Bestandteilen = weiß.

In unserem Falle könnten aus den Häufigkeitsunterschieden die Schlüsse auf Gruppe 3 und 4 gezogen werden. Gruppe 2 tritt sehr zurück: das Muttergestein wäre also Granit oder Quarzdiorit, seltener ein kristalliner Schiefer oder Gneis. Da aber in Gneisen und kristallinen Schiefen alle vier Gruppen vorkommen können, ist eine Aussage mit Sicherheit schwer zu machen.

Verhältnismäßig hoch ist der Prozentsatz an frischen Feldspäten, die auf ein arides Klima hinweisen (Correns 1939, S. 169, nach Mackie). Im vorliegenden Falle sehen wir einesteils Feldspäte, die stark gerundet und nicht zersetzt sind, andernteils wieder solche, die wenig kantengerundet, aber zersetzt sind. Letztere lassen auf eine Verwitterung (oder Zersetzung) durch hydrothermale Einflüsse schließen. Eine Möglichkeit, aus der Rundung und Zersetzung irgendwelche Rückschlüsse auf den Transportweg usw. zu schließen, besitzen wir in unserem Vorkommen leider nicht.

Glimmer Es sind Muskowite (Serizite) und Biotite zu beobachten. Die Muskowite sind meist als dünne Täfelchen, aber auch in stärkerer Packung vorhanden. Biotit zeigt fast durchweg eine hellbräunliche Färbung. Es kommen häufig vollständig gebleichte Biotite vor, die Baueritisierung ist fast immer ziemlich weit fortgeschritten. Fast ebenso häufig ist die grünliche Färbung (Chloritisierung).

Vereinzelt konnte im Horizont Thuringit in Gehäufen von undeutlich ausgebildeten derben oliv- bis dunkelgrünen Gemengen festgestellt werden.

Stabile Gruppe der Schwermineralien Zirkon und Turmalin treten relativ häufig auf. Ersterer in ungefähr der Hälfte der Fälle in guter Kristalltracht. Die Turmalinsäulchen sind stark abgeschliffen, fast vollständig gerundet. Die ditrigonalen Querschnittsumgrenzungen sind vollständig verwischt.

Rutile sind äußerst selten. Auch in den Schliffen konnte ein Zusammenhang zwischen der Korngröße des Sedimentes und dem Turmalin-Zirkon-Anteil festgestellt werden. In den feinkörnigen Lagen liegt das Verhältnis Tu/Zr sogar unter 1, während es mit steigendem Korndurchmesser des Sandes bei Zurücktreten von Zirkon weit über 1 ansteigt. Die bereits bekannte relative und absolute Anreicherung von Turmalin im groben Sediment und von Zirkon im feinen hat ihre Ursachen in der verschiedenen Kornverteilung der betreffenden Mineralien unter zusätzlicher Wirkung des unterschiedlichen spezifischen Gewichtes der beiden Mineralien. Scheidhauer (1939, S. 499) hat den kombinierten Einfluß von Korngröße und Dichte quantitativ im Turon des Elbsandsteingebirges ermittelt und eine geologische Anwendung dieser Erkenntnisse gebracht.

An Erzkörnern tritt häufig Magneteisen auf, das teilweise eine Verwitterung zu Eisenhydroxyd (Brauneisen) zeigt. Die Verwitterung erfolgte erst nach der Umlagerung. Titanit ist ganz selten.

Bei der Schliffausmessung (Abb. 13 und Tabelle IV und V) wurde getrachtet, auch den Schwermineralanteil quantitativ zu erfassen. Er liegt sehr tief, durchschnittlich unter einem halben Prozent, selten nur 0,8 %, und steigt nie über ein Prozent („B“₄).

11. Schwachgebleichter Brauneisen Kristallsandstein (**B**₆)

(Taf. I, Fig. 1, 2, 3)

Vorliegendes Gestein stellt nach der Entwicklung des Bindemittels einen Kristallsandstein mit überwiegend abhängigem Bindemittel dar. Die einzelnen klastischen Kornkomponenten werden, wie die Taf. I, **B**_{6/1} und **B**_{6/2} zeigen, von sekundär authigener Kieselsäure, die als ergänzendes Zement die mehr oder minder durch

Transport gerundeten Quarzkörner umgibt, zur pleromorphen Quarzform ergänzt.

Fast alle Quarzkörner sind von Eisen-Mangan-Gelhäutchen (Adsorptionsfilm) umgeben, die meist äußerst dünn sind. Dort, wo die Quarzkörner Vertiefungen und Eindellungen aufweisen, ist das Fe-Mn-Häutchen meist noch mit anderem feinsten klastischen Material vermengt, wie Muskowit- und Quarzflitterchen. (Fig. 1, B_{6/1}, Taf. I. Quarzkorn in der Mitte!)

An einzelnen größeren Sandkörnern wurde versucht, das abhängige Zement durch Pressen zwischen zwei Objektträgern abzusprengen, was nur in den seltensten Fällen gelang. Ein Beweis für die außergewöhnliche Haftfähigkeit des ergänzenden SiO₂-Zements am klastischen Korn, trotz des zwischenliegenden Fe-Mn-Häutchens. Dort, wo ein flächenhaftes Absprengen gelang, zeigte sich, daß das ergänzende Zement mit netzartigen SiO₂-Leistchen direkt an der klastischen Quarzkornoberfläche aufsitzt. Anscheinend handelt es sich um Schrumpfrisse des Eisen-Mangan-Gelhäutchens, die durch sekundäre authigene Kieselsäure „ausgegossen“ wurden.

a) Das direkte ergänzende Sediment

Die stoffliche Verwandtschaft zwischen der Quarzkieselsäure und Zementkieselsäure bedingt die Umwachsung der klastischen Quarzkörner mit einem optisch gleich orientierten Quarzsaum. Wie Figur 2, B_{6/2} und besonders B_{6/1} zeigen, sind Nichtquarzkörner, wie Orthoklase (O in B_{6/1}, Mitte!) von keinerlei ergänzendem Zement umgeben, da dieselben von anderen kristallographischen Gesetzen und Kristallisierungskräften beherrscht werden.

Die Orientierung der freien Oberfläche und das ergänzende Zement ist im Gesetz der c-Achse zusammengefaßt (Storz, 1938. S. 165): „Für die klastische Komponente ist der Grad der Oberflächenenergie für eine sekundäre Kristallisation maßgebend. Diese Oberflächenenergie ist zunächst eine Funktion der Richtung im Quarz, so daß die Keimwirkung gegenüber der Zementkieselsäure eine verschieden starke sein muß. Dies drückt sich in der von mir verfolgten und beobachteten Gesetzmäßigkeit aus, daß das ergänzende Zement sich an den Teilflächen eines klastischen Kornes

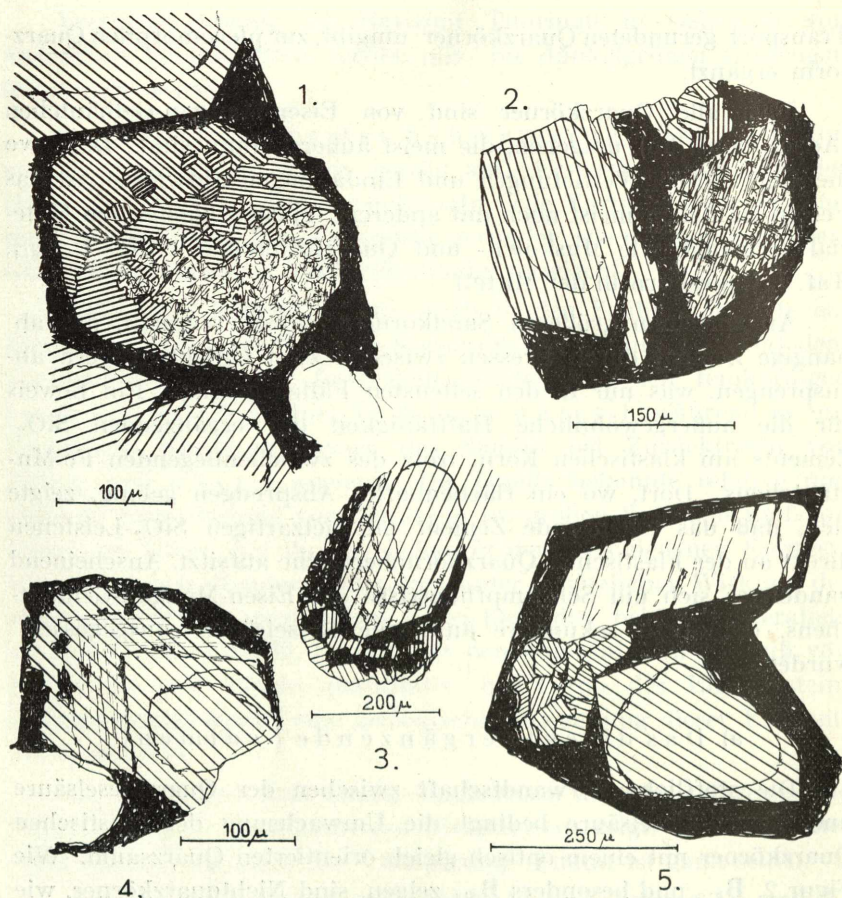


Abb. 15

Aus dem Horizont (Nicol +) „B“₆ Brauneisen-Kristallsandstein. Schraffen liegen parallel zur c-Achse.

Fig. 1: Verkieselung eines Feldspatrestes. Verkieselungsmittel als indirektes ergänzendes Zement ausgebildet.

Fig. 2: Sekundär-authigener Kristallquarz als difformes Zement ausgebildet. Mäßige Verzwillingungserscheinungen (c-Achsen — 90°, Japanergesetz?).

Fig. 3: Schlierige Einlagerungen im direkten ergänzenden Zement.

Fig. 4: Rhythmische Abscheidung des direkten ergänzenden Zements.

Fig. 5: Indirekt (durch Ferritmasse getrenntes) ergänzendes Zement. Nachlassen der regelnden Keimwirkung mit Entfernung vom Erregerkorn.

am besten ausgebildet, welche senkrecht zur c-Achse liegen.“

In Figur 1, 2, $B_{6/1}$, $B_{6/2}$ sind die Richtungen der c-Achsen in den Quarzen durch Pfeile und den Buchstaben c markiert, in

Abb. 15, Figur 1, 2, 3, 4, 5 durch Schraffierung in Richtung der c-Achse. (Zum Vergleich Fig. 2, 3, 4, B₂, B₄, B₅, Fig. 2, O₆.)

In den meisten Fällen liegt das ergänzende Zement als „direktes ergänzendes Zement“ nur durch einen hauchdünnen Fe-Mn-Adsorptionsfilm von der Quarzkornoberfläche getrennt, dem klastischen Korn unmittelbar auf. Das direkte ergänzende Zement ist in der Richtung der c-Achse am besten, normal zur c-Achse am schlechtesten oder gar nicht (Taf. I, Fig. 1, B_{6/1}, Korn unten) entwickelt, obwohl oft die c-Achsenrichtungen in Korninterstitien liegen und ein SiO₂-Ansatz um vieles schwerer ist, als normal zum optischen Hauptschnitt, wo oft Porenücken (B_{6/1} unten) ein Weiterwachsen leichter zulassen würden. Hier kommt es dann zum Aussetzen des Zements. Stoßen zwei Körner zusammen, so entwickelt sich dasjenige direkte ergänzende Zement besser, hinter dem sich das Korn mit der größeren Kristallisationspotenz befindet. Fördernde Faktoren sind die breite c-Achsen-Front und gute Ausbildung der SiO₂-Ansatzstellen (Kornoberfläche). Einen hemmenden Faktor stellt die zu starke Ausbildung des Brauneisens dar, das die Übergänge zum indirekten ergänzenden Zement vermittelt.

Einen Einblick in die innere Struktur des ergänzenden Zements gibt Abb. 15, Fig. 3. Das Erregerkorn ist vorzüglich nach der c-Achse weitergewachsen. Das Innere ist von dunklen Streifungen erfüllt, die sich unter stärkster Vergrößerung als Trübungssaum durch Lufteinschlüsse erwiesen. Kleine Beimengungen von Brauneisensubstanz sind wahrscheinlich, ebenso konnte ein Muskowitblättchen sicher erkannt werden. St o r z (1931, S. 172) hat ähnliche Erscheinungen zeichnerisch dargestellt (Fig. 63, 2 b). Das Kieselsäuregel, das sich um den Quarz ansammelte, nahm aus inneren Verwitterungsprodukten des Buntsandsteins mechanisch klastisches Material auf, das streifenweise (schalenförmig) in das hochviskose Substrat eingelagert wurde. Bei der Umstellung der echten Lösung (Kolloid) in die kristallisierte Phase kam es zu Quellungserscheinungen, die an den verdrückten Einlagerungen ihre Abbildung fanden. Auch die von St o r z (Fig. 63, 2 b) abgebildeten Einschlüsse zeigen teilweise Quellungserscheinungen, die bei der hydrolitischen Spaltung entstanden sind. Das SiO₂-Gel (Abb. 15, Fig. 3) hat sich ziemlich rasch angesetzt; eine rhythmische Abscheidung, aber ohne phasige Kristallisation, ist deutlich im Gegensatz zu Abb. 15,

Fig. 4, an der ausgeprägte rhythmische Kristallisation in Phasen zu beobachten ist. Die Streifenbildung ist durch geringe Färbung von Fe-Mn-Substanzen stark kontrastiert. Der Hiatus ist zwischen der ersten Phase des direkten ergänzenden Zementes und der zweiten am stärksten. Die Einlagerungen sind: Lufteinschlüsse und Fe-Mn-Verfärbungen. Die zweite, dritte SiO_2 -Kappe, evtl. auch die vierte, stellen die zweite Phase dar und sind durch feine Anwachsungslinien getrennt. Die vierte Kappe kann als Übergangsbildung zum indirekten ergänzenden Zement (starke Eisengeleinlagerungen!) angesehen werden. Meines Erachtens handelt es sich genetisch um eine zeitlich unterbrochene Kristallisation infolge Mangels an Stoffzufuhr gekennzeichnet durch den Hiatus zwischen erster Kappe und den übrigen, während es sich bei den übrigen Quarzkappen um rhythmische Kristallisation handelt, wofür sich auch Storz (1931, S. 180) bei ähnlichen Buntsandsteinbildungen ausspricht, „weil die einzelnen Linien oder Liniengruppen gegen die äußeren Teile zu in ihrer Häufigkeit abnehmen und ihren gegenseitigen Abstand vielfach vergrößern“. Storz bespricht weiter die Tatsache, daß rhythmische Kristallisation hauptsächlich an Gesteine geknüpft ist, die unter dem Mikroskop eine stärkere Anhäufung von Brauneisen zeigen. Die rhythmische Kristallisation tritt also in Abhängigkeit zu einer weiteren Stoffkomponente, dem Eisen-Gel. Wie Storz fortfährt, findet sich diese Erscheinung weder in Keuper-Sandsteinen noch im Buntsandstein, dessen Körner nur von Film umgeben sind. Von mir daraufhin durchgesehene Sandsteine aus dem oststeirischen Miozän und Pliozän, die bankweise starke Durchträngung mit sekundärer Kieselsäure aufweisen, zeigen die Erscheinung der rhythmischen Ausscheidung ebenfalls nicht. Storz bezeichnet sie als Regel bei heterogenem Bindemittel; Kieselsäure + Eisengel, nicht nur eine Zufälligkeit, was auch bei meinen Untersuchungen sich stets als richtig erwies.

b) Das indirekte ergänzende Zement

Wird das klastische Quarzkorn (evtl. mit dem direkten ergänzenden Zement) von stärkeren Eisen-Mangangelmassen getrennt, so kann es aus räumlichen Gründen nicht zur direkten Anlagerung von Kieselsäure kommen. Das Bindemittel ist durch Fernwirkung des Erregerkornes (vielleicht auch mit Unterstützung der kiesel-säurehaltigen Ferritsubstanz; Storz, 1931, S. 174; Hoppe.

1928) optisch gleichgerichtet. In Abb. 15, Fig. 1, 2 und Taf. I. Fig. 1, B_{6/1} (Korn links unten und Mitte) sind Kieselsäurebildungen dargestellt, die mit ihren optisch physikalischen Erscheinungen vollständig der Einflußsphäre des Erregerkornes angehören.

Reicht der keimend-richtende Einfluß nicht mehr aus (durch zu große Entfernung), so steht die Kieselsäure ohne Bevorzugung einer allgemein optischen Richtung um. Die meßbare Größe des Bereiches der Fernwirkung ist mit Storz, 1931, S. 174, 10 bis 50 μ . Fig. 3 und 5 zeigen in hübscher Weise das Umspringen der c-Achse mit größerer Entfernung vom Erregerkorn. Dabei konnte die Beobachtung gemacht werden, daß der Feldspat (Kalifeldspat) — wie Nr. 5 zeigt — keine richtende Kraft auf das Kieselsäuregel ausübte.

Im Gegensatz zu diesen Erscheinungen lagerte sich oft SiO₂-Gel in der Verlängerung der c-Achse, getrennt durch Brauneisenstein, ab, und obwohl es in der Reichweite des richtenden Einflusses liegt, ist davon nichts zu bemerken. Die Fe-Mn-Gelmassen dürften zur Zeit der Ablagerung des SiO₂-Gels durch Adsorption von verschiedenen Lösungen aktiv gewesen sein, so daß die fernwirkende Kraft inaktivierend wurde. Nach Kristallisation des unabhängigen Zementes war natürlich ein molekularer Umbau desselben durch divergierende Kristallisation nicht mehr möglich.

Von Interesse war es, die von Storz, 1931, S. 174, aufgeworfene Frage der minimalen Keimgröße für die klastischen Quarze zu verfolgen. Eines ist als sicher anzunehmen: Je geringer der Durchmesser des klastischen Kornes, desto geringer die Keimgröße. In den mir vorliegenden Sandsteinen des Buntsandsteins war die kleinste Korngröße mit einwandfreiem direkten oder indirekten Zement um 30 μ . Vielleicht aber hängt dies mit der Kornverteilung der betreffenden Sedimente zusammen (Abb. 7, 8 und 9, 10): Die Korngrößen unter 50 sind sehr spärlich vorhanden.

c) Das difforme Zement

In den meisten Horizonten und den daraus geschlagenen Handstücken ist die Ausbildung des Gesteins als „gebleichter Brauneisen Sandstein“ anzusprechen. Gegenüber den „Kristallsandsteinen“ tritt das ergänzende Zement so stark zurück, daß es nur mit Mühe oder gar nicht beobachtet werden kann. Außer Brauneisengel tritt sekundäre, authigene

Kieselsäure als difformes Zement auf, das Storz (1931, S. 162) definiert: „Es liegt dann vor, wenn die Anordnung in jeder Hinsicht eine willkürliche zu den Umrissen der klastischen Körner und den Hohlräumen, den Interstitien, ist.“ Das difforme SiO_2 -Zement läßt sich in 3 Ausbildungsweisen erkennen:

- in 1. Aggregaten mit pseudo-verzahnter Konstruktur,
2. schwammartigem Kieselsäuregel
3. kornförmigen, klaren Körnern.



Abb. 16
Ausbildung des difformen Zements als schwammartige Masse, als Korn mit Randundulation und als glasklare, fremdgestaltige SiO_2 -Bildung (Mitte der Abb.) — f = Feldspat; Bild oben: Verwittertes klastisches Quarzkorn. Verwitterung am stärksten in der einschlußreichen Korngegend; schwarz: Brauneisen.

In Abb. 16 ist ein Ausschnitt aus einem Schliff des Horizontes „O“₂ zur Darstellung gebracht mit allen 3 vorgenannten Fällen. Die Einkieselung hat die schon vorher gebildeten Hohlräume ergriffen.

Zu 1: Die Aggregate mit pseudo-verzahnter Konstruktur sind oft zum Verwechseln ähnlich wohlgerundeten Quarzkörnchen aus kristallinen Schiefern. Während aber die Quarzkörnchen aus kristallinen Schiefern in parallelem Licht die Pflasterstruktur meist nicht erkennen lassen und selten gezahnt erscheinen, weisen die Quarzaggregate eine runzelige, verquellte Oberfläche auf, die um so stärker hervortritt, als Eisengel als färbender Bestandteil dem Kieselsäuregel beigemischt war. Storz (1928, S. 25) bezeichnet diese Erscheinung als Überlagerungsinterferenz („pseudo-verzahnte Konstruktur“). Sie hat für die Charakterisierung von Silicifikaten feinkörniger Natur noch zu wenig Beachtung gefunden. Während die Quarzkörnchen mit Pflasterstruktur aus kristallinen Schiefern ein Korn darstellen, sind die Kieselsäureaggregatkörnchen aus vielen Teilen zusammengesetzt; die Pseudopflasterstrukturen sind wirkliche Korngrenzen, die durch Einlagerung von färbenden Substanzen oft stark hervortreten.

Zu 2: Das schwammartige Kieselsäuregel ist technisch von größter Bedeutung und steht im funktionellen Zusammenhang mit dem ergänzenden Zement: Dort, wo das ergänzende Zement (z. B. im Kristallsandstein) auftritt nimmt das schwammartige, difforme Zement ab.

In fast allen vorliegenden Brauneisensandsteinen führt es die innige Verkittung der Quarzkörner und der anderen klastischen Komponenten wie Feldspäte usw. durch. Es wächst aber nie so stark an, daß wir von einem Basalzement sprechen können. Nach der Klassifizierung Hoppes (1926) können wir es als ein Bindemittel zweiter Art (ausgebildet als Hülle und Stützfülle) ansprechen, denn die Bildung scheint nach dem Absatz der klastischen Gemengteile vor sich gegangen zu sein.

In Abb. 16 oben sehen wir ein klastisches Quarzkorn, das Auflösungserscheinungen zeigt: die Auflösung ging an den Stellen am stärksten vor sich, die die größte Inhomogenität (durch Luft-Flüssigkeitseinschlüsse oder durch Mineralspreu wie Serizite, Rutil usw.) aufweisen.

Das angreifende Agens kann von Verwitterungslösungen stammen oder hydrothermalen Ursprungs sein, wofür die Unzahl der tektonischen Klüfte im Gefolge des Rheintalbruches sprechen.

Die Aggregate sind oft derartig feinkörnig, daß eine Auflösung auch mit Hilfe der stärksten Vergrößerung unmöglich ist. Neben Verminderung der Polarisierung hat man oft den Eindruck erdigen Zerfalls. Kommen noch limonitische Verunreinigungen dazu, so ist eine Auflösung oft schwierig.

Zu 3: Stellenweise (Abb. 16, Mitte) kommt es zur Neubildung von Quarzindividuen, die meist fremdgestaltig sind und sich den vorhandenen Hohlräumen anpassen. Mitunter ist schwer zu entscheiden, ob wir es mit klastischen Quarzkörnern zu tun haben (Reliktquarzen), die Verwitterungserscheinungen ausgesetzt waren, also korrodiert sind, oder ob es tatsächliche Neubildungen sind. Im letzteren Falle sind die SiO₂-Bildungen meist glasklar. Häufig lassen sich aber auch Verunreinigungen erkennen; da sie aber zufälliger angeordnet sind als die Flüssigkeitseinschlüsse und die eingebauten Mineralpartikelchen.

ist ihre Deutung meist richtig durchzuführen. Sind die Neubildungen in Zwickeln zwischen den klastischen Komponenten gelegen, so ist ihre Deutung einfach: sekundär authigen! Oft ist aber eine Entscheidung schwer zu treffen, da beide Fälle zu Konvergenzerscheinungen führen. Überdies zeigen auch in unseren Fällen Bildungen von sekundärer, authigener Kieselsäure „undulöse“ Auslöschung. Die Angaben von Storz (1928, S. 40) konnten vollinhaltlich bestätigt werden. Er bezeichnet die „undulöse“ Auslöschung der Quarze sekundär-authigener Bildung als „pseudoundulös“ und führt Fälle an, in denen das ergänzende Zement dieselbe Auslöschung zeigt wie das klastische, undulös auslöschende Quarzkorn aus den kristallinen Schiefern. Seine theoretischen Erwägungen darüber sind (1928, S. 41) es wurde vielfach angenommen, daß die undulöse Auslöschung der dynamometamorph beanspruchten Gesteine als Deformation des Raumgitters aufzufassen wäre. Wäre diese Annahme richtig, so müßte die neu anwachsende Kieselsäure ebenfalls in ihrem Raumgitter deformiert sein, was aber aus theoretischen Gründen unvorstellbar ist. Wir kommen daher auf Grund dieser Beobachtungen zu dem Schluß, daß die undulöse Auslöschung nicht auf eine Raumgitterdeformation, sondern auf eine submikroskopische Zerbrechung des Kristalles zurückzuführen ist, wobei dann die sich ansetzende Kieselsäure für jeden einzelnen Teil orientiert weiterwächst.“

Bisweilen kommt es bei Wachstumsvorgängen sekundär-authigener SiO_2 zur Ausbildung von Korngrenzen, die Storz (1928, S. 26, 40) als „pseudoverzahnte Struktur“ bezeichnet. Die Erscheinung der undulösen Auslöschung in der Nähe der Ränder bezeichnet Storz als „Randundulation“ (Überlagerungsinterferenzen). Er zeigt im Stereomikrodiagramm (Fig. 9, Einkieselung) die Zusammenhänge zwischen Kristallstruktur und Überlagerungsinterferenz.

12. Der Eisen - Mangan - Haushalt

Die ansonsten meist typisch rötliche Färbung des sm wich durch Bleichung einer Farbtönung: weißlich-grau-gelb-braungelb. selten fleischrot. Die Entfärbung des Buntsandsteins beschränkt sich auf Gebiete östlich des Hochwaldes, die unmittelbar an die

Rheintalspalten grenzen. Früher glaubte man, einen bestimmten Horizont durch die weißlichgelbe Färbung zu charakterisieren und führte die Bezeichnung „Haardter Sandstein“ ein, der heute nur mehr als Handelsbezeichnung üblich ist.

Nach L e p p l a (1888, S. 51) sollen die Veränderungen des Sandsteines auf eine Entfernung von 1.5 km von der Spalte wahrnehmbar sein. Er führt sie auf ein „ungeheures Quantum von Kohlensäure“ zurück, „wobei der Prozeß der Entfärbung jedenfalls ein langsamer war“.

Im Dünnschliff zeigt es sich, daß auch bei einer intensivsten Bleichung bis ins Weißlichgraue nicht die gesamte färbende Substanz (Eisen und Mangan) vollständig entfernt werden konnte.

Die Eisen-Mangan-Substanzen sind neben der sekundär-authigenen Kieselsäure nach H o p p e (1926, S. 86) als Bindemittel 1. Art entwickelt, während letztere als Bindemittel 2. Art entwickelt, welche Einteilung für gesteinskundlich-technische Untersuchungen recht vorteilhaft ist.

Das Bindemittel kann nach H o p p e entwickelt sein als:

- a) Hülle (ferritische Masse),
- b) Stützfülle (ferritische Masse, Dolomit; nach H i r s c h w a l d — 1912, II. S. 435, in Struktur (π) — und Texturporen (p) v. F r e y b e r g — 1926 S. 4 — bezeichnet als Stützzement Basalzement und grandulöses Zement zusammen).

Zu a: Die Hülle ist als zartes Fe_2O_3 -Häutchen um die klastischen Quarzkörnchen entwickelt, wie sie schon W a l t h e r (1912, S. 255) beschreibt. Die Hüllensubstanz kann entweder homogen oder heterogen sein, eine Unterscheidung, die sich vor allem auf die mikroskopische Auflösbarkeit bezieht (S t o r z 1931, S. 170). Für den Beschlag der Quarzkörnchen mit Fe-Mn-Substanz ist die Ladungsrichtung der Gele von Einfluß.

Das Eisen-Gel mit seiner positiven Ladung wird auf der negativ geladenen Oberfläche der allothigenen Quarzkomponente niedergeschlagen.

Da die Hülle äußerst zart ist, setzte sich das Kieselsäure-Gel über dem Eisen-Gel auf der klastischen Quarzkomponente meist als direktes ergänzendes Zement ab. Bei einem Bleichungsvorgang, der über das Sediment hinwegging, blieb das Fe_2O_3 -Häutchen erhalten, da die sekundäre authi-

gene Kieselsäure dasselbe vor Auflösung hermetisch abschloß.

Zu b: Das Basalzement ist nur in den seltensten Fällen ausgebildet und immer nur dort, wo das Sediment feinkörnige Zwischenlagen aufweist. („O“₁ in Abb. 17 und 18.) Es kommt zu starker Anreicherung von Eisen-Mangan-Hydroxyden. Diese horizontalen bis mäßig schiefen (Kreuzschichtung), lagenförmigen Brauneisenanreicherungen führt Stiny (1919, S. 16) auf „zeitweiliges Stillstehen der Aufschüttung oder längeres Gleichbleiben des Grundwasserstandes zurück. Diese Brauneisenausfällungen sind häufig nicht oberirdisch, sondern im Grundwasser gebildet und durch Ton und Mergel verunreinigt.“ H o p p e nennt sie „tonig-ferritische“ Masse (1926, S. 87). Dies ist ein Sammelbegriff, weil sich ganz verschiedene Materialien darunter verbergen. Besonders an unseren gebleichten Sandsteinvorkommen konnte bestätigt werden, daß die tonig-ferritische Masse öfters aus vielen allothigenen Teilchen verschiedenster Formen zusammengesetzt ist, alles in braunes, rotbraunes oder rötliches Eisen-Gel eingepackt. Heller Glimmer und Kaolin läßt sich sicher bestimmen, mit geringerer Sicherheit feinste Quarzkörnchen und Feldspatfragmente. Die Möglichkeiten der optischen Auflösung sind begrenzt. Hier helfen nur röntgenographische Methoden weiter, die aber bis nach dem Krieg zurückgestellt werden müssen.

H o p p e gibt die bisherigen Erkenntnisse über die chemische Konstitution wieder und glaubt, die färbende Eisenverbindung in einem Ferrimonohydrat $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ zu sehen, das sich in zwei kristallisierten Modifikationen und einer Kolloidform ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$) vorfindet, die gelbe und rote Hydrate bilden kann. Die grüne Färbung ist durch Reduktionserscheinungen der Eisenverbindungen, bedingt durch organische Beimengungen, entstanden. (T o m l i n s o n, 1916): Der Umschlag ins Grünliche soll erst nach der Sedimentation entstanden sein.

Die Ferritmasse des Basalzements kam mit den klastischen Gemengteilen zum Absatz und ist nach H o p p e, T o m l i n s o n und R i c h a r d s o n also kein chemisches, sondern ein mechanisches Sediment. Der Absatz wäre in Form eines roten Schlammes vor sich gegangen.

W e i ß (1916) unterscheidet eine primäre (nach c) und sekundäre ferritische Masse. Diese Einteilung verwirft H o p p e (1926, S. 90) und weist darauf hin, daß der Grund für die verschiedene Beteiligung der Ferritmasse in groben und feinen Lagern gegeben ist in der Betrachtung der Entstehung der beiden Lager. Der Zusammenhang der Ferritmasse und das Auftreten von sekundärem (authigenem) Quarz, den W e i ß in diesem Abschnitt behandelt, ist nach meinen Untersuchungen ohne weiteres gegeben in der Berücksichtigung der Strukturen. Raumverhältnisse bestimmen Menge und Art des Auftretens vom sekundären Quarz in Sandsteinen mit primärer, ferritischer Masse.

Meines Dafürhaltens hat sowohl W e i ß als auch H o p p e nicht unrecht. Beide Ansichten lassen sich nebeneinander vertreten — aber nur in Gesteinen, die eine Bleichung über sich ergehen ließen. In Abb. 17, Horizont „O“₁ läßt sich die Ansicht H o p p e s bestätigen. Bei der Schliffbetrachtung fällt sofort auf, daß die Horizonte des gröber körnigen Lagers eine viel stärkere Eisenumlagerung mitgemacht haben als die Lager mit feinerem Korn, wo die Ferritmasse so stark vertreten ist, daß es zur Ausbildung eines Basalzementes kommt. Voraussetzung für die Eisenumlagerung ist, daß in den gröberen Horizonten die Ferritmasse genau so vorhanden war als in den feineren. Dies ist in unserem Fall aus zwei Gründen anzunehmen: erstens ist die Verteilung der Ferritmasse im nicht gebleichten sm bei Körnungsunterschieden im vorliegenden Bereich 0,1 bis 0,05 mm $\varnothing$ ziemlich gleichartig, obwohl nicht geleugnet werden kann, daß sich das geänderte Porenvolumen bei grobkörnigeren Strukturen deutlich bemerkbar macht. Zweitens finden wir alle Übergänge von der gebleichten zur nicht gebleichten Ferritmasse, wobei man die allothigenen Gemengteile der ferritischen Substanz um so deutlicher hervortreten sieht, als wir uns dem gebleichten Bereich nähern. Irgendwelche grundsätzliche Verschiedenheiten in Ausbildung, Menge, Art der Beimengungen der Ferritmasse kann nicht beobachtet werden. Dadurch wird nebenbei auch ein Argument für die in Punkt zu c erwähnte mechanische Entstehung der Ferritmasse geboten.

Für Umlagerungen des Eisen-Mangan-Gels als Träger der färbenden Substanz der Ferritmasse führen die L i e s e

g a n g s c h e n Diffusionsringe eine deutliche Sprache. In Abb. 16 „O“₁ ist die Schlifflage so gewählt, daß ein Stück eines schmalen Diffusionsringes (-fläche) geschnitten wird. (Im Lichtbild der $\pm$ normal zu den horizontalen feinen Lagern stehende schwarze Streifen.) (Abb. 18.)

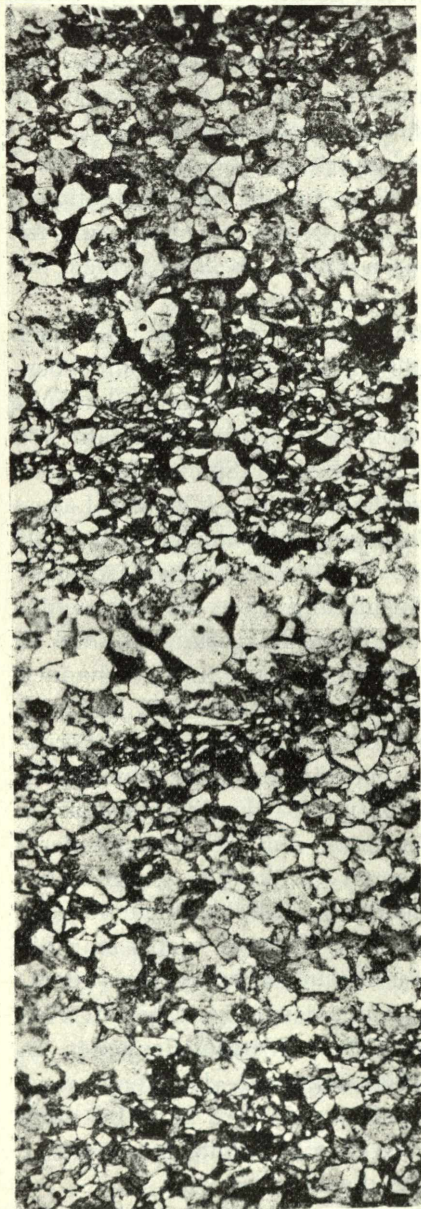


Abb. 17

Der Diffusionsstreifen kann dadurch entstanden sein, daß die Bleichungslösungen links und rechts von ihm — gefördert durch das größere Porenvolumen des gröberen Lagers — eindringen und die Fe-Mn-Substanz beiderseitig herauslösen und im Sol-Zustand bewegen. Der Streifen wäre kein Diffusionsstreifen im eigentlichen Sinne des Wortes, sondern nichts anderes als ein stehengebliebenes Relikt der ursprünglichen Ferritsubstanzverteilung. Dagegen kann angeführt werden, daß ein Blick auf die herrlichen Diffusionserscheinungen in Taf. V uns eines anderen belehrt. (Siehe bes. Bild rechts unten und links oben!)

Geblicherter Buntsandstein aus O₁. (Vgl. auch Abb. 18.) Die Bleichung (Abfuhr von Eisen und Mangan) im grobkörnigen Horizont. Primäre (und ? sekundäre) Anreicherung von Fe-Mn-Gel und Schwermineralien (Turmalin-Zirkon) in den feinkörnigen Lagern (Stillstandsmarken?). Normal dazu Ausbildung eines Liesegang-schen Diffusionsstreifens (herausgezeichnet in Abb. 18).

Es ist wohl kaum anzunehmen, daß das Eisen-Mangan-Gel aus den jetzt gebleichten Zwischenräumen nur herausgelöst wurde und die Streifung stehengeblieben ist, da schon mit freiem Auge eine verschieden dichte Packung der Fe-Mn-Schwarten zu bemerken ist.

Daß oft die Abfuhr des gesamten Fe-Mn-Gels infolge schwächeren Bleichungsmittels oder größerer Widerstände, die die Struktur entgegengesetzte, nicht vollständig sein konnte, ist im Schliff zu bemerken.

Die Packung des umgelagerten Eisen-Mangan-Gels ist viel dichter als der mechanische Niederschlag. Die Farben sind ebenfalls etwas dunkler und intensiver. Eine Unterscheidung des primären vom sekundären Eisen-Mangan-Gel ist oft im Schliff schwer durchzuführen, bei Überlagerungen beider oder bei Huminbleichungen in Oberflächennähe überhaupt nicht durchführbar.

Eine Entscheidung ist nur mit Hilfe des Handstückes bzw. der geologischen Lagerungen und ihrer örtlichen Umstände möglich. Pyrit ist im gebleichten „sm“ von Bergzabern und Oberotterbach kaum festgestellt worden. In einigen wenigen Fällen weisen Pseudomorphosenwürfelchen auf einen ehemaligen geringen Pyritgehalt hin. Dieser scheint sich auf bestimmte kluftnahe Partien zu beschränken und hydrothermalen Entstehung zu sein. Die Entstehung vorliegender Diffusionsringe ist daher nicht von einem Schwefelkieszentrum vor sich gegangen, wie Geinitz (1912, S. 282) ähnliche Bildungen in Diluvialtonen beschreibt.

Bei der Annahme einer durchgehend gleichmäßigen primären Ferritisierung

Die Fe-Mn-Verteilung („O“₁) durch Tuschzeichnungen hervorgehoben (vgl. Abb. 17!). Alle übrigen mineralischen Gemengteile sind ausgelöscht. Horizontal: primäre Fe-Schwarte; vertikal: Liesegangscher Diffusionsring.

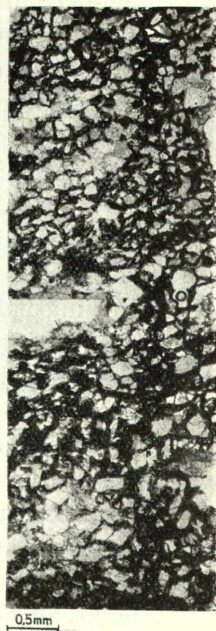


Abb. 18

(Eisen-Mangan-Gelabsatz) mußte es zu einer Umwandlung des Fe_2O_3 in Pyrit gekommen sein. Diese Vorstufe des unlöslichen Pyrits wäre von löslichem, schwefelsaurem Eisenoxydul abgelöst worden. Dadurch wären die Pyritreste erklärt und eine Möglichkeit des Wanderns der Eisenlösungen gegeben. Daß sich das Eisenhydroxyd in den Konkretionen makroskopisch so auffällig bemerkbar macht, ist dadurch zu erklären, daß es den Porenraum nicht allein einnimmt, sondern ja nur als Färbungsmittel wirkt, wie vorstehend ausgeführt wurde. Hoppe (1927, S. 91—102) führt eine Reihe von Vollanalysen des su_1 , sm_2 , sm_3 , so_1 an. Die Gehalte des Mittleren Buntsandsteines sm_2 an Fe_2O_3 bewegen sich zwischen 0,36 bis 2,0 Gew.%. Die mikroskopischen Messungen der Ferritsubstanz im „O“- und „B“-Vorkommen (Abb. 13) sind trotz Bleichung alle bedeutend höher als Hoppes Werte, während z. B. die Kieselsäuregehalte (S. 100) im Durchschnitt bedeutend über den durch Ausmessung erhaltenen Werten liegen. Die Differenz steckt eben durch Fe-Substanz verdeckt in der ferritischen Masse.

Eine Eisenzufuhr bzw. Umwandlung der primären Eisen-Mangansubstanz könnte unter Beihilfe der in den Rheintalspalten aufsteigenden hydrothermalen Lösungen vor sich gegangen sein; das Fe könnte als Eisenchlorid gewandert sein (Liesegang, 1913, S. 163). Beim Zusammentreffen mit Karbonat dürfte es zu einer hydrolitischen Abspaltung der Säure gekommen sein, bei Ausfall des Eisenhydroxydes; zu einem metasomatischen Ersatz scheint es nicht gekommen zu sein.

Da die vorliegenden Sandsteine ein gewisses Porenvolumen haben und teilweise leichter zu durchsetzende Bewegungsbahnen aufweisen, so drängt sich gerade in der Nähe der Rheintalspalten das „Fließen“ als Bewegungsform auf, das aber sicher gegenüber der „Diffusion“ stark zurücktritt. Ein „Fließen“ kann nur in feinen Spältchen und lockerem Material vor sich gehen. Auf weitere Strecken wird es durch die starke Einkieselung unterbunden. Zwischen „Fließen“ und „Diffusion“ gibt es Zwischenformen der Fortbewegungsart der Materie, wie es Bechhold (1912) überall dort feststellte, wo einseitiger Druck wirksam ist (Ultrafiltration): während bei der „Diffusion“ die Materieteilchen aus eigenem

Antrieb sich fortbewegen, wirkt bei der Ultrafiltration eine äußere Triebkraft (? mit) ein. Bei den Bleichungs- und Infiltrationsvorgängen in den Gesteinen der „O“- und „B“-Gegend wirkt sie sich nur auf geringe Zenti- bis Dezimeter-tiefe aus, kommt also für die Erklärung der Liesegang-schen Diffusionsringe, wie sie auf Abb. 19 dargestellt sind, nicht in Frage. Ebenso auch nicht die Theorie „Leit-meiers (1909) über die Bildung von Verwitterungsringen, da die Ringbildung von Spalten entfernt nur in gewissen Lagen auftritt.

Schon Liesegang (1913, S. 112) bemerkt, daß „in Buntsandsteinen die Verhältnisse zuweilen außerordentlich verwickelt werden. Dadurch, daß für einen Teil ihrer Struktur die Entstehungstheorie von Walther (1900 und 1912) zuzutreffen scheint, während ein anderer Teil nach dem Leitmeierschen Prinzip zu erklären wäre. Schichtung und epigenetische Bänderungen können also in einem Stück vorkommen.“

Abschließend können wir allgemein feststellen, daß

1. die Eisensubstanzen der Liesegangschen Diffusionsringe weder zentripetal noch zentrifugal aus- oder eingewandert sind, sondern nur
2. rhythmische Fällungen des primär im Sandstein niedergeschlagenen Färbungsmittels der Ferritmasse sind, das über eine lösliche Form örtlich im Gestein Diffusionserscheinungen hervorbringen konnte.

Für die technische Verwendung sei bemerkt, daß

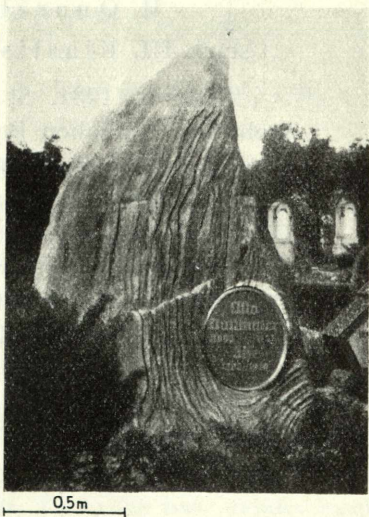


Abb. 19

Etwa 2 m hoher „Findling“ aus dem Gehänge zum Rheintalabfall. Riesige Diffusionserscheinungen. Die Eisenschwarten sind gegenüber dem kieseligen Bindemittel widerstandsfähiger und sind herausgewittert. (Verwitterungsdauer nicht unter 10 000 Jahren.)

die Liesegang'schen Diffusionsringe gegenüber Verwitterungseinflüssen bedeutend widerstandsfähiger (zäher) sind als die primären ferritischen ($\pm$ horizontalen) Lager (siehe Abb. 19). Sie bilden bis zentimeterhohe Leisten und verfärben das angrenzende Gesteinsmaterial nicht. Dies ist für Bauvorhaben besonders wichtig. (Abb. 19.) Die zwischen den hervorstehenden Schwarten befindlichen verkieselten Partien sind trotz der Verkieselungen viel stärker korrodiert. Bei mehreren Bauwerken wurde ich durch Herrn L. Fischer auf Korrosionserscheinungen aufmerksam gemacht. So zeigte sich an der Bergzaberner Stadtmauer und am Eckturm, daß die klastischen Quarzkomponenten durch Korrosion viel stärker angegriffen sind als Quarzbindemittel und Fe-Diffusionsringe.

Nach der Stärke der Angreifbarkeit kann geteilt werden:
 schwach I. Fe-Liesegang'sche Diffusionsringe,
 ↓ II. Quarzbindemittel,
 stark III. Klastisches Quarzkorn.

Storz (1931, S. 203, Tafel XIV Fig. 109) zeigt an mehreren ähnlichen Beispielen Fälle von korrodierten Oberflächen von Pomonaquarziten aus Südwestafrika (Samm lungsmaterial Kaiser). „Auch hier sind die klastischen Quarze der verschiedensten Körnung durch die Schleifwirkung des Windes stets stärker angegriffen als das feinkörnige Quarzbindemittel. Trotzdem Mineralien gleicher Härte vorliegen, ist also das Bindemittel härter, richtiger zäher.“

II. Spezieller gesteinskundlicher Teil

„O“: 1—6

Taf. II

Oberotterbach, Platte I

(Eingesandt an die Versuchsanstalt der Techn. Hochschule Berlin)

Das Handstück Von der für die Druckversuche verwendeten Originalplatte wurde ein Stück zur petrographischen Unter-

suchung abgenommen. Es ist gelblichbraun und von Diffusions-
 ringen durchzogen. Eine gute bis sehr gute Verkieselung ist
 schon mit der Lupe festzustellen. Der Feldspat-Kaolingehalt
 tritt sehr stark zurück. —

Das Gestein ist sehr gut bearbeitbar. Es wurde auch zu
 dekorativen Zwecken verwendet und hat sich sogar als schwach
 polierfähig herausgestellt. Derzeit wird es beim Wiederaufbau
 des zerschossenen Oberotterbach verwendet.

Im Dünnschliff zeigt es sich ähnlich der Gesteinsbeschreibung
 Oberotterbach 2. Die Silifizierung ist sehr viel weiter fortge-
 schritten. Die Pleromorphie der Körnchen ist schwer zu er-
 kennen, da vor der Silifizierung eine starke Bleichung und Ab-
 fuhr der Fe_2O_3 -Häutchen, der ursprünglichen Quarzkörner statt-
 gefunden haben muß. Jetzt sind nur mehr ganz spärliche Über-
 reste der ferritischen Füllmasse vorhanden. Die Porenfüll-
 masse besteht aus grobkristallinem Quarz + Fe_2O_3 -Substanz.

Das Kontaktzement Kristallogr. orientierter Quarz.

Kornbindung $\frac{\text{V—VI}}{0,7—0,8}$

Schichtausbildung sm₀

Typenformel nach Hirschwald $\text{Sm I K}_a \text{ p}_\beta - \text{p}_e$

Oberotterbach 1

Taf. II, Fig. 3.

Das Handstück stellt einen gelblichen, gebleichten Buntsand-
 stein dar, der bis über fingerdicke rote Bänderung zeigt.

Die gelblichen Partien weisen feine weiße Sprengelung auf, die
 von kaolinisierten Feldspäten herrührt.

U. D. M.: Gegenüber den stratigraphisch tiefer liegenden Sandstein-
 bänken zeigt vorliegendes Gestein wohl einen vorwiegenden Auf-
 bau aus Quarzkörnern, doch ist der Gehalt an weiteren Minera-
 lien wie Feldspat, Muskowit, Biotit, Turmalin usw. relativ hoch.

Die Größenverhältnisse können aus Tabelle I, Kornanalysen,
 quantitativ entnommen werden. Die Korngröße liegt unter
 0,5 mm Ø. Körner von 0,02 sind mit 0,1 % vertreten. Kleinere
 kommen kaum vor.

Sekundäre Bildung von Quarzkörnchen wurde nicht mit-
 gezählt, so daß die Kornverteilungskurven nur über die Korn-

größenverhältnisse des ursprünglichen Sedimentes Auskunft geben sollen.

Ebenso wurde der pleromorphe Saum der Quarze nicht mitgezählt. Die Kornverteilung entspricht der Kornzusammensetzung des ursprünglichen Sediments. Die Pleromorphie der Quarzkörnchen ist nicht so stark, wie in tiefer liegenden stratigraphischen Horizonten desselben Steinbruchs. Kristallflächen werden durch die pleromorphe Ausbildung des Ansatzquarzes den Quarzkörnern nicht gegeben, wohl aber starke Verzinkung und Verpackung, so daß stellenweise das Gefüge die Textur des Pflasterquarzes erhält.

Die Auswachsnaht (-fläche) des pleromorphen Quarzes ist in diesem Gestein nur in den allerseltensten Fällen zu sehen, und zwar nur dort, wo sich Reste von ferritischer Substanz am ursprünglichen Quarzkorn erhielten.

Die Feldspäte

Kalifeldspäte: Der Erhaltungszustand der Orthoklase, die gute Kantenrundung aufweisen, ist sehr verschieden: von ungetrübten Exemplaren über getrübte bis zu vollständig kaolinisierten.

Die Verwitterungsprodukte sind zweierlei:

1. Serizitisierung (Serizit + Quarz),
2. Erdiger Zerfall (Kaolin).

Durch die starke Durchtränkung mit Eisenhydroxyden ist der Nachweis von Kaolin wohl wahrscheinlich (an etwas helleren Stellen sind Partien, die eine viel niedrigere Doppelbrechung aufweisen wie Serizit), doch nicht immer einwandfrei möglich.

Die Turmaline Gut abgerollt, mit Größenausmaßen ca. 0,1—0,2 mm. n_{α} = weißlich-bräunlich, n_{γ} = bläulich-dunkelbräunlich.

Epidot Sehr selten, Körner bis 0,06 mm $\varnothing$.

Thuringit Grüne, stark brechende, schief auslöschende Gehäufte von Säulchen.

Biotit Muskowit sind ziemlich häufig. Biotit überwiegt bei weitem.

Der Schichtungstyp Sm XIIa: unregelmäßig struierte Lagen von verschiedener Korngröße.

Die Kornbindung ist bei B_z IV—V und B_m $\frac{IV-V}{0,42-0,57}$

Das Porenzement besteht in den

1. größeren Lagen aus granulösem Quarz mit serizitischem bzw. tonigem Material vermengt, bzw. aus
2. Lagen mit kleinerem Korn aus ferritischer Substanz mit großem Anteil an Schwermineralien.

Typenformelnach Hirschwald

$$\text{Sm XIIa} \quad \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{3}\right) \frac{K_{\gamma}}{Kp_2 - \pi_2}$$

Zusammenfassung:

Vorliegendes Gestein stellt einen gemischten Buntsandsteintyp dar. Lagen mit größerem Korn wechsellagern mit Schichteinschaltungen, die feineres Korn aufweisen. In den größeren Lagen tritt stärkere Silifizierung auf, die nach der Auflösung der die Körner umhüllenden ferritischen Substanz sich in schwacher pleromorpher Ausbildung den Quarzkörnern ansetzte. Die Reste der losgelösten ferritischen Substanz haben sich teilweise in Texturporen von Quarzgehäufen umgesetzt und bilden braunschwarze Punkte im Gestein, teilweise haben sie aber die schon sedimentär stark limonitisierten Lagen mit kleinerem Korn durch Fe-Zufuhr noch verstärkt.

Die sekundäre Silifizierung hat durchweg in den größeren Lagen stattgefunden, weniger in den feineren ferritischen. Querverbindungen von Kieselinfiltrationen durchbrechen die ferritischen Bänder.

Durch die starke Silifizierung des Gesteins und besonders der Texturporen dürfte nach Ansicht des Verfassers das Gestein einen sehr gut brauchbaren Dekorations- und einen guten Baustein abgeben, wenn besonders bei Druckbeanspruchung darauf geachtet wird, daß das Gestein gemäß seiner schwachen Schichtung horizontal eingebaut wird.

O b e r o t t e r b a c h 2

(Taf. II. Fig. 4)

Das Handstück Es ist ein weißlichgrauer, stark silifizierter Buntsandstein. Gegen Hammerschlag verhält er sich zäh. Rein äußerlich als gut bearbeitbarer Baustein kenntlich.

U d. M. zeigen die Quarzkörner dichtere Packungen mit starker Pleromorphie, die stellenweise so weit geht, daß Kornbindung

durch kristallographisch orientierten Quarz ohne Texturporen entsteht.

Kornbindung Bei B_z $V-VI$ und $B_m = \frac{V-VI}{0,5-0,81}$

Schichtungstyp Sm X.

Schichtausbildung sm_1 .

Porenzement Granulöser Quarz- und Serizitgehäuse (verw. Feldspäte).

Typenformel nach Hirschwald

$$\text{Sm X} \frac{k p_\beta - p_\gamma}{\frac{1}{3} k (p_\gamma - p_e) (\pi_\gamma - \pi_2)}$$

Zusammenfassung:

Die starke Verkieselung gibt dem Gestein eine große Härte und geringstes Porenvolumen. Die tonig-ferritischen Massen werden durch die sekundäre SiO_2 in Textur- und Strukturporen hermetisch eingeschlossen und sind der Verwitterung kaum zugänglich. Das Gestein ist für alle Bau- und Dekorationszwecke bestens geeignet.

Oberotterbach 3

Das im Handstück vorliegende Gestein stellt einen weißlich-gelben, gebleichten Buntsandstein dar, der von hellbräunlichen Flecken (Eisenhydroxyd-Manganhäufungen) besteht. Der sehr stark in kleinsten Päckchen (ca. 0,5 mm $\varnothing$) vorhandene kaolinisierte Feldspat ist gleichmäßig in Abständen von etwa $1\frac{1}{2}$ —2 mm voneinander über das Gestein verteilt. Der hohe Feldspatgehalt macht das Gestein brüchig und gegen Druckeinwirkung empfindlich

U. d. M. Im Verhältnis zu den guten Gesteinstypen des Bruches erweist sich der Mineralbestand nicht als fast rein quarzitisches, sondern als verhältnismäßig gemengt mit:

Leichtmineralien $\sigma < 2,9$	{	Feldspat (Orthoklas) frisch
		Feldspat (Orthoklas) kaolinisiert
		Plagioklas (wenig Albite: zersetzt)
		Biotit-Muskowit-Thuringit
Schwermineralien nicht sehr häufig $\sigma > 2,9$	{	Turmalin
		Zirkon
		Epidot

Die Quarzkörner Sie zeigen geringe pleromorphe Ausbildung.

Der Schichtungstyp Unregelmäßig struierte Lagen von verschiedener Korngröße: Sm XII a.

Die Kornbindung Bei B_z IV und B_m: $\frac{IV}{0,58—0,71}$

Das Porenzement besteht aus granulösem Quarz mit kaolinisierten erdigen Feldspatresten, selten Glimmer. Ferritische Substanz ist fast keine vorhanden, abgesehen von limon. Höfen.

Verhalten an der Luft Von besonderem Umstand ist jedoch das Auftreten von Pyrit, der jedoch bereits zum größten Teil in Pseudomorphosen zu Ferrihydroxyd umgewandelt ist, wie eine Beobachtung im Auflicht ergab. Infolgedessen braucht aus der Anwesenheit ehemaliger Pyrite bzw. noch in Umwandlung begriffener Pyritreste keine Verminderung der Qualität des Gesteins zu resultieren, um so mehr, wo die Verteilung eine sehr grobe ist. Wohl aber kann das noch nicht vollständig dehydratisierte Fe₂(OH)₃ im Kontakt mit den Atmosphäriken, besonders in Großstädten durch Aufnahme von H₂O und O in Wanderung kommen und evtl. die ästhetische Wirkung des Gesteins als Dekorationsstein herabmindern. Durch das geringe Vorhandensein der Fe₂(OH)₂-Grüppchen und die bereits stark vorgeschrittene Ausbreitung der limonitischen Höfe sowie ihrer geringen Intensität kann geschlossen werden, daß das Gestein zu unliebsamen Überraschungen kaum Anlaß geben wird.

Verhalten gegen Druck Obwohl das Kontaktzement aus kristallographisch orientiertem Quarz besteht und die Porenhülle aus granulösem Quarz, zeigt sich infolge des schon äußerlich bemerkbaren hohen Feldspatgehaltes (kaolinisiert) gegen Schlag geringerer Widerstand. Bei einer Verwendung zum Hochbau müßte darauf Rücksicht genommen werden.

Typenformel nach Hirschwald Sm XII a $\frac{K \pi \gamma - \pi_2}{\frac{1}{2} K p_2 - \pi_2}$

Oberotterbach 4

(Taf. II, Fig. 1)

Die dieser Lage angehörigen weißen, verkieselten Sandsteine sind infolge ihres Gehaltes an rötlichen tonigen Lagen technisch unter Ausschaltung derselben verwendbar.

Untersuchung einer quarzreichen rötlichen Lage: Das Handstück stellt ein rötliches, mäßig tonhaltendes Gestein dar, das etwa 5 mm $\varnothing$ große, weißlichgraue Bleichungsstellen aufweist. Die Schichtflächen sind mit Glimmer (Muskowiten) bedeckt, so daß auf etwa 1 cm² 17—20 Glimmerblättchen fallen.

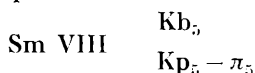
U. d. M. wird die technische Verwendungsunfähigkeit solcher Gesteinslagen klar.

Der Schichtungstyp Sm VIII.

Eine Kornbindungszahl kann infolge Auftretens eines Basalzementes nicht angegeben werden, daher auch nicht das Bindungsmaß.

Das Basalzement besteht aus glimmeriger (serizitisch-biotitischer) schwach verkieselter Masse. Die Verkieselung erteilt diesen Lagen eine scheinbare Härte, die sich infolge des großen Tongehaltes oft als trügerisch erweist.

Typenformel nach Hirschwald



Oberotterbach 5

Das Handstück Es ist ein leicht gelblich, schwach ockrig gefärbter Sandstein, der die Basis des Oberotterbacher Steinbruches bildet.

Während das bergfeuchte Gestein eine ziemliche Festigkeit vortäuscht, zeigen die Schichten, die längere Zeit den Atmosphärien ausgesetzt sind, Neigung zu grusigem Zerfall. Deshalb sei hier vor Benützung dieser Gesteinspartien zu irgendwelchen baulichen oder Dekorationszwecken ausdrücklich gewarnt. Diese schon äußerlich sofort bemerkbaren Eigenschaften werden durch das Schliffbild nur noch bestätigt.

U. d. M. Die Hauptgemengteile sind hier Quarzkörner. Sie zeigen meist rundliche Querschnitte, die etwaigen Ecken sind recht gut gerundet. Der Abrollungsgrad ist weiter fortgeschritten als bei den anderen Sandsteinen des Profils Oberotterbach. Die Kornverteilung (siehe Abb. 5, 8) der Korngrößen 0,13—0,26 mm $\varnothing$ zusammengenommen ist fast genau so groß wie bei „O“₆: 84,2% 15,8%. Die Kornklassen: 0,26 mm und 0,32 mm $\varnothing$

nehmen um 11,5 % ab zugunsten der vorerwähnten. Die Kleinkornklassen 0,08—0,05—0,02 mm bleiben in beiden Gesteinen unverändert niedrig: genau 10 %!

Die meisten (etwa 80 %) der Quarze zeigen keine optischen Spannungsverhältnisse. Der Rest löscht stark undulös aus.

An einigen wenigen Exemplaren konnte „Böhmische Streifung“ und mikroklinartige Gitterlamellierung beobachtet werden.

Sehr selten kommen Feldspäte (Orthoklas, Albit) vor, teils frisch, teils ganz zersetzt.

Zu erwähnen sind noch spärliche dolomitisch-tonige, recht gut gerundete Körnchen.

Die Nebengemengteile Kleine Faserchen von Biotiten ($0,08 \times 0,03$ mm) und Muskowittäfelchen von derselben Größe überwiegen das seltene Vorkommen von Turmalin und Zirkon. Rutil kommt nur vereinzelt vor.

C₁ (1 gl — f — ok — dol — ka)

Die Kornbindung Die Quarzkörner sind nur etwa bis zur Hälfte durch rein kieseligen Zement verbunden. Äußerst schmale Si₂O-Häutchen verbinden nur stellenweise die Quarzkörner. Von einer pleromorphen Ausbildung kann kaum gesprochen werden.

Im wesentlichen sind sie durch ein differentes Kontaktzement verbunden: es ist eine fein mikroklastische bzw. tonige Substanz mit schwacher Silifizierung und starker ferritischer Bindung.

Die Dehydratisierung der Eisenhydroxyde ist noch nicht sehr fortgeschritten. Obwohl die Bindungszahl B_z V beträgt, und das Bindungsmaß: B_m 0,14—0,17, so ist die Festigkeit gegenüber Oberotterbach-Sandstein „O“₅ bedeutend herabgesetzt.

Sobald der Sandstein mit der Luft längere Zeit in Berührung gerät, finden in den Texturporen und im Kontaktzement Veränderungen im Wassergehalt der Eisenhydroxyde statt, die sich praktisch in einer Auflockerung des Gefüges äußern.

Das Porenzement besteht zum größten Teil aus mikroklastischer, stellenweise toniger Substanz, durchdrungen von Eisenhydroxyden: $p_3 - p_{oc}$.

Der Schichtungstyp ist Sm I, der Grad der Schichtausbildung: sm₀ (ohne wahrnehmbare Schichtung).

Die Typenformel nach Hirschwald

$$\text{Sm I } \frac{\frac{1}{2} (\text{K})}{\text{Kd}_{4-5}, \text{P}_5 - \text{P}_{0c}}$$

$$\text{Die Kornbindung } \frac{\text{V}}{0,14-0,17}$$

Durch den großen Gehalt an ferritischer Substanz, durch die schwache Silifizierung und das recht mäßige quarzitisches Kontaktzement ist vorliegender Sandstein unbedingt von technischer Verwendung auszuschließen.

Oberotterbach 6

(Taf. II, Fig. 2)

Das Handstück Das Gestein ist stark ausgebleicht, macht einen fast weißlichen Eindruck. Es weist ganz schwache, bräunliche Bänderung auf als Rest ehemaliger ferritisch gefärbter Sandlagen. Auf der Lagerfläche sind unregelmäßig verteilt: reiskorngroße Fe-Mn-Konkretionen, die von kleinen fleckigen Fe-Höfen umgeben sind.

U. d. M. Den Hauptgemengteil des Sandsteines bilden fast ausschließlich Quarzkörner. Die Gestalt ist meist rundlich eiförmig. Zu etwa einem Drittel kommen Körner vor, die etwa dreieckige Gestalt mit stark abgeschrägten Ecken aufweisen. Länglich-eckige Körner sind nicht selten. In Abb. 5, 8 ist die prozentuelle Verteilung der Korngrößen dargestellt. Mengemäßig ist die Kornklasse 0,13—0,26 mm $\varnothing$ am stärksten vertreten. Ihr Verhältnis zu allen übrigen Kornklassen beträgt: 83,1 % 16,9 %! (Abb. 5, 8.)

Im parallelen sowie im polarisierten Licht weisen die Quarzkörner ziemlich ausgeprägte Ecken und Kanten auf. Dies hat mit dem reellen Abrollungsgrad nichts zu tun, sondern es ist dies die pleromorphe Ausbildung der Körnchen.

Die Pleromorphie der Körnchen ist im vorliegenden Sandstein recht schwierig zu erkennen, da einerseits das Quarzbinde- mittel gleiche kristalloptische Verhältnisse zeigt wie das Quarzkorn, andererseits die Anwachsfläche (im Schnitt Anwachsungsnaht) infolge äußerst spärlichen Vorkommens von färbenden Substanzen (wie Ferritmasse) recht schwierig zu erkennen ist.

Nach Hirschwald k_{x4} schwach pleromorph.

Als Nebengemengteile wurden bestimmt: Feldspat. Kaolin, Dolomit, Turmalin, Zirkon (sehr selten, meist in Quarzkörnern eingewachsen), Mukowit und Biotit. Die Glimmer stellen relativ die häufigsten Gemengteile dar, doch machen sie schätzungsweise nur 0,2—0,5 % des Gesteines aus. Aus diesem geringen Häufigkeitsgrad und aus dem Umstand heraus, daß alle Nebengemengteile in quarzitischem Bindemittel liegen (Porenzement), ist es verständlich, daß bei vorliegendem Gestein technisch die Nebengemengteile keinen die Qualität herabmindernden Faktor darstellen.

Nebenbestandteile, Quantität und Form der Einlagerung nach Hirschwald c_1 (1 gl — f — ka — 3 ok)

Die Kornbindung und Porenausbildung Das Gestein bildet einen Mischtyp zwischen dem allgemeinen Typ K (Bindung der Quarzkörnchen durch quarzitisches Zement) und dem Typ K γ (Kornbindung durch granulösen Quarz).

Das Porenzement Es besteht ebenfalls aus grob- bis mikrokristallinem Quarz $p_{\beta-\gamma}$, in Zwickeln mäßig ferritische Substanz.

Die Kornbindung ist bei B_z III—IV und B_m $\frac{III-IV}{0.45-0.75}$

Der Schichtungstyp Sm I—II, sm_0 (ohne wahrnehmbare Schichtung).

Typenformel nach Hirschwald

$$Sm \text{ I—II } \frac{K}{\frac{1}{3} (K_{\gamma})} P_{\beta-\gamma}$$

Qualitätsbezeichnung 1 C (Hirschwald, S. 261).

Vorliegendes Gestein stellt den Typ eines fast sehr gut silifizierten gebleichten Buntsandsteines dar. Alle Nebengemengteile sind in silikatisches Material eingehüllt und können daher bei Verwitterung zu keinen unliebsamen Überraschungen Anlaß geben. Eisenkies kommt nicht vor. Alle Fe-Verbindungen, meist Fe-Hydroxyde, Fe-Oxyde, sitzen im Gestein in den Texturporen in Liesegangschen Diffusionsringen angeordnet und sind bereits in eine verwitterungsbeständige Hydroxydform überge-

führt, wie man sich an Bauwerken in Bergzabern überzeugen konnte.

„B“: 1—7 (Taf. I und III)

Bergzabern 1

(Taf. III, Fig. 1)

Das Handstück stellt einen vollständig gebleichten feldspat-(kaolin-)reichen Sandstein vor. Das Gestein ist infolge geringerer Verkieselung nicht so widerstandsfähig wie das der übrigen Lager. Seine Oberflächennähe dürfte daran auch Schuld tragen, da durch die exponierte Lage Verwitterungserscheinungen auftreten in Form von vollständiger Ausbleichung und Abfuhr aller restlichen Eisenverbindungen.

Im Dünnschliff weisen die Quarzkörner eine geringe Pleromorphie, nach Hirschwald „In Spuren pleromorph“ $K_{x,5}$.

Über die Quarzkörner ist außer recht guter Rundung und Abrollung eine Anreicherung der Kornklasse zwischen 0,02 und 0,16 mm zu beobachten, wie aus der Kornverteilungslinie (Abb. 6) hervorgeht. Von Wichtigkeit ist hier das Kontakt- und Porenzement.

Das Kontaktzement besteht aus wenig kristallographisch orientiertem Quarz, der „ohne Andeutung pleromorpher Ausbildung“ ($K_{x,6}$) (nach Hirschwald) vorliegt.

Durch die Entfärbungsvorgänge ist das Eisen, das ja in geringen Spuren im Kontaktzement stets vorhanden ist, ausgelöst worden. Dieser Vorgang trägt scheinbar zur Auflockerung bei, soweit dies aus dem Dünnschliffbild herausgelesen werden kann.

Dazu kommt noch die Ausbildung der

Porenfüllmasse der Strukturporen. Es ist ein feines Gemenge von toniger (glimmeriger, muskowitz-serizitischer) und kaolinhaltiger Substanz, die durch schwache, aber stratigraphisch-gleichmäßige Verteilung der Einkieselungsvorgänge zu einem fast nicht auflösbaren Gemenge vermischt ist. Diese schwache Einkieselung verleiht dem Gestein eine mittelmäßige Festigkeit, wobei der relative Maßstab in den Gesteinen des Steinbruches Bergzabern liegt.

Die Kornbindung $\frac{IV-V}{0.61-0.7}$

Grad der Schichtausbildung sm_0 .

Schichtungstyp Sm I—Sm II.

Typenformel nach Hirschwald

$$Sm\ I--Sm\ II \quad \frac{K_{\beta} p_{\gamma}}{\frac{1}{3} Kd_4 p_4 - \frac{1}{4} \tau_3}$$

Obwohl die Kornbindung und das Kornbindungsmaß verhältnismäßig hoch sind, so ist auch trotz mittlerer Einkieselung der Strukturporen der Zusammenhalt der Körnchen infolge eines hohen Feldspat- und Kaolingehaltes in Körnchen und Porenfüllmasse etwas geschwächt. Die Schwächung wurde durch Verwitterungsvorgänge, die ihre Ursache in der bleichenden Wirkung von Thermalwässern aus tektonischen Spalten einerseits haben, andererseits auf Huminbleichung beruhen, verursacht.

Bergzabern 2

(Taf. III, Fig. 2)

Das Gesteinshandstück lehnt sich äußerlich an das Vorkommen Bergzabern 4 an. Ein erhöhter Feldspat-Kaolingehalt mindert die Qualität des Gesteins stark herab. Bei der Probeentnahme stellte sich die Rohwand als lange der Luft ausgesetzt heraus. Die tieferen Partien sind etwas fester. Die Kanten und Ecken des Gesteins lassen sich leicht mit den Fingern abdrücken. Das Gestein bröselt stark. Es zeigt lagige Textur, die durch bräunlichgelbes Eisenoxyd bis -hydroxyd stark markiert ist. Eine jüngere Eisenlösung diffundierte quer zur Schichtung und hinterließ apophysenförmige, fleischrote Verfärbungen.

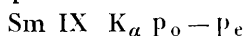
Das mikroskopische Bild enthüllt die Ursache der geringen Festigkeit. Die Quarzkornklasse hat ihr Maximum in der Korngröße 0.2—0.16 mm. Ein erhöhter Feldspatgehalt mindert die Festigkeit herab. Obwohl die Quarzkörner eine Pleromorphie: „schwach bis im beträchtlichen Maße pleromorph“ ($K_{x4} - k_{x3}$) aufweisen, so zeigen sich die Strukturporen als zum größten Teil leer. Nur die Zwickelfüllungen sind mit Eisenoxyd bis Eisenocker erfüllt! Eine Einkieselung fand daher nur in geringem Maße statt.

Die Kornbindung $\frac{III-IV}{0.4-0.65}$

Grad der Schichtausbildung sm_1 .

Schichtungstyp Sm IX.

Typenformel nach Hirschwald



Bergzabern 3

Das Handstück stellt einen weißlichen, gebleichten Buntsandstein dar, der selten rötlich bis 2 mm dicke Streifung (Eisenansammlung) aufweist. Äußerlich gut verfestigt.

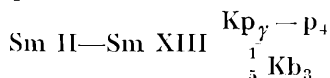
U. d. M. Die gut gerundeten, etwas längsgestreiften Quarzkörner zeigen schwach pleromorphe Ausbildung der sekundär authigenen Kieselsäure. Das Kontaktzement ist rein kieselig.

Die Kornbindung $\frac{IV}{0.59-0.71}$

Das Porenzement Granulöser Quarz mit sehr viel Serizit.

Der Schichtungstyp Sm II—Sm XIII.

Typenformel nach Hirschwald



Durch chemische Wechselwirkungen wurde das die Quarzkörner umhüllende Fe_2O_3 aufgelöst und in unregelmäßiger Verteilung zum Niederschlag gebracht. Diese Eisenhydroxyde markieren und verstärken noch die sedimentäre Anlage. Das hier reichlich im Porenzement bzw. Basalzement vorkommende tonig-serizitische Material wurde durch sekundäre Verkieselung fest von SiO_2 umschlossen. Das Kontaktzement ist fast durchweg schwach bis nicht orientierter Quarz. Aus dem Schliffbild heraus im Vergleich zu den „sehr guten“ Gesteinslagen kann das Material mit „gut“ bezeichnet werden.

Bergzabern 4

(Taf. III, Fig. 3)

Handstück Es ist von gelblich-bräunlicher Farbe und weist starke Eisenanlagerungen nach Form der Kreuzschichtung auf. Rein äußerlich fällt es durch seinen geringen Feldspat-Kaolin- und Glimmergehalt einerseits, andererseits durch lebhaftes Glitzern (Einkieselung) auf. Es ist sozusagen der Typ des

Bergzaberner Sandsteines, wie er in jüngster Zeit (1938) zum Kasernenbau usw. sein Material gab und durch seine wundervolle Ausbildung der Liesegangschen Diffusionsringe als Bau- und Dekorationsstein die Bergzaberner Kaserne zu einem Musterbau moderner, ästhetischer Großbaukunst werden ließ (siehe Lichtbildbeilagen von Mustern aus dem Mauerwerk).

Aus Schliffbild und Kornverteilungskurve (Abb. 6, 7) ersieht man, daß zwei Korngrößenmaxima bei 0,5 und 0,32 mm $\varnothing$ liegen, alle anderen Korndurchmesser treten zurück. Das Gesteinsmaterial ist stark geseigert. Feinmaterial und Leichtmineralien wurden weggeführt (wie Glimmer usw.), doch blieb ein technisch nicht unbedeutender Schwermineralgehalt zurück. Im parallelen Licht läßt sich weiter die ziemlich vollkommene Pleromorphie ($K_{x2} - K_{x3}$) beobachten.

Das Kontaktzement ist nach den Quarzkörnern kristallographisch orientierter Quarz K_a .

Die Porenfüllmasse $p_\beta - p_\gamma$, grob- bis mikrogranulöser Quarz und Eisenoxyd p_e .

Grad der Schichtausbildung sm_1 unvollkommen geschichtet.

Schichtung Sm I.

Typenformelnach Hirschwald

$$Sm\ I\ K_a\ (p_\beta - p_\gamma) + p_e$$

Bergzabern 5

(Taf. III, Fig. 4)

Die Gesteinslage aus dichtem, weißlichgrauem Sandstein zeichnet sich durch den geringen Gehalt an Feldspat aus. Mit freiem Auge sind feinste schwarze Pünktchen bemerkbar, die von Magnetitkörnchen herrühren. Wie ich mich beim Steinmetz in Bergzabern überzeugen konnte, wird diese Schichte zu allerlei Kunstarbeiten verwendet. Polierfähigkeit ist gerade noch vorhanden.

U. d. M.

Schichtungstyp Sm XIII, parallele Lagen in verschiedenen Kornbindungen.

Pleromorphe Ausbildung der Quarzkörner K_x
(in Spuren pleromorph).

Porenzement Mikrogranulöser Quarz p Tonige Substanz
ist ganz zurücktretend.

Die Kornverbindungszahl und B_m ist nicht anzugeben,
da Basalzement.

Typenformel nach Hirschwald

$$\text{Sm XIII} \quad \frac{Kd_f}{\frac{1}{3} K_f}$$

Urteil in Worten Infolge des geringen Feldspatgehaltes und seiner Zersetzungsprodukte, sowie des Fehlens färbender Eisen- und Manganverbindungen ist das Gestein schon rein äußerlich als Dekorationsstein gut geeignet. Die Ausbildung der Textur im Basalzement mit eingebauten Quarzkörnern vermindert die Festigkeit des Gesteins nicht, da die Silifizierung des Basalzementes weit vorgeschritten ist.

Eine Andeutung von Bankung läßt das Gestein in Platten zerlegen, ohne eine Abblätterung hervorzurufen.

Bergzabern 6

(Taf. I, Fig. 1 und 2)

Das Gestein ähnelt schon rein äußerlich der Gesteinsausbildung des Liegend, Bergzabern 7. Die Verkieselung ist bei „B“₆ nur noch weit intensiver, was man mit freiem Auge an dem Glitzern der pleromorphen Quarzkörner erkennt. Die Farbe ist hellbraungelb. Stellenweise gibt es Fe-Anreicherungen, die aber sehr verschwindend sind und in ihrer Farbtönung ohne krassen Farbumschlag in die allgemeine Gesteinsfarbe übergeht.

Im Schliffbild fallen sofort zwei hauptsächliche Unterschiede von den andern Gesteinssorten auf:

1. Ziemlich vollkommene Pleromorphie der Quarzkörner (K_{x2}),
 2. Eine Porenfüllmasse aus ferritischer Substanz.
1. Die Quarzkörner Wie aus der Kornverteilungskurve Abb. 6, 7 Nr. 6 ersichtlich ist, liegt das Maximum der Korngröße bei etwa 0,32 mm $\varnothing$, ähnlich Nr. 7 (bei 0,5—0,32 mm $\varnothing$).

Die Rundung der Quarzkörner kann als ausgezeichnet bezeichnet werden, ebenso der Abrollungsgrad. Bei keinem der

untersuchten Gesteine läßt sich die pleromorphe Quarzmasse, die, wie schon oben dargelegt, hier in besonders ausgeprägter Weise ausgebildet ist, so gut vom ursprünglichen Sedimentkorn unterscheiden wie im vorliegenden Gestein. Die Trennungsmöglichkeit liegt in der Tatsache begründet, daß vor der Ver kieselung das ganze Sandkorn umhüllende Fe_2O_3 -Häutchen aus irgendwelchen Ursachen nicht vollständig weggelöst werden konnte. Das übriggebliebene feine Häutchen trennt den sekundären Quarz vom ursprünglichen Sandkorn.

Der Feldspatgehalt ist stark zurücktretend, ebenso der Kaolingehalt, was sich schon im Handstück feststellen läßt.

2. Die Porenfüllmasse besteht aus „ferritischer“ Substanz: sie erweist sich als ein inniges Gemenge von feinstem Muskowit (selten Biotit), Quarzzerreißel mit viel Eisenverbindung. Von Bedeutung ist die Frage, um was für eine Eisenverbindung es sich handeln könnte. Im Auflicht zeigt sich ein Dunkelrostbraun, dem gelblichbraune Töne fehlen. Da keine chemische Analyse vorliegt, ist man auf Vermutung und Erfahrung angewiesen. Es handelt sich um ein stark dehydratisiertes Eisenhydroxyd.

Technisch ist daraus der Schluß wichtig, daß die ferritische Substanz höchstwahrscheinlich auch an der Großstadtluft nicht zu Verfärbungen wird Anlaß geben können. Nebenbei sei bemerkt, daß Pyrit nicht gefunden werden konnte.

Kornbindung $\frac{\text{IV}}{0,51—0,62}$

Grad der Schichtausbildung sm_0

Schichtungstyp Sm I.

Typenformelnach Hirschwald Sm I Kp₂—P_{oc}

Bergzabern 7

(Taf. I, Fig. 3)

Bräunlich-gelbliches Handstück, das auf Hammerschlag sehr widerstandsfähig reagiert. Im Gesteinsverband kommt nicht selten beim Sprengen großmuscheliger Bruch vor.

U. d. M. bemerkt man, daß die Quarzkörner gute Pleromorphie (nach Hirschwald K_{v3}) aufweisen. Ein Blick auf die Kornver-

Bergzabern		Oberotterbach	
Nr.	B _m —B _z	Nr.	B _m —B _z
Typenformel nach Hirschwald		Typenformel nach Hirschwald	
1	IV—V 0,61—0,7	1	IV—V 0,42—0,57
2	III—IV 0,4—0,65	2	V—VI 0,5—0,81
3	IV 0,59—0,71	3	IV 0,58—0,71
4	V—VI 0,65—0,78	4	Basalzement
5	Basalzement	5	V 0,14—0,17
6	IV 0,51—0,62	6	III—IV 0,45—0,75
7	V 0,67—0,89		
Typenformel nach Hirschwald		Typenformel nach Hirschwald	
1	Sm I—Sm II $\frac{k_{\beta} p_{\gamma}}{\frac{1}{3} k d_4 p_+ - \frac{1}{4} \pi_3}$	1	Sm XII a $\frac{k_{\gamma}}{(\frac{1}{2} - \frac{1}{3}) k p_2 - \pi_2}$
2	Sm IX K _a P _o —P _e —oc	2	Sm X $\frac{1}{3} k (p_{\gamma} - p_e) - (\pi_{\gamma} - \pi_2)$
3	Sm II—Sm XIII $\frac{k p_{\gamma} - p_4}{\frac{1}{5} k b_3}$	3	Sm XII a $\frac{k \pi_{\gamma} - \pi_2}{\frac{1}{2} k p_2 - \pi_2}$
4	Sm I K _a (p _β —γ) + p _e	4	Sm VIII $\frac{k b_5}{\frac{1}{5} k p_5 - \pi_5}$
5	Sm XIII $\frac{k d_{\gamma}}{\frac{1}{3} k_{\gamma}}$	5	Sm I $\frac{\frac{1}{2} (K)}{K d_{4-5}, p_5 - p_{oc}}$
6	Sm I K p ₂ —p _{oc}	6	Sm I—II $\frac{k}{\frac{1}{3} (k_{\gamma})} p_{\beta} - \gamma$
7	Sm I $\frac{k p_{\gamma}}{\frac{1}{5} k p_{\gamma} - (\pi_{\gamma} - \pi_2)}$		

teilungskurve lehrt, daß sich die Maxima der Korngrößen sehr zugunsten der gröberen Fraktion verschieben.

Auffällig ist der gegenüber den anderen Sandsteinkomplexen verhältnismäßig verstärkte Feldspatgehalt. Die Feldspäte (meist ehemalige Kalifeldspate, Orthoklas, selten Mikroklin) sind zu Serizit-Quarzgehäufen zersetzt. Doch glaube ich, daß sich dieser erhöhte Feldspatgehalt nicht mindernd auf die Qualität des Gesteins (in Beziehung auf die Festigkeit) auswirkt, denn die Festigkeit hängt im wesentlichen vom Kontaktzement ab, das hier kristallographisch orientierter Quarz ist.

Die Kornbindung $\frac{V}{0,67-0,89}$

Schichtungstyp Sm I.

Grad der Schichtausbildung sm₀

Typenformelnach Hirschwald

$$\text{Sm I} \frac{\text{Kp}_\gamma}{1 - \text{Kp}_\gamma - (\pi_\gamma - \pi_2)}$$

Durch die starke Silifizierung wird dem Gestein beträchtliche Härte verliehen, die aber durch den Feldspatgehalt etwas herabgemindert wird. Die in den Texturporen befindliche ferri-tische Substanz ist ebenfalls durch die Verkieselung gewissermaßen eingekesselt. Eine unliebsame Wanderung des Eisens ist nicht zu befürchten. Pyrit ist nicht vorhanden.

Allgemein kann abschließend festgestellt werden, daß sich das Gestein zu allen möglichen Arten von Bau- und Dekorationszwecken eignen wird.

Schl u ß w o r t

Den Herren, die vorliegende Arbeit unterstützten, sei an dieser Stelle gedankt, insbesondere meinem Institutsvorstand, Dipl. Berging. Prof. Dr. K. G. S c h m i d t, und Herrn Baurat A. B i l h a r z Baden-Baden. Herrn Prof. Dr. S t r i g e l-Mannheim und Herrn Prof. Dr. C h u d o b a Bonn bin ich für Literaturhinweise sehr verbunden. Die Dünnschlifflichtbilder wurden mit Metaphot-Busch im Geol. Min. Institut der Techn. Hochschule Karlsruhe unter Beihilfe von Meister A u e r aufgenommen. Für viele Hinweise

an Ort und Stelle danke ich Herrn Ludwig Fischer dem Besitzer der Steinbrüche Bergzabern und Oberotterbach. Ihm ist das Zustandekommen der Arbeit zu verdanken.

Karlsruhe, im März 1942.

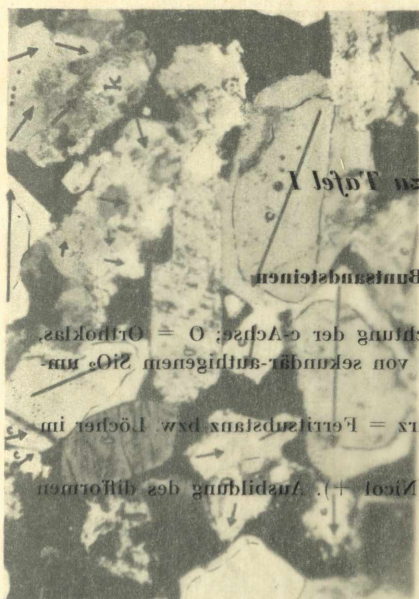
Benützte Schriften

- Bechhold, H.: Die Kolloide in Biologie und Medizin. — Dresden 1912.
- Blank, E.: Zur Kenntnis der Böden des mittleren Buntsandsteins. — „Landw. Versuchsstationen“, **LXV**, S. 161—216, 1. Tafel 1906.
- Ein Beitrag zur Chemie und Physik der Tongallen im Buntsandstein. Ver. vaterl. Naturkunde, **63**, 1907.
- Über die petrographischen und Bodenverhältnisse der Buntsandsteinformation Deutschlands. — Ver. vaterl. Naturkunde, Württemberg, **66**, S. 408 bis 566, 1910.
- Blank & Heilmann Chemische Untersuchungen über Verwitterungserscheinungen im Buntsandstein. — Tharandter forstl. Jahrb., **75**, II 3, 1923.
- Brauhäuser A.: Über das Vorkommen von Phosphorsäure im Buntsandstein und Wellengebirge des östlichen Schwarzwaldes. — Mitt. geol. Abt. Württemberg, statist. Landesamt, **84**, 1908.
- Correns, W.: Über Verkieselung von Sedimentgesteinen. — N. J. Min. etc. A, 1925.
- Correns, C. W. u. Eskola, P. Barth, T. F. W. Die Entstehung der Gesteine. — Berlin 1929.
- Delesse, A.: Procédé mécanique pour déterminer la composition des roches. — Paris 1862.
- Fischer G.: Zur Kenntnis der Entstehung der Steinmergel im fränkischen bunten Keuper. — N. Jb. Min. Beil. B. **51**, S. 447 (zitiert Hoppe 1926, S. 95).
- Forche, F.: Stratigraphie und Paläogeographie des Buntsandsteins im Umkreis der Vogesen. — Mitt. geol. Staatsinst. **15**, S. 15—55, Hamburg 1935.
- Freyberg, B.: Die Tertiärquarzite Mitteldeutschlands. — Stuttgart 1926.
- Geinitz, E.: Kolloiderscheinungen in Konkretionen. — Zbl. Min. S. 282—284, Stuttgart 1912.
- Gümbel C. W. Geognostische Karte des Königreiches Bayern, IV. Abt. XVIII, 1 100 000, München 1886.
- Hirschwald, J.: Über ein neues Mikroskopmodell und „Planimeter-ocular“ zur geometrischen Gesteinsanalyse. — Zbl. Min. S. 626—633, Stuttgart 1904.
- Die Prüfung der natürlichen Bausteine auf ihre Wetterbeständigkeit. — Berlin 1908.
- Bautechnische Gesteinsuntersuchungen. — Mitt. Min.-geol. Inst. Techn. Hochschule Berlin 1910.
- Handbuch der bautechnischen Gesteinsprüfung. — 2. Bd. 1911/12.

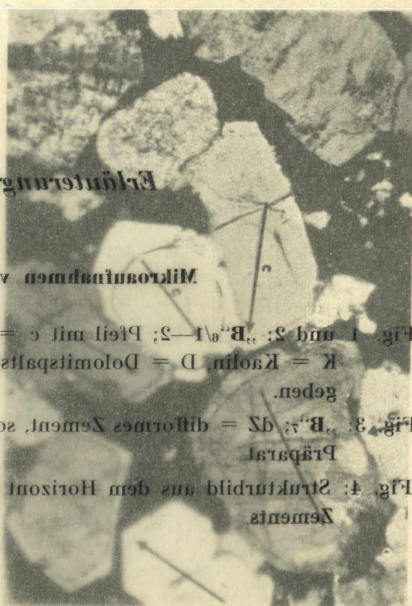
- Leitsätze für die praktische Beurteilung, zweckmäßige Auswahl und Bearbeitung natürlicher Bausteine. — Berlin 1915.
- Hoppe, W.: Die Untersuchung des Buntsandsteines. — „Die Steinindustrie“, XX H 9, S. 160—163, H 10, S. 180—182. 1925.
- Zur Petrographie des Buntsandsteins. — Zbl. Min. usw. Abt. A, 1926.
- Beiträge zur Geologie und Petrographie des Buntsandsteins im Odenwald: 1. Struktur des Buntsandsteins und ihre Beziehung zur Einkieselung und Bleichung. (5. Folge, H. 9, 1926). 2. Die Gemengteile des Buntsandsteins. — (5. Folge, H. 10, 1927). — Beide: Notizbl. Ver. Erdkunde, Darmstadt.
- Kato T., Yamaguti T., Ogawa, U. Yoisida, T.: The Sulphur Deposits of the Yonago — Ogusi Type. — Jap. J. Geol. Geogr. 17, S. 251—282. 1940.
- Kebler, P.: Erze, Baryt, Bleichungen und Verkieselungen im südwestdeutschen Buntsandstein mit besonderer Berücksichtigung der saarländischen Vorkommen. — Festschr. oberrhein. geol. Ver. 1927.
- Kirste E.: Geologisches Wanderbuch für Ostthüringen und Westsachsen. — Stuttgart 1912.
- Klander K.: Über die im Buntsandstein wandernden Verwitterungslösungen in ihrer Abhängigkeit äußeren Einflüssen. — Chemie d. Erde, 2, S. 49, 1926.
- Knaust, W.: Über Sole von $\text{Fe}(\text{OH})_3$ und $\text{Mn}(\text{OH})_2$ in ihrer Beziehung zur Bildung der sogenannten Schutzrinden und des Laterits. — Chemie d. Erde, 4, S. 529, 1930.
- Leppia A.: Über den Buntsandstein Haardtgebirge. — Geogn. Jahreshfte I, S. 51, 1888.
- Leitmeier H.: Über Dendriten und Verwitterungsringe und ihre Beziehungen den Liesegang und Bechhold studierten Erscheinungen. — Koll. Z., 4, S. 277, Wien 1909.
- Liesegang R. E.: Geologische Diffusionen. — Dresden — Leipzig 1913.
- Reis, O. M.: Über Böden, Gesteine, Schichtfolgen und Gebirgsbau der östlichen Hälfte des Blattes Speyer 1:100 000. — Geogn. Jahreshfte, 36, 1923.
- Richardson, G. B.: The Upper Red Beds of the Black Hills. — J. of Geol., 11, S. 365—393, 1903.
- Riek, G.: Stratigraphie des Hauptbuntsandsteins Schwarzwald. — Diss. Tübingen 1931.
- Rosenbusch, H.: Elemente der Gesteinslehre, S. 92. — Stuttgart 1923.
- Rosival, A.: Über geometrische Gesteinsanalyse. — Verh. geol. Reichsanst., S. 143, Wien 1898.
- Rüger, L.: Geologischer Führer durch Heidelbergs Umgebung. Heidelberg 1928.
- Scheidhauer W.: Quantitative Auslesevorgänge bei der Sedimentation von Sanden. Korngröße und Schwermineraluntersuchungen im Turon des Elbsandsteingebirges. — Chemie d. Erde, 12, S. 466—507, Jena 1939.
- Schindewolf, O. H.: Studien aus dem Marburger Buntsandstein II. — — Senckenbergiana, III. Bd. 1921.

- Shand, S. J.: A recording mikrometer for geometrical rock analysis. — J. of Geology, **24**, S. 394—404, Chicago — Illinois 1916.
- Spuhler, L. H.: Die „glasierten Blöcke“ der Rheinpfalz. — Diss. Heidelberg 1934, SB. u. Mitt. Oberrhein. Geol. Ver., N. F. 23, 1934.
- Die „glasierten Blöcke“ der Rheinpfalz. — Mitt. u. Arb. Geol. pal. Inst. Univ. Heidelberg, N. F. 276, 1934 [umfassendes Schriftenverzeichnis!].
- Stätsche, K.: Der Buntsandstein des Saarlandes. — Festschr. Oberrhein. Geol. Ver. 1927.
- Stiny J.: Technische Gesteinskunde. — Wien — Leipzig 1919, S. 16.
- Strigel, A.: Das süddeutsche Buntsandsteinbecken. — Verh. naturhist. med. Ver. N. F. **16**, S. 80—465, Heidelberg 1929. — [Umfassendes Schriftenverzeichnis bis 1927 mit Angaben der französischen Literatur!]
- Tomlinson, C. W. The Origin of Red Beds. A Study of the Conditions of Origin of the Permo-Carboniferous and Triassic Red Beds of the Western United States. — J. of Geol., **24**, S. 153—179, S. 238—253, Chicago 1916.
- Walther J.: Die Denudation in der Wüste und ihre geologische Bedeutung. — Leipzig, Verl. Hirzel, 1891.
- Das Gesetz der Wüstenbildung in Gegenwart und Vorzeit. — Verl. Quelle und Meyer, Leipzig 1912.
- Weiß, G.: Verwitterungserscheinungen in Buntsandsteinsedimenten. — Oberrhein. geol. Ver., N. F. 87, S. 6. 1916.
- Werveke, L., Schuhmacher, E., Benecke, E. W. und Andrae, A.: Geologische Spezialkarte von Elsaß-Lothringen. Erl. Blatt Weißenburg. — S. 1—85, Straßburg 1892.
- Willstätter, R., Krauth, H. und Lobinger K.: Zur Kenntnis der Monokieselsäure und Dikieselsäure. — Ber. Dtsch. chem. Ges. Abt. B, **58**, S. 2462 [1925], **61**, S. 2280 [1928] und **62**, S. 2027, Berlin 1929.

Tafel I



1 (B6/1)



2 (B6/2)



3 (B7)



4 (O3)

Fig. 4: Strukturbild aus dem Horizont O (Nicol +). Ausbildung des diffusen Zements
Fig. 3: B., DZ = diffuses Zement, schwarz = Ferritinsubstanz bzw. Lösschen im
Präparat
Fig. 1 und 2: B., DZ = diffuses Zement, schwarz = Ferritinsubstanz bzw. Lösschen im
K = Kaolin, D = Dolomitspaltstück von sekundär-aufgenähtem Zement
Fig. 1 und 2: B., DZ = diffuses Zement, schwarz = Ferritinsubstanz bzw. Lösschen im
Präparat
Fig. 3: B., DZ = diffuses Zement, schwarz = Ferritinsubstanz bzw. Lösschen im
Präparat
Fig. 4: Strukturbild aus dem Horizont O (Nicol +). Ausbildung des diffusen
Zements

Mikroaufnahmen von Buntsandstein
Erläuterungen zu Tafel I.

Erläuterungen zu Tafel I

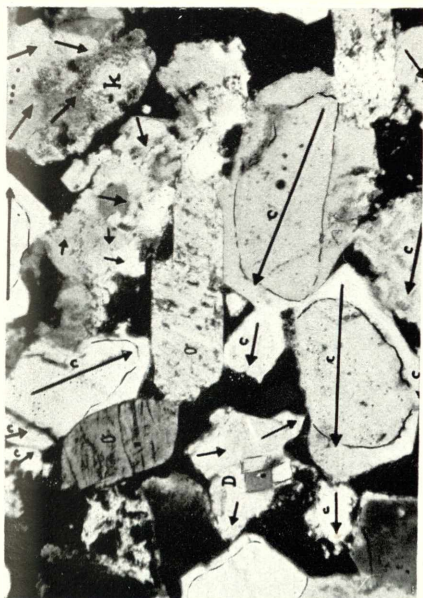
Mikroaufnahmen von Buntsandsteinen

Fig. 1 und 2: „B“₆/1—2; Pfeil mit c = Richtung der c-Achse; O = Orthoklas, K = Kaolin, D = Dolomitspaltstück von sekundär-authigenem SiO₂ umgeben.

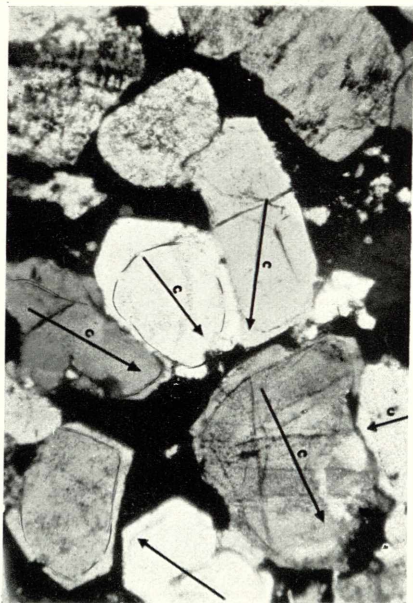
Fig. 3: „B“₇; dZ = difformes Zement, schwarz = Ferritsubstanz bzw. Löcher im Präparat.

Fig. 4: Strukturbild aus dem Horizont O₃ (Nicol +). Ausbildung des difformen Zements.

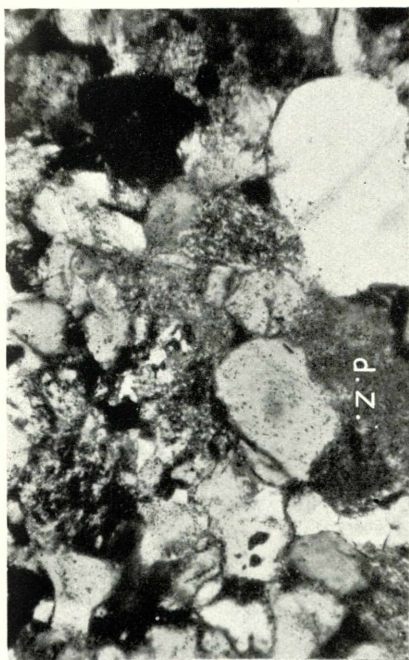
Tafel I



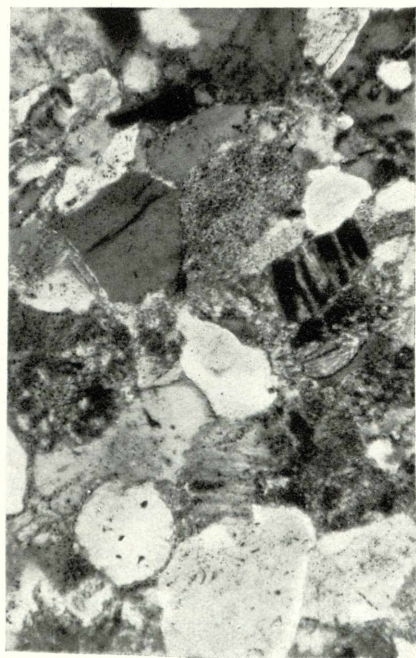
1 (B_{6/1})



2 (B_{6/2})



3 (B₇)



4 (O₃)

250 μ

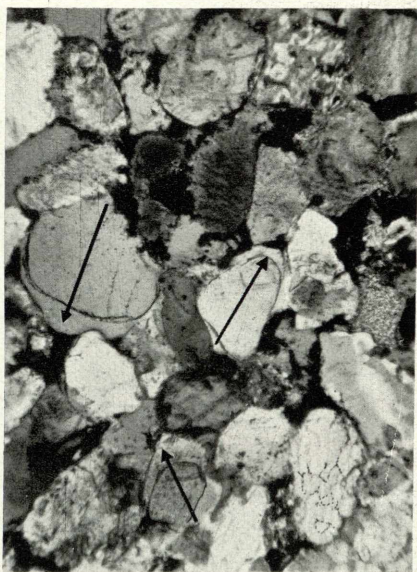
Harald H. Hübl

Der gebleichte Mittlere Buntsandstein („Rehbergsschichten“ b 2 b)
von Bergzabern-Westmark

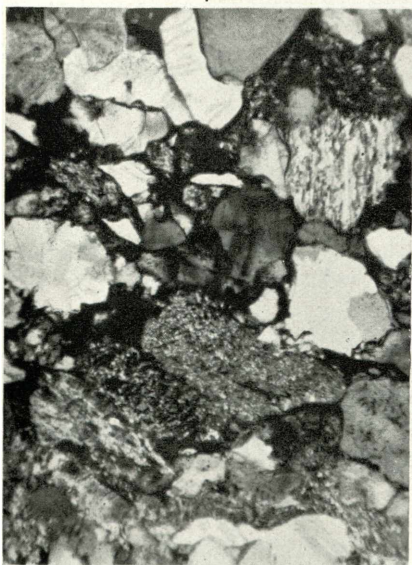
Tafel II



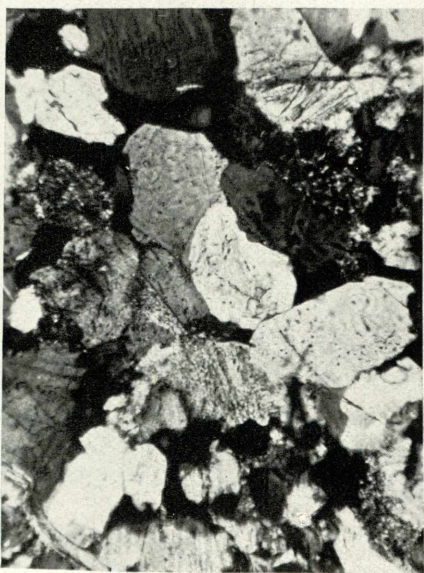
1(O_4)



2(O_6)



3(O_1)



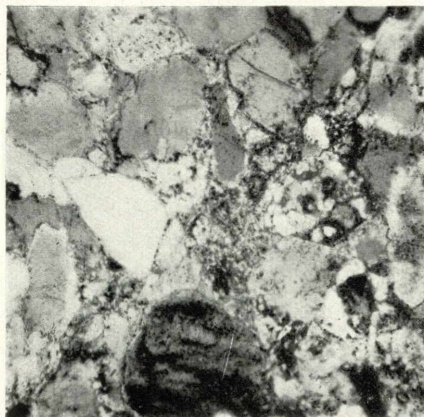
4(O_2)

Strukturbilder aus den Horizonten O_1 , O_2 , O_4 und O_6 (Nicol +).
(Erklärung: siehe Text! — Vergr. wie Taf. I)

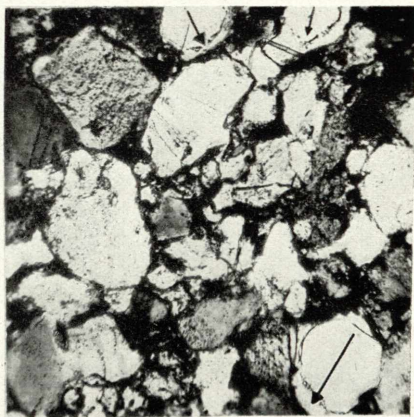
Harald H. Hübl

Der gebleichte Mittlere Buntsandstein („Rehbergsschichten“ b 2 b)
von Bergzabern-Westmark

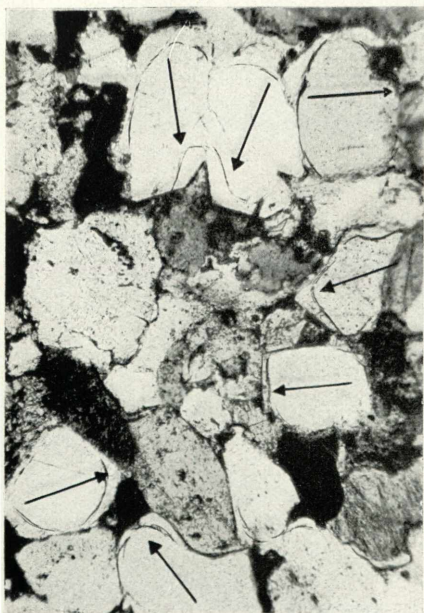
Tafel III



1 (B₁)



2 (B₂)



3 (B₄)

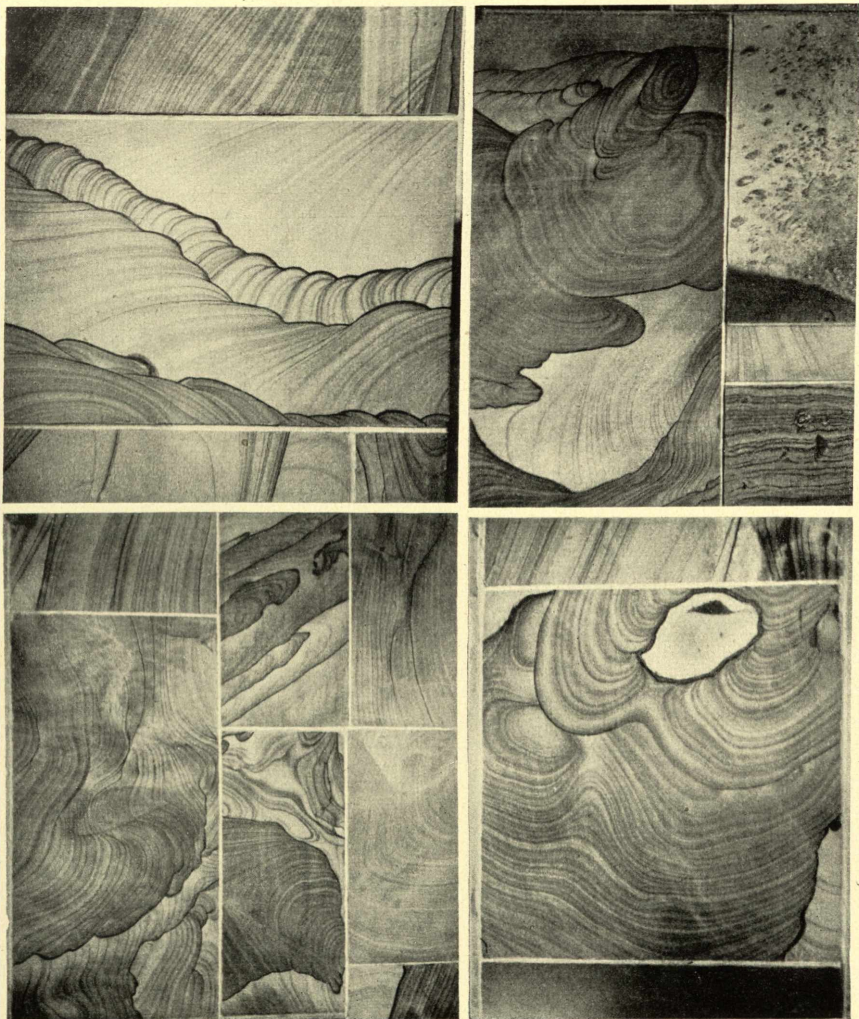


4 (B₅)

Strukturbilder aus den Horizonten B₁, B₂, B₃ und B₅. Pfeil: Richtung der c-Achse
(Nicol +). (Erklärung: siehe Text! — Vergr. wie Taf. I)

Harald H. Hübl
 Der gebleichte Mittlere Buntsandstein („Rehbergsschichten“ b²b)
 von Bergzabern-Westmark

Tafel IV



0,25m

Verwendung des Bergzaberner gebleichten Buntsandsteines als Bau- und Dekorationsstein:

Ausschnitte aus dem Sockel der Bergzaberner Kaserne (Baujahr 1938).
 Fe-Mn Liesegangsche Diffusionsringe.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Beiträge zur naturkundlichen Forschung in Südwestdeutschland](#)

Jahr/Year: 1942

Band/Volume: [7](#)

Autor(en)/Author(s): Hübl Harald Hans

Artikel/Article: [Der gebleichte Mittlere Buntsandstein \("Rehbergsschichten" b2b\) von Bergzabern-Westmark 301-358](#)