

Über die Bedingtheit der interglazialen Schuttumhüllung der Alpen

VON HANS PETER CORNELIUS, Wien

Bekanntlich hat in der vorletzten (Mindel-Riß-) Interglazialzeit eine ausgedehnte Einhüllung der Alpenkämme in ihrem eigenen Schutt stattgefunden, dessen Reste heute in Gestalt von Gehängebreccien vorliegen. Ihr Prototyp ist die vielumstrittene Höttinger Breccie bei Innsbruck, deren Deutung im obigen Sinne, was Alter wie Entstehung betrifft, heute — besonders seit der umfassenden Darstellung von PENCK 1921 — zum gesicherten Besitzstande der Wissenschaft gerechnet werden darf. Ihre weite Verbreitung, vor allem in den nördlichen Kalkalpen, aufgezeigt zu haben, ist jedoch in erster Linie das Verdienst der unermüdlichen Aufnahmstätigkeit von O. AMPFERER, der wohl als erster planmäßig auf sie geachtet hat. Kaum einer größeren Gruppe der Kalkalpen fehlen solche Breccien; fast jede Aufnahme längere Zeit nicht untersuchter Gebiete lehrt neue Vorkommen kennen (vgl. auch WEHRLI 1928, als heute freilich zum Teil schon überholte Übersicht). Die Altersstellung der meisten ist allerdings nicht so klar, wie die der Höttinger Breccie; immerhin ist auch bei einer Reihe von ihnen Überlagerung, seltener auch Unterlagerung durch Moräne bekannt; und fast alle zeigen eine beträchtliche Unabhängigkeit von den heutigen Kleinformen des Gebirges: Sie sind von Gräben zerschnitten, oft auf Krönungen von Rippen, ja selbst von recht hohen Gipfeln reduziert. Daraus ergibt sich ihr verhältnismäßig hohes Alter, auch dort, wo eine unmittelbare Bestimmung nicht möglich ist; und eine gewisse Wahrscheinlichkeit spricht dafür, daß mindestens die große Mehrzahl der Vorkommen auch dem Alter nach der Höttinger Breccie gleichzusetzen sein wird: in das Mindel-Riß-Interglazial. Dabei sei keineswegs übersehen, daß PENCK 1925 eine Reihe von — zu der heutigen Topographie in besonders krassem Widerspruch stehenden — Vorkommen auch noch früher einreicht, während gewisse andere auch erst aus der letzten (Riß-Würm-) Interglazialzeit stammen mögen. SPENGLER (1931, S. 76) vermutet für eine Breccie auf dem Kamm östlich vom Großen Sonnleitstein (Niederösterreichische Kalkalpen) sogar möglicherweise tertiäres Alter.

Auch aus den Südalpen kennt PENCK 1909 gleichartige Breccien von einigen Punkten; manche weitere Vorkommen, zum Beispiel in der Brentagruppe (SCHWINNER 1912), dürften ebenfalls dahin gehören. Dagegen sind sie in den Zentralalpen unvergleichlich seltener; PENCK (1921, S. 95) kennt dort noch überhaupt keine. Eine Reihe von Vorkommen konnte ich im Mürztal und Semmeringgebiet auffinden (CORNELIUS 1938 a). Sie sind aber auch hier ausschließlich an Karbonatgestein (Semmeringtrias!) gebunden, den kalkalpinen Breccien gleichen sie weitgehend. Insbesondere bilden auch sie vielfach die Krönung von Rippen, woraus

wieder eine nicht unbeträchtliche seitherige Erosion und damit indirekt ihr hohes Alter hervorgeht, während anderseits die Großformen von Berg und Tal den heutigen schon recht ähnlich waren.

Es mögen hier einige Worte gesagt sein über ein besonders bemerkenswertes Vorkommen: das sogenannte Weißenbacher „Konglomerat“ — in Wahrheit Breccie! —, das wegen seiner Verwendbarkeit als ausgezeichnete Bausteine durch einen großen, bereits 100jährigen Steinbruchbetrieb¹⁾ erschlossen ist; er gewährt vorzüglichem Einblick in die Ablagerung. In ihrer Zusammensetzung aus eckigen Kalk- und Dolomitfragmenten bis über Faustgröße gleicht die Breccie jenen von anderen Vorkommen, ebenso in der lockigen Beschaffenheit des Bindemittels, welches aus rötlichem Kalksinter besteht. Auffällig ist, daß die Schichtung nicht, wie bei fast allen anderen Vorkommen, mit dem Gehänge fällt, sondern überall in den Steinbrüchen flach in den Berg hinein. Man wird daraus aber nicht den Schluß ziehen können, daß die Aufschüttung des Materials von der gegenüberliegenden (nördlichen) Talseite aus erfolgte und das ganze, rund 250 m tiefer eingeschnittene Tal erst das Werk nachträglicher jüngerer Erosion wäre: Dagegen spricht nicht nur die Unwahrscheinlichkeit an sich, sondern vor allem der Umstand, daß das ganze Material der Breccielemente eben nur von der südlichen Talseite hergeleitet werden kann — auf der nördlichen gibt es fast nur paläozoische Schiefer, Porphyroide usw., die der Breccie ebenso fehlen wie die vergleichsweise spärlich anstehenden Magnesite u. a.

Die einzig mögliche Deutung des abnormen Schichtfallens scheint mir vielmehr die, daß der ehemals wie anderwärts konkordant aufgelagerte Schuttmantel abgeglitten ist und dabei — zufällig gerade in der heute durch die Steinbrüche erschlossenen Region — durch Stauchung das widersinnige Einfallen erhielt. Das muß geschehen sein zu einer Zeit, da die Verfestigung zur Breccie bereits erfolgt war: In unverhundenem Schutt konnte eine so große, einheitliche Stauchung nicht entstehen. Auch die starke Zerklüftung in der Breccie spricht hierfür, die ebenfalls nur in der bereits verfestigten Breccie denkbar ist. Die Klüfte sind zum Teil mit dicken Kalzitkrusten ausgekleidet, zum Teil mit dunkelrotem Ton oder Lehm. Die Obergrenze des Vorkommens wird durch eine auffallende Verebnungsfläche bei zirka 750 m gebildet; der Verdacht liegt nahe, daß auch sie mit der erwähnten Stauchung zusammenhängt, ebenso wie die sehr große, scheinbare Mächtigkeit (> 100 m) der Breccie.

Freilich, das interglaziale Alter gerade dieser Vorkommen des Mürztals und des Semmeringgebietes kann noch nicht als gesichert gelten, da ja das Gebiet nicht vergletschert war. Fest steht nur soviel, daß sie jünger sein müssen als die tiefere Ableitung des dortigen Miozäns (wahrscheinlich = Helvet). Damit bleibt nun noch eine andere Möglichkeit für ihre stratigraphische Einordnung offen; denn für die Eggenberger Breccie des benachbarten Grazer Berglandes, welche den interglazialen Breccien der Kalkalpen ebenfalls weitgehend ähnlich ist (und früher auch zu ihnen gestellt wurde), konnte CLAR 1935 einwandfrei den Beweis eines obermiozänen Alters erbringen. Die Möglichkeit, daß die Mürztaler (usw.) Breccien zur Eggenberger Breccie gehören, wäre jedenfalls noch genau zu prüfen, bevor man sie mit Sicherheit als interglazial wird betrachten dürfen. Dies geschieht hier also nur mit Vorbehalt.

Südlich Öblarn im oberen Ennstal tritt eine ähnliche Breccie auf, wie ich einer liebenswürdigen persönlichen Mitteilung von Professor R. SCHWINNER entnehme. Sie ist an die Marmorzüge im Kristallin der Niederen Tauern geknüpft; nachweisbar ist interglaziales Alter freilich auch da nicht.

¹⁾ Auf dem S-Gehänge des Göstritztales zwischen Weißenbach und Aue (südwestlich Gloggnitz, Niederdonau).

Ein allerdings ganz bescheidenes Vorkommen einer ähnlichen Breccie ist mir auch von der S-Seite des Pinzgaus bekannt geworden. Es ist eingetragen -- allerdings infolge der Kleinheit schwer sichtbar -- auf dem österreichischen Blatt Kitzbühel 1:75.000, auf der NW-Seite des Rettenbachkogels (zwischen Bruck und Kaprun) bei rund 1200 m Höhe. Auch diese Breccie ist bereits von einem -- allerdings seichten -- Graben angeschnitten. Die Verknüpfung mit Kalk ist hier nicht so auffällig; immerhin besteht sie auch, da solcher -- beziehungsweise zum Teil Dolomit -- weiter aufwärts am Gehänge ansteht, während den unmittelbaren Untergrund ebenso wie das Material der Breccie zum größten Teil Phyllit und Quarzit bilden. -- Interglaziales Alter ist hier nicht ersichtlich, und auch die Beziehungen der Morphologie sind nicht derart, daß sie ein solches unbedingt erfordern würden. So mag die Stellung dieses kleinen Vorkommens einstweilen offen bleiben.

Man mag die Frage aufwerfen, ob nicht die Äquivalente der kalkalpinen Gehängebreccien in kalkfreien Gebieten vielleicht eine ganz andere Form angenommen haben. Wenn etwa in diesen die chemische Verwitterung stärker zur Geltung gekommen wäre, so wäre es denkbar, daß heute nur noch Lehm als Zerstörungsprodukt übrig wäre; mit anderen Worten: daß die Gehängebreccien durch Gehängelehm ersetzt wären. Solche sind bisher kaum näher beachtet worden, und freilich wird ihr interglaziales Alter auch schwer festzustellen sein; denn es ist kaum anzunehmen, daß sie erhalten bleiben können, wenn ein Gletscher darüber hinweggeht.

Fast ganz unbekannt scheinen quartäre Gehängebreccien bisher aus den Westalpen zu sein. A. HEIM's Geologie der Schweiz zum Beispiel erwähnt sie mit keinem Worte; aber auch aus der Spezialliteratur sind mir nur die Vorkommen um den Kunkelspaß (NW Chur) erinnerlich.²⁾ Es ist ja damit noch nicht gesagt, daß wirklich sonst nichts Derartiges dort vorkäme. Auch bei uns hat es eine Weile gedauert, bis man auf diese Breccien aufmerksam geworden ist (von der Innthal-N-Seite abgesehen, wo sie jedermann in die Augen fallen); und so mag es sein, daß kleine Vorkommen auch in den Westalpen noch der Entdeckung harren. Aber auch wenn dies zutrifft, darf man wohl behaupten, daß ihre Bedeutung dortselbst wesentlich geringer sein muß als in den Ostalpen; sonst hätten sie sich kaum so lange der Beobachtung entziehen können. Nach Analogie des Inntales usw. geradezu erwarten möchte man sie an den Flanken des großen Längstalzuges Rhone--Vorderrhein (soweit er nicht innerhalb der altkristallinen Massive liegt).

Es sei hier noch bemerkt, daß vielleicht auch in außeralpinen Gebieten entsprechende Bildungen vorkommen. Von den Jurakalktafeln der Côtes Lorraines und der Haye in Lothringen sind mir Massen von kleinstückigem Kalkschutt (mit einzelnen eingebackenen größeren Blöcken) bekannt, die in Mächtigkeiten bis zu vielen Metern die Talgehänge überkleiden -- nicht allgemein, sondern in ziemlich willkürlicher Auswahl; nur auf W-Gehängen (Wetterseite!) fehlen sie ganz. Vom rezenten Verwitterungsschutt unterscheiden sie sich durch merklich stärkere Verfestigung, während ich mich allerdings nicht erinnern kann, eine so feste Verkittung, wie sie in alpinen Gehängebreccien die Regel ist, beob-

²⁾ PENCK & BRÜCKNER 1909, 2, S. 440, OBERHOLZER 1933, S. 515. -- Daß das Alter dieser Breccien nicht streng als interglazial bestimmt werden kann, haben sie mit den meisten ostalpinen Vorkommen gemein; für den Zeitabschnitt zwischen Würm und Bühl aber, an den OBERHOLZER denkt, spricht meines Wissens keine Beobachtung an anderer Stelle.

achtet zu haben. Diese Schuttmassen sind als Produkt der Eiszeit — im weitesten Sinne! — gedeutet worden; doch fehlte es bisher an Möglichkeiten zu ihrer genaueren zeitlichen und damit auch genetischen Einordnung. Es sei hier nur die Frage aufgeworfen, ob nicht auch sie interglazial sind; dann wäre vielleicht nicht ihre Aufhäufung, sondern ihre Ausräumung das Werk geänderter klimatischer Verhältnisse während der Vereisungsperioden.

R LAIS 1925, S. 71 stellt sie allerdings vermutungsweise ins jüngere Diluvium, da die Täler, denen sie eingelagert sind, bereits im wesentlichen den heutigen entsprechen.

Man kann wohl sagen, daß das Auftreten unserer Breccien in den Alpen durchgängig an das Vorhandensein von Kalkstein gebunden ist (wobei auf die merkwürdige Feststellung AMPFERER's (1907, S. 729), daß offenbar nicht alle Kalke gleich geeignet sind, nicht weiter eingegangen sei). Eine Erklärung dafür liegt nahe: Gehalt an CaCO_3 liefert den Stoff zu rascher Verkittung des Schuttles, die ihn erst widerstandsfähig macht gegen die Fährlichkeiten weiterer geologischer Geschehnisse. Man möchte also das anscheinende Fehlen der Breccien im größten Teil der Zentralalpen zunächst wesentlich auf den Mangel an Kalk zurückführen. Indessen gibt es auch Gebiete in den Zentralalpen, an deren Zusammensetzung kalkreiche Gesteine großen Anteil haben, zum Beispiel die Hohen Tauern mit ihren Kalkglimmerschiefern. Daß dies Gestein an sich zur Bildung von Gehängebreccien durchaus geeignet ist, hat die geologische Neuaufnahme der Glocknergruppe gezeigt; allein die hier — besonders im Fuscher und Kapruner Tal — ziemlich reichlich vorhandenen Gehängebreccien sind jünger als die Würmvergletscherung, wenn auch — mindestens zum Teil — älter als Gschnitz beziehungsweise Daun (CORNELIUS & CLAR 1935, 1936). Sie sind mithin kein Äquivalent der interglazialen Breccien der Kalkalpen usw.; solche fehlen auch in den Tauern. Die oben angedeutete Erklärung versagt hier demnach, und es bleibt eine andere zu suchen.

Zunächst aber ist ganz allgemein die Frage zu stellen: Was hat überhaupt jene ungeheuerliche, vielfach von den höchsten Kämmen bis hinab ins Tal reichende Schuttumhüllung ausgedehnter Gebirgsteile hervorgerufen?

Sucht man im Schrifttum nach einer Antwort, so stößt man gelegentlich auf die Andeutung, es müßten klimatische Ursachen zugrunde liegen; so bei HERITSCH (1927, S. 21), WEHRLI (1928, S. 174) und AMPFERER (1936, S. 62). Das scheint zunächst durchaus einleuchtend; denn irgendwelche tektonischen Ursachen können da nicht in Betracht kommen. Die Täler waren schon ungefähr geradeso tief, die Hänge geradeso steil wie heute — ja zum Teil im Durchschnitt noch steiler, da manche Kämmen noch höher waren (PENCK 1921) —; das zeigt gerade die Verbreitung der Breccien, ganz abgesehen davon, daß irgend eine Behinderung der Schutt-abfuhr durch tektonische Gefällsverringerung der Täler wohl für Schuttansammlung in diesen selbst, aber nicht auf den Hängen — bis zum Teil in die Gipfelregion! — verantwortlich gemacht werden kann. Gleiches gilt auch von den Folgen einer Hebung der marinen Erosionsbasis — für welche zu der in Frage kommenden Zeit ohnehin kein zureichender Spielraum zur Verfügung stände.

So bleibt eben als nächste Auskunft nicht nur eine behinderte Abfuhr, sondern damit verbunden eine gesteigerte Aufbereitung anzu-

nehmen, und diese konnte eben klimatisch bedingt sein. Aber sobald man sich über das Wie? klar zu werden versucht, beginnen von neuem die Schwierigkeiten, die, soviel ich sehe, bisher noch niemand ernstlich zu meistern unternommen hat.

In extrem kontinentalem Klima ist eine vollständige Einhüllung der Berge in ihren eigenen Schutt leicht möglich, da der reichlichen Schuttproduktion durch mechanische Verwitterung eine ganz unzulängliche Abfuhr gegenübersteht (Tibet u. a.). Aber so etwas kommt für die Alpen zu keiner Zeit des Quartärs überhaupt nur in Frage. Man könnte allenfalls an semiaride Verhältnisse (angedeutet bei PENCK 1922, S. 208) denken: reichliche Schuttaufbereitung, vor allem durch Einwirkung starker Temperaturgegensätze; Abspülung von den Hängen durch die gelegentlichen heftigen Gußregen zwar kräftig — jedoch anderseits in Kalkschutt schnelle Versinterung durch das beschleunigte Verdunsten des eingedrungenen Wassers; auf diese Weise wurde er gegen das Weggeschwemmtwerden geschützt. Man könnte an eine Ausdehnung des Klimas auf die ganzen Alpen denken, wie es heute in der Val d' Aosta oder im Unterwallis herrscht (weniger ausgeprägt im Vintschgau, dessen hoch hinauf reichende Schuttkegel PENCK 1921, S. 95. mit der interglazialen Schutteinhüllung vergleicht); eine Ausdehnung des mediterranen Klimabereiches nach N, wie wir sie in den Sommern 1921 und 1928 erlebt haben, wäre immerhin vielleicht über längere Zeiträume denkbar und könnte sich in der angedeuteten Weise auswirken. Allerdings muß ich gestehen, daß mir in den genannten Gebieten nie aufgefallen ist, daß die Schuttentwicklung stärker wäre als anderwärts in den Alpen.

Und ganz entschieden gegen die Annahme eines semiariden Klimas steht das Zeugnis der fossilen Floren: Die Botaniker entnehmen daraus, daß das Klima im Mindel-Riß-Interglazial zwar günstigenfalls wärmer, dabei aber auch feuchter gewesen sei als das heutige (GAMS 1936, S. 62)! Mehr noch: Nach PENCK (1921, S. 120) handelt es sich in den Zwischenlagen der Höttinger Breccie um zwei altersverschiedene Floren, deren eine, jüngere zwar ein wärmeres³⁾ Klima als das heutige belegt, während die ältere überhaupt für ein vom gegenwärtigen nicht wesentlich verschiedenes spricht. Unter diesen Umständen wird man sich sehr fragen müssen, ob der klimatische Faktor wirklich für die Schutteinhüllung ausschlaggebende Wichtigkeit besitzt.

Sehen wir uns also nach einem anderen um! Da stoßen wir auf eine Macht, deren Wichtigkeit für geologische Vorgänge zwar oft betont, im einzelnen Falle aber vielleicht doch noch nicht immer im vollen Umfang gewürdigt wird: die Zeit.

Eine jede Felswand muß ja allmählich zu Schutt zerfallen, das ist eine geologische Binsenwahrheit. Und der Schutt muß sich — sofern er nicht auf irgend eine Weise abtransportiert wird — am Fuße der Felswand anhäufen, immer höher und höher, bis er endlich den obersten Rand der (inzwischen freilich erniedrigten und rückgewitterten) Felsen erreichen wird. Voraussetzung ist, daß die notwendige Zeit zur Verfügung

³⁾ Ein „etwas milderer Winterklima als das heutige“ wäre nach GAMS (S. 70) für die untere Fundstelle nur aus einigen, nicht ganz sicher bestimmbar Resten abzuleiten.

steht; dann wird der Vorgang schließlich diesen seinen natürlichen Abschluß erreichen. Klimatische und tektonische Faktoren können ihn fördern oder stören — je nach Umständen, die hier wohl nicht auseinandergesetzt zu werden brauchen. Aber was insbesondere die ersteren betrifft, so scheint mir gerade die Erfahrung aus den Alpen der Gegenwart zu lehren, daß durchaus keine extremen klimatischen Bedingungen notwendig sind, um eine weitgehende Schuttumhüllung ins Leben zu rufen.

Denn wir sehen heute tatsächlich fast überall in den Alpen Ablagerungen von Schutt vor sich gehen (vgl. dazu die Arbeiten von KÖEGL), wo sich Felswände erheben. — wenn auch in sehr verschiedenem Ausmaße, dessen Bedingtheit wohl noch genauerer Untersuchung bedürftig ist. Ob die Felswand ihren Fuß in den Hintergrund eines Kars niedersetzt, auf eine Talterrasse oder unmittelbar auf die Talsohle; ob sie selbst nur den Absturz einer Terrasse oder Talstufe darstellt oder ob sie von Grat und Gipfel gekrönt wird: in den allermeisten Fällen ist ihre Basis von Schuttkegeln und -Halden — frischen oder begrüneten — umgürtet. Die Fälle, in denen ein Bach oder Fluß den Schutt unmittelbar entfernt, treten der Häufigkeit nach viel mehr zurück (ausgenommen natürlich dort, wo eine steilwandige Schlucht eine Stufe usw. durchschneidet); man kann im Gegenteil häufig genug sehen, daß ein Wasserlauf einer größeren Schutthäufung — nicht nur von Bach-, sondern auch von Gehängeschutt — ausweicht, d. h. auf die Seite gedrängt worden ist: Die Anhäufung hat über die Erosion gesiegt (mindestens auf begrenztem Raum). Und wohl noch öfter findet die Ansammlung des Schuttes an Stellen statt, wo ihm die Abtragung überhaupt nicht ohne weiteres beikommen kann: nicht nur bilden flache Karböden, Gehängeleiten usw. die prächtigsten „Schutt-fallen“, sondern auch die Sohlen der meisten größeren Alpentäler sind so breit, daß der Fluß den Schutt der Bergflanken gar nicht oder doch nur stellenweise — an den Prallstellen konvexer Schlingenbögen — berühren kann; ganz gleich, ob das nun ein glazial ausgestaltetes U-Tal oder ein infolge tektonischer Einsenkung (Inntal unter Innsbruck) aufgeschüttetes Tal ist. Die obige Bedingung: kein Abtransport des Schuttes, ist also auch heute, trotz des vorwiegend humiden Klimas, weitgehend verwirklicht: Dafür sorgt die Gestaltung der Alpentäler und -hänge.⁴⁾

Die Einschüttung der Alpen geht also auch heute vor sich; und sie hat stellenweise schon recht beachtenswerte Ausmaße erreicht. Ich möchte da nicht so sehr auf die von PENCK angeführten riesigen Schuttkegel des Vintchgaus verweisen; denn das sind Bachschuttkegel, die allerdings zum Teil hoch in die auswerfenden Gräben hineingewachsen sind und Flächen von mehreren km² bedecken (ähnlich auch im Rheintal um Chur, im unteren Veltlin, u. a.). Allein es gibt auch trockene Schuttkegel von bemerkenswerter Größe. So sah ich gelegentlich meiner Aufnahmearbeiten in Osttirol im Sommer 1937 im Tauerntal nördlich Matri die Schuttkegel am Strichwandkogel und Daxerkogel, die vom Fuß der (noch

⁴⁾ Um Mißverständnissen vorzubeugen: Es gibt natürlich auch Stellen, an denen die Erosion mit dem sich anhäufenden Schutt fertig wird. Wir wissen aber nicht, ob es nicht auch in den Interglazialzeiten solche gegeben hat; um diese Möglichkeit auszuschließen, ist die Erhaltung der interglazialen Schutt-mäntel doch zu lückenhaft.

200 bis 300 m höher aufragenden) Felsen bei 2300 bis 2400 m zum Teil bis zur Talsohle bei 1200 bis 1300 m hinabreichen; sie sind zwar begrünt, aber, wie die zahlreichen umherliegenden Blöcke zeigen, immer noch in lebhafter Fortbildung — hauptsächlich durch Lawinen — begriffen. Einzelne Wasserrisse arbeiten wohl an ihrer Zerstörung, ohne aber viel auszurichten; denn gewöhnlich ist ihre Wassermasse gering, ihre Angriffe erfolgen auf einzelnen Linien, während die Schuttzufuhr sich über die ganze Oberfläche erstreckt. Dabei beherbergt das Tauerntal einen starken Gletscherbach; doch hat er die Schuttkegel nirgends so angeschnitten, daß für sie die Gefahr einer Aufzehrung durch rückschneidende Erosion zu erkennen wäre. — Ein anderes schönes Beispiel sind die größtenteils völlig nackten Schuttkegel des Piz Lagrev im Oberengadin (N-Seite des Silsersees), die vom Fuß der Felsen bei 2600 bis 2700 m in einer Flucht über 800 m, zum Teil bis zum Seespiegel, hinabziehen.

Wie mächtig solche Schuttanhäufungen sein können, läßt sich wohl nur in den seltensten Fällen einigermaßen genau ermitteln. Doch handelt es sich zweifellos oft um mehrere Zehner von Metern (womit keineswegs gesagt sein soll, daß dies allgemein die Regel wäre; jeder Aufnahmsgeologe weiß im Gegenteil Fälle, da er zuerst eine mächtige Schuttbedeckung vor sich zu haben glaubte, um dann zu seiner Überraschung in irgend einem Wasserriß oder Wegeinschnitt in geringer Tiefe den Felsgrund zu finden!). Ein wohl extremes Beispiel verdanke ich einer Mitteilung von O. AMPFERER: In einem Schuttkegel bei Wald am Arlberg, unterhalb des Spullersees wurde ein Stollen 54 m weit vorgerieben, ohne den Felsgrund zu erreichen. AMPFERER schätzt die größte Mächtigkeit dieses Schuttkegels auf 120 bis 150 m.

Dabei haben diese gewaltigen Schuttmassen zu ihrer Bildung verhältnismäßig wenig Zeit zur Verfügung gehabt. Rezent im strengsten Sinne des Wortes sind ja wohl die meisten größeren Schutthalden der Alpen nur in ihren obersten Lagen; sobald die Gletscher geschwunden, mußte die Schuttbildung einsetzen, so daß die tieferen Schichten des Schuttes vielfach noch in die Eiszeit zurückreichen werden. Gerade in den oben angeführten Fällen des Tauerntals und Oberengadins läßt sich nachweisen, daß der Gletscher des Gschnitz-Vorstoßes noch am Fuße der Berge gelegen hat, wo sich heute jene Schutthalden befinden. Es soll damit nicht behauptet sein, daß der Gschnitzgletscher jeden vorher am Gehänge befindlichen Schutt restlos durch Anschneiden von der Basis her entfernt haben müsse. Aber in der Hauptsache wird dies wohl geschehen sein und ein ungefähres Maß für die erforderliche Bildungszeit ist somit jedenfalls gegeben: Viel mehr als 10 000 Jahre kann dieselbe nicht betragen haben.

Man kann sich leicht ausmalen, was geschehen wird, wenn die Schuttanhäufung durch weitere 10, 20, 30 Jahrtausende oder noch länger ungestört vor sich geht: die Felsen werden immer mehr zerbröckeln, der Schutt immer höher hinaufwachsen und schließlich „über den Häuptern der Berge zusammenschlagen“. Wir sahen, daß in den oben mitgeteilten Fällen die Wassererosion nicht zu einer erfolgreichen Gegenwirkung in der Lage ist. Es ist also wohl nur eine Frage der Zeit — auch unter den heuligen klimatischen Verhältnissen —, daß das angedeutete Ziel er-

reicht, die Alpen in ihren nicht vergletscherten Teilen im wesentlichen zu einem Schuttgebirge werden.

Dann mag sich sekundär auch eine Verminderung der Mengen fließenden Wassers einstellen, die ihrerseits die Erosionsleistungen noch weiter herabsetzt. Schuttanhäufungen sind bekanntlich in der Lage, sehr große Anteile des Niederschlagswassers zu verschlucken, welche auf Felsuntergrund — soweit er nicht verkarstet ist — oberflächlich abfließen würden. Das Wasser pflegt dann freilich am unteren Ende des Schuttes gesammelt als Schuttquelle auszutreten; doch sind die Erosionsleistungen solcher im Schutt selbst meist sehr unbedeutend. Es werden also durch fortschreitende Verschüttung immer größere Flächenteile einer intensiven Erosion entzogen. Aber auch von den Flußtälern gilt Ähnliches: Ebenso wie ein Fluß in manchen Fällen an seine eigenen Alluvionen Grundwasser abgeben kann, so auch an Schuttkegel, die ihn von den Seiten her einengen. Es soll freilich nicht behauptet werden, daß die infiltrierten Grundwassermengen den Schuttmächtigkeiten proportional seien; es spielen ja auch da eine Menge sehr komplizierter Erscheinungen, wie Abdichtung durch tonige Lagen oder Versinterung, mit. Aber daß bis zu einem gewissen Grade die Grundwassermenge mit der Schuttmenge zunimmt, darf doch als sehr wahrscheinlich gelten.

Es ist also zu erwarten, daß sich im Lauf langer Zeiträume in einem tektonisch in Ruhe befindlichen Gebirge schließlich ein Gleichgewicht einstellen wird zwischen auf der einen Seite der Menge neu zuwachsenden Schuttes — die mit der fortschreitenden Aufzehrung und Einhüllung der freiliegenden Felsoberfläche ja von einem gewissen Zeitpunkte an abnehmen wird — und auf der anderen Seite der Erosionsleistung der freiliegenden Gewässer, die herabgesetzt wird, indem der Schutt Wasser verschluckt und damit die arbeitende Wassermenge verringert.

Nun wissen wir, daß die „große“ (Mindel-Riß-) Interglazialzeit sehr lange gedauert hat: nach PENCK (1909, S. 1162—1169) mindestens das Zwölfwache der seit Rückzug der Würmvergletscherung verfloßenen Zeit, d. h. rund 240 000 Jahre.⁵⁾ Mag diese Ziffer auch mit einem möglichen Fehler von vielleicht 50% behaftet sein, so gibt sie uns doch wenigstens eine ungefähre Vorstellung von der Größenordnung des fraglichen Zeitabschnittes.

Nach dem zuvor Gesagten können wir uns ganz gut vorstellen, daß ein derartig langer Zeitraum hinreichen mag, um die zum Himmel aufragenden Felsgebilde der Alpen weitgehend zu zerstören und in ihren eigenen Schutt einzuhüllen. Mit anderen Worten: die weitgehende Verschüttung der Alpen im Mindel-Riß-Interglazial wäre nichts anderes als die Funktion der langen Dauer eben dieser Interglazialzeit.

Daß in den anderen Interglazialzeiten Ähnliches in abgeschwächtem

⁵⁾ Ich zitiere diese Schätzung PENCK's, weil ich gegen die modernen Versuche einer absoluten Zeitbestimmung auf astronomischer Basis, offen gestanden, mißtrauisch bin. Solange wir nicht einmal wissen, wie die unter unseren Augen sich vollziehenden Gletschervorstöße eigentlich zustandekommen, solange scheint mir jede noch so genau mathematisch begründete Theorie der Eiszeiten verfrüht.

Ausmaße -- der kürzeren Dauer entsprechend -- erfolgt sein wird, das braucht wohl nicht weiter ausgeführt zu werden.

Eine Antwort erfordert noch die Frage: Was hat diesen Schutt wieder entfernt? Denn was heute noch davon vorhanden, sind im ganzen genommen doch nur klägliche Reste -- so viel es im einzelnen Falle mancherorts scheinen mag.

Man mag da einmal an tektonische Vorgänge denken, die die Erosion neu belebt haben. Eine Ablagerung von Schutt im Abtragungsgebiet selbst zeigt ja Stillstand der Erosion an: Sie kann nur stattfinden, wenn dieser keine neue Möglichkeit zur Betätigung geschaffen wird, d. h. in Zeiten tektonischen Stillstandes. Nun scheint aber ein solcher während des Mindel-Riß-Interglazials nicht überall in den Alpen geherrscht zu haben. So ist zum Beispiel die tiefe Zerschneidung des Schweizer Alpenvorlandes in dieser Zeit erfolgt, und wir wissen sogar, daß das Gefälle der Deckenschotter-Sohle sich damals versteilt hat (PENCK & BRÜCKNER 1909, S. 403, 408, 474; R. FREI 1912, S. 141).⁶⁾ Das deutet also auf eine Hebung der Schweizer Alpen in dieser Zeit hin. In den Ostalpen hat eine solche mindestens nicht das gleiche Ausmaß erreicht. Und wir können fragen: Hängt das Fehlen, beziehungsweise die Seltenheit interglazialer Gehängebreccien in den Westalpen eben mit dieser Hebung zusammen? Und gilt Gleiches vielleicht auch bezüglich der zentralen Ostalpen -- sind auch sie gegenüber den Kalkalpen noch jung gehoben worden? Man könnte die heutige Gipfelhöhenverteilung zum Teil wenigstens noch auf solche jungen Vorgänge⁷⁾ beziehen. Jedenfalls wäre dies eine Möglichkeit, das sonst unverständliche Fehlen oder mindestens Zurücktreten der Gehängebreccien in jenen Alpentteilen zu erklären.

Andererseits kann man für ihre Zerstörung die Gletscher der nachfolgenden Vereisungen verantwortlich machen. (Als Schuttaufräumer ist ja der Gletscher, der auf breiter Fläche angreift und sich fast unbegrenzt mit Blöcken jeder Größe beladen kann, dem fließenden Wasser bis zu einem gewissen Grade überlegen!) Insbesondere sprechen dafür gewisse Feststellungen, die schon AMPFERER 1907 machen konnte: daß die interglazialen Breccien nordschauende Gehänge fast ganz und Kare gänzlich meiden; auf jenen hielt sich das Eis ja länger als bei andersartiger Exposition, und Kare sind überhaupt die Hauptstätten glazialer Ausräumung. Es ist auch leicht verständlich, wenn unverfestigt gebliebene Schuttmassen kalkfreier Gegenden (beziehungsweise an ihrer Stelle abgelagerte Lehme? vgl. oben!) der Gletschertätigkeit am schnellsten zum Opfer gefallen sind; dies wäre also eine zweite Möglichkeit, das Fehlen interglazialer Breccien

⁶⁾ FREI verlegt zwar die Hebung wesentlich in die Präglazialzeit, gibt aber (S. 166) die Möglichkeit ihrer Fortdauer während des Eiszeitalters zu.

⁷⁾ Daß solche, zum Teil bis heute fortdauernde Bewegungen existieren, wird ja vielfach angenommen und scheint auch mir in manchen Fällen sehr wahrscheinlich. Für die Frage der Erhaltung interglazialer Breccien aber ist damit an sich nicht viel gewonnen. Das Inntal unterhalb Innsbruck zum Beispiel ist ziemlich sicher in jungquartärer Zeit relativ gesenkt worden (AMPFERER 1921). Wenn nun auf seiner N-Seite die Höttinger Breccie erhalten geblieben ist, auf der S-Seite aber Äquivalente derselben fehlen, so könnte das auf diesem Wege nur verstanden werden, wenn auf der S-Seite die Belebung der Erosion, also die Versteilung der Gehänge, wesentlich stärker war als auf der N-Seite.

in den Zentralalpen zu erklären — die freilich in manchen Fällen, nämlich für die kalkreichen Gegenden (zum Beispiel der Tauern), versagt.

Und beide angedeuteten Erklärungen versagen für Gegenden wie das Semmeringgebiet, das weder in ausgedehntem Umfange vergletschert war⁸⁾ noch auch in irgend nennenswertem Ausmaße jung bewegt worden ist, wie sich zeigen läßt (CORNELIUS 1938 a, S. 141); wo aber trotzdem die Gehängebreccien⁹⁾ gerade so wie anderwärts nur noch in einzelnen Erosionsresten vorliegen, also auch zum großen Teil zerstört worden sein müssen. Muß man da etwa auch eine erhöhte Wassererosion während der Vereisungsperioden heranziehen, bedingt entweder durch die jahreszeitlichen Schmelzwässer der Gletscher und Firnansammlungen oder durch allgemeine Steigerung der Niederschläge (über die ja die Ansichten noch auseinandergehen)? Es gibt ja auch sonst manche Dinge, die sich am besten auf diese Weise deuten ließen, zum Beispiel Erosionsschluchten in anstehendem Fels, in denen heute überhaupt kein Wasser mehr fließt (Kesselgraben an der Rax; Dürrtalgraben an der Hochveitsch u. a.) — für die es kaum eine andere Erklärungsmöglichkeit geben dürfte.¹⁰⁾ Aber selbstverständlich müßte eine solche gesteigerte Wassererosion im ganzen periglazialen Gebiet wirksam gewesen sein. Man käme dann also zu dem Ergebnis, daß nicht so sehr für die Ablagerung als vielmehr für die Wiederentfernung der Schuttmassen klimatische Bedingungen maßgebend gewesen wären, die von den heutigen abwichen.

Jedenfalls bieten die interglazialen Gehängebreccien in mancher Hinsicht Gelegenheit, zur Aufhellung der jüngsten Gebirgsgeschichte beizutragen — Grund genug, ihnen volle Aufmerksamkeit zu widmen!

Zusammenfassung:

Gehängebreccien sicher oder wahrscheinlich interglazialen Alters sind vor allem aus den Kalkzonen der Ostalpen bekannt, fast gar nicht aus den Zentralalpen (soweit sie Hochgebirge sind) und aus den Westalpen. Ihre Anhäufung kann weder tektonisch noch auch klimatisch bedingt sein — gegen letzteres sprechen die Fossilreste in der Höttinger Breccie. Dagegen wird zu zeigen versucht, daß eine weitgehende Schuttumhüllung des Gebirges auch unter den heutigen Bedingungen erfolgen muß, wenn nur genügend Zeit dafür zur Verfügung steht — was besonders im Mindel-Riß-Interglazial der Fall gewesen sein muß. Die Folge tektonischer Eingriffe oder von Änderung des Klimas (während der Vereisungsperioden!) wäre nicht die Anhäufung, sondern vielmehr die Wiederausräumung des Schuttes; auch die angeführten regionalen Verschiedenheiten im Auftreten der Breccien könnten fallweise auf einen dieser Vorgänge zurückgeführt werden.

Angeführtes Schrifttum

AMPFERER, O.: Über Gehängebreccien der nördlichen Kalkalpen. — *Jb. geot. Reichsanst.* **57**, S. 727. Wien 1907.

AMPFERER, O.: Geologische Untersuchungen über die exotischen Gerölle und die Tektonik niederösterreichischer Gosauablagerungen. *Denkschr. Akad. Wiss. Wien, math.-naturw. Kl.* **96**, S. 1. Wien 1918.

⁸⁾ Wenn auch die Vergletscherung zweifellos bedeutender war, als bis vor kurzem angenommen; vgl. CORNELIUS 1933, 1938.

⁹⁾ Bezüglich ihres Alters gilt freilich der obenstehende Vorbehalt — jedoch nur für das Semmeringgebiet im engeren Sinne, nicht aber für die mit Gehängebreccien reich gesegneten steirisch-niederösterreichischen Kalkalpen!

¹⁰⁾ Näheres gelegentlich in anderem Zusammenhang.

- AMPFERER, O.: Über die Bohrung von Rum bei Hall in Tirol und quartäre Verbiegungen der Alpentäler. -- Jb. geol. Staatsanst. **71**, S. 71—84. Wien 1921.
- AMPFERER, O.: Geologische Karte der Lechtaler Alpen in 4 Blättern 1:25.000 und Erläuterungen dazu. Geol. Bundesanst. Wien 1932.
- AMPFERER, O.: Geolog. Führer für das Kaisergebirge und Karte 1:25.000. Geol. Bundesanst. Wien 1933.
- AMPFERER, O.: Geolog. Führer für die Gesäuseberge mit Karte 1:25.000. Geol. Bundesanst. Wien 1925.
- AMPFERER, O.: Höttinger Breccie und Hafelekar. -- Führer f. d. Quartärexkursionen in Österreich **2**, S. 56. Geol. Bundesanst. Wien 1936.
- CLAR, E.: Die „Eggenberger Bresche“ und das Alter einiger Formengruppen im Bergland von Graz. -- Z. Geomorph. **8**, S. 279. Berlin 1935.
- CORNELIUS, H. P.: Die eiszeitliche Vergletscherung im Semmeringgebiet. -- Z. Glkde. **21**, S. 197, Berlin 1933.
- CORNELIUS, H. P.: Die eiszeitliche Lokalvergletscherung in den Kalkalpen des Oberen Mürztales. -- Z. Glkde. **25**, S. 248. Berlin 1938.
- CORNELIUS, H. P.: Tertiär und Quartär im Mürztal oberhalb Kindberg und seinen Nachbartälern. -- Jb. geol. Bundesanst. **83**, S. 141. Wien 1938 (a).
- CORNELIUS, H. P. & E. CLAR: Geol. Karte des Großglocknergebietes 1:25.000 und Erläuterungen. Geol. Bundesanst. Wien 1935.
- CORNELIUS, H. P. & E. CLAR: Die Großglockner-Hochalpenstraße. in: Führer f. d. Quartärexkursionen in Österreich. Geol. Bundesanst. Wien 1936.
- FREI, R.: Monographie des Schweizerischen Deckenschotter. -- Beitr. Geol. Karte Schweiz, N. F. **37**, Bern 1912.
- GAMS, H.: Die Flora der Höttinger Breccie. -- Führer f. d. Quartärexkursionen in Österreich **2**, S. 67. Geol. Bundesanst. Wien 1936.
- HEIM, A.: Geologie der Schweiz. Leipzig 1919--1922.
- HERITSCHE, F.: Die Entstehung der Hochgebirgsformen. Graz 1927.
- KOEGEL, L.: Beobachtungen an Schuttkegeln in den Ammergauer Bergen. -- Mitt. geogr. Ges. München **14**, München 1920.
- KOEGEL, L.: Die Pflanzendecke in ihren Beziehungen zu den Formen des alpinen Hochgebirges. -- Ostalp. Formenstudien **1/5**, Berlin 1923.
- KOEGEL, L.: Der Schuttmantel unserer Berge. -- Z. D. u. Ö. Alpenver. **55**, S. 1, München 1924.
- LAIS, R.: Zwischen Maas und Mosel. -- Die Kriegsschauplätze 1914 bis 1918 geol. dargestellt. Heft **3**, Berlin 1925.
- OBERTOLZER, J.: Geologie der Glarner Alpen. -- Beitr. geol. Karte Schweiz, N. F. **28**, Bern 1933.
- PENCK, A.: Die Höttinger Breccie und die Inntalterrasse nördlich Innsbruck. -- Abh. preuß. Akad. Wiss. 1920. phys.-math. Kl. **2**, Berlin 1921.
- PENCK, A.: Die Terrassen des Isartales in den Alpen. -- Abh. preuß. Akad. Wiss., math.-phys. Kl. **1922**, S. 182. Berlin 1922.
- PENCK, A.: Alte Breccien und junge Krustenbewegungen in den bayrischen Alpen. -- Sber. preuß. Akad. Wiss., math.-phys. Kl. **17**, S. 330, Berlin 1925.
- PENCK, A. & E. BRÜCKNER: Die Alpen im Eiszeitalter. I—III, Leipzig 1909.
- SCHWINNER, R.: Kristallines Erratikum in 2650 m Meereshöhe auf dem Hauptkamm der Brentagruppe (Südwesttirol). -- Verh. geol. Reichsanst. **1912**, S. 173, Wien 1912.
- WEHRLI, H.: Monographie der interglazialen Ablagerungen im Bereiche der nördlichen Ostalpen zwischen Rhein und Salzach. -- Jb. geol. Bundesanst. **78**, S. 363, Wien 1928.
- SPENGLER, E.: Blatt Schneeberg—St. Ägyd. -- Erl. geol. Spezialkarte Österreich 1:75.000, Geol. Bundesanst. Wien 1931.