

Kristallsandsteine der Rhätformation im schweizerischen Juragebirge

Autor(en): **Moos, A. von**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen
= Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie**

Band (Jahr): **24 (1944)**

Heft 1-2

PDF erstellt am: **25.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-20460>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Kristallsandsteine der Rhätformation im schweizerischen Jura

Von *A. von Moos*, Zürich

I. Einleitung

Bei Anlass von Untersuchungen schweizerischer Vorkommen von Glasanden und Giessereiformsanden regten mich die interessanten Aufschlüsse von Kristallsandsteinen des Rhät bei Erschwil, Kt. Solothurn, zu einem intensiveren Studium dieser Gesteine an. In der Folge stellten mir Dr. ERNI (Basel), der beste Kenner der Rhätformation unseres Gebietes, sowie das Naturhistorische Museum in Basel in liebenswürdiger Art und Weise eine grössere Anzahl von Rhätsandsteinproben zur Untersuchung zur Verfügung, wofür ich auch hier meinen besten Dank ausspreche.

II. Geologie und Lithologie der Rhätformation

Das Rhät bildet im Basler-, Solothurner- und Berner-Jura nach ERNI einen konstanten und durchgehenden Horizont. Über grünen Keupermergeln, in seltenen Fällen über Keuperdolomit (Günsberg) oder über Zanolodonmergeln (Niederschöntal bei Liestal) stellen sich unvermittelt transgressive weisse und graue, manchmal gelb anwitternde kalkfreie Sandsteine mit schwarzen, blätterigen, kalkfreien Schiefertonen in Wechsellagerung ein, d. h. in typisch germanischer Facies, wie sie etwa für das Mittelrhät Süddeutschlands bekannt ist. Als Seltenheit kommen rote Mergel zwischen den Sandsteinen vor. Die Grenze gegen den hangenden, kalkführenden Lias ist scharf und fällt mit einem Faunen- und Facieswechsel zusammen. Die Mächtigkeit des Rhät beträgt im Maximum 6—7 m, und zwar in der Passwangkette. In den randlichen Gebieten, d. h. im Süden am Weissenstein und im Osten bei Niederschöntal, ist sie etwas geringer. Die Formation ist zumeist fossilführend, an der Basis treten eigentliche „Bonebeds“ auf. Charakteristisch sind „Ripplemarks“, unregelmässige Schichtung, Unbeständigkeit der Sandsteinhorizonte, Einlagerungen von Keupermergelgallen usw. Eine ausgesprochene vertikale oder horizontale Gliederung, wie sie etwa im Kraichgau oder in Elsass-Lothringen besteht, fehlt in unserem Gebiete. Nach den Fossilfunden muss das Rhät als marin betrachtet werden.

III. Beschreibung des Probematerials

Die eingehender untersuchten Proben stammen von den nachfolgenden Lokalitäten:

No.	Örtlichkeit	Topogr. Atlas	Sammler
1.	Hautes Roches W Roche Berner Jura	107	A. ERNI 13. X 1929
2.	Weissensteintunnel 1314 ab S. P. Rechter Stoss	112	A. BUXTORF 27. I 1906
3.	Günsberg, E Brüggmatt*)	113	A. ERNI 16. IV. 1909
4.	Günsberg, Käspisbergli Weissensteinkette	112	A. ERNI 16. IV. 1909
5.	Oberbipp Farnern, Weg südl. Teuffelenweid	113	A. ERNI 16. IV. 1909
6.	Oberbipp Farnern, südl. Pkt. 1025	113	A. ERNI 16. IV. 1909
7.	Bölchenweid südl. Eptingen	148	A. ERNI 31. VII. 190
8.	westl. Reigoldswil ca. 100 m südl. Neumatt	97	A. ERNI 1. XI. 1909
9.	N W Langenbruck, Mittel Bilstein	148	A. ERNI 19. IX. 1908
10.	Waldenburg, südl. Pkt. 739 W Wil	146	A. ERNI 28. X. 1909
11.	Limmernbach Mümliswil, N W	148	A. ERNI 27. XII. 1924
12.	Grube beim Oerli SW Liedertswil	146	A. ERNI 28. X. 1909
13.	Oberstelli SE bei Lauwil am Weg ca. 150 m E Pkt. 757	97	A. ERNI 1. XI. 1909
14.	Lauwilberg	97	
15.	Munigraben westl. Lauwil	97	A. ERNI 10. X. 1908
16.	Im Weg beim Hof Marchmatt westl. Reigoldswil	97	A. ERNI 10. X. 1908
17.	Am Weg bei Punkt 739 SE Liedertswil,	146	A. ERNI 28. X. 1909
18.	Basel, Rütihard bei Neue Welt	8	K. STRÜBIN 1914
19.	Muttenz, Waldecke am Weg nach Grut	8	A. ERNI 10. X. 1909
20.	Schweizerhalle, linkes Ufer bei Rothus	8	A. ERNI 23. I. 1925
21.	Pratteln, an der Wegbiegung S Eglisgrabenhof	8	A. ERNI 10. IX. 1909
22.	Liestal, Niderschöntal rechtes Ufer Prof. III/5	28	K. STRÜBIN Juni 1901
23.	Erschwil, bei Schmalen	98	VON MOOS 1940

*) Bei No. 3 handelt es sich um eine Kalksandsteinprobe aus der Ob-
tusus-Zone des unteren Lias.

NB. Nummern 2, 18, 22 stammen aus dem Naturhistorischen Museum Basel.

Die Farbe der Sandsteine ist grauweiss (2, 11, 15, 16, 23) oder grau (22), durch Verwitterung gelblichweiss (5, 6, 8, 9, 17) bis intensiv gelbbraun (10, 21), oder durch punktartige Verwitterung fleckig braun-weiss (3, 14). Seltener sind grauolive (4) bis grünliche (18, 20) Färbungen. Die Sandsteine zeigen fast stets feine spiegelnde Partien, die im Sonnenlicht glänzen. Die Gesteinsproben lassen sich bis auf wenige Ausnahmen (6, 21, 22) zwischen den Fingern leicht zerdrücken, sind zumeist mittelkörnig, einige wenige feinkörnig (4, 22) und einige etwas grobkörniger (3, 9, 15) mit Geröllchen bis 2 cm Durchmesser (2).

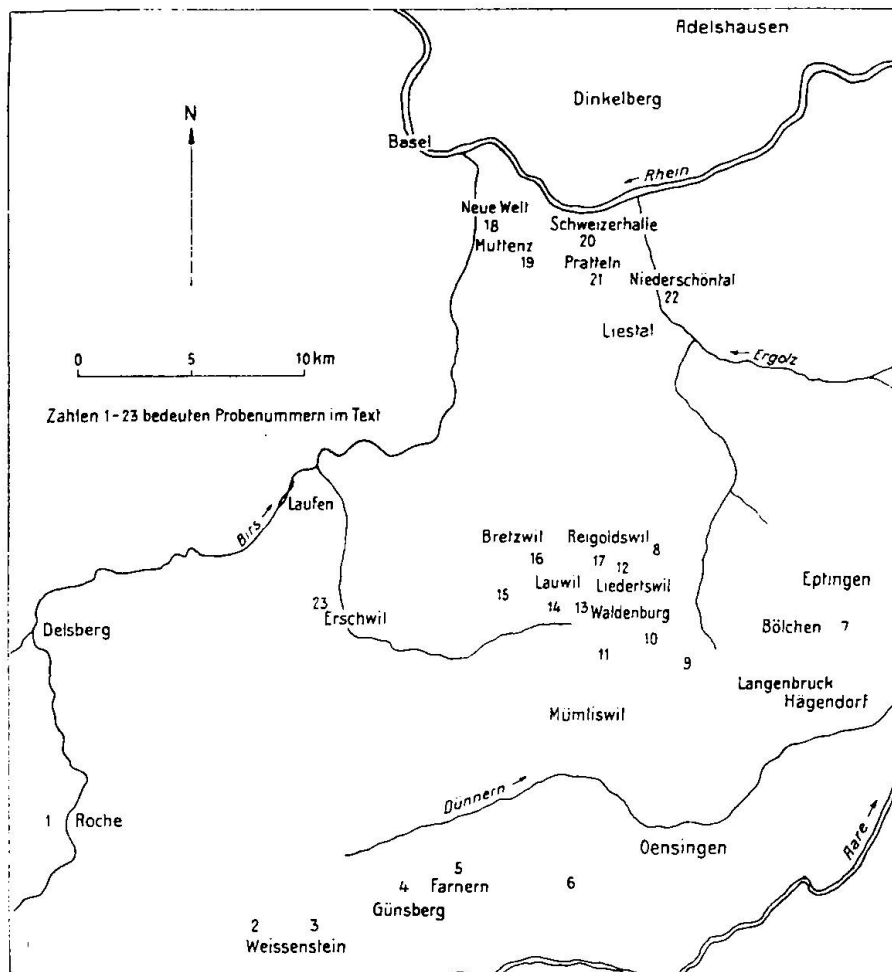


Abb. 1. Übersichtskarte mit Fundstellen

IV. Mineralbestand

Neben einer Anzahl von Dünnschliffen wurde von jeder vorhin erwähnten Probe durch leichtes Zerstampfen im Mörser, nachfolgendes Sieben, Waschen, Trocknen und Trennen mit Bromoform

je ein Präparat mit den spezifisch leichteren und eines mit den spezifisch schwereren Mineralien der Fraktion 0,1—0,2 mm hergestellt.

Tabelle 1: Prozentuale Zusammensetzung der Schweremineralien der einzelnen Proben

No. der Probe	Herkunft der Probe	100 %					100 %									
		Magnetit	Pyrit	Limonit	Leukoxen	Biotit	Durchsichtig	Zirkon	Turmalin	Rutil	Titanit	Apatit	Andalusit	Anatas	Granat	Hornblende
1	Hautes Roches b. Moutier	4		12	6		78	73	1	25					*)	1
2	Weissenstein Tunnel 1314 m ab S. P.	5	20	1	5		69	84		15						1
3	E. Brüggmatt Günsberg Weissenstein			43	12		45	68	8	20						4
4	Kaspisbergli N Günsberg	1		77	3		19	81	7	12						
5	S Teuffelenweid NW Farnern	3	1	4	63		29	21	45	31	2					1
6	S Pkt. 1025 NW Farnern	3		12	19		66	61	10	28						1
7	Bölchenweid S Eptingen	7		2	32		59	47	20	34						
8	100 m S Neumatt W Reigoldswil	8		57	11		24	58	29	12	1					
9	Mittel Bilstein NW Langenbruck	5		12	34		49	50	20	25	3			2		
10	S Pkt. 739 W Wil bei Waldenburg	15		69	2		14	41	31	26	1			1		
11	Limmernbach NW Mümliswil	4	2	12	35		47	32	43	21						4
12	Oerli SW Liedertswil	2		29			69	54	7	38						1
13	Oberstelli SE Lauwil	5		14	19		62	63	14	22				1		
14	Lauwilberg	7		6	24		63	61	9	27	2			1		
15	Munigraben W Lauwil			69	10		21	22	42	32	2					2
16	Hof Marchmatt W Reigoldswil	2		10	24		64	44	23	31	1					1
17	Pkt. 739 S Liedertswil (Gempfen)	1		46	19		34	52	15	29	1			2		1
18	Rütihard Neue Welt Basel	1		4	74		21	12	43	32		8				1
19	Muttentz Waldecke a. Weg nach Grüt	7	2	10	32		49	45	22	25	2					6
20	Rothus unterh. Schweizerhalle	3	52	4	9	5	27	61	12	24	1	1	1			
21	Wegbiegung S Eglisgrabenhof Pratteln	8	1	2	48		41	37	27	30				1		5
22	Niederschöntal bei Liestal	12		2	5		81	69	7	20						4
23	Erschwil	11					89	72	10	18						

*) bedeutet unter 1% vorhanden.

a) Die spezifisch leichteren Materialien

1. Quarz: Der wichtigste Bestandteil der Sandsteine ist der Quarz, der zu 91—99% am Aufbau der Fraktion 0,1—0,2 mm beteiligt ist. Das auffallendste Merkmal des Quarzes im lockeren Zu-

stande sind die fast bei jedem Korn vorhandenen, scharf begrenzten, spiegelnden Kristallflächen. Sie treten einerseits als einzelne, meist geradlinig und vieleckig begrenzte Flächen, sodann als Gruppen von meist langen, schmalen, gleich orientierten Flächen und endlich, wenn auch etwas seltener, als einfache Pyramiden auf. — Die Form der Körner ist mehr oder weniger isometrisch bis stengelig, die Rundung durch einzelne Kristallflächen und Korrosionsformen unvollkommen, es wechseln geradlinige Begrenzungen mit einspringenden Winkeln und abgerundeten Partien.

In den Dünnschliffen lässt sich bei vielen Körnern durch die Verteilung der Trübungen und Einschlüsse erkennen, dass sie zur Hauptsache aus einem rundlichen Stammquarzkorn mit vielen Trübungen und Einschlüssen und aus klaren, einschlussfreien bis einschlussarmen, häufig nach aussen geradlinig begrenzten Ansatzrinden bestehen. Die Einschlüsse der Stammquarze bestehen aus feinsten Stäubchen und Poren, sodann aus grösseren Mineralien wie Serizit, Turmalin und Zirkon. Vereinzelt wurde undulöses Auslöschen und Böhm'sche Streifung konstatiert.

2. **Quarzite und Hornsteine:** Die Quarzite sind zu etwa 4% am Aufbau der Fraktion 0,2—0,1 mm beteiligt. Es konnten daran keine Neubildungen konstatiert werden. Noch wesentlich seltener beobachtet man Hornsteine.

3. **Feldspäte:** Der Anteil der Feldspäte wurde bei 12 Proben in der Fraktion 0,1—0,2 mm zu 0—9%, im Mittel zu 3% bestimmt. Sie sind meist kurzstengelig ausgebildet, enthalten feinporige Einschlüsse und weisen meist eine leicht rötliche Färbung auf. Es handelt sich zumeist um Albit, an dem die Zwillingsstreifung hie und da sichtbar ist; gelegentlich wird Mikroklin und seltener Orthoklas beobachtet. In einem einzigen Falle konnte ein Orthoklas von idiomorpher Ausbildung, als Resultat einer teilweisen Neubildung, festgestellt werden.

4. **Muskowit:** Der Muskowit gehört allgemein zu den selteneren Bestandteilen. Etwas häufiger wurde er in den Proben 18, 20 und 21 beobachtet. Er weist meist rundliche Formen und Einschlüsse von Zirkon, Hämatit etc. auf.

5. **Kalzit:** Kalzit wurde nur in wenigen Proben wie z. B. 3 und 17 nachgewiesen. Normalerweise sind die Proben kalkfrei, wobei diese Kalkfreiheit offensichtlich primär ist.

b) Die spezifisch schweren Mineralien

1. **Anatas** wurde in 15 von 23 Proben mit einer Frequenz von 0—2 % nachgewiesen. Er liegt meist als scharf begrenzte, idiomorphe Bipyramiden von gelber bis bräunlicher (3), seltener blauer (11) Farbe vor.

2. **Andalusit** wurde in 10 von 23 Proben mit einer Frequenz von 0—1 % beobachtet und zeigt farblose bis weinrote pleochroitische Farben bei kurzprismatischer, zum Teil angerundeter Form und Schlagfiguren.

3. **Apatit** wurde in 10 von 23 Proben mit einer Frequenz von 0—8 % konstatiert. Bei farbloser bis leicht gelblichbrauner Färbung, gelegentlich durch kohlige Einschlüsse gekennzeichnet, zeigt er meist kurzprismatische Form (Länge zu Breite 2:1).

4. **Biotit** wurde in einer Probe (20) in grösserer Anhäufung getroffen.

5. **Granat** trat in 17 von 23 Proben mit einer Häufigkeit von 0—6 % auf. Es liegen farblose bis rötliche (11) Körner von zum Teil gerundeter bis eckiger Form vor, deren Oberfläche oft geätzt oder facettiert ist.

6. **Hornblenden** von bläulichgrüner Farbe liessen sich in 6 von 23 Proben mit einer Frequenz von 0—4 % nachweisen.

7. **Leukoxen** und leukoxenähnliche Körner traten in allen Proben mit einer Frequenz von 0—74 % auf.

8. **Limonit** wurde in allen Proben in Mengen von 0—77 % festgestellt.

9. **Magnetit** wurde in 22 von 23 Proben in Mengen von 0—15 % gesichtet.

10. **Pyrit** fand sich in 6 von 23 Proben in Mengen von 0—53 %.

11. **Rutil** trat in allen Proben mit einer Frequenz von 12—30 % auf. Es fanden sich sowohl rotbraune, wie auch gelbbraune und gelbe Exemplare. Sie zeigen meist kurzprismatische, gedrungene, seltener langsäulige Formen und sind vorwiegend gerundet bis angerundet.

12. **Staurolith** fand sich nur in 2 von 23 Proben (4, 11) mit einer Frequenz von 0—1 %.

13. **Titanit** wurde in 11 von 23 Proben mit einer Frequenz von 0—3 % festgestellt.

14. **Turmalin** fand sich in 22 von 23 Fällen mit einer Frequenz von 0—43 %. Er ist von gerundeter bis prismatischer Form,

von bräunlicher, blaugrüner, blauer und weinroter Farbe und enthält Einschlüsse von Rutilnadelchen.

15. Zirkon führten alle Proben mit einer Frequenz von 1—84 %. Es treten sowohl farblose, wie auch gelbliche und weinrote bis rötliche Individuen, zumeist in gedrungener, stellenweise aber auch idiomorpher Ausbildung auf; lokal sind zonare, leicht bräunliche Körner (21) festzustellen.

Ausser den erwähnten Mineralien trat ein fraglicher Ceylonit von grüner Farbe, isotroper Zusammensetzung und kurzprismatischer, eckiger bis kantenbestossener Beschaffenheit auf (12).

In zahlreichen Proben (1, 2, 13) häuften sich Knochenreste und Zähne in dem schweren Anteil der Bromoformtrennung.

c) Quantitativer Schwermineralienbestand

Im Mittel finden sich in den 23 untersuchten Schwermineralproben 47 %, d. h. nahezu die Hälfte, durchsichtige und 53 % undurchsichtige Körner. Bei den letzteren dominieren im Mittel Limonit mit 22 % und Leukoxen mit ebenfalls 22 % des gesamten Schwermineralienbestandes, während Magnetit mit 5 % und Pyrit mit 4 % eher zurücktreten.

Unter den durchsichtigen Mineralien tritt an erster Stelle Zirkon mit im Mittel 53 %, sodann Rutil mit 25 % und Turmalin mit 20 % auf. Erst in grossem Abstände folgen Granat mit 1 %, Titanit mit 1 %. Nur untergeordnet beteiligt sind Apatit, Andalusit, Hornblende, Staurolith, Brookit und Ceylonit.

Nach unserer früher aufgestellten Nomenklatur (v. Moos 1935) zeigt der Schwermineralienbestand somit als

Hauptgemengteile (über 10%) Zirkon, Leukoxen, Limonit, Rutil.
Nebengemengteile (2—10%) Magnetit (Pyrit).

Akzessorische Gemengteile (unter 2%) Granat, Titanit.

Betrachtet man die Variation im Schwermineralbestand, so hält es schwer, regionale Unterschiede festzustellen, die auf bestimmte Zufuhr- und Liefergebiete hinweisen. Grössere Differenzen zeigen sich im Turmalingehalt. Dieses Mineral tritt in Proben 1 und 2, sodann auch bei 3, 4, 12, 14, 22, d. h. mit Ausnahmen, in den südlicheren Gebieten zurück.

Der Granat fehlt in den Proben 1, 2, 8, 9, 14 und 20 und erreicht sein Maximum bei 18, 21, 22, was möglicherweise auf eine verstärkte Zufuhr aus NE hinweisen dürfte.

V. Textur und Struktur

Trotz der teilweise schlechten Bindung ist es bei einiger Vorsicht möglich, Dünnschliffe der Sandsteine herzustellen. Nachdem der Mineralbestand bereits besprochen wurde, sollen hier die diagenetischen Erscheinungen noch erwähnt werden.

Eine in vielen Schliffen zu beobachtende, schon erwähnte Erscheinung ist die, dass um gut gerundete, mit feinsten Einschlüssen versehene Quarzkörner, klare, gleich orientierte Anwachszone auftreten. Während zwischen den Quarzkörnern die von beiden Zentren ausgewachsenen Neubildungen sich im Schliff teils auf Geraden, d. h. kristallographischen Flächen, teils auf unregelmässigen Linien treffen, reicht der sich neu gebildete Quarz unbehindert in die Zwickel zwischen die Körner hinein. Deshalb werden dort spitzwinklige Umgrenzungen im Dünnschliff, d. h. räumlich gesehen, Pyramiden beobachtet, während an anderen Stellen die Poren vollständig mit den gleichorientierten Neubildungen ausgefüllt sind. Nur in ganz seltenen Fällen zeigen die Körner allseitige geradlinige, d. h. kristallographische Ausbildung.

Neben den Anwachsstellen und Neubildungen beobachtet man im Dünnschliff auch Auflösungs- und Ätzspuren in Form von Umrissen, die in die alten Stammkörner eingreifen.

Ausser den gleichorientierten Neubildungen ist sodann zwischen den Körnern auch ein feinkörniger, granulöser Quarzzement beobachtet worden. Ferner finden sich in vielen Zwickeln, teilweise in solchen mit geradlinig begrenzten Ansatzflächen, teilweise in solchen, die von gebogenen Anwachsflächen begrenzt sind, auch feinkörnige, bräunliche bis grünliche Trübungen unbekannter Zusammensetzung.

Da der Poren- oder Kontaktzement praktisch fehlt, liegt im Sinne der Hirschwald'schen Nomenklatur ein Sandstein mit direkter Kornbindung durch kristallographisch orientierten Quarz und zum Teil leeren Texturproben vor, bei dem die Kornbindungszahl im Mittel 6 (5—7) beträgt.

Der mürbe Zustand, d. h. die geringe Kohäsion der meisten Sandsteinproben (z. B. von Erschwil No. 23), geht auf die zahlreichen Texturporen und die geringe Kohäsion zwischen den neugebildeten Kristallflächen, sodann auf das Fehlen eines grösseren Poren- oder Kontaktelementes zurück.

Die mürben Sandsteinbrocken lassen sich ohne Schwierigkeit in einer Reibschale durch leichtes und sorgfältiges Pressen in Einzelbestandteile auflösen. An zwei Proben aus der Umgebung von Erschwil wurde durch Trennung im Siebapparat (System der A.-G. Eisen-

und Stahlwerke vorm. Georg Fischer, Schaffhausen) die prozentuale Kornverteilung bestimmt.

Tabelle 2: Kornverteilung von zwei Rhätproben

Ort	Schmalen	Niederkleinbergli
Max. Korn, Durchm. in mm	0,4	0,45
Fraktion über 0,2 mm	0,2 %	0,5 %
„ 0,2 — 0,1 mm	82,8 %	84,3 %
„ 0,1 — 0,06 mm	15,3 %	13,7 %
„ kl. 0,06 mm	1,7 %	1,5 %

Diese beiden Proben, die für die Mehrzahl der gesammelten und untersuchten Proben charakteristisch sind, weisen eine sehr gute Sortierung auf. Als Besonderheit tritt hervor, dass die Kornklassen zwischen dem Maximum und der kleinsten Korngrösse stärker vertreten sind als diejenigen zwischen dem Maximum und dem grössten Korn, die Kornverteilung ist somit leicht asymmetrisch. Da indessen die Mehrzahl der Körner Neuanwachsungen aufweist, gibt die ermittelte Kornverteilung nicht das wahre Bild der primären Körnung, sondern ist in der Richtung der grösseren Durchmesser verschoben.

Zum Vergleich seien die Grössenangaben der Rhätuntersuchung von ERNI angeführt. Darnach betrug die vorherrschende Korngrösse der Sandsteine bei Pratteln im Mittel 0,1—0,2 mm, im Passwanggebiete 0,2—0,3 mm, doch sollen auch bis Millimeter grosse Körner vorkommen, während das maximale Korn einen Durchmesser von 15 mm aufwies und wohl eher aus dem Magen eines Fisches oder dergleichen stammen dürfte.

Das Auftreten und die lithologischen Verhältnisse der Rhätsandsteine sprechen für eine Entstehung als ufernahe Meeressande. Die Art der Kornverteilung allein entscheidet indessen über die Genese noch nicht, da nach den klassischen Untersuchungen von UDDEN (worauf CORRENS neuerdings wieder hingewiesen hat) auch primär Strand-, Dünen-, Fluss- und Seesande ein Maximum im Bereich 0,2—0,1 mm aufweisen.

VI. Bezeichnung

Für die kieselsäurereichen, psammitischen Gesteine ohne wesentliche Fremdmineralien bestehen eine Anzahl verschiedener Zustandsformen, die im wesentlichen von den Bedingungen und Verhältnissen bei der Diagenese diktiert werden. Da die Nomenklatur dieser Gesteine nicht eindeutig gehandhabt wird, seien die uns eindeutig erscheinenden Bezeichnungen hier kurz angeführt.

Ausgangsmaterial für die verschiedenen kieselsäurereichen psammitischen Gesteine ist der lockere Quarzsand (sable silicieux nach CAYEUX) ohne Neubildung. — Bildet sich darin durch Neubildung ein Zement aus Quarz, Quarzin oder Opal, deren Orientierung von der der allothigen Bestandteile verschieden ist, wobei die Stammquarzkörner deutlich hervortreten und noch Texturporen dazu treten können, so liegt ein Quarzsandstein (grès à ciment de quartz etc.) vor. — Zeigt aber die aus Quarz bestehende Neubildung gleiche Orientierung wie die Stammkörner, lassen sich die einzelnen Körner gut erkennen und liegen Texturporen vor, so bezeichnet man sie als Kristallquarzsandsteine (grès quartzite cristallisé). — Treten die Texturporen, bei gutem Erkennen der Einzelkörner und Vorhandensein eines geschlossenen Zementes mit verschiedener Orientierung gegenüber den Stammquarzen, zurück, so spricht man von Quarzitsandsteinen (grès quartzite bis quartzite à ciment). — Bei gleicher Orientierung der Neubildungen, fast vollständigem Zurücktreten der Umrisslinien der Stammquarze und geringen bis fehlenden Texturporen liegen Quarzite (Quartzite) sedimentärer Entstehung vor.

Die nähere Bezeichnung innerhalb dieser Typen richtet sich nach der Ausbildung des Zementes und der Kornbindung. — Es sei hier anhangsweise die Beobachtung erwähnt, dass bei typischen Quarzsandsteinen und Quarziten Bruchflächen die Stammquarze queren, während bei den Quarzsandsteinen und den Kristallquarzsandsteinen diese den Korngrenzen folgen.

Das vorliegende Untersuchungsmaterial muss wegen der Häufung der Texturporen und dem Vorherrschen der kristallographisch begrenzten Quarzkörner als Kristallquarzsandstein bezeichnet werden.

VII. Paläogeographie, Herkunft und Genese.

ERNI nimmt an, dass im Osten der Rhät-Fundstellen im schweizerischen Juragebirge längs einer Linie, die von Adelshausen am Dinkelberg in Baden (Deutschland) bis nach Hägendorf bei Olten zieht, eine Küste vorlag. So keilen z. B. am Bölchen die Sandsteine innerhalb einer Entfernung von 100 m von W nach E von 5,5 m auf wenige Millimeter aus. ERNI steht mit dieser Ansicht im Gegensatz zu BUXTORF, der annimmt, das Fehlen des Rhät östlich dieser Linie sei auf eine frühliasische Erosion zurückzuführen. Die Funde von Hallau (Schaffhausen), wo eine Wirbeltierfauna von rhätischem Charakter in aufgearbeiteten Keupermergeln sich vorfindet und wo sandige

Komponenten fehlen, werden verschieden gedeutet. Auch an der klassischen Fundstelle von Schambelen bei Brugg folgen über den grünen Keupermergeln direkt die liasischen Insektenmergel, ohne dass Sande auftreten.

Die heutige westliche Grenze der Aufschlüsse ist keine lithologische, sondern ist durch zunehmende Bedeckung mit jüngeren jurassischen und kretazischen Sedimenten bedingt. Gegen Burgund und die Belforter-Pforte sollen nach FRANK die Sandsteine mehr und mehr durch Tone ersetzt werden.

Im Norden bestand nach RÜGER und JÜNGST eine linksrheinische Verbindung durch das Elsass mit dem Gebiet von Zabern und Lothringen (Metz), die sogenannte Kraichgau-Alsatische Strasse. Eine direkte Verbindung mit dem württembergischen Rhätbecken, wie das EHRAT in Anlehnung an BUXTORF angenommen hat, wird dagegen von RÜGER abgelehnt.

Gegen Süden sind Abgrenzung sowie Verbindungen sehr ungewiss. Nach GERBER, ARBENZ u. a. finden sich die nächsten Vorkommen von Rhät im Autochthon der Morcles, in der Doldenhorndecke des hinteren Kandertales, im Autochthon des Lauterbrunnentales, auf der Engstlenalp in der Axendecke und wahrscheinlich auch bei Glarus. Diese Rhätvorkommen sind indessen nur sporadisch nachweisbar und geben keine Anhaltspunkte für eine Verbindung mit dem austroalpinen Rhätmeer. Eine solche wäre indessen möglich gewesen durch das Rhonebecken, denn man findet im Juragebirge vereinzelt Vorkommen von *Cardita austriaca*.

Für das Rhät des Kraichgau hat RÜGER 1922 den kristallinen Odenwald und Schwarzwald als Sandlieferanten angenommen. Für das württembergische Rhätgebiet postulierten EHRAT und KRÜGER eine Belieferung aus dem vindelizischen Rücken, der als Ausläufer vom böhmisch-bayrischen Massiv bis in die Gegend des heutigen Albrandes vortragte und in der Liaszeit wieder bedeckt wurde.

Für unser nordschweizerisches Rhätgebiet hält auch ERNI dieses vindelizische Festland als Materiallieferanten, welcher Meinung wir uns anschliessen. Der aufgefundene Mineralbestand mit Quarz, wenig Feldspäten, Muskowit und Zirkon, Turmalin, Rutil deutet auf ein saures Muttergestein hin, d. h. auf Granite, Gneise, Quarzite oder Quarzsandsteine. Auffallend am Mineralbestand ist das starke Zurücktreten der Feldspäte. Wenn auch die einzelnen beobachteten Exemplare verhältnismässig frisch sind, so deutet die Quarzanreicherung und das Dominieren der stabilsten Schwermineralien auf einen Anreicherungsprozess, der auf mehrmalige Umlagerung bei gleich-

zeitiger chemischer Auslese beruht. Auffallend ist besonders auch der Unterschied im Feldspatgehalt im Vergleich zu den übrigen triadischen Sandsteinen, die alle einen beträchtlichen Feldspatgehalt aufweisen. Die Bedingungen, unter denen diese Anreicherungsprozesse stattgefunden haben, sind noch unabgeklärt. Vielleicht handelt es sich um kontinentale Verwitterungsprodukte unter trockenen, heissen kontinentalen Bedingungen, im Gegensatz etwa zur Bohnerzformation unter tropisch feuchten Bedingungen.

Im Anschluss an die Ablagerungsprozesse setzten sodann die Vorgänge ein, die zu dem heutigen Kristallquarzsandstein führten, über dessen Entstehung CAYEUX 1929 schreibt (S. 134): „Pour le moment, il est impossible de dire si la répartition du quartz secondaire obéit à une loi et quelle est cette lois.“

Die vorliegenden Untersuchungen scheinen indessen auf einige Bedingungen hinzuweisen, unter denen solche Kristallsandsteine entstehen können. Eine erste Voraussetzung ist das Dominieren von Quarz bei starkem Zurücktreten anderer Mineralkomponenten im primären Sand. Eine zweite Bedingung scheint sodann das Vorherrschen einer Korngrösse zu sein. Diese gute Aufbereitung bedingt ein grosses Porenvolumen, das von der flüssigen Phase eingenommen werden kann.

Aus der Beobachtung, dass neben Neuausscheidungen von Quarz auch Auflösungsformen beobachtet werden, lässt sich schliessen, dass die neu ausgeschiedene Kieselsäure zum Teil aus dem Sande selbst stammt und somit nicht aus grösserer Entfernung hergeleitet werden muss, wie das auch schon angenommen wurde. Daneben zeigt die Beobachtung, dass häufig Teile von Quarzkörnern mit kleinem Rundungsradius in solche mit grösserem Rundungsradius eingedrungen sind, dass der Belastungsdruck, dem der Sand mit zunehmender Überlagerung ausgesetzt war, die Löslichkeit an den Berührungsstellen zweier Körner erhöht hat. Da bei der sehr guten Aufbereitung des Sandes die mehr oder weniger gleich grossen Körner sich nur an wenigen Stellen direkt berühren und den Belastungsdruck übertragen müssen, war der Auflösungsprozess nach dem Riecke-Beck'schen Prinzip an diesen wenigen Stellen konzentriert und führte zu Lösungserscheinungen lokaler Art. Wir haben damit einen Vorgang, der eine Verdichtung des Sandsteines herbeiführte und somit von den eigentlichen diagenetischen Prozessen zu den metamorphen überführt.

Als Hypothese mag noch eine weitere Erklärung für ein besonders zur Löslichkeit neigendes Milieu angeführt werden. Nach Unter-

suchungen von CORRENS ist die Löslichkeit von amorpher Kieselsäure umso grösser, je alkalischer die Lösung ist. Sie erreichte beispielsweise unter den von CORRENS angewandten Versuchsbedingungen bei einem pH von über 11 über 400 mg/L nach 8 Monaten.

Nun kommen aber die in der Natur beobachteten Werte nicht an die laboratoriumsmässig erzeugten heran. So beträgt nach WATTENBERG (1938) im biologisch wenig beeinflussten Meerwasser der Kieselsäuregehalt 2 mg/L, nach MOORE und MAYNARD im Flusswasser der U. S. A. 2,8–9,8 mg/L. Relativ grosse Kieselsäuremengen (6–6,4 mg/L) enthalten, um noch ein schweizerisches Beispiel anzuführen, die Quellen der Wasserversorgung von Mendrisio im Kanton Tessin, die aus den geklüfteten Kieselkalken der Liasformation stammen. Es ist indessen zu erwarten, dass unter besonderen Bedingungen, wie z. B. in ariden Gebieten, die Verwitterungslösungen höhere Konzentrationen aufweisen, was vielleicht auch für das Poren- und Kapillarwasser Geltung haben kann (siehe CORRENS). Nach freundlichen Mitteilungen von A. ERNI nimmt er an Hand der eigentümlichen Fauna an, dass die Rhätbildungen des schweizerischen Juragebirges nicht in einem Meere normaler Zusammensetzung, sondern anderer chemischer Zusammensetzung abgelagert wurde.

Es ist nun auffallend, dass die Rhätsandsteine charakterisiert sind durch zum Teil ausgedehnte „Bonebed“-Massen. In vielen der untersuchten Proben wurden die Knochenfragmente und Zähne mit den Schwermineralien bei der Bromoformtrennung konzentriert. Diese Knochen und Zähne, die zumeist von Tieren stammten, die im Meere selbst lebten (z. B. Haie), oder in den Flüssen (z. B. *Ceratodus*), die ins Rhätmeer mündeten und nur untergeordnet von auf dem Lande lebenden Säugern, müssen bei ihrer Einschwemmung in das Meer von Weichteilen umgeben gewesen sein. Bei der nachfolgenden Bedeckung durch abschliessende tonige Sedimente gingen diese organischen Stoffe unter Sauerstoffabschluss in Fäulnis über. Dabei konnten sich unter Ammoniakbildung starke alkalische Lösungen bilden, die namentlich an den Druckstellen der Sandkörner zur Bildung echter Kieselsäure führten. Nach Reduktion aller organischen Stoffe bildete sich durch Lösungsänderung, Veränderung der pH-Werte, Verdunstung (Trockengebiete), vielleicht auch gleichzeitig und neben den Lösungsstellen aus der echt gelösten Kieselsäure zunächst unter Komplexbildung ein Sol. Durch Konzentrierung der Lösung oder durch Elektrolyte (z. B. Ca²⁺ aus anwesendem Kalk) können sich diese Sole zu Gelen oder direkt in kristallinen Quarz umwandeln.

VIII. Vergleich mit ähnlichen Gesteinen

Das Charakteristikum der Rhätsandsteine im Juragebirge, die Neuanwachsungen unter Bildung von Kristallflächen, ist auch aus anderen Gebieten und Formationen beschrieben worden.

Eine ältere Zusammenstellung dieser Erscheinungen findet sich bei KLEMM. Er nennt als typische Fundstellen: Sandsteine von Marienschloss in der Wetterau; Tertiärsandsteine von Münzenberg, Grindel bei Botzbach im Mainzerbecken; Quarzsandsteine aus Oberdorf, Jonsdorf, Topfer bei Zittau; untere Quadersandsteine von Welschhufe bei Dresden; Keupersandsteine von Weiler und Kirnwertheim in Baden (dort auch authigener Feldspat); rotliegender Sandstein bei Mansfeld, Werdau bei Zwickau; silurischer Quarzit von Colmberg bei Oschatz usw.

CAYEUX beschreibt sie sodann aus dem Tertiär des Pariserbeckens, z. B. von Beauchamps (Seine et Oise) und von Fontainebleau.

MILNER zeigt diese Erscheinungen an einem permischen Sandstein von Penrith in Cumberland (nach A. HARKER, *Petrology for Students*).

In der Schweiz sind Neubildungen von Quarzkörnern, abgesehen vom Rhät, nur in Kalksandsteinen gefunden worden. Wohl als erster beschreibt sie KAUFMANN vom Hochgebirgskalk, Tithonkalk, Berriaskalk, Schrattenkalk, Wangkalk im Gebiete von Obwalden. — Neben ARNOLD HEIM hat sich SCHOO in seiner interessanten, wenig bekannten Dissertation mit diesen Fragen beschäftigt. Er fand in den Brisischichten der mittleren Kreide Quarzkristalle, die sich um Stammquarze gebildet hatten, zum Teil auch schwebende Quarzkristalle mit allseitiger kristallographischer Umgrenzung, und zwar vor allem im Seewerkalk. Er denkt an Zufuhr von gelöster Kieselsäure im zirkulierenden Wasser. Daneben beschreibt er auch Auflösungs- und Eindrückungserscheinungen, undulöse Auslöschungen, und führt diese Vorgänge auf Pressungen zurück.

Ähnliche Beobachtungen über Auflösung und Neubildung von Quarz bei quarzreichen Sandsteinen der mittleren Kreide der helvetischen Kalkvoralpen macht DE QUERVAIN. Die Umwachsungszonen verschiedener Körner grenzen bei diesen Gesteinen meist mit glatter Kontaktfläche aneinander und ergeben eine völlig lückenlose Quarzbindung, was als eine Folge der stärkeren tektonischen Beanspruchung zu deuten ist.

Im autochthonen Sedimentmantel und in der Griesstockdecke im Schächental (Kt. Uri) fand BRÜCKNER im Quintnerkalk, in den Zementstein und dem Oehrlkalk, im oberen Kieselkalk, in den

Echinodermenbreccien, in den Drusbergschichten, im unteren Schratenkalk, in den unteren Orbilolinenschichten, in den Turrilitenschichten und im Seewerkalk neugebildeten Quarz, häufig neben neugebildetem Feldspat.

Neubildungen von Quarz um eingeschwemmte Stammquarzkörner habe ich im vollständig entkalkten Sandanteil eines Seeschlammes direkt unter Torf im Gebiet des Willerzellerviaduktes bei Einsiedeln beobachtet.

Was nun den übrigen Mineralbestand anbetrifft, so gehören die Rhätsandsteine, wie nachfolgende Tabelle zeigt, zu den quarzreichsten sandigen, kalkfreien Ablagerungen im schweizerischen Juragebirge und Mittelland.

Tabelle 3: Mineralbestand einiger Sande der Nordschweiz

Formation	Lokalität	Quarz %	Feldspäte %	Übrige Mineralien
Eocän	Court, Kt. Bern	99	—	1
Rhät	Erschwil, Kt. Solothurn	90	6	4
Jungpliocän	Sonceboz, Kt. Bern	86	7	7
Alluvium Gehänge-Lehm	Buchberg, Kt. Schaffh.	75	17	8
Buntsandstein	Mumpf	56	25	19
Chattien Tertiär	Brislach, Kt. Solothurn	42	31	27
Chattien Tertiär	Laufen, Kt. Bern	31	35	34
Pontien Tertiär	Frégiecourt, Kt. Bern	30	45	25

Demnach werden die Rhätsandsteine sowohl in ihrem Quarzgehalt, wie in ihrem relativ geringen Feldspatgehalt nur noch von den Quarzsanden der Bohnerzformation (Eocän) übertroffen. Trotz ihrem hohen Kieselsäuregehalt eignen sich die Rhätsandsteine nicht für die Weissglasfabrikation, da ihr Eisengehalt nach den zahlreichen ausgeführten Werkanalysen (z. B. KÜNDIG-DE QUERVAIN S. 157 0,14 % Fe_2O_3) zu hoch ist.

In ihrem Schwermineraliengehalt zeigen die Rhätsandsteine Ähnlichkeit mit dem Buntsandstein aus der Rotsandgrube von Mumpf, der Apatit, Zirkon, Turmalin, Erz als Hauptgemengteile, Rutil, Anatas als Nebengemengteile aufweist. Auch der triadische Stubensandstein der Keuperformation bei Beggingen, Kanton Schaffhausen, zeigt Zirkon, Erz, Turmalin, Granat als Hauptgemengteile. Abgesehen vom hohen Gehalt an zum Teil verwitterten Feldspäten und dem hohen Gehalt an Eisenverbindungen unterscheiden sich die Rhätsandsteine vom Buntsandstein und dem Stubensandstein durch das Zurücktreten des Apatites und vom Stubensandstein durch das Zurücktreten von Granat.

Die Quarzsande der Eocänformation des Juragebirges haben wohl die gleichen Hauptgemengteile Zirkon, Rutil, Turmalin wie die Rhätsandsteine, dafür als Nebengemengteile aber Staurolith, Disthen, Andalusit, d. h. typische Mineralien metamorpher Gesteine (VON MOOS 1936). Die mittel- und jungtertiären Ablagerungen endlich sind durch Epidot und Granat als Hauptgemengteile, Zirkon, Turmalin, Staurolith, Hornblende, Rutil als Nebengemengteile ausgezeichnet (VON MOOS 1935).

IX. Zusammenfassung

Es werden 23 Proben der Sandsteine der Rhätformation im schweizerischen Juragebirge petrographisch untersucht. Unter den spezifisch leichten Mineralien dominiert der Quarz (91—99 %), daneben finden sich Quarzit, Feldspäte (0—9 %), Muskowit. Unter den spezifisch schweren Mineralien wurden Zirkon, Leukoxen, Limonit, Rutil als Hauptgemengteile, Magnetit, Pyrit als Nebengemengteile, Granat und Titanit als Akzessorien festgestellt. Viele der Quarzkörner zeigen Anwachszone, die zum Teil zur Ausbildung von kristallographischen Flächen geführt haben; seltener finden sich Auflösungserscheinungen. Das Gestein wird nach Diskussion der Nomenklatur als Kristallquarzsandstein bezeichnet. Im Hirschwald'schen Sinne liegt ein Sandstein mit direkter Kornbindung durch kristallographisch orientierten Quarz und teilweise leeren Texturporen bei einer mittleren Kornbindung = 6 vor. Der leicht zerfallende Sandstein zeigt eine sehr gute Sortierung mit z. B. über 80 % Kornanteilen der Fraktion 0,2—0,1 mm. Es wird vermutet, dass das Material von sauren Gesteinen stammt, die unter heissen, trockenen, kontinentalen Bedingungen verwittert sind und anschliessend in das Meer gespült wurden. Nach Überdeckung mit tonigen Gemengteilen trat lokal Auflösung und an anderen Stellen Wiederabsatz der Kieselsäure auf. Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass die eingeschwemmten organischen Massen, die mit den „bone beds“ in Zusammenhang standen, zu stark alkalischen Lösungen führten und damit die verstärkte Lösung von Kieselsäure bewirkten. Im Anschluss werden andere Neubildungen von Quarz angeführt und gezeigt, dass die Rhätsandsteine zu den quarzreichsten Sanden resp. lockeren Sandsteinen der Schweiz gehören.

X. Literatur

ARBENZ P.: „Die helvetische Region“, in Geologischer Führer der Schweiz, Fasc. II, S. 99, Wepf & Co., Basel 1934.

- BERG G. und GEISSER: Petrographische und chemische Untersuchung schwäbischer Rhätsandsteine. Jahreshefte d. Ver. f. vaterländ. Naturkunde in Württemberg, Bd. 80, S. 20—25, 1924.
- BUXTORF A.: Einige Bemerkungen über das Rhät im schweizerischen Jura-gebirge und den Gebirgsbau der Vorburgkette. *Eclogae geol. Helv.*, vol. 11, S. 358—365, 1910.
- CAYEUX L.: *Les roches sédimentaires de France. Roches siliceux* 1929.
- CORRENS C. W.: Die chemische Verwitterung der Silikate. *Naturwissenschaften* 28, 1940.
- Über die Löslichkeit der Kieselsäure in schwach sauren und alkalischen Lösungen. *Chemie d. Erde* 13, 1940.
- DEECKE W.: Die Herkunft der west- und südwestdeutschen Sedimente. *Sitzungsber. d. Heidelberger Ak. d. wiss. Math.-Naturwiss. Abt., Klasse Abt. A*, 1922.
- DIENEMANN W. und BURRE O.: Die nutzbaren Gesteine Deutschlands. I. Bd., S. 311, 1928.
- EHRAT H.: Die Rhätformation und Rhät-Liasgrenze im Schwarzwald. *Diss.*, Tübingen 1920.
- VON ENGELHARDT W.: Untersuchungen an den Schweremineralien des nordwestdeutschen Rhät. *Öl und Kohle*. 238. Jahrg., S. 259—264, 1942.
- ERNI A.: Das Rhät im schweizerischen Jura, *Eclogae geol. Helv.*, vol. 11, S. 1—54, 1910.
- Zur Rhätfrage im schweizerischen Jura-gebirge. *Centralbl. f. Min., Abt. B*, S. 241—253, 1926.
- GRUBENMANN U. u. NIGGLI P.: *Die Gesteinsmetamorphose*. Berlin 1924.
- HIRSCHWALD J.: *Handbuch der bautechnischen Gesteinsprüfung*. Berlin 1912.
- JÜNGST H.: Zur vergleichenden Stratigraphie des Rhät zwischen Harz und Elsass. *Notizbl. d. V. f. Erdkunde und d. hess. Geol. Landesanst.*, H. 11, S. 130—193, 1928.
- KALKOWSKY E.: Die Verkieselung der Gesteine in der nördlichen Kalahari. *Sitzungsber. und Abhandl. Ges. Isis, Dresden* 1902.
- KAUFMANN J. F.: Emmen- und Schlierengegend nebst Umgebungen bis zur Brünigstrasse und Linie Lungern-Grafenort. *Beitr. Geol. Karte d. Schweiz*, 24. Lief., S. 382, 1886.
- KLEMM G.: *Mikroskopische Untersuchung über psammitische Gesteine*. *Diss.*, Leipzig 1883.
- KÜNDIG E. und DE QUERVAIN F.: *Fundstellen mineralischer Rohstoffe in der Schweiz*. Kümmerly & Frey, Bern 1941.
- VON MOOS A.: *Sedimentpetrographische Untersuchungen an Molassesandsteinen*. *Min. Petr. Mitt.*, Bd. 15, S. 169, 1935.
- Zur Petrographie der Quarzsande und mageren Huppererde der Bohn-*erzformation im schweizerischen Jura-gebirge*. *Min. Petr. Mitt.*, Bd. 16, S. 318, 1936.
- Zur Geologie und Petrographie schweizerischer Formsande. *Manuskript. Vortrag Geol. Ges. in Zürich* 19. Jan. 1942.
- Über Vorkommen und Abbau von Giessereiformstoffen in der Schweiz. *Eclogae geol. Helv.*, vol. 34, S. 230—240, 1941.

- DE QUERVAIN F.: Sandsteine und Echinodermenbreccien der Garagasienseite der mittleren Kreide der helvetischen Kalkvorpalpen. Schweiz. Min. Petr. Mitt., Bd. 11, S. 183—226, 1931.
- PEYER B.: Beiträge zur Kenntnis von Rhät und Lias. Eclogae geol. Helv., vol. 36, 1943.
- RÜGER L.: Versuch einer Paläographie der süddeutschen Länder an der Trias-Jurawende. Verhandl. d. naturhist. mediz. Ver. zu Heidelberg. 15, 1924.
- RUTSCH R. und VON MOOS A.: Ein Quarzsandvorkommen auf der Montagne du Droit bei Sonceboz (Berner Jura). Eclogae geol. Helv., vol. 35, S. 144—149, 1942.
- SCHOO J.: Zur Diagenese der alpinen Kreide. Diss Zürich 1922.
- STORZ V.: Über die Einteilung authigene Kieselsäure führender Gesteine. Centralbl. f. Min., Abt. B, S. 369—371, 1925.
- THÜRACH H.: Über das Vorkommen mikroskopischer Zirkone und Titanminerale. Verh. physik.-med. Ges. Würzburg 1884.

Eingegangen: 13. Dezember 1943.