

Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck	Bd. 1	7	S 1 - 12	Innsbruck, November 1971
--------------------------------	-------	---	----------	--------------------------

11

Zur Genese rauhwackiger Breccien der alpinen Trias an Beispielen aus der Schweiz und Österreich 1)

von E. Krauter ²⁾
mit 5 Abbildungen

S U M M A R Y

The rauhwacke-like breccias of the Alpine Triassic are cellularcavernous within the weathering zone and are mostly found in a series of limestones, sandy limestones, marly limestones, dolomites and conglomerates. They originate predominantly by sedimentation, resedimentation and during diagenesis. Locally they are strongly deformed by tectonic movements. During tectonical compression they partly react as plastic-flowing material and therefore frequently form the lubricating layer of overthrusts. By this procedure scraps of rocks of under- and overlying beds were impressed or/and competent layers smashed within the "Rauhwacken-Serie". The cavernous habitus is primarily caused by mechanical "outweathering" of certain dolomite-fragments.

1) Vortrag, gehalten anlässlich der Winter-Kolloquien der DGG 68/69 am 27.2.1969 in Wiesbaden

2) Anschrift des Verfassers: Landesgeologe Dr. Edmund Krauter, Geologisches Landesamt Rheinland-Pfalz, D-65 Mainz, Flachsmarktstrasse 9



Der Anlass, die bisherigen Untersuchungsergebnisse in kurzer Form aufzuzeichnen und mit der Auffassung anderer Autoren zu vergleichen, war die Arbeit von LEINE (1968), in der die rauhwackigen Breccien als Tektonite gedeutet werden, und die Tatsache, dass die Untersuchungen in absehbarer Zeit nicht weitergeführt werden.

Der Ausdruck Rauhwacke wird nach LEINE (1968 : 15) erstmals vermutlich bei ADELUNG (1777) im "Vermerk eines vollständigen grammatischen-kritischen Wörterbuches der Hochdeutschen Mundart" erwähnt. Allgemein versteht man darunter Breccien mit zellig löchrigem Aussehen. Dieser Gesteinstyp wird in der vorliegenden Arbeit als rauhwackige Breccie bezeichnet. Die sogenannten Gipsrauhwacken, über die u.a. BRÜCKNER (1941) berichtete, sind hier nicht berücksichtigt.

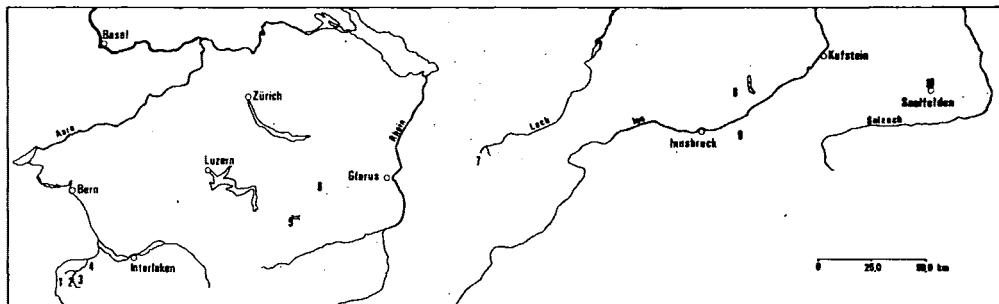


Abb. 1. Untersuchungsgebiete : 1 = Simmental, 2-4 = Diemtigtal,
 5 = Klausenpass, 6 = westl. Schwändi (Helvetikum);
 7 = Arlberg, 8 = Östliches Karwendel (Oberostalpin);
 9 = Tarntaler Berge (Unterostalpin); 10 = nördl.
 Saalfelden (Oberostalpin)

Die untersuchten Breccienvorkommen sind stratigraphisch verschieden alt und gehören zu diversen Baueinheiten der Alpen (Abb. 1).

Trotzdem haben sie nicht nur sehr ähnliche Strukturen und Lagerungsverhältnisse, sondern auch, was Bindemittel und Dolomitkomponenten anbetrifft, eine ähnliche chemische Zusammensetzung (Abb. 2).

Nr. und Entnahmest.	SiO ₂	Si	Al ₂ O ₃	Al	CaO	Ca	MgO	Mg	SO ₄	Glühverl. (1000°)	Fe	Ca:Mg
Simmental Bern 23/63/1	1,00	0,47	0,05	0,03	29,9	21,4	21,9	13,2	0,15	44,8		1,62
Simmental Bern 23/63/2	39,40	18,40	3,34	1,77	24,1	17,2	7,0	4,2		24,0		4,10
Simmental Bern 23/63/3	4,56	2,23	1,90	1,01	38,3	27,4	15,8	9,5	0,72	37,0		2,88
Simmental Bern 24/63	7,36	3,44	0,27	0,14	28,7	20,5	20,0	12,1	0,07	41,3		1,69
Diemtigtal Bern 17/63/1	0,72	0,34	0,15	0,08	31,5	22,5	22,1	13,3	0,28	43,3		1,69
Diemtigtal Bern 17/63/2	0,60	0,28	0,26	0,14	33,1	23,6	20,5	12,4	0,15	43,2		1,90
Diemtigtal Bern 19/63	2,46	1,15	0,36	0,19	29,0	20,7	21,9	13,2	0,12	43,8		1,57
Klausenpass Uri 41/63	3,20	1,50	1,35	0,73	30,3	21,6	19,7	11,9	0,22	43,3		1,81
Terrataler Berge Tirol 110/63	0,46	0,22	0,05	0,03	30,3	21,6	21,2	12,2	0,14	45,7		1,77
Östl. Karwendel Tirol 50/1	1,04	0,49	0,42	0,22	29,6	21,2	20,8	12,6	0,53	45,5		1,68
Östl. Karwendel Tirol 35	1,40	0,65	0,57	0,30	33,2	23,7	16,8	10,1	0,15	45,4		2,35
Östl. Karwendel Tirol 59	1,34	0,63	0,15	0,08	30,1	21,5	21,4	12,9	0,12	45,9		1,67
Östl. Karwendel Tirol 84/1	1,56	0,73	0,32	0,17	30,1	21,5	20,7	12,5	0,08	44,9		1,72
Östl. Karwendel Tirol 84/2	2,54	1,19	0,35	0,19	31,4	22,4	19,8	11,9	0,13	44,2		1,88
Saalfelden Salzburg 88/63/1	8,36	3,91	1,90	1,01	35,5	25,4	13,9	8,4	0,35	38,0		3,03
Saalfelden Salzburg 88/63/2	11,62	5,43	3,35	1,77	27,0	19,3	19,5	11,8	0,09	36,7		1,64

Angabe in Gewichts-%

Abb. 2. Ergebnisse röntgenographischer Untersuchung von Dolomitenkomponenten. Der z. T. verhältnismässig hohe Ca- u. SiO₂ - Gehalt stammt aus mit Kalkspat bzw. Quarz ausgeheilten Haarrissen in den Komponenten. 3)

Die rauhwackigen Breccien lassen sich in monomikte (Komponenten eines Gesteinstyps) und polymikte (Komponenten mehrerer Gesteinstypen), letztere wieder in zementarme (Matrix 10 %) und zementreiche, einteilen. Eine weitere Unterteilung (BRUNNSCHWEILER, 1947), in Fetzen-, Netz-, Gips-, Bänder-, Bröckelrauhwacke usw. kann lokal angebracht sein. Sie lässt sich jedoch wegen der Übergänge zwischen den einzelnen Breccientypen nicht allgemein durchführen.

Die rauhwackigen Breccien, wie sie z. B. in den Reichenhaller (Anis) und Raibler Schichten (Karn) der bayrisch-tirolischen Fazies vorkommen, sind besonders gut in Gräben und Runsen aufgeschlossen. An ihrer gelbbraunen, seltener grauen Farbe und vor allem an ihrem im angewitterten Zustand kavernösen Aussehen sind sie leicht zu erkennen. Sie treten in Wechsellagerung mit zentimeter- bis meternächtigen Kalken, Sandkalken, Dolomiten, Mergelkalken und Konglomeraten auf. Für diese gesamte Abfolge findet sich in der Literatur meist die Bezeichnung Rauhwacken-Komplex oder -Serie bzw. kurz - weniger treffend - Rauhwacken.

Die Breccien-Komponenten sind Millimeter bis Zentimeter, seltener Meter und Zehnermeter gross. Ihre Form ist scharfeckig bis gerundet. Zum Teil sind korrespondierende (SANDER, 1936) Trümmergrenzen zu beobachten.

3) Herrn Dr. chem. K. BUDDE, Rüsselsheim, danke ich herzlich für die Durchführung der Analysen.

Die monomikten rauhwackigen Breccien haben als Komponenten graue, groblutitische bis arenitische Dolomite, oft mit feinen Äderchen aus Kalkspat, seltener aus Quarz, durchzogen.

Die polymikten Breccien besitzen als häufigste Komponenten neben den oben erwähnten Dolomiten noch Kalke, Schiefertone, Sandsteine und Kalkmergel, die aus diesem Gesteinskörper bzw. aus dem Material hangender oder älterer bzw. jüngerer (bei Auf- oder Überschiebungen) liegender Schichten stammen.

Die Matrix setzt sich überwiegend aus mikritischem und arenetischem Kalzitmaterial zusammen. Bei zementreichen Breccien besteht sie manchmal aus einem mergeligen Sandkalk. Die Farbe ist meist gelb mit grauen oder braunen Abstufungen. (In den sogen. Zellendolomiten, die zum monomikten Breccientyp gehören, sind die einzelnen Komponenten meist nur durch millimeterdünne Kalzitäderchen voneinander getrennt.) Die grösseren Kalzitkörner weisen häufig (z. T. verbogene) Zwillingslamellen auf. An manchen Stellen ist das kalzitische Bindemittel rekristallisiert. Die Quarze im Bindemittel sind teilweise zerbrochen und löschen undlös aus; ab und zu besitzen sie Karboneinschlüsse. Umwandlungen von Kalzit nach Quarz oder nach Dolomit sind häufig.

Feldspäte, z. T. idiomorph, Hellglimmer und kleine Dolomitrhomboeder kommen vereinzelt vor. Der Gehalt an Schwermineralien variiert in den einzelnen Untersuchungsgebieten. Meist ist fein verteiltes Eisenhydroxid vorhanden. Schichtung, vor allem gradierte bzw. laminierte, ist nur vereinzelt zu finden. Selten sind Fliesenstrukturen zu beobachten; das gleiche gilt für Fossilien in Zement. Matrix und Komponenten sind öfter von mit Kalzit, aber auch mit Dolomit oder Quarz ausgeheilten Klüftchen durchzogen.

Hier und da sind die rauhwackigen Gesteine von Gips begleitet. "Dieser erscheint aber meistens in selbständigen grösseren Komplexen und deutlich getrennt von den Rauhwacken" (JÄCKLI, 1941 : 52). In den untersuchten rauhwackigen Breccien selbst war, auch in frischen Proben, kein Gips bzw. Anhydrit festzustellen.

Bei einer Wechsellagerung von Kalken, Dolomiten, Sandkalken, Mergelkalken und Konglomeraten im Zentimeter- bis Dezimeterbereich gehen die Schichten im Streichen örtlich in monomikte oder polymikte rauhwackige Breccien über. Die Komponenten setzen sich dann aus den bei der Wechsellagerung beteiligten Gesteinen zusammen.

Solche polymikten Breccien können im frühdiagenetischen Stadium durch den von Sedimentmassen ausgeübten Überlagerungsdruck entstehen, wobei es bei Wechsellagerung von verschiedenem Material mit unterschiedlichem Festigkeitsverhalten zu Zerbrechungen kommen kann. Durch submarine Gleitungen oder Meereströmungen ist ebenfalls die Bildung solcher Breccien denkbar, also resedimentär oder syndiagenetisch, wie JERZ (1968) annahm. Auf die gleiche Art und Weise können auch monomikte Breccien entstehen, wenn eine Wechselfolge von nur zwei Gesteinstypen, z. B. Sandkalke und Dolomite, vorliegt, wobei die Sandkalke die Matrix und die Dolomite die Komponenten bilden.

Eine typische Gesteinsfolge mit rauhwackigen Breccien ist westlich Schwändi (Kanton Glarus) in der Schüssigruns und Guppenruns aufgeschlossen (Abb. 3) (SCHINDLER, 1959).

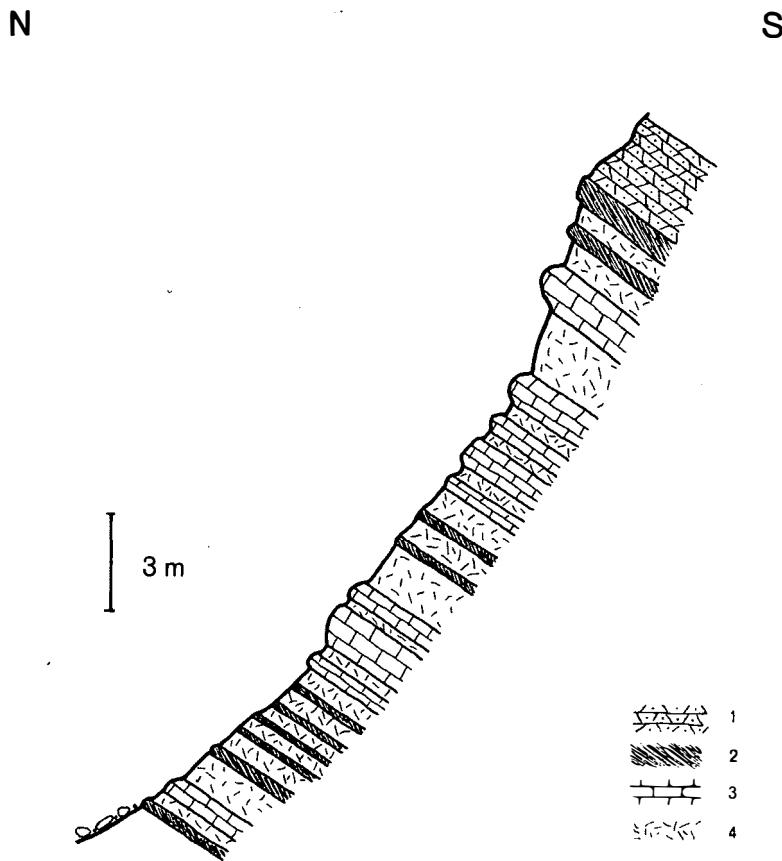


Abb. 3. 1 = hellgraue und gelbbraune brecciöse Dolomite,
 2 = mausgraue "mehlig absandende" und hellgraue dichte Dolomite,
 3 = ockerfarbene mergelige, \pm sandige und graue Kalke,
 4 = gelblichbraune polymikte rauhwackige Breccien

Für die Entstehung solcher Gesteinsserien sind bestimmte Bedingungen im Ablagerungsraum die Voraussetzung: Möglichkeit eines raschen Sedimentationswechsels (terrige Einflüsse), lebensfeindliches Milieu, primäre Dolomitausscheidung und Sulfatbildung. Diese Bedingungen findet man am ehesten in lagunenähnlichen Ablagerungsräumen, die teilweise bzw. zeitweise Verbindung zu einem im Rückzug begriffenen Meer hatten.

Ähnliche Bildungsbedingungen nehmen beispielsweise auch JÄCKLI (1941) und BRUNNSCHWEILER (1948) an. Erwähnenswert im Hinblick auf die Genese der Breccien ist die stellenweise ähnliche Struktur junger Schuttbildungen, wie die der interglazial entstandenen "Höttinger-Breccie" oder die mesozoischer und tertiärer Ablagerungen, die Olistostrome in den Nordapenninen.

Für eine tektonische Entstehung gewisser rauhwackiger Breccien und eine kräftige tektonische Überprägung der in dieser Gesteinsserie vorkommenden sedimentären Breccien trat der Verfasser (1963, 1968) ein.

Als Beweis dafür dienten u.a. eingepresste Gesteinsbrückstücke aus den liegenden und hangenden Schichten sowie zertrümmerte Kalk- und Dolomitbänke zwischen rauhwackigen Breccien (Abb. 5).

LEINE (1968) fasst alle triadischen "Rauhwackes" als tektonische Bildungen auf. Er führt dafür als Hauptargument an, dass diese Gesteinsserie mit Ausnahme einzelner Komponenten keine Merkmale einer (S. 56) "synkinematic regional metamorphism of Alpine age, which has affected all adjoining rocks" aufweist, was auch in anderen Gebieten beobachtet werden konnte. So erwähnt JÄCKLI (1941 : 15) ebenfalls das Fehlen von Anzeichen einer Dislokationsmetamorphose in den rauhwackigen Breccien im nördlichen Westschams (Kanton Graubünden). Im oberostalpinen Bereich scheidet allerdings dieses Argument aus, da auch die benachbarten Gesteine nichtmetamorph sind. Ein weiterer Beweis für eine tektonische Entstehung ist nach LEINE das Vorkommen von verschieden orientierten schiefrigen Gesteinsfragmenten in den rauhwackigen Breccien. Er schreibt dazu : "Thus no other conclusion is possible than brecciation took place after the synkinematic metamorphism, thus ruling out all possibility of a sedimentary origin".

Bevor zu diesen Äusserungen LEINE's Stellung genommen wird, sollen an Hand der folgenden Profilskizze die geologischen Verhältnisse am Klausenpass (Kanton Uri) im Bereich der Passhöhe betrachtet werden.

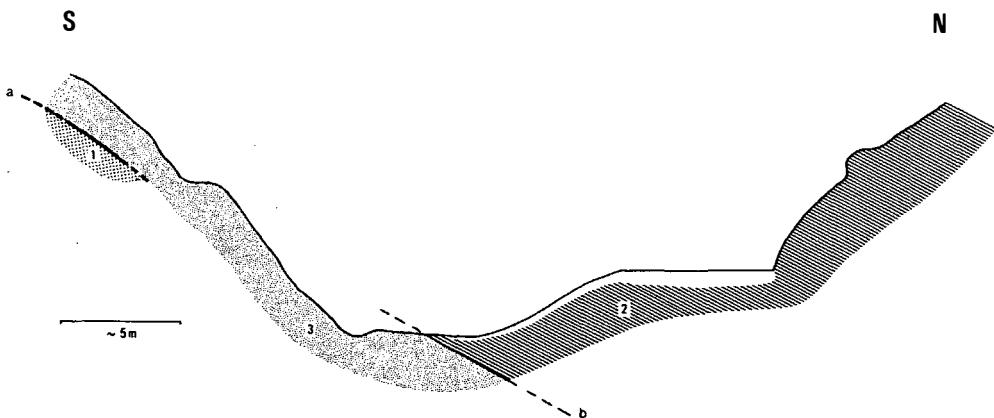


Abb. 4. 1 = Lochseitenkalk, 2 = Quartenschiefer,
 3 = Rauhwacken-Serie
 a = Deckengrenze, b = schichtparallele Bewegungsbahn

Obertriadische Schichten der Axendecke liegen auf jurassischem Lochseitenkalk, einem tektonisch völlig durchbewegten dunkelgrauen, auch schwarzen Kalk, der zum Mittelschenkel der Glarner Falte gehört und hier als Schubfetzen vorliegt. Die Basis der Trias-Serie besteht aus einer 2-3 m mächtigen Kalkbank; darüber folgt eine mehrere Meter mächtige Gesteinsserie, die sich aus einer Wechsellagerung von rauhwackigen Breccien, brecciösen Dolomiten, brecciösen Kalken, Mergelkalken und Konglomeraten zusammensetzt. Überlagert werden diese Schichten von den sogenannten Quartenschiefern: überwiegend weinrote Schieferfone.

Die charakteristische Gesteinsfarbe und -beschaffenheit einzelner Komponenten der rauhwackigen Breccien gestaltet schon im Gelände eine eindeutige Bestimmung ihrer Altersstellung.

Im Grenzbereich rauhwackiger Breccien/Quartenschiefer findet man Fetzen von Quartenschiefer in die rauhwackigen Breccien eingeschuppt, bzw. an der Basis der Trias-Serie, wenn die erwähnte Kalkbank fehlt, Fetzen von Lochseitenkalk; beides lässt sich nur tektonisch erklären. Da jedoch örtlich auch andere Komponenten in den Breccien vorhanden sind, deutet das nicht bei allen auf eine primäre tektonische Entstehung, sondern lediglich auf eine tektonische Überprägung.

Ähnliche Beobachtungen kann man beispielsweise im Östlichen Karwendel (KRAUTER 1968) machen, wo an der Basis einer Überschiebung bis zu mehrere Meter grosse Wettersteinkalkblöcke aus dem Liegenden in die älteren darüberliegenden, zu einer anderen tektonischen Einheit gehörenden Reichenhaller Schichten (rauhwackige Breccien) eingeschuppt worden sind. In beiden Fällen findet man keine Spuren von Zertrümmerungen der Matrix bzw. der Breccien.

Nach JÄCKLI (1941: 55) ist das nur dann möglich, "... wenn der ganze Gesteinskomplex" der rauhwackigen Breccien "so vollständig von Wasser durchtränkt ist, dass er gegenüber tektonischer Beanspruchung nicht mehr als fester Stoff, sondern als plastische breiige Flüssigkeit wirkt". Dies erklärt auch, warum LEINE keine Anzeichen von Metamorphose in rauhwackigen Gesteinen gefunden hat. Damit ist aber auch sein Hauptargument für eine tektonische Entstehung aller rauhwackigen Breccien hinfällig.

Seinen Folgerungen aus dem Vorhandensein schiefriger Gesteinsfragmente in den Breccien (vgl. S. 7) kann man entgegenhalten, dass diese z.T. auch aus sedimentärer Aufarbeitung älterer Gesteine stammen können, wie z.B. in den Tarntaler Bergen (Tirol), wo Breccien mit ihrer primären Unterlage (skythische Serizitschiefer) einschliesslich des Aufarbeitungshorizontes aufgeschlossen sind (ENZENBERG, 1967).

Ein interessantes Breccienvorkommen, ebenfalls in den Tarntaler Bergen, befindet sich in einem zum Lizumer Bach herunterziehenden Graben, NE der Lizumer Hütte (gemeinsame Begehung mit M. ENZENBERG 1963). Von faust- bis kopfgrossen Komponenten ausgehend, stecken Fetzen aus gleichem Material radial etwa bis 1 m tief in einem gelbbraunen Sandkalk (= Matrix). Diese Komponenten in der zementreichen rauhwackigen Breccie erwecken den Eindruck, als seien sie "explodiert". Nach LAUBSCHER (1961) kann sich ein unter Porenwasserüberdruck stehendes Material bei einer plötzlichen Druckentlastung wie eine unter Dampfdruck stehende Flüssigkeit verhalten und explodieren. Ähnlich könnten auch die radial zerfetzten Komponenten entstanden sein. Ob dabei syngenetische oder tektonische Vorgänge zum Porenwasserüberdruck und zur plötzlichen Druckentlastung führten, bleibt offen.

Für ein plastisch fliessendes Verhalten bei tektonischer Beanspruchung infolge Porenwasserüberdrucks kommen allgemein im Rauhwacken-Komplex nur die Sandkalke und die rauhwackigen, zementreichen Breccien wegen des verhältnismässig hohen Porenvolumens in Frage. Die übrigen Gesteine weisen bei gleicher Beanspruchung ein anderes Festigkeitsverhalten auf, was zum Zerbrechen der bis zu meternächtigen, kompetenten Gesteinsschichten bei tektonischen Vorgängen führen kann (Abb. 5).

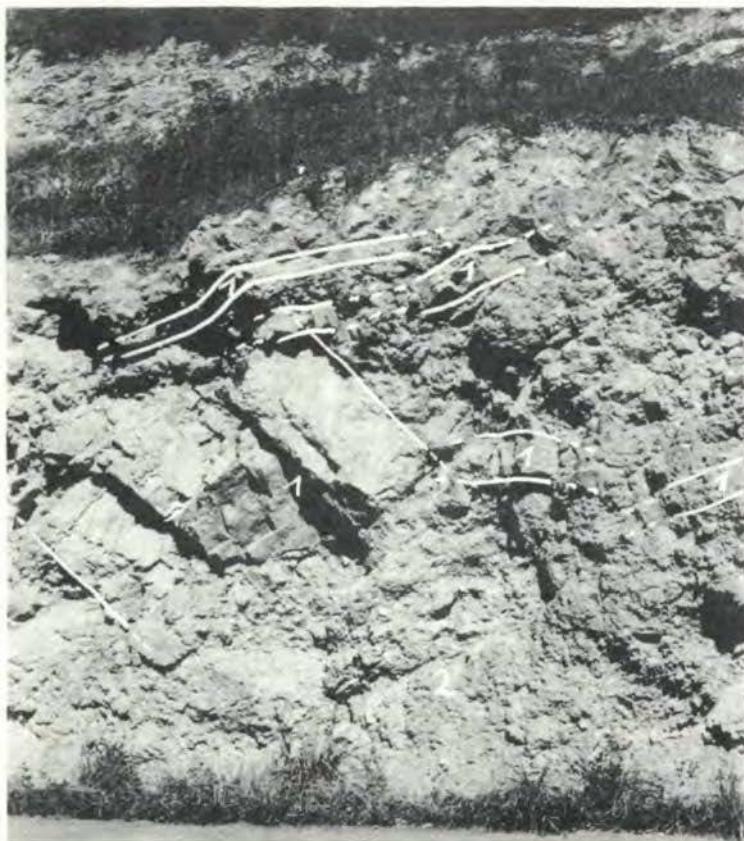


Abb. 5. Relikte tekton. zertrümmerter Kalkbänke (1), in rauhwackigen Breccien (2) der Reichenhaller Schichten an der Auffahrt zur Talstation der Rofanseilbahn am Achensee (Tirol)

Bei der Annahme einer Entstehung der Breccien durch tektonische Überprägung erhält man ein ähnliches Bild wie bei einer solchen durch Überlagerungsdruck im syndiagenetischen Zustand. Das bedeutet, dass eine sichere Unterscheidung von überwiegend sedimentärer (nichttektonischer) und überwiegend tektonischer Entstehung im allgemeinen kaum möglich ist. Es ist deshalb wenig zweckmäßig, diese Breccien nach ihrer Genese einzuteilen, wie JERZ (1966 : 60) vorschlug: in Rauhwacken (resedimentär) und in "tektonisch gebildete Trümmer- 'Rauhwacken'" und Mylonit".

Der geringe Reibungswiderstand, den diese Gesteine im plastisch-fliessenden Zustand bei tektonischer Beanspruchung hatten, macht verständlich, warum sie sich als Gleitteppich besonders eigneten und warum kilometerweite Überschiebungen, wie z. B. im Östlichen Karwendel (KRAUTER, 1968) mechanisch möglich waren.

Das kavernöse Aussehen der Breccien ist nur in der Verwitterungszone oder in Zonen guter Wassergängigkeit (z. B. Störungszonen) zu beobachten. Im frischen, unverwitterten Gestein besitzt die gleiche Breccie keine Kavernen. Man muss daher bei der Beurteilung der Genese der rauhwackigen Breccien die eigentliche Entstehung der Breccien selbst von derjenigen der Kavernen trennen.

Die Genese des zellig-löchrigen Habitus der Breccien, der zu der Bezeichnung Rauhwacke führte, ist durch Herauswittern der meist grauen, z. T. gelblichen, sich sandig anführenden Dolomitkomponenten, deren Chemismus und Struktur im gesamten Untersuchungsgebiet mehr oder weniger gleich ist (vgl. Abb. 1), zu erklären. Diese primär entstandenen Dolomite, die durch syngenetische bzw. tektonische Vorgänge zerbrochen und meist durch Kalkspat wieder verheilt sind, besitzen einen lockeren Kornverband als das überwiegend kalzitische Bindemittel bzw. die z. T. wabenförmigen Kalkspatäderchen und verwittern somit leichter. Dass es sich im wesentlichen um einen mechanischen und weniger um einen chemischen Vorgang beim Heraus- "Lösen" dieser Komponenten handelt, beweist das Vorhandensein (KRAUTER 1963, 1968) von unverfestigtem, gradiertem Dolomitschlamm in Hohlräumen von aus solchen Breccien bestehenden Bergsturzblöcken, wo er mechanisch intern nach mehr oder weniger weiter Verfrachtung resedimentiert worden ist. Er weist chemisch keine Unterschiede im Vergleich mit den Dolomitkomponenten auf. Das Entstehen des rauhwackigen Aussehens der Breccien ist also an das Vorhandensein der "mehlig-absandenden" (JERZ 1966 : 58) Dolomitkomponenten gebunden. Es sollten daher auch nur die Gesteine als rauhwackige Breccien bezeichnet werden, die solche Dolomitkomponenten führen.

Die Bezeichnung rauhwackige Breccien gibt im Gegensatz zu dem Ausdruck Rauhwacken, der - wie schon erwähnt - häufig für die ganze Gesteinsserie gebraucht wird, eine genauere Gesteinsbeschreibung, ohne auf die Genese einzugehen. Das Adjektiv "rauhwackig" soll sich nicht nur auf das zellig-löchrige Aussehen der Breccien beschränken, sondern auch für unverwitterte "potentielle rauhwackige" Breccien gelten.

Die typische Bildung der teilweise bis metergrossen Höhlen in den rauhwackigen Gesteinen, dürfte sicherlich mit dem Herauswittern einzelner Dolomitkomponenten ihren Ausgang genommen haben.

Zusammenfassung

Die triadischen, in der Verwitterungszone zellig-löchrigen (= rauhwackigen) Breccien, die meist in einer Folge von Kalken, Kalksandsteinen, Mergelkalken, Dolomiten und örtlich von Konglomeraten vorkommen, entstanden überwiegend sedimentär, resedimentär bzw. syndiagenetisch und sind örtlich tektonisch stark überprägt. Bei tektonischer Beanspruchung verhielten sie sich z. T. plastisch-fliessend und wirkten daher häufig als Gleithorizont bei Überschiebungsvorgängen, wobei Gesteinsfetzen von liegenden (jüngeren) und hangenden Schichten eingepresst oder kompetente Gesteinsschichten innerhalb der Rauhwacken-Serie zertrümmert wurden. Der kavernöse Habitus wird durch überwiegend mechanisches "Herauswittern" bestimmter Dolomitkomponenten verursacht.

S C H R I F T E N N A C H W E I S

- BRÜCKNER, W. : Über die Entstehung der Rauhwacken und Zellendolomite. Ecl. Geol. Helv., 34, (1), S. 117-134, 4 Taf., Basel 1941
- BRUNNSCHWEILER, R. O. : Beiträge zur Kenntnis der Helvetischen Trias östlich des Klausenpasses. Mitt. Geol. Inst. Univ. Zürich, Serie c, 33, 166 S., Zürich 1948
- CORNELIUS, H. P. : Über tektonische Breccien, tektonische Rauhwacken und verwandte Erscheinungen. Centralblatt Min. Geol. Pal. 1927, Abt. B., S. 120-130, Stuttgart 1927
- ENZENBERG, M. : Die Geologie der Tarntaler Berge (Wattener -Lizum), Tirol. Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., 17, 1966, S. 5-50, 9 Abb., 3 Tafeln (1 geol. Karte 1 : 10 000), Wien, Februar 1967
- JÄCKLI, H. : Geologische Untersuchungen im nördlichen Westschams (Graubünden). Ecl. Geol. Helv., 34, (1), S. 17-105, 28 Abb., 1 Taf., Basel 1941
- JERZ, H. : Untersuchungen über Stoffbestand, Bildungsbedingungen und Paläogeographie der Raibler Schichten zwischen Lech und Inn (nördliche Kalkalpen). Geol. Bav., 56, S. 3-102, 32 Abb., 2 Tab., 5 Beilagen, München 1966
- KRAUTER, E. : Vorbericht über geologische Untersuchungen im Östlichen Karwendel. Verh. Geol. B.-A., H.1/2, Wien 1963
- Zur Frage der Reliefüberschiebung am Staler-Joch (Östliches Karwendel, Tirol). Mitt. Geol. Ges., 60, 1967, S. 23-64, 2 Taf., 10 Abb., Wien 1968
- LAUBSCHER, H. P. : Die Mobilisierung klastischer Massen. Ecl. Geol. Helv., 54, (2), 1961, S. 283-334, Basel 1961
- LEINE, L. : Rauhwackes in the Betic Cordilleras, Spain. - Academisch Proefschrift, 112 S., 2 Taf., 12 Fig., 15 Bilder, Rotterdam (Princo N. V.) 1968
- SANDER, B. : Beiträge zur Kenntnis der Anlagerungsgefüge. - Z. Kristallogr. Min. Petogr. B., Min. u. Petr. Mitt., 48, 1936, S. 27-209, Leipzig 1936
- SCHINDLER, L. M. : Zur Geologie des Glärnisch..-Beitr.zur Geol. Karte d. Schweiz, Neue Folge, 107. Lieferung, 135 S., 9 Abb., 6 Taf., 8 Beilagen, Bern (Kümmerly u. Frey A. G.) 1959