

Separat-Abdruck aus dem Centralblatt f. Min. etc. Jahrg. 1927.
Abt. B. No. 4. S. 120—130.

Über tektonische Breccien, tektonische Rauhdecken
und verwandte Erscheinungen.

Von

4 1

H. P. Cornelius.

Über tektonische Breccien, tektonische Rauhdecken und verwandte Erscheinungen.

Von **H. P. Cornelius.**

Der Begriff der tektonischen (oder Dislokations-)Breccie ist in der Alpengeologie vielfach nicht mit der nötigen Kritik angewendet worden.

Er bot sich als bequemes Auskunftsmittel dar, so oft in einem tektonisch stark komplizierten Gebiet Breccien aufgefunden wurden, die einer Einordnung in das stratigraphische Schema Schwierigkeiten zu bieten schienen. Es sind sogar Fälle vorgekommen, wo bloß auf das Vorkommen von kurzerhand als tektonisch betrachteten Breccien hin Überschiebungen konstruiert und weitreichende tektonische Folgerungen gezogen wurden.

Tatsächlich haben sich jedoch bereits eine ganze Reihe von angeblichen tektonischen Breccien bei näherem Zusehen als sedimentärer Natur herausgestellt. Es sei erinnert an die berühmte Hornsteinbreccie des Sonnwendgebirges¹, für deren sedimentäre Entstehung AMPFERER² überzeugende Gründe geltend machen konnte; oder an die Breccien des Murtiröl im Engadin³, in deren Grundmasse SPITZ⁴ Aptychen auffand, was mit einer tektonischen Entstehung nicht vereinbar ist; oder endlich an die Schwarzeckbreccie der Radstätter Tauern⁵, deren stratigraphische Äquivalenz mit den

unterostalpinen Kreidbreccien Graubündens STAUB⁶ jüngst betonte. Anderwärts, in den Dolomiten, konnten wieder „tektonische“ Breccien als Produkte vulkanischer Explosionserscheinungen erkannt werden⁷.

Solchen Fällen gegenüber — die Zahl der Beispiele wäre leicht zu vervielfachen — muß es nicht nur Bedenken erregen, wenn immer wieder Versuche auftauchen, seit langem als sedimentär geltende Breccien in tektonische umzudeuten; sondern wir müssen überhaupt gegenüber der Anwendung dieses Begriffes kritisch werden. Es sei hier demgemäß, um bei künftigen feldgeologischen Untersuchungen eine Entscheidung zu erleichtern, die Frage gestellt: Wie entstehen tektonische Breccien und was sind ihre Kennzeichen?

Es sei bemerkt, daß diese Frage damit nicht zum erstenmal gestellt ist: AMPFERER hat sie a. a. O. bereits behandelt. Seinen Ausführungen darüber kann ich mich im wesentlichen anschließen; doch bedürfen sie einiger Erweiterungen.

Eine Breccienbildung kann zunächst eintreten bei irgend einer Beanspruchung — z. B. Biegung — oberhalb der Elastizitätsgrenze eines einheitlichen spröden Gesteins — „spröde“ unter den während der Deformation herrschenden Bedingungen. Das Gestein wird hiebei in meist eckige Fragmente zerlegt, diese entweder nur locker durch Zerreibungsprodukte, oder fester durch Wiederabsatz von gelöstem Gesteinsmaterial — eventuell unter „tektonischer Entmischung“⁸ — zu einer Breccie verkittet. Solche endogene Breccienbildung ist ja an vielen massigen Kalken und besonders Dolomiten eine sehr geläufige Erscheinung. Auch bei kristallinen Gesteinen findet sich ähnliches („Breccienmylonite“), wenn auch meiner Erfahrung nach verhältnismäßig selten. Das charakteristischste Merkmal dieser endogenen Breccien besteht darin, daß sie monomikt sind; ihrer Entstehung nach ist das selbstverständlich. Für die Größe der Trümmer gibt es keine Regel. Gewöhnlich vollzieht sich ziemlich rasch der Übergang in mehr oder minder unverletztes Gestein, da die Breccienbildung an besonders energische Umformung gebunden ist; nur selten gewinnt sie regionale Bedeutung (wie gelegentlich in dem nordalpinen Hauptdolomit).

Ein anderer, gleichfalls sehr bekannter Fall von endogener Breccienbildung ist dort möglich, wo Bänke eines harten spröden Materials mit nachgiebigen Schichten wechseln; er ist verwirklicht z. B. in gewissen Flyschabteilungen, wo Kieselkalkbänke mit Lagen von Tonschiefer wechseln. Unter entsprechenden Deformationsbedingungen können die spröden Bänke zerbrechen, während das nachgiebige Zwischenmaterial sich plastisch um die Trümmer schmiegt. Auch die solcherart entstandenen Breccien sind monomikt, insofern als die Trümmer alle den gleichen Bänken entstammen. Deren Mächtigkeit bestimmt die Trümmergröße; und zwar nicht nur die maximale, was selbstverständlich ist (wenigstens so weit die Dicke in Betracht kommt; die Länge der einzelnen Plattenbruchstücke kann freilich

ein Mehrfaches derselben betragen), sondern vielfach auch die durchschnittliche. Denn es wird in vielen Fällen gelten, daß die Zerlegung in Bruchstücke weit überwiegend durch Querrisse erfolgt, und mithin bei ihrer Mehrzahl wenigstens, ihr Durchmesser nicht unter das Maß der Schichtdicke herabsinkt. Meiner Erfahrung nach (z. B. in der nördlichen Flyschzone des Bregenzerwaldes) sind derartige Breccien meist ganz lokale, auf Stellen besonders scharfer Deformation beschränkte Bildungen. Es sind ja überhaupt auch spröde Schichten einer recht weitgehenden stetigen Umformung fähig, wenn sie zwischen „plastischem“ Material eingebettet liegen — insbesondere wenn es sich um vielfache Wechsellagerung handelt: die ersteren werden dabei wohl zerbrechen, die einzelnen Bruchstücke aber im allgemeinen nicht wesentlich gegen einander verschoben, so daß der ursprüngliche Schichtverband zumeist vollkommen gewahrt bleibt. Oder aber — und das ist bei gleitender Deformation solcher Komplexe die Regel — die Umformung der spröden Bänke erfolgt nicht in Gestalt von regelloser Zerbrechung, sondern durch Verschiebung an Scharen von Gleitflächen, welche jede solche Bank in eine Reihe von Quetsch- oder Gleitlinsen auflösen.

Einen besonderen, hier anzuschließenden Fall stellen die Quetschzonen mit „tektonischen Geröllen“ dar, wie ich sie aus dem Allgäu, sowohl aus dem Retterschwangtale¹⁰ als aus dem Balderschwanger Klippengebiet¹¹ kenne. Es handelt sich ebenfalls um Schichtkomplexe aus wechsellagerndem tonig-mergeligem Material und kalkigen oder quarzitischen Bänken. Sie wurden an Überschiebungen deformiert, unter Zertrümmerung der spröden Bänke; diese lösten sich dabei aber nicht immer nur in die gewöhnlich in solchen Fällen resultierenden Quetschlinsen auf, sondern mitunter findet man einzelne meist ziemlich unregelmäßig gerundete Stücke von ihnen, meist von ellipsoidischer Gestalt, in dem tonigen Mulm stecken, den die Umformung aus den plastischeren Zwischenschichten erzeugt hat. Eine solche Abrundung ist nur denkbar als Ergebnis von Drehbewegungen der betreffenden Bruchstücke infolge von Differentialbewegungen in der leicht gleitenden Umhüllung — ein Vorgang vergleichbar dem, wie ihn W. SCHMIDT¹² von Porphyroblasten in kristallinen Schiefen beschrieben hat. In unserem Falle ist es auch gut erklärlich, daß die Rotation nur bei einer verhältnismäßig geringen Zahl solcher Bruchstücke eintrat — wenngleich in manchem Aufschluß solche tektonische Gerölle nicht selten sind; aber die in der Regel aus den spröden Bänken entstandenen Quetschlinsen erlauben ein leichtes Vorbeigleiten des plastischen Materials, womit für sie die Notwendigkeit wegfällt, sich der Gesamtbewegung durch Rotation einzuordnen.

In Fällen wie den bisher betrachteten, ist es ja wohl nicht allgemein üblich, von tektonischen Breccien zu reden; der aufnehmende Geologe wird — soferne er sich nicht speziell mit der Kartierung von Deformationstypen befaßt — nur in seltenen Fällen in die Lage

kommen, solche zertrümmerte Gesteine als etwas Besonderes gegenüber den unverletzten auszuscheiden. Jedenfalls dürfte es sich aber empfehlen, für den Begriff der endogenen tektonischen Breccie ein unteres Maß der Zertrümmerung als Grenze festzusetzen: man wird die letztere mit Vorteil dort annehmen, wo die Zertrümmerung den ursprünglichen Aufbau des Gesteins (z. B. Schichtung) überwältigt und unkenntlich gemacht hat.

Man könnte an die besprochenen Fälle noch anreihen, was ALBERT HEIM¹³ als „Rutschbreccien“ bezeichnet. Doch handelt es sich hier um einen ganz anderen Deformationstyp: nicht um regellose Zerbrechung, sondern um Zerlegung des Gesteinskörpers in Linsen, durch sich spitzwinklig schneidende Gleitflächenscharen, in welchen jene gegeneinander korrelat zur Deformation des Ganzen verschoben worden sind. Das Bild eines solchen Gesteins (wie sie z. B. in den unterostalpinen Granitmassiven Graubündens weit verbreitet sind) ist demgemäß schon ein ganz anderes, als das, was man herkömmlicherweise als „Breccie“ bezeichnet (für deren Definition ja unregelmäßigeckige Begrenzung der Trümmer wesentlich ist). Aus diesem Grunde scheint mir die Bezeichnung „Rutschbreccie“ nicht glücklich gewählt und besser durch eine andere zu ersetzen — etwa „Gleitgestein“. Jedenfalls werden wir Tektonite dieser Art aus dem Reiche der tektonischen Breccien als etwas nicht Wesensgleiches auszuscheiden haben.

Das meiste, was wir in der Literatur als tektonische Breccien bezeichnet finden, ist jedoch von allen bisher besprochenen verschieden: es sind nicht monomikte, sondern *polymikte* Breccien. Und die Frage ist nun die: wie ist eine Durcheinandermischung von Trümmern verschiedener Gesteine auf tektonischem Wege möglich?

Für einen Fall ist eine Antwort auf diese Frage leicht zu geben: die gewöhnlichen „Reibungsbreccien“ an Bruchflächen¹⁴. Mag es sich um „gemeine“ Brüche handeln, mit Vertikalverstellung, oder um Blattverschiebungen, oder um Zwischenglieder beider: im ersten Augenblicke ihres Aufreißen werden die Bruchflächen zumeist keine glatten ebenen Flächen sein, sondern allerhand Unebenheiten darbieten. Einer gegenseitigen Verschiebung beider Bruchflügel müssen jene zum Opfer fallen: sie werden abgeschliffen, zerrieben und liefern das Füllmaterial der Bruchspalte — das wiederum ohne jede Verkittung bleiben oder eine solche durch alle möglichen Sekretionen, gegebenenfalls auch durch einwandernde fremde Stoffe, erfahren kann. Auch als Ergebnis einer un stetigen Verteilung der Bewegung auf eine Anzahl von parallelen Sprüngen ist ähnliche Zertrümmerung wohl denkbar. Die Trümmergröße geht von staubfeinem Zerreibsel (hierher „Gangtonschiefer“ u. a.) bis zu Klemmpaketen, für deren Dimensionen die Breite der Bruchspalte die Grenze setzt. Alle vom Bruch betroffenen Gesteine können sich an einer

solchen Breccie beteiligen, soweit sie innerhalb des Betrages der Verschiebung anstehen: beträgt diese x m, so können von einem Gestein A Trümmer der Gangfüllung beigemischt sein bis zu x m von der Grenze seines Auftretens im einen Bruchflügel (im allgemeinen wird es ja auf dieser Strecke im anderen Bruchflügel die Bruchwand bilden, sofern es sich nicht um eine geringmächtige Schicht oder einen schmalen Gang handelt). Die Mischungsmöglichkeit ist also begrenzt durch den Verschiebungsbetrag.

In einem Falle jedoch ist für solche Breccien auf Bruchspalten noch eine etwas weitergehende Mischungsmöglichkeit theoretisch denkbar: nämlich bei Zersprüngen¹⁵, von denen anzunehmen ist, daß sie wenigstens in statu nascendi klaffend offen gestanden sind. In solche mußten unter der Einwirkung der Schwerkraft höhere Teile der Bruchränder hinabgleiten; und wenn es sich dabei auch wohl stets um größere zusammenhängende Schichtpakete handelt, so ist doch wenigstens mit der Möglichkeit zu rechnen, daß diese sich z. T. in Trümmer auflösen und letztere beim Fortgang der tektonischen Bewegung mit dem von den unmittelbar anstoßenden Wandteilen stammenden Material gemischt werden konnten.

Die Schlußfolgerung liegt nun nahe, daß auf gleiche Weise wie an Verwerfungen tektonische Breccien auch an Überschiebungsflächen entstehen können; und da deren Längen in den Alpen fünfzig und mehr Kilometer ausmachen können, auf solchen Erstreckungen aber die verschiedenartigsten Gesteine anstehend zu erwarten sind, so scheint die Möglichkeit einer sehr bunten Mischung von Gesteinstrümmern auf tektonischem Wege ohne weiteres vorzuliegen.

Gewiß gibt es in den Alpen Gesteinsvermischung — als lokales Phänomen sogar in vielleicht weiterer Verbreitung als bisher allgemein bekannt ist. Aber das Bild ihrer Produkte pflegt sich in einem Großteil der Fälle weit zu entfernen von dem, was man sich — nach der Definition der Breccie wie sie in allen Lehrbüchern steht — unter einer tektonischen Breccie vorstellt; überall dort nämlich, wo *stetige Durchbewegung* herrscht, was schon in rand- und verhältnismäßig oberflächennahen Zonen des Gebirges bei leicht knetbaren Ton- und dünnschichtigen Mergelgesteinen häufig, gegen die tieferen und inneren Gebirgsteile aber überhaupt immer allgemeiner der Fall ist¹⁶. Wo hier Gesteinsvermischung eintritt, da handelt es sich um *parallele Ineinanderschichtung* verschiedenartiger Materialien in dünnen — gelegentlich blätterdünnen — Lagen, wie sie etwa in den Quetschzonen der Margnadecke am Silsersee (Kristallin + Triasdolomit + liasische Kalkschiefer) verwirklicht ist, oder an der Basis der Allgäuer Decke im Retterschwangtale, hier mit Beteiligung von „Kreidefleysch“ und Couches rouges¹⁸. Regelmäßigkeit braucht in dieser Wechsellagerung selbstverständlich nicht zu herrschen, vielmehr sieht man häufig jene wirre „Knetstruktur“, wie sie für den Schweizer Lochseitenkalk charakteristisch ist. (Dieser selbst kommt als Beispiel für Gesteinsvermischung, als das er manchmal angeführt wird, in

der Hauptsache nicht in Betracht, da es sich hier, von unwesentlichen Ausnahmen abgesehen, um Verknüpfung innerhalb eines einheitlichen Gesteins handelt.) Für das Zustandekommen derartiger Erscheinungen müssen wir Bewegungen an Gleitflächensystemen von unter sich paralleler oder subparalleler Lage, wie sie überhaupt für die Vorgänge bei Überschiebungen zu erschließen sind. Eine Breccienbildung dagegen würde wirr sich durchkreuzende Bewegungsbahnen erfordern. Nach Erscheinungsform und Entstehung unterscheiden sich also jene Knetgesteine von tektonischen Breccien durchaus — ebensoweit wie ein Nudelteig von einer Preßwurst, um einen etwas drastischen Vergleich zu gebrauchen.

Breccienähnliche Bildungen können erst dann erwartet werden, wenn Gesteine ins Spiel kommen, die sich unter den jeweils gegebenen Deformationsbedingungen spröde verhalten; eine Eigenschaft, die sich bekanntlich bei Annäherung an tiefere Erdzonen allgemein mehr und mehr verliert, aber besonders Dolomiten sehr lange noch zukommt, wenn sich alle anderen Gesteine schon längst plastisch umformen. Aber auch da zeigt vielfache Erfahrung im allgemeinen nur, daß die einzelnen Linsen, in die ein solches Gestein von den die Bewegung vermittelnden Gleitflächen zerlegt wird, wohl fast immer starke innere Zertrümmerung erleiden — sie werden zu endogenen, monomikten Breccien umgeformt, wie sie oben (p. 121) beschrieben wurden; auch daß auf den Gleitflächen selbst plastisches Material — z. B. irgend ein Schiefer — zwischen jene Linsen eingeschleppt wird. Seltener schon findet eine Einpressung dieser Art statt auf irgendwelchen unregelmäßigen Rissen des spröden Gesteins; immerhin ist auch dieser Fall gelegentlich beobachtet. Als seine höchste Steigerung ist es möglich, daß eine solche spröde Linse ganz in unregelmäßige, von Schiefer durchflaserte Blöcke zerfällt. Doch pflegen solche ihre unregelmäßigen Formen nicht lange zu behalten, sondern mit dem Fortgang der Bewegung selbst wieder in kleinere Gleitlinsen umgeformt zu werden; solches habe ich am Graubündener Ostalpenrande öfters beobachtet. Kaum beobachtet aber ist der entgegengesetzte Fall, daß sich einzelne Trümmer einer zerdrückten Linse quer über die Gleitflächen hinweg, welche die letztere einschließen, in das Nebengestein verirren.

Eine gewisse Gesteinsvermischung in Gestalt tektonischer Breccien ist also möglich, wo Gesteine verschiedenartigen mechanischen Verhaltens zusammen deformiert werden. Dabei ist aber festzustellen: 1. ist die Gestalt der Komponenten des spröden Materials meist nicht unregelmäßig eckig, sondern linsenförmig; ihre Größe wechselt sehr stark, sinkt aber nach meiner Erfahrung nur selten bis auf Handstücksdimensionen (unbeschadet der inneren Zertrümmerung dieser Linsen in noch kleinere Elemente und ihrer eventuellen Verkittung durch Sekretionen); das plastische Material tritt überhaupt nur als „Bindemittel“ auf. 2. Handelt es sich auch

hier stets nur um Vermengung von *Nachbargesteinen* — zumindest solchen, die es durch tektonische Ereignisse geworden sind — und demgemäß normalerweise nicht um mehr als zwei Materialien, die miteinander verknüftet sind; und 3. ist die räumliche Ausdehnung solcher Bildungen stets eine ganz eng begrenzte — die mir bekannten nehmen kaum je größere Flächen als einige Quadratmeter ein. Kartieren lassen sie sich nicht. Und ebensowenig geben sie ein Recht, mächtige und ausgedehnte, womöglich gar an stratigraphische Horizonte gebundene Breccienmassen als tektonisch entstanden zu erklären, wie das schon geschehen ist.

Hierher gehört auch der Fall, den ich a. a. O. aus dem Retterschwangtale im Allgäu beschrieben habe: daß eine ursprünglich sedimentogene, polymikte Breccie nachträglich auf tektonischem Wege in ihre Komponenten aufgelöst ist und diese einzeln, längs der Bewegungsbahn der betreffenden Breccienlinse, in die umhüllenden Schiefer eingebettet worden sind. Es ist dies nur ein Spezialfall der inneren Zertrümmerung eines nicht stetig durchbewegten Gesteins und als solcher dem zuvor besprochenen anzuschließen.

Manchmal scheint übrigens nachträgliche tektonische Umformung von primär auf sedimentärem Wege entstandenen Breccien ihre Auffassung als tektonische begünstigt zu haben; es ist ja klar, daß auf diese Weise die Komponenten alle möglichen Quetschgestalten nachträglich annehmen konnten — Gestalten, mit denen sie unmöglich eingesedimentiert sein konnten. Solches scheint mir z. B. zu gelten bezüglich der von STEINMANN¹⁸ jüngst beschriebenen Breccien von kristallinem Material mit Radiolarit als Grundmasse aus der Gegend von St. Moritz — die nach meinen Beobachtungen vom letzten Sommer stratigraphisch normal dem Radiolarit eingelagert sind und Komponenten von Gesteinen — Glimmerschiefer u. a. — führen, die in der näheren Umgebung anstehend nicht vorkommen. (Ähnliche Breccien im Radiolarit gibt es übrigens da und dort — auch an Stellen, wo weit und breit kein kristallines Gestein ansteht, dem die Trümmer auf tektonischem Wege entnommen sein könnten; so kenne ich sie aus der Gegend von Flix im Oberhalbstein, und EUGSTER¹⁹ hat kürzlich ein Vorkommen aus dem Albulatal zwischen Preda und Bergün beschrieben und abgebildet. In diesen Fällen steht ihre sedimentäre Entstehung außer jedem Zweifel. — Ich weiß zwar die Schwierigkeit wohl zu würdigen, die das Auftreten solcher Breccien für STEINMANN's Deutung der Radiolarite als Tiefseeabsätze bedeutet — eine Deutung, der ich selbst beipflichte. Aber es scheint mir doch nicht so aussichtslos, diese Schwierigkeit auf andere Weise — oberjurassische Orogenese und submarine Schuttbewegungen²⁰! — meistern zu wollen, als es die Umdeutung dieser Breccien in tektonische wäre. Dies hier nebenbei.)

Gelegentlich liest man den Ausdruck „Riesenreibungsbreccie“²¹ für die buntgemischten Areale verschiedenartigen Materials, welche das Ausstreichen großer Bewegungsflächen kennzeichnen. Auch gegen ihn ist einzuwenden, daß er zwar die bunte Mischung, nicht aber die Gestalt der einzelnen Elemente einer solchen Mischungszone kennzeichnet. Denn tatsächlich handelt es sich dabei nur ausnahmsweise um unregelmäßige Klötze, in der Regel aber wieder um Linsen und Platten, bei denen die Dicken-dimension von den beiden anderen um ein Vielfaches übertroffen wird;

und wiederum sind es Gleitflächen, die diese Platten und Linsen gegeneinander begrenzen. Diese sind demnach als „Gleitbretter“²² zu bezeichnen. Da ist es nun bemerkenswert, daß die Ausmaße dieser Gleitbretter im allgemeinen nicht unter eine Minimalgröße heruntersinken — ausreichend um eine Kartierung derselben in großem Maßstabe (1 : 10 000, manchmal auch 1 : 25 000) eben noch zuzulassen. Übergang in wirkliche tektonische Breccien, mit Vermischung verschiedenartiger Komponenten bis herab zu Handstücksdimensionen ist zum mindesten eine sehr seltene und räumlich engstens umgrenzte Ausnahmeerscheinung.

Ein Sonderfall von tektonischen Breccien sind die „tektonischen Rauhacken“, die man ebenfalls häufig in der Literatur antrifft. Nicht ebenso in der Natur: mir persönlich ist wenigstens — von ganz unbedeutenden Vorkommen rauhackeähnlich ausgelaugter, endogener Dolomitbreccien abgesehen — noch nie eine Rauhacke begegnet, die sich nicht stratigraphisch hätte horizontieren lassen (ausgenommen natürlich in Zonen, wo überhaupt jeder geordnete Schichtverband aufgehört hat; aber daß in solche auch Rauhacken von primär nicht tektonischer Entstehung hineingeraten sein können, bedarf wohl keiner besonderen Begründung). Auch von anderer Seite²³ wird übrigens die stratigraphische Horizontierbarkeit als tektonisch betrachteter Rauhacken zugegeben. Ich habe kürzlich²⁴ die Arbeitshypothese bezüglich der Entstehung der Rauhacken bekannt gegeben, auf die mich neben dem eben hervorgehobenen Gesichtspunkt ihre stete Verknüpfung mit Gips, sowie das Vorkommen in tektonisch z. T. gar nicht gestörten Gebieten (z. B. im deutschen Muschelkalk und Zechstein) geführt hat, und brauche hier nicht nochmals darauf einzugehen. Danach handelt es sich um primär jedenfalls nicht tektonisch entstandene Gebilde, sondern um Auslaugungsrückstände dünnschichtiger gipshaltiger Schichtsysteme. Sekundär freilich wurden sie vielfach noch tektonisch umgestaltet, wobei eine Gesteinsvermischung in dem Sinne stattfand, wie sie oben bei den endogenen Breccien erwähnt wurde: eine Vermischung von Material bereits primär wechsellagernder Schichten — die um so leichter möglich war als ihr hier, im Falle der Rauhacke, durch das im Gefolge der Auslaugung eingetretene „Zusammensitzen“ (vielfach unter Zerstörung des primären Schichtverbandes!) bereits vorgearbeitet war. In diesem Sinne möchte ich die häufigen Beimengungen von Stückchen roter und grüner Tonschiefer in triadischen Rauhacken der Alpen auffassen: als Bruchstücke bereits ursprünglich eingeschalteter Bänke, deren Zertrümmerung mehr durch jenes „Zusammensitzen“, als durch tektonische Vorgänge bedingt ist. (Wäre ihre Einschaltung rein tektonisch erfolgt, so könnte es sich — in einem Gebiet vom tektonischen Stil der unterostalpinen Decken Graubündens — kaum um kleine eckige Stückchen handeln, sondern nur um lang ausgezogene Flasern.) Gelegentlich freilich finden sich auch Bruchstücke fremder Gesteine in der Rauhacke, die — besonders einleuchtend wenn es

sich um geologisch jüngere Schichtglieder handelt — nur auf tektonischem Wege hineingeraten sein können. Das ist ja ganz verständlich: ein von zahllosen Löchern durchsetztes Gestein, wie das eine Rauhwanne ist, wird dem Nebengestein gegenüber bei tektonischer Beanspruchung selbst gewissermaßen wirken wie ein Loch im Druckumschluß, das eine Bruchumformung zur Folge hat, auch unter Bedingungen, die sonst schon eine stetige ermöglichen würden²⁵. Dergestalt kann die Rauhwanne zur Grundmasse einer tektonischen Breccie werden, ohne daß man damit ein Recht bekäme, sie schlechthin als „tektonische Rauhwanne“ zu bezeichnen; denn für den angedeuteten Vorgang ist es gerade Bedingung, daß die Rauhwanne als solche schon vor der tektonischen Umformung da war.

Suchen wir nun nach allgemeinen Kennzeichen nicht endogener, tektonischer Breccien, so ist leider zu bekennen, daß es kaum ein unbedingt einwandfreies gibt. Mit einer einzigen Ausnahme: Finden sich Trümmer eines nachweislich geologisch jüngeren Gesteins in einem älteren als Bindemittel, oder als Komponenten einer Breccie, die auf Grund von Lagerungsverhältnissen nur älter sein könnte als jenes, falls man sie als sedimentäre Bildung auffassen wollte, so darf man diese Breccie wohl stets als tektonische Bildung deuten. Andere Kennzeichen, wie Fehlen von Komponenten, deren Heimat nicht in unmittelbarer Nachbarschaft zu finden; Zusammensetzung aus nur zwei Materialien: einem spröden in Gestalt von Trümmern, einem plastischen als Grundmasse, sowie Linsenform (eventuell auch Begrenzung durch Rutschflächen) und relativ bedeutende Größe der ersteren — diese Kennzeichen werden für die meisten Vorkommen wohl als typisch gelten können; aber es ist klar, daß das alles keinen durchgreifenden Unterschied gegen sedimentäre Breccien bedingt, die im Falle tektonischer Umarbeitung auch linsenförmige und durch Rutschflächen begrenzte Elemente enthalten können. Auch die Gebundenheit an intensive Dislokationen — die für tektonische Breccien unbedingte Voraussetzung ist — und Übergänge in unverletztes Gestein sind nicht unter allen Umständen entscheidend: letztere können bei Transgressionsbreccien auch vorkommen, und intensive Dislokationen lassen sich in Gebieten von der Komplikation etwa des Ostalpen-Westrandes so ziemlich überall feststellen (oder wenigstens vermuten). So bleibt es bei den negativen Merkmalen: Breccien, die an bestimmte stratigraphische Horizonte gebunden sind; die Komponenten enthalten, wie sie in unmittelbarster Nachbarschaft nicht anstehen (auch nicht in Form tektonischer Scherlinge!); die keine greifbare Abhängigkeit von Dislokationen und in sich keine Spuren tektonischer Durcharbeitung zeigen, etwa gar noch Fossilien im Bindemittel enthalten — solche Breccien können nicht als tektonischer Entstehung gelten. Nach diesen Gesichtspunkten habe ich mir wohl bei den vielen polymikten Breccien, wie

sie sowohl in Graubünden als am Allgäuer Alpenrande auftreten, stets die Frage vorgelegt, ob sie nicht tektonischer Natur seien. Anfangs glaubte ich sie öfters bejahen zu müssen; im Fortgang meiner Untersuchungen bin ich aber so gut wie ausnahmslos — bei nicht rein lokalen Vorkommnissen — davon zurückgekommen, da sich Widersprüche gegen die obigen Merkmale ergaben. So kann ich zusammenfassend feststellen: So vielfach monomikte (im weitesten Sinne!) tektonische Breccien in den Alpen auftreten, so selten sind polymikte; ja ich möchte geradezu sagen, so paradox das vielleicht klingen mag, daß nach meiner Erfahrung polymikte tektonische Breccien von irgendwie nennenswerter Ausdehnung überhaupt nicht existieren.

¹ F. WÄHNER, Das Sonwendgebirge im Unterinntal. I. Wien und Leipzig 1903.

² O. AMPFERER, Studien über die Tektonik des Sonwendgebirges. Jahrb. Geol. Reichsanst. Wien. 58. 1908. p. 281. — Vgl. auch die Kontroverse bezüglich der Hornsteinbreccie: G. STEINMANN, Gibt es fossile Tiefseeablagerungen von erdgeschichtlicher Bedeutung? Geol. Rundschau. 16. 1925. p. 435. — O. AMPFERER, Zur Deutung der Hornsteinbreccien im Unterinntal. Geol. Rundschau. 17. 1926. p. 21.

³ K. ZÖPPRITZ, Geologische Untersuchungen im Oberengadin zwischen Albulapaß und Livigno. Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. B. 16. 1906. p. 164.

⁴ A. SPITZ, Fragmente zur Tektonik der Westalpen und des Engadins. IV. Verh. Geol. Reichsanst. 1919, Nr. 8.

⁵ F. FRECH, Geologie der Radstätter Tauern. KOKEN's Geol. u. pal. Abh. N. F. 5. 1901. p. 15. — L. KOBER, Das östliche Tauernfenster. Denkschr. Ak. d. Wiss. Wien. 98. p. 214 f.

⁶ R. STAUB, Der Bau der Alpen. Beitr. z. Geol. Karte d. Schweiz. N. F. 52. 1924. (p. 181.)

⁷ H. P. CORNELIUS und MARTA FURLANI-CORNELIUS, Zur Geologie der Tuffbildungen im Marmolatagebiet (Südtirol). Dies. Centralbl. 1924.

⁸ B. SANDER, Zur petrographisch-tektonischen Analyse. Jahrb. Geol. Bundesanst. 1923.

¹⁰ H. P. CORNELIUS, Die kristallinen Schollen im Retterschwangtale (Allgäu) und ihre Umgebung. Mitt. Geol. Ges. Wien. 1921. p. 1.

¹¹ H. P. CORNELIUS, Das Klippengebiet von Balderschwang im Allgäu. Geol. Archiv. 1926.

¹² W. SCHMIDT, Bewegungsspuren in Porphyroblasten kristalliner Schiefer. Sitzungsber. Akad. d. Wiss. Wien. 1918.

¹³ ALB. HEIM, Geologie der Schweiz. II. Leipzig 1921. p. 90.

¹⁴ M. JEROSCH in ALB. HEIM, Das Säntisgebirge; Beitr. z. Geol. Karte d. Schweiz. N. F. 16. 1905. — Übrigens sind hier auch nicht brecciöse, sondern geschieferte Kluffüllungen (aus duktilem Material) beschrieben!

¹⁵ H. QUIRING, Die Entstehung der Schollengebirge. Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges. 65. 1913. p. 442. — H. P. CORNELIUS, Die Falten und Brüche der Umgebung von Thiaucourt (Lothringen). N. Jahrb. f. Min. etc. Beil.-Bd. L. 1923. p. 98.

¹⁶ W. SCHMIDT, Gesteinsumformung. Denkschr. naturhist. Mus. Wien. 3. 1925.

¹⁷ H. P. CORNELIUS, Retterschwangtal, a. a. O.

¹⁸ G. STEINMANN, Gibt es fossile Tiefseeablagerungen etc. a. a. O. 1925.

¹⁹ H. EUGSTER, Die westliche Piz Üertsch-Kette (Preda—Albulapaß). Beitr. z. Geol. Karte d. Schweiz. N. F. 49. IV. 1924. (p. 12.)

²⁰ Vgl. hierzu die eben erschienene Arbeit von P. ARBENZ: Über das Alter der Saluverkonglomerate und die Juratransgression in den unterostalpinen Decken Graubündens. Beiblatt Nr. 10 zur Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. Zürich. 71. 1926. p. 17.

²¹ H. HOEK, Das zentrale Plessengebirge. Berichte Naturf. Ges. Freiburg i. B. 16. 1906.

²² A. SPITZ, Gedanken über tektonische Lücken. Verh. Geol. Reichsanst. Wien. 1909.

²³ W. SCHMIDT, Der Bau der westlichen Radstätter Tauern. Denkschr. Akad. d. Wiss. 99. 1924. p. 313: „... die tektonische Rauhwaacke stets an den Ort in der Schichtfolge gebunden, den auch die sedimentäre inne hat, so daß angenommen werden muß, letztere habe oft eine bevorzugte Bewegungsbahn ausgebildet und auch den Grundstoff für alle tektonischen Rauhwaacken geliefert.“

²⁴ H. P. CORNELIUS, Zur Vorgeschichte der Alpenfaltung. Geol. Rundschau. 16. 1925.

²⁵ Damit soll nicht behauptet sein, daß in einer Rauhwaacke alle Löcher als solche älter als die tektonische Umformung seien! — Es wäre sehr dankenswert, wenn dem Rauhwaackenproblem einmal eine eingehende Spezialuntersuchung gewidmet würde, zunächst in solchen Gegenden, wo tektonische Mitwirkung bei der Entstehung dieses Gesteins nicht in Frage kommt.
