

Wichtige Mitteilung!

Wenn unsere Zeitschrift („Mitteilungen“) den ihr zugesetzten Zweck, die Ergebnisse der höhlenkundlichen Forschung allen Interessenten zu vermitteln, wirklich erfüllen soll, dann ist es notwendig, daß diese Arbeit nicht allein dem Vorstand im engeren Sinne überlassen bleibt. Es muß allen an unserer Wissenschaft Interessierten **eine Ehrenpflicht** sein, daran mitzuarbeiten. Das kann geschehen: **direkt** durch Übermittlung von wertvollen Nachrichten höhlenkundlicher Natur und **indirekt** durch die wirtschaftliche Unterstützung unserer Gesellschaft, so vor allem durch **Beitritt** zu unserer Gesellschaft oder durch **Bezug** unserer „Mitteilungen“ oder durch Werbung neuer **Mitglieder** oder **Abonnenten**.

In wirtschaftlicher Beziehung ist gerade jetzt eine besondere Unterstützung notwendig, um unseren „Mitteilungen“ die errungene wissenschaftliche Stellung zu erhalten; — die uns sonst in ausreichendem Maße zugeflossenen Unterstützungen und Druckzuschüsse verschiedenster staatlicher und privater Institutionen bleiben leider infolge des überall so sehr stark gekürzten Etats zum Teil aus.

Der Beitrag eines jeden neu hinzugekommenen Mitgliedes oder Beziehers unserer „Mitteilungen“ setzt uns in die Lage, unsere Forschungen zu erweitern und die Zeitschrift sowohl hinsichtlich des textlichen Umfangs wie auch in bezug auf die Ausstattung mit Illustrationen und Plänen zu vervollständigen.

Benutzen Sie den dieser Nummer beigelegten Prospekt zur Werbung!

Bringen Sie unserer Wissenschaft dieses kleine Opfer!

Geologisch-morphologische Untersuchungen im Partnachtal des Wettersteingebirges.

Von Florian Heller und Rudolf Nieder in Gießen,
Geologisch-paläontologisches Institut.
(Mit 2 Tafeln und 5 Abbildungen).

Vorwort.

Im August 1931 nahmen wir im Gebiete des oberen Partnachtals im Wettersteingebirge einen längeren Aufenthalt, um daselbst einige morphologisch-geologische Untersuchungen vorzunehmen, über deren Ergebnisse im Nachstehenden ausführlicher berichtet werden soll.

Die Anregung zu unseren Untersuchungen verdanken wir den Herren Landgerichtsrat Dr. Benno Wolf und Geheimrat Prof. Dr. A. Penck, beide in Berlin. Letzterer hat uns namentlich auch durch verschiedene wissenschaftliche Ratschläge wertvolle Unterstützung gewährt. Daß wir unsere Arbeiten trotz der wirtschaftlichen Nöte der gegenwärtigen Zeit erfolgreich durchführen konnten, verdanken wir in erster

Linie der Hilfsbereitschaft interessierter Kreise. So hat uns die Sektion München des Deutsch-Österreichischen Alpenvereins auf ihren Unterkunftshäusern (Anger- und Knorrhütte) wesentliche Vergünstigungen gewährt und auch sonst finanziell unterstützt. In liebenswürdiger Weise hat uns die Bayerische Landesstelle für Gewässerkunde ihre Ergebnisse der Messungen der Niederschlags- und Abflußmengen in unserem Arbeitsgebiet zur Verfügung gestellt, wofür wir ebenfalls bestens danken.

Größtes Entgegenkommen fanden wir bei der Bayerischen Zugspitzbahn-Aktiengesellschaft, Garmisch, der wir zu ganz besonderem Dank verpflichtet sind. Nicht unerwähnt lassen möchten wir die wesentliche Erleichterung wissenschaftlicher Arbeiten im Zugspitzgebiet durch den Bau der Bayerischen Zugspitzbahn.

Durch bereitwillige Mithilfe hat die Bayerische Zugspitzbahn den Druck dieser Arbeit ermöglicht. Hierfür sei ihr und deren unseren Interessen so nahestehenden Direktor Mösllein der wärmste Dank ausgesprochen.

Endlich sind wir auch Herrn Prof. Dr. Harrassowitz - Giessen zu Dank verpflichtet, der uns den für unsere Untersuchungen erforderlichen Urlaub bereitwilligst gewährte.

Einleitung.

Unweit der Angerhütte, am oberen Ende des Unteren Angers entspringen mehrere starke Quellen, deren Wasser die Partnach speisen, die als beachtlicher Bach durchs Reintal der Loisach zueilt. Die gewaltige Wasserschüttung der Partnachquellen ist geradezu erstaunlich und man muß sich eigentlich wundern, daß hierüber noch keine wissenschaftlichen Untersuchungen angestellt worden sind. Der Grund ist wohl der, daß der Partnachursprung etwas abseits vom gewöhnlichen Touristenpfad liegt und sich kaum jemand Zeit nimmt, den kleinen aber lohnenden Umweg über die Partnachquellen zum Zugspitzgipfel zu machen. Die merkwürdige Lage der Quellaustritte und ihr großer Wasserreichtum geben zu verschiedenen Fragen Anlaß. Ist der Partnach-Ursprung eine gewöhnliche Tal- oder eine Karstquelle? Und wie ist die eigentümliche Lage der Quellaustritte hart am Rande der nördlichen Talflanke zu erklären? Diese Fragen sollen durch unsere Untersuchungen eine Klärung erfahren. Zu diesem Zweck erwies sich die Berücksichtigung einer Reihe anderer geologischer und morphologischer Fragen, die sich mit der allmählichen Entstehung und Entwicklung des heutigen Partnachtals beschäftigen, als wünschenswert und notwendig.

I. Morphologie und Hydrographie.

Das Partnach- oder Reintal ist ein typisches Alpental, das durch seine interessante Klammbildung kurz vor dem Ausgang ins Loisachtal eine gewisse Berühmtheit erlangt hat. Hier hat sich das Wasser der Partnach im Laufe der Jahrtausende immer tiefer in die aus Partnach- und Muschelkalkschichten bestehende Mündungsstufe eingesägt. Talaufwärts wechseln mehrmals Strecken mit schwächerem Gefälle und Aufschotterung und solche mit kleineren und größeren Steilstufen mit-



Fig. 1. Hauptquelltrichter der Partnach.



Fig. 2. Partnach kurz unterhalb des Hauptquellentrichters.



Fig. 1. Alter und neuer Quelltrichter der Partnach.

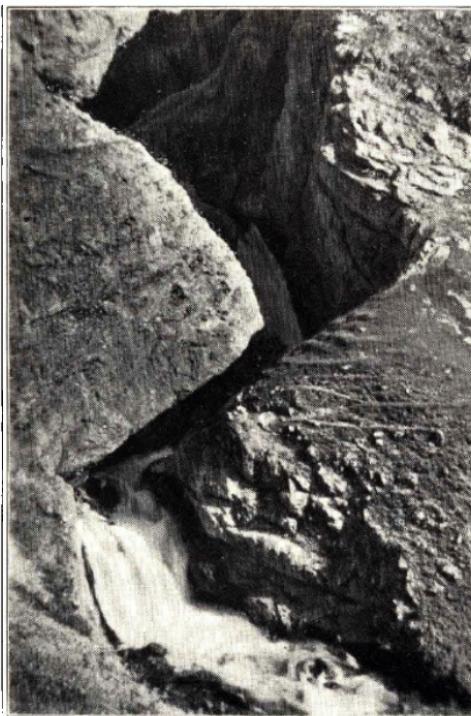


Fig. 2. Am Partnach-Ursprung.

einander ab. Zwischen Partnachklamm und Talschluß sind drei solcher Steilstufen zu beobachten. Die beiden ersten hat die Partnach in der Mitter- und Hinterklamm beinahe vollständig überwunden; die dritte aber zwingt sie vorerst noch zur Bildung eines größeren Wasserfalls. Das Talstück zwischen Hinterklamm und Wasserfall gehört zu den landschaftlich schönsten und zugleich interessantesten Stellen im oberen Partnachtal. Es ist stark übertieft und durch Schottermassen aufgefüllt. Hier hat auch die Partnach durch gewaltige Bergstürze, die erst in geschichtlicher Zeit erfolgt sein sollen, eine Aufstauung erfahren, die zur Bildung kleiner Stauseen (Gumpen) geführt hat. Die hintere Blaue Gumpen ist heute mit Schutt und Geröll fast vollständig wieder ausgefüllt und wird von zahlreichen kleinen Rinnalen durchströmt. Die vordere Blaue Gumpen dagegen, der nur wenig Schutt zugeführt wird, ist noch in ihrer ganzen Schönheit erhalten und wird wegen der herrlichen tiefblauen Färbung ihres Wassers von allen Besuchern des Reintals gebührend bewundert. Oberhalb des Partnachfalles verbreitert sich das Tal zum Unteren Anger, einem nur wenig geneigten Gelände von etwa $\frac{3}{4}$ km im Quadrat. Am oberen Ende desselben befinden sich, wie bereits eingangs erwähnt, die Partnachquellen, Taf. I, Fig. 1, deren Wasser anfänglich ein kurzes Stück in einer etwa 2 m breiten zickzackförmig verlaufenden Rinne, Taf. I, Fig. 2, im anstehenden Wettersteinkalk dahinfließt, dann aber sich den weiteren Weg durch Schuttablagerungen bahnen muß. Wenige Meter oberhalb des heutigen Partnachursprunges erweitert sich eine schmale Rinne zu einem kleinen Kessel, Taf. II, Fig. 1, der gewöhnlich trocken liegt, aber bei reichlichen Niederschlägen und besonders zur Zeit der Schneeschmelze einen Teil der vom Kirchkar abfließenden Wassermengen aufnimmt und der Partnach zuführt.

Etwa 150 m über dem Partnachursprung und in zirka 1600 m Höhe zeigt sich an den Steilwänden die Öffnung einer schwer zugänglichen Höhle, die erstmalig von uns befahren und untersucht wurde. Über die Ergebnisse dieser Höhlenuntersuchung soll später berichtet werden.

Vom Unteren Anger führt eine kleine Geländestufe zum etwa gleichgroßen Oberen Anger, der mit gewaltigen Schuttmassen bedeckt ist, die zum Teil von Moränen und niedergegangenen Lawinen stammen, zum Teil aber auch auf Bergstürze, die erst in jüngster Zeit erfolgten (18) zurückzuführen sind. Der großartige Talschluß des Partnachtals endet mit einer Steilstufe, deren Passierbarkeit nur dem riesigen Schuttmantel, der sich hier im Laufe der Zeit abgelagert hat, zu verdanken ist.

Im Querprofil zeigt das Reintal mit Ausnahme der Steilstufenabschnitte mehr oder weniger deutlich trogförmigen Charakter. Die steilen Hänge sind fast überall von Schuttstreifen begleitet. Hangstufen lassen sich an vielen Stellen beobachten, wenn auch die höhergelegenen, namentlich talauswärts teilweise verwischt sind. Der präglaziale Talboden läßt sich ziemlich genau verfolgen. Beim Partnachursprung beginnend, macht sich an beiden Talfanken zirka 200 m über der heutigen Talsohle ein deutlicher Gefällsknick bemerkbar, der etwa in

gleicher Höhe wie die schon erwähnte Höhle über der Partnachquelle verläuft und einen älteren Talboden andeutet.

Eine zweite, weniger scharf ausgeprägte und auch nur stellenweise erhaltene Hangstufe liegt etwa 50 m über dem heutigen Partnachbett. Die kleineren Höhlen, die besonders in der Nähe der Blauen Gumpen in den Steilhängen in verschiedener Höhe auftreten, dürften die Reste alter Gerinne darstellen. Die Zone der schroffen Felsformen beginnt im allgemeinen in einer Höhe von 500—700 m über der Partnach. Auch sie enthält einige kleinere Höhlen, von denen hier nur die eine am Westhang des Brunntalkopfes (2300 m über NN) besonders erwähnt sei.

Die Entwässerung der Hänge des Reintals erfolgt zum weitaus größten Teil oberirdisch. Ihre Steilheit gestattet den Niederschlägen kein tieferes Eindringen. Die geringen Mengen des eingedrungenen Wassers aber fließen auf den stark talwärts geneigten Schichtflächen des Wettersteinkalkes bald wieder aus. So kommt es, daß bei Regenwetter von allen Seiten gewaltige Wassermengen in Form von Wasserfällen und Wildbächen der Partnach zugeführt werden, was wir im regenreichen Sommer 1931 besonders gut beobachten konnten. Die kleinen Höhlenöffnungen in den Steilwänden lieferten auch bei den ergiebigsten Regengüssen kein Wasser, woraus zu schließen ist, daß diese Hohlräume heute vollständig trocken liegen. Der Schuttmantel, der die Hänge begleitet, ist allein imstande größere Wassermengen aufzunehmen und dieselben längere Zeit festzuhalten. Einige Quellen, die diesem Schuttmantel entspringen, finden sich in der Nähe der Angerhütte und sind unter dem Namen Gsundbrünnl bekannt.

Die bereits erwähnte Steilstufe, die den Abschluß des Reintals bildet, führt hinauf zum Platt. Da sie zum Teil mit Schutt eingedeckt ist, kann ihre Höhe nur annähernd bestimmt werden, sie mag rund 150 m betragen. In der Nähe der Ostermeiers-Ruh (zirka 1600 m) befinden sich ebenfalls zahlreiche Höhlen als Reste ehemaliger Gerinne. Sie mögen einst mit der Höhle über der Partnachquelle in Verbindung gestanden haben, sicher gehörten sie dem gleichen Entwässerungssystem an. Bei zirka 1650 m ist das obere Ende der eigentlichen Steilstufe erreicht. Der weitere Anstieg zum Platt ist weniger steil und führt teilweise über gewaltige Moränenschutthalden. Erst in 2000 m Höhe beginnt das eigentliche Platt, das diesen Namen etwas zu Unrecht führt; denn es ist kein Plateau, wie man aus dem Namen schließen möchte, sondern eine flachwellige, mehr oder weniger langsam ansteigende Felswüste, die in einem merkwürdigen Gegensatz zu den umrahmenden schroffen Gebirgskämmen steht. Der Landschaftscharakter hat sich plötzlich vollkommen geändert. Die erosive Talgestaltung hat aufgehört. Wohl finden wir auch auf dem Platt einige talartige Hohlformen, wie z. B. das Brunntal. Aber diese Rinnen sind Trockentäler, die nur bei starken Niederschlägen oder dann Wasser führen, wenn bei Schneeschmelze der Untergrund noch fest gefroren ist und alle Spalten und Fugen mit Eis auszementiert sind. Das gesamte Platt ist stark verkarstet, ein Karrenfeld von großem Ausmaß, wie wir es ähnlich im Gottesackerplateau, im Steinernen Meer und vielen anderen Stellen unserer nörd-

lichen Kalkalpen wiederfinden. Im unteren Teil des Platts ist die Verkarstung noch nicht besonders weit fortgeschritten und beschränkt sich in der Hauptsache auf Karrenbildung, während größere Karsterscheinungen, wie Trichter und Einsturzdolinen, seltener zu beobachten sind. Das vorherrschende Spalten- und Kluftsystem bevorzugt die Richtungen Nord—Süd, Ost—West und Nordost—Südwest und ist weitgehend zu Haupt- oder Grundfurchen und Nebenfurchen der Karrenfelder umgestaltet. Die Hauptfurchen lassen sich oft auf große Entferungen hin verfolgen bis sie unter der Grasnarbe verschwinden. Die Tiefe der Karrenfurchen ist großen Schwankungen unterworfen aber ihre genaue Messung ist erschwert oder unmöglich gemacht durch ihre Ausfüllung mit Schutt und Humus. Ebenso wechselnd wie die Tiefe ist auch die Breite und Entfernung der einzelnen Karrenfurchen voneinander. Vereinzelt kommen bis 15 cm im Durchmesser haltende röhrenartige Löcher vor, die im Falle der Schichten liegen. Häufiger sind kleinere, schachtartige Löcher von wechselnder Form und Größe, die an größere Spalten gebunden sind und vertikal verlaufen. Wenn sie auch in der Regel nur wenige Meter tief sind, so kommen doch gelegentlich auch solche von 10 m Tiefe und darüber vor.

Gegen die Mitte des Platts zu wird die Verkarstung stärker. Die Karrenfurchen werden tiefer und breiter, talartige Ausweitung treten auf, die den NO—SW gerichteten Klüften folgen, und trichterartige Vertiefungen (Einsturzdolinen) werden immer häufiger. Je mehr wir uns dem Ferner nähern, desto stärker wird die Überstreuung der Karrenfelder und Hohlformen mit Moränenschutt. Rundlich begrenzte Gesteinsanhäufungen mit Strudelstruktur, welche die Versinkungsstellen im Tiefsten der Karsthohlformen bezeichnen und bisher nur vereinzelt auftraten, werden immer zahlreicher. Sie wachsen mehr und mehr zusammen und füllen den Grund der immer größere Ausmaße annehmenden Hohlformen allmählich aus. Kleine trichterförmige Vertiefungen innerhalb der vollständig mit Schutt erfüllten Dolinen und sonstigen Hohlformen bezeichnen die Hauptversickerungsstellen. Die Begehung des obersten eis- und moränenfreien Platts ist nicht ungefährlich; denn oft bilden nur wenige Zentimeter dicke Gesteinsschichten die Decke der darunter befindlichen großen Hohlräume. Eine geringe Belastung oder Erschütterung genügt, um diese dünne Decke zum Einsturz zu bringen, und so trifft man immer wieder Stellen, wo frisches Verbruchsmaterial anzeigt, daß erst vor kurzem ein Einsturz stattgefunden hat. Karstrichter reiht sich an Karstrichter und das ganze Gelände erweckt den Eindruck eines mit Granatrichtern übersäten Schlachtfeldes.

Am Fernerrande ist das verkarstete Gestein mit gewaltigen Moräenschuttmassen überdeckt. Das Schmelzwasser des Ferners versickert in diesem Schutt und wird durch die ausgeweiteten Klüfte des Wettersteinkalkes in die Tiefe geführt. Das Gestein ist infolge der großartigen Verkarstung durchlöchert wie ein Sieb und gewöhnlich imstande, auch größere Wassermengen rasch aufzunehmen, so daß nichts oberflächlich abzufließen braucht. Nur bei besonders starken Niederschlägen oder wenn Bodenfrost das Eindringen des Schmelzwassers erschwert, werden

auch die sonst immer trocken liegenden talförmigen Rinnen des Platts, wie das Brunntal und der Brunntalgraben, wasserführend und vermitteln vorübergehend den oberirdischen Ablauf eines Teiles der Wassermassen. Die Tatsache, daß über einigen der größeren Karsttrichter im Winter kein Schnee liegen bleibt, beweist, daß sich im Innern des Platts bedeutende Hohlräume befinden müssen, die mit der Außenwelt offenbar in mehr oder weniger direkter Verbindung stehen. Wegen der starken Verkarstung sollte man eigentlich auf dem gesamten Platt keinerlei Quellen erwarten und doch können an zwei Stellen Wasseraustritte beobachtet werden. Die eine Quelle befindet sich in unmittelbarer Nähe der Knorrhütte, versorgt dieselbe mit gutem Trinkwasser und führt darum auch den Namen „zum guten Wasser“. Wahrscheinlich kommt das Wasser vom kleinen Schneeferner oder auch vom Weißen Tal und wird durch eine Störung gezwungen vorzeitig zutage zu treten. Der zweite Wasseraustritt befindet sich in etwa 1800 m Höhe im Brunntalgraben. Es ist das sogenannte Veitel-Brünnl, das nur geringe Wassermengen liefert, die an steil einfallenden Schichtfugen austreten und in einer Holzrinne künstlich aufgefangen werden. Wo aber treten die riesigen Wassermengen, die alljährlich auf dem Platt versickern, wieder zutage? Es kommt wohl kaum eine andere Stelle in Betracht als der Partnachursprung. Das soll in den später folgenden geologisch tektonischen Ausführungen bewiesen werden.

Die Höhle über der Partnachquelle.

Wie bereits erwähnt, befindet sich zirka 100—150 m über der Partnachquelle die Öffnung einer kleinen Höhle, die vorher noch niemals besucht worden war. Ein zufällig auf der Angerhütte anwesender Herr (Franz Fischer aus München) erbot sich uns zu begleiten und leistete uns als erfahrener Bergsteiger beim Aufstieg wertvolle Dienste. Der weg- und pfadlose Anstieg war ziemlich beschwerlich, im letzten Teil auch nicht ganz ungefährlich, namentlich dort, wo es über eine glatte, von Wasser überrieselte, steil gegen das Partnachtal abfallende Schichtfläche hinwegging. Im losen Verbruchmaterial ging es noch ein Stück ziemlich steil aufwärts bis wir endlich vor dem Höhleneingang standen. Die Höhle selbst, die an einer zirka 60° streichenden Kluft angelegt ist, bietet nicht gerade viel des Interessanten. Ihre Länge beträgt zirka 30 m, die Breite 10 m und die Höhe 8—10 m. Der leicht nach außen geneigte, ziemlich ebene Höhlenboden ist mit grobkantigem Schutt bedeckt, der nur wenig Anätzungserscheinungen zeigt. Ferner sind größere Ansammlungen von feinem, gelben, plastischen Lehm vorhanden, der offenbar durch Spalten von oben her eingeschwemmt wurde. Weitere Einlagerungen in der Nähe des Höhleneingangs sind von knollig-traubenförmiger Gestalt. Dieses Gestein besteht im wesentlichen aus einer tonig-dolomitischen Grundmasse, die wahrscheinlich als Auflösungsrückstand des Wettersteinkalkes anzusprechen ist. Es enthält auch Beimengungen von wenig zersetzen Muskovitschüppchen, Quarzkörnchen sind selten. Das Bindemittel ist Kalzit. Alles spricht dafür, daß diese merkwürdigen Einlagerungen aus feinem und feinstem Ein-

schwemmungsmaterial hervorgegangen sind, das nachträglich eine Verfestigung erfuhr.

Die Höhlendecke läuft dem Höhlenboden ziemlich parallel. Sie ist im Laufe der Zeit durch Verbruch stark umgebildet worden, so daß von den ursprünglichen Höhlenformen wenig mehr zu erkennen ist. Die Höhle schließt auf der rückwärtigen Seite mit einer schrägen Wand ab und zeigt bergwärts keinerlei Fortsetzung, auch nicht in Gestalt einer starken Verengung. Spärliche Spuren einer Versinterung finden sich hauptsächlich an der rückwärtigen Höhlenwand in Gestalt von pilzförmigen Wandzapfen, an manchen Stellen auch als montmilchartiger Überzug. Wasser sickert aus fast allen Schichtfugen in kleinen Mengen heraus, versickert aber sofort wieder im Schutt des Höhlenbodens. Von besonderem Interesse sind einige Gravitationsgerinne, die sich an der nordwestlichen Höhlenwand befinden. Ihr Wasser verschwindet ebenfalls im Höhlenschutt. Diese Wasserröhren sind insofern wichtig, als sie uns Aufschluß geben können über die Entstehung der Höhle. Sie ist offenbar aus einem alten horizontalen Gerinne hervorgegangen und stellt einen Sammelstrang dar, der nicht vom Bergesinnern gespeist wurde, sondern seinen Zufluß in der Hauptsache durch vertikale Röhren von oben her bekam. In ähnlicher Weise kann man sich vielleicht die unterirdische Ausgestaltung des Platts vorstellen.

II. Gebirgsbau und Störungssysteme.

Wie sich das Gebiet des Wettersteingebirges schon orographisch als eine ziemlich geschlossene Einheit darstellt, so kommt ihm auch in geologischer Beziehung eine ähnliche Bedeutung zu. Das findet schon deutlich in dem Streit der Meinungen über die geologische Stellung des Wettersteingebirges im Rahmen größerer Einheiten seine Bestätigung. Sowohl seine Zuordnung zu irgendeiner Decke der Kalkalpen als auch die Annahme autochthoner Lagerung bietet gleicherweise Schwierigkeiten, da sich die jeweiligen Argumente nicht auf alle Teile des Gebirges beziehen lassen. Am Schluß dieses Kapitels soll zu diesen Problemen noch mit wenigen Worten Stellung genommen werden. Der Kern- und Hauptteil des Gebirges (Zugspitz-Plattmassiv, Reintal mit umgebenden Höhenrücken und seine östliche Verlängerung der Kranzberg) bildet ein tektonisch zusammengehöriges Ganzes, das sowohl eine geologische als auch in seinem größten Teil eine topographische Mulde darstellt welcher der Ober- und Mittellauf der Partnach folgt. Zusammen mit dem etwas geringmächtigeren Höllentalsattel bildet diese Mulde eine langgestreckte Triassscholle, die entlang longitudinaler Störungszonen von Osten nach Westen auf jüngere Schichten überschoben ist. Entsprechend der Achsenneigung nach Osten finden wir die höchsten Erhebungen auch heute noch im Westen, wo durch das umbiegende Schichtstreichen in den das Platt umrahmenden Köpfen und Graten der Muldenschluß prächtig zum Ausdruck kommt. Die durchschnittlich größere Höhe des Südteils der Scholle, die in einer allmäßlichen, wenn auch nicht gleichmäßigen Abdachung des Gebirges nach Norden in Erscheinung tritt,

beruht auf Kippbewegungen, für welche von verschiedenen Autoren schon genügende Beweise vorgebracht wurden. Die Muldenflügel zeigen meistens verschieden starkes Einfallen. Der nördliche fällt durchschnittlich mit 45° ein, sodaß Schichtfallen und Talböschung in der Regel in einer Ebene liegen. Der südliche Flügel steht viel steiler, häufig sogar senkrecht, ein Zeichen, daß die tektonische Beanspruchung hier größer war. Da die Wettersteinscholle zum größten Teil aus sprödem Wettersteinkalk besteht, ist bei dem steilen Schichtefallen des Südflügels auch die südliche Talböschung sehr unregelmäßig gestaltet, ist überaus zackig und zerfurcht und oft senkrecht abfallend.

Auf eine genauere petrographische und faunistische Beschreibung kann hier verzichtet werden, da eine solche bereits in den Erläuterungen der geologischen Karte des Wettersteingebirges von Reis (36) erfolgte. Hervorgehoben zu werden verdient aber die ungeheure Mächtigkeit dieser ganz aus Kalk aufgebauten Serie, die von Reis und Leuchs (21) nach verschiedenen Profilen zu 700—800 m geschätzt wird. Betrachten wir aber den Aufbau des Wettersteinkalks von der Partnachquelle bis zu den Platt-Gipfeln, von 1300 bis nahezu 3000 m über NN, so kommen wir bei der hier ziemlich flachen Lagerung der Schichten noch zu weit höheren Werten. Diese einzig dastehende Mächtigkeit läßt schon vermuten, daß die Schichtenfolge keine kontinuierliche ist. Tatsächlich sind auch am unteren Plattende tektonische Diskordanzen zu beobachten, durch welche sicherlich eine Mächtigkeitszunahme der Schichten erfolgt ist. Am auffallendsten tritt solch eine Diskordanz am Steilabfall des Platts in Erscheinung, deutlich erkennt man, besonders aus größerer Entfernung, etwa von der Angerhütte aus, wie die flach aber mit verschiedener Neigung einfallenden Muldenflügel ihren Zusammenhang verloren haben und aneinander absetzen, bzw. sich überschneiden. Wir kommen unten noch einmal darauf zurück. In dieser oberen Region des Wettersteinkalkes, besonders in den das Platt umsäumenden Gipfeln sieht man auch sehr deutlich den ziemlich feinschichtigen Aufbau des Kalkes, der Dislokationen und Klüftung sehr begünstigte und damit den Verwitterungs- und Verkarstungsvorgängen gute Angriffspunkte bot. Die tieferen Lagen des Wettersteinkalkes sind bedeutend massiger, so daß sich in ihm größere Höhlen bilden konnten. Man glaubt mächtige Riffkalkbildungen vor sich zu haben, Reis (36, S. 68) erkannte aber schon, daß deutliche Anzeichen von Riffbildungen fehlen. Die mächtigen Kalkmassen werden immer wieder von bankweise eingeschalteten Lagen zusammengeschwemmter Fossilien unterbrochen. Von Leuchs (20, 21) wird neuerdings wieder der Riffcharakter des Wettersteinkalkes betont, nur soll die Riffstruktur durch diagenetische Vorgänge vielfach ganz verschwunden sein. Bei dem vorherrschenden schichtförmigen, lokal sogar feinschichtigen Aufbau des Kalkes kann diese Auffassung aber nur für einzelne Teile zu Recht bestehen. Ist der Fossilreichtum in den unteren und mittleren Wettersteinschichten stellenweise recht groß, so sind die oberen Schichten direkt als fossilarm zu bezeichnen. Nur vereinzelt wurden auf dem Platt Gastropoden und noch seltener Cephalopoden beobachtet.

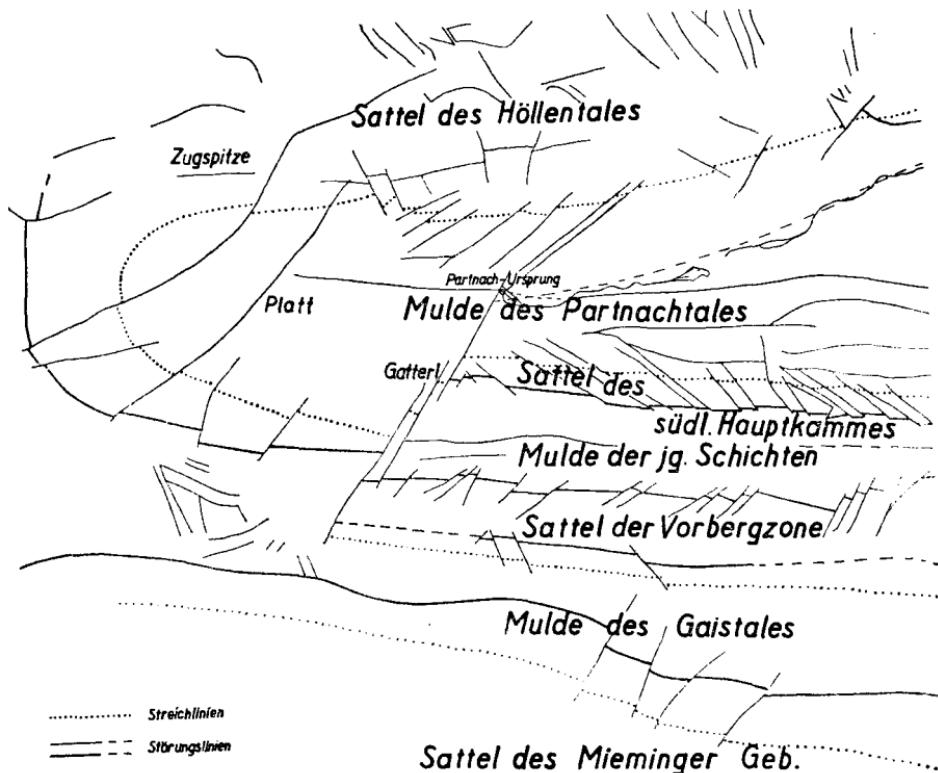


Abb. 1. Tektonische Skizze des südwestlichen Wettersteingebirges.

■ Nach Reis, Pfaff, Ampferer, Leuchs und eigenen Beobachtungen gezeichnet von R. Nieder.

M. 1 : 100.000.

Die Feststellung von Störungen ist mit Schwierigkeiten verbunden, da Schichtenversetzungen wegen der Gleichheit des Gesteinsmaterials häufig nicht zu erkennen sind. Genaueste Untersuchungen sind meistens notwendig, um unter den zahllosen Gesteinsklüften die Störungen zu erkennen. Einen Hinweis bietet manchmal die plötzliche Änderung des Schichtenstreichens, das generell O—W verläuft. Besonders gut ist das am Nordgehänge des Tales zu verfolgen, wo die Gehängeneigung meistens dem Schichteneinfallen entspricht. Bei weiterer Betrachtung der Berghänge fällt auf, daß die Gipfelmassive sehr oft eine geradlinig gleichgerichtete Begrenzung zeigen, was besonders gut an der nördlichen Talflanke (Brunntal-Kopf, Kirchturm usw.) in Erscheinung tritt, sie verläuft hier in nordöstlicher Richtung. Da dieser geradlinige Abbruch in keinem Zusammenhang mit der Schichtung steht, ist zu vermuten, daß er auf tektonische Ursachen zurückzuführen ist. Tatsächlich sind auch eine ganze Reihe von Störungen dieser Richtung zu messen. Die meisten der meßbaren Störungen dieses Gebietes haben nordöstliches Streichen, 60° — 70° (auf einige nordweststreichende kommen wir noch zurück), stehen also zur Schichtung (Str. 90 — 100°) in einem Winkel

von 30° . Gut aufgeschlossen und leicht zugänglich sind sie am Partnachursprung, wo mehrere in mehr oder weniger paralleler Anordnung in einigen Metern Abstand aufeinander folgen. Jeder dieser Störungen folgt die Partnach einige Meter, um dann wieder in die nord-südlich verlaufende Kluftrichtung des Gesteins umzubiegen. Taf. I, Fig. 2, Taf. II, Fig. 1.

Eine zweite im Schichtstreichen verlaufende Kluftrichtung ist schlecht entwickelt und darum für die Richtung des Partnachlaufes ohne Bedeutung. Beide Quelltrichter der Partnach werden von Nordost-Störungen geschnitten, auch die 30 m lange Höhle 150 m oberhalb der Partnachquelle folgt dieser Richtung. Die südlichste dieser Störungen, die dort verläuft, wo die Partnach aus der Felsrinne in das freie Tal mündet, ist mehrere 100 m nach Osten hin am linken Talhang zu verfolgen. Oberhalb (nördlich) der Angerhütte ist deutlich die Schichten-diskordanz an der Störung zu beobachten. Die Bewegungsrichtung an diesen Störungen war leider mit Sicherheit nur selten zu erkennen, sie scheint immer mehr oder weniger horizontal zu verlaufen, steil geneigte oder gar senkrechte Rutschstreifen wurden nirgends angetroffen. Störungen dieser Richtung sind außer an den oben erwähnten Lokalitäten, wo sie teilweise morphologische Bedeutung haben, noch auf dem Platt vorhanden. An zwei Stellen (etwa in der Mitte des Brunntales) können sie über das ganze Platt hinweg von den Höllental- bis zu den Platt-Spitzen verfolgt werden. In ihrem Bereich reihen sich Karsttrichter perlchnurartig aneinander, während im allgemeinen die Verkarstung den Kluftrichtungen folgt. Im Streichen einer solchen Störung liegt auch die Quelle bei der Knorrhütte.

Auch an der Steilwand der rechten (südlichen) Talseite sind zahlreiche Austrittspunkte von Störungen vorhanden. An den stark zerstütteten und verschütteten Wänden ist ihre Streichrichtung häufig schlecht erkennbar und man kann leicht versucht sein, die auf den beiden Talflanken sich gegenüberliegenden Austrittspunkte der Störungen zu einer Querstörung zu verbinden. Es gelang uns aber in keinem Falle, eine Fortsetzung der Störungen der nördlichen Talflanke auf der Südseite zu finden. Querstörungen, welche die ganze Mulde, das ganze Tal durchschneiden, scheinen also nicht vorhanden zu sein. Auch Reiswies in seinen Erläuterungen bereits darauf hin, daß reine Querstörungen im gesamten Wettersteingebirge selten sind, sie zeigen meistens einen diagonalen Verlauf. Überraschend war nun die Feststellung, daß die Querstörungen auf dem Südflügel der Partnachmulde einen zu jenen des Nordflügels spiegelbildlichen Verlauf zeigen. Sie schneiden die Schichten ebenfalls unter einem Winkel von 30° , streichen aber in nordwestlicher Richtung. Betrachtet man beide Störungsgruppen von der Höhe des Platts aus, so sieht man, daß sie fischgrätenartig aufeinander zustreben. Ihr Schnittpunkt läge genau in der Mitte des Tales, in welchem die Störungen natürlich nicht mehr zu verfolgen sind. Wahrscheinlich kommen sie aber garnicht zum Schnitt, wie die Erkenntnisse an einem ähnlichen besser aufgeschlossenen, noch zu erwähnenden Beispiel zeigen. In der Umrandung des Platts sind diese Störungsrichtungen

nur spärlich vorhanden, sie beschränken sich auf die beiden oben erwähnten. Die übrigen, auch nur an Zahl geringen Störungen folgen den verschiedensten Richtungen. Die sehr markanten Abbrüche der Plattspitzen lassen keinerlei Bewegung und Schichtversetzung erkennen. Die Ablösung der Gesteinsmassen erfolgt hier an den überall verbreiteten Querklüften.

Das Einfallen dieser beschriebenen Störungen ist in der Regel ziemlich steil, ja häufig senkrecht, sie sind teils klaffend, teils fest geschlossen. In letzterem Falle beweist aber häufig eine rötliche Färbung des Kalkes von einigen Millimetern oder Zentimetern Ausmaß, daß Lösungen auf ihnen zirkulierten, diese zementierten auch die stellenweise vorhandenen Reibungsbreccien.

Von den transversalen Störungen der Partnachmulde muß besonders eine hervorgehoben werden, die den Eingang der Partnachhöhle begrenzt und bei steilem Einfallen die Schichten unter größerem Winkel (60°) schneidet als die bisher beschriebenen, sie streicht 30° . Sie nimmt also eine Sonderstellung ein und erlangt dadurch besondere Bedeutung, daß sie genau auf die bereits von Reis erkannte Gatterl-Störung zustreicht und sicherlich mit ihr identisch ist. Den großen Einfluß dieser Störung auf den Gebirgsbau kennzeichnet Reis mit folgenden Worten (36, S. 99): „Dabei ist zu bedenken, daß mit dieser Gatterlverwerfung die zunehmende Nordsüdbreite der ganzen Zugspitz—Plattspitzenmasse zusammenhängt, und daß an ihr offenbar auch die mit Überschiebungen verbundenen Längsverwerfungen (Schachen, Frauenalp, Hundstall usw.) abstoßen. Zwischen dieser Breitenzunahme im Norden und dem festen, unverändert verbleibenden Klotz des westlichen Miemingerzugs wird das Ostende des Issentalköpfli-Gehrenzuges in auffälligster Weise zerquetscht.“

Die Verschiebung des westlichen Muldenteiles nach Süden beträgt an dieser Störung etwa 1 km, zugleich ist dieser Teil um etwa 100 m gehoben, was in dem Höhenunterschied der Muschelkalk—Wettersteinkalkgrenze zu beiden Seiten der Störung zum Ausdruck kommt. Die Gatterlverwerfung ist also die einzige Störung, welche die ganze Mulde durchsetzt. Die erwähnten Nordwest-Störungen des Nordflügels, deren eine genau durch den Hauptquelltrichter der Partnach streicht, stoßen an ihr ab.

Einen großen Anteil an der tektonischen Gestaltung des Wettersteingebirges haben auch die Längsstörungen, von denen das Reis'sche Übersichtskärtchen (36) ein anschauliches Bild gibt. Drei größere Längsstörungen streichen von Osten her in das Partnachtal hinein. Im oberen Partnachtal ist jedoch nur noch eine zu beobachten, und zwar die sogen. Hundstall-Verwerfung. Sie scheint ebenso wie die Partnachmulde nach Westen auszuheben. Während an ihr am Hundstall noch ein 500 m langer Streifen von Raibler-Schichten eingeklemmt bzw. überfahren worden ist, bewirkt sie in etwa gleicher Höhe an der Blauen Gump (südlich von dieser) nur noch eine Knickung der Schichten und ist noch weiter nach Westen am südlichen Talhang nicht mehr festzustellen. Hingegen findet sie mit großer Wahrscheinlichkeit ihre gradlinige Fortsetzung auf der andern Talseite, wo unmittelbar am Partnach-Ursprung

eine streichende, steiler als die Schichten einfallende Störungsfläche aufgeschlossen ist. *R e i s* nimmt an (36), daß die erwähnten Längsverwerfungen an der (durch den Partnach-Ursprung streichenden) Gatterlstörung abstoßen, westlich von dieser Zone hat er sie nicht mehr beobachtet. Zum mindesten ist mit der erwähnten Schichtenverschiebung an der Gatterlstörung auch eine Versetzung der Längsstörungen zu erwarten. Es ist darum nicht sicher zu entscheiden, von welcher der erwähnten Längsstörungen die am Nordrand des mittleren Brunntales (500 m südwestlich der Knorrhütte) aufgeschlossene Längsstörung die Fortsetzung bildet. Sie streicht jedenfalls genau auf den Partnach-Ursprung zu, und man gewinnt den Eindruck, daß sie, nunmehr 700 m höher aufgeschlossen als an der Partnach, mit der nach Westen zu sich aushebenden Hundsstall-Störung identisch ist. Zu dieser Annahme sind wir umso mehr berechtigt, als diese Längsstörung wahrscheinlich keine oder nur eine unwesentliche Versetzung durch die Gatterlstörung erfahren hat; denn letztere ist auf dem Kamm des nördlichen Muldenflügels nicht mehr zu beobachten, biegt also wahrscheinlich, wie wir mit *R e i s* (36, S. 98) annehmen möchten, in die sich in das obere Partnachtal fortsetzende Längsstörung des Jägersteiges ein. Das Einschwenken einer Störung in eine solche anderer Richtung ist ja häufig zu beobachten, es sei nur auf die zahlreichen, von *L e u c h s* (22) beschriebenen Beispiele am Südrand des Wettersteinkammes hingewiesen. Die Umbiegungsstelle der Gatterlstörung würde dann also an der Partnachquelle liegen. Als ein in ursprünglicher Richtung (30°) weiterstreichender Ast wäre dann die an der Partnachhöhle sichtbare Störung zu betrachten.

Erörtern wir nun kurz den Charakter und die Bedeutung der verschiedenen im oberen Partnachtal auftretenden Störungen, so lassen sie sich in drei Gruppen, deren Reihenfolge ihrem Altersverhältnis entspricht, zusammenfassen:

1. Längsstörungen, die teils Verwerfungs-, teils Überschiebungscharakter haben,
2. gesetzmäßig fischgrätenartig angeordnete Querstörungen,
3. sprungähnliche Querstörungen (Gatterlstörung).

Überschiebungen spielen also in diesem Gebiet (vielleicht vom Platt abgesehen, wo das Ausmaß nicht genau bestimmt werden kann) nur eine untergeordnete Rolle. Selbst an der häufig als Hauptüberschiebung zitierten (1, 2, 26 usw.) Südrandstörung konnte *L e u c h s* (22) nur horizontale Bewegungen nachweisen und stellt darum ihre Überschiebungsnatur in Frage. Der Charakter der Störungen zeigt uns vielmehr zur Zeit ihrer Entstehung einen Zustand des Gebirges an, der für eine bereits weitgehende Konsolidierung der Schichten und des Gesteinsmaterials spricht, Faltungsmöglichkeiten also nicht mehr vorhanden waren. Jedoch sind die Störungen keineswegs als eine von Faltung unabhängige Erscheinung zu betrachten, sie stellen vielmehr, bedingt durch die bereits eingetretene Versteifung des Gebirges, eine Fortsetzung der Faltung mit andern Mitteln dar. Für die bis in die jüngste Zeit verfolgbaren Hebungsvorgänge haben wir keine tektonischen Merkmale. Sie prägen

sich in der Morphologie des Gebietes aus und finden bei deren Besprechung Erwähnung.

Wie bereits R e i s betonte, haben an den Längsstörungen nur noch lokal Überschiebungen stattgefunden, zu größeren Überschiebungen fehlte den Schichten schon die notwendige Biegs- und Fließfähigkeit. Wir können diese Störungen am besten mit den Schaufelflächen des rheinisch-westfälischen Steinkohlengebietes vergleichen, wo sie durch den Bergbau in großer Zahl bekannt und manigfach in der Literatur beschrieben worden sind. Eingehend erfolgte dies erst wieder kürzlich durch N e h m (30) in einer tektonischen Arbeit über ein Grubengebiet, das zahlreiche tektonische Analogien zu dem besprochenen Gebiet zeigt. Hier wie dort kommt es an den Schaufelflächen sowohl zu Auf- als auch Unterschiebungen.

Wenn bei weiter wirkendem Faltungsdruck das Gebirge einen Zustand erreicht, den man als totgefaltet bezeichnet hat, wird der Druck durch eine Streckung des Gebirges im Streichen, durch Querdehnung kompensiert. Die Schichten reagieren durch Brüche und Verschiebungen entlang gesetzmäßig angeordneter Flächen, den Cloos'schen und Mohr'schen Flächen. Erstere verlaufen in Richtung der Schichtung und senkrecht dazu, die letzteren schneiden die Schichten unter spitzem Winkel und streichen derart, daß die Drucknormale den von ihnen gebildeten Winkel halbiert. Von den Cloos'schen Flächen treten besonders stark die in der Druckrichtung gelegenen Klüfte in Erscheinung. Zu Verschiebungen entlang solcher Flächen ist es jedoch nicht gekommen, denn wie oben schon ausgeführt wurde, sind reine Querstörungen in dem Gebiete nicht vorhanden. L e u c h s (22) erwähnt zwar einige vom Südrand des Gebirges, die aber unbedeutend sind und zahlenmäßig vollkommen zurücktreten. Die Ausweichbewegungen des Gebirges gegenüber dem senkrecht auf die Schichten wirkenden Druck erfolgten vielmehr auf dem viel bequemeren Wege der Diagonalbrüche, durch welche die Schollen sowohl vorwärts wie seitwärts bewegt wurden.*). In einer sonst nur selten anzutreffenden Einheitlichkeit und Klarheit kommt der Bewegungsmechanismus des Gebirges an diesen ganz gesetzmäßig angeordneten Störungen zum Ausdruck. Wäre für das Gebirge eine Ausweichmöglichkeit sowohl nach Westen als auch nach Osten vorhanden gewesen, hätten wohl beide Mohr'sche Flächen zur Entwicklung kommen müssen. Wie aber schon von allen Bearbeitern des Gebietes betont wurde, fand nur eine Ost-West-Bewegung des Gebirges statt, was aus den Überschiebungen in dieser Richtung geschlossen wurde. Daß diese Erkenntnis richtig ist, geht auch aus der Anlage der Diagonalstörungen hervor. Bei ihrer spiegelbildlichen Anordnung auf den beiden Muldenflügeln (Nordflügel NO-Richtung, Südflügel NW-Richtung) war bei der durch den Faltungsdruck bewirkten Einengung der Mulde nur ein Ausweichen der Schollen nach Westen möglich.

Umgekehrt konnten bei dem Druckminimum im Westen die Störungen nur die beschriebene Richtung besitzen. Als erster hat unseres Wissens

*) Zahlreiche, demnächst zur Veröffentlichung gelangende Beobachtungen aus einem größeren Gebiete (Rheinisches Schiefergebirge) bestätigen dies.

N e h m in seiner oben schon erwähnten Arbeit die gesetzmäßige Richtung der Querstörungen bei einer quer zum Streichen zusammengepreßten Mulde zur Darstellung gebracht, ohne allerdings eine rechte Deutung geben zu können. In dem N e h m'schen Beispiel ist jeweils die andere der Mohr'schen Flächen entwickelt, die Querdehnung der Mulde erfolgte also hier in östlicher Richtung (bei O—W-Streichen der Muldenachse). Früher betrachtete man diese Störungen als echte Sprünge. N e h m konnte aber an Hand der zahlreichen Grubenaufschlüsse nachweisen, daß sie niemals den Kern der Mulde durchsetzen. Dieser wurde durch die Faltung bereits so sehr konsolidiert, daß er zur Zeit der Entstehung der Diagonalstörungen nicht mehr die Gleitfähigkeit besaß wie die Muldenflügel. Was aber für den Muldenkern gilt, trifft ebenso für die stärkstens beanspruchten Muldenumbiegungen zu. Darum finden wir auch die Diagonalstörungen an dem westlichen Ende der Partnachmulde (auf dem Platt mit seinem Gipfelkranz) nur spärlich und nicht mehr in der gesetzmäßigen Anordnung. Da aber auch hier der gewaltige Druck nach einer Auslösung drängte, blieb nur die Möglichkeit, daß der ganze Block an der Gatterlstörung abriß und nachgiebige Jura- und Neokom- schichten im Süden überfuhr. Gleichzeitig hob er sich noch um etwa 100 m und erhielt dadurch die Möglichkeit, auch nach Westen auszuweichen, sich auf jüngere Schichten zu schieben. Die Südwestbewegung des Blockes kommt in der Karte von R e i s - P f a f f deutlich zum Ausdruck.

Gelangen Gebirgsteile entlang einer Störung in Bewegung, so reißen Nebenstörungen, sogenannte Fiederspalten auf, die unter spitzem Winkel auf die Hauptstörung treffen, wie C l o o s (5) sehr schön im Experimente nachwies. Dieser Winkel ist gegen die Bewegungsrichtung geöffnet. Als solche Spalten können wir die erwähnten, „widersinnig“ im Bewegungsplan liegenden NW-Störungen auf dem Nordflügel der Partnachmulde (am Partnach-Ursprung) betrachten, deren spitzer Winkel ebenfalls gegen die (relative) Bewegungsrichtung geöffnet ist. Die Störungen dieser Art sind ihrem Charakter nach Zerrspalten, also klaffend und bieten somit Weg und Platz für Lösungen und Absätze jeder Art. So sind sie nach P e t r a s c h e c k (35) in Bleiberg—Kärnten (im Wetter- steinkalk) mit Erz, nach H a r r a s s o w i t z (11) am Wettenberg bei Gießen (in Grauwacke) mit Basalt erfüllt. In unserm Falle dienen sie mit als Aufstiegs- und Austrittswege des Partnachwassers.

Hingewiesen sei noch einmal auf das steile Einfallen der Diagonalstörungen. Es folgt daraus, daß sie wesentlich unter der Einwirkung eines Horizontaldruckes entstanden sein müssen. Bei großem Belastungsdruck wäre ein flacheres Einfallen (als resultierendes Einfallen zweier Druckkomponenten) zu erwarten (4).

Aus dem hier skizzierten Bild der tektonischen Vorgänge in ihrer Abhängigkeit vom Zustand des Gesteinsmaterials ersehen wir, daß im Rahmen des kleinen untersuchten Gebietes keine Merkmale vorhanden sind, die zu Erörterungen über die eigentliche Faltung des Gebirges Anlaß geben könnten. Es lassen sich vielmehr nur noch Beobachtungen über die letzten Phasen der tektonischen Ereignisse gewinnen. Hierzu

rechnet man aber auch, wie es besonders aus dem Handbuch der Geologie von Bayern (21) hervorgeht, die O—W-Bewegungen der Kalkalpen, die sich besonders bemerkbar machen sollen an der Partnachmulde selbst und den südlich anschließenden tektonischen Einheiten des Wettersteingebirges:

Sattel des südlichen Hauptkammes,
Mulde der jungen Schichten,
Sattel der Vorbergzone,
Mulde des Gaistales (21, S. 131).

Alle diese Teile sollen als schmale Schollen in junger (pliozäner) Zeit in differenzierter O—W-Bewegung gewesen sein. Schräg- und Querstellung kleiner Schollen sowie zahlreiche longitudinale Störungslinien im Süde Theile des Gebirges lassen diese Vorstellung begründet erscheinen. Im Norden jedoch fehlen diese Kennzeichen, bzw. lassen sich nicht exakt nachweisen. Der Schichtenverband erscheint hier ziemlich normal. Man ist darum genötigt, den O—W-Bewegungen nur ein verhältnismäßig geringes Ausmaß einzuräumen (21). Wäre die Verschiebung groß gewesen, so hätte das mit ziemlicher Sicherheit zu einer weitgehenden Zerstörung älterer Oberflächensysteme führen müssen, was aber nicht in dem Maße der Fall ist, wie die weiteren Ausführungen noch zeigen werden. Hielt sich das Ausmaß der Bewegungen aber in kleinen Grenzen, so glauben wir nicht, daß eine besondere Kraft als solche notwendig gewesen ist, um den Grad der Überschiebungen im Westen zu erzeugen, wie es heute erkennbar ist. Wir sind vielmehr geneigt anzunehmen, daß der S—N gerichtete Faltungsdruck bei einer bereits erfolgten Versteifung der Schichten imstande war, als Kompensation der Zusammenpressung der Falten in transversaler Richtung eine entsprechende longitudinale Verschiebung entlang der Diagonalflächen zu bewirken, wie sie uns am West- bzw. Südweststrand des Gebirges vorliegt. Wir glauben das auch für die benachbarten Teilschollen annehmen zu können, um so mehr, als wir den geschilderten Bewegungsplan der Partnachmulde in diesem Gebiete bestätigt finden durch die überaus große Zahl der diagonalen Störungen in ihrer spiegelbildlichen Anordnung. Leuchs (22) stellte sie am südlichen Hauptkamm in einer kartenmäßig kaum darstellbaren Zahl fest,*) Reis (36) wies besonders für die Vorbergzone darauf hin, und nach Amperer (2) treffen wir sie in gleicher Weise noch im Mieminger Gebirge. Überall haben wir das gleiche Bild der Zerstückelung der Mulden- bzw. Sattelflanken durch Diagonalstörungen, die in ihrer Sattel- oder Muldenzugehörigkeit stets so gerichtet sind, daß an ihnen sowohl eine transversale Verkürzung als auch eine longitudinale Dehnung der Falten zum Druckminimum im Westen hin stattfand. Die Aufnahmen von Leuchs zeigen, daß lokal sogar eine Bewegung von Westen nach Osten erfolgte (22, S. 93). Es ist nicht notwendig, für die Schrägstellung der kleinen Schollen einen westlich

*) Würde man diese NW-streichenden Störungen als zu der Südrandstörung gehörige Fiederspalten oder Scherrisse betrachten, wie es aus der Leuchs'schen Darstellung hervorgeht, so wäre bei der Westbewegung der Partnachmulde nach den Cloos'schen Tonversuchen ein NO-Streichen zu erwarten.

gerichteten Druck anzunehmen, auf keinen Fall können sie zum Beweise für einen solchen herangezogen werden, wie es von Reis am Beispiel der Vorbergzone geschieht. Die Schrägschollen lassen sich zwangslässig dem Bilde der allgemeinen diagonalen Ausweichbewegung infolge des fortdauernden Faltungsdruckes einfügen. Eine Stütze für unsere Auffassung erblicken wir auch in der Leuchs'schen Feststellung, daß die Südrandstörung keine zusammenhängende Bewegungsfläche ist, sondern aus einer Unmenge kleinster Störungen besteht, die in der Hauptsache nordwestlich, ferner ostwestlich und untergeordnet südnordlich verlaufen. In den meisten Fällen konnte Leuchs nachweisen, daß die O—W-Störungen in nordwestlich gerichtete umbiegen. Da letztere aber zahlenmäßig überwiegen, müssen wir ihnen auch die Hauptbedeutung zuerkennen, wozu uns auch die oben schon gewonnenen Erkenntnisse berechtigen. Die O—W-Bewegungen sind auch hier als Sekundärerscheinung infolge des Ausweichsvorganges aufzufassen. An der vorliegenden Diskordanz des spröden Muschelkalks gegen plastische Jura- bzw. Neokomsschichten (longitudinale Störung mit Verwerfungs- und Überschiebungscharakter) bzw. in Fortwirkung derselben konnten sie besonders gut zur Auslösung gelangen.

Diese Darstellung der spättektonischen Vorgänge kann im Rahmen dieser Arbeit natürlich nur eine andeutungsweise sein, manche Einzelheiten wären noch zu erwähnen und genaueste Kartierungen notwendig, wie sie in mustergültiger Weise von Leuchs am südlichen Hauptkamm erfolgte. Die Darstellung kann auch insofern keine erschöpfende sein, als nur ein sehr kleines Gebiet zur Untersuchung stand. Wir stehen auch nicht an, die gewonnenen Anschauungen auf größere Gebiete und größere tektonische Einheiten zu übertragen, denn zur endgültigen Klärung der Frage der O—W-Bewegungen bedarf es regionaler Untersuchungen. Immerhin scheinen uns diese Darlegungen geeignet zu sein, eine Stütze für die Annahme einer relativen Autochthonie der Kalkalpen, des Wettersteingebirges speziell, in äquatorialer Richtung zu bieten, wie es in der gleichen Weise von jüngeren Autoren (22, 29) auch für die meridionalen Bewegungen betont wird.

III. Der Partnach-Ursprung.

Wie man sich schon lediglich durch Augenschein überzeugen kann, fließt die Partnach in ihrem Oberlauf mit auffallend gleichmäßiger Wassermenge. Erst kurz vor ihrem Austritt aus dem Gebirge erhält sie durch den Ferchenbach einen Zufluß von fast gleicher Stärke. Hatten wir am Tage unserer Ankunft (20. August 1931) im Partnachtal den Eindruck, daß die Partnach in ihrem Oberlauf wesentliche und zahlreiche Zuflüsse von den Seiten erhält, ja wie es schien, sogar die Hauptwassermenge, so war dies nur dem Umstände zuzuschreiben, daß die Niederschlagsmenge dieses Tages eine ungewöhnlich hohe war. Es war der bis Oktober zweitniederschlagsreichste Tag des Jahres*) (die Werte

*) Niederschlagshöhen und Wassermengen der Partnach bei Partenkirchen—Wildenau nach den Angaben der Bayer. Landesstelle für Gewässerkunde in München.

für November—Dezember stehen uns noch nicht zur Verfügung). An den nächsten Tagen, die nur geringen Niederschlag brachten, änderte sich das Bild vollkommen. Die reißenden der Partnach zuströmenden Wildbäche wurden zu dünnen Rinnalen oder verschwanden zum größten Teile ganz. Die Zahl der seitlichen Zuflüsse betrug am 22. August zwischen der Blauen Gumpe und dem Wasserfall nur noch sechs. Ihre Wassermenge war insgesamt auf etwa 50 l/sec zu veranschlagen, eine Menge, die gegenüber der Wasserführung der Partnach an dieser Stelle von 4800 l/sec*) als äußerst geringfügig zu bezeichnen ist. Weiter talaufwärts entströmen unweit der Angerhütte dem Schuttmaterial des unteren Angers geringe Wassermassen, es ist dies das sogenannte Gsundbrünnl. Die Wasserschüttung erwies sich als ziemlich unabhängig von den täglichen Niederschlagsschwankungen. Innerhalb einer Woche betrug sie ziemlich konstant 150 l/sec. Die Zuflüsse aus dem oberen Anger jedoch, die in geringer Entfernung oberhalb der Partnachbrücke in die Partnach münden, waren denselben starken Schwankungen unterworfen wie die oben erwähnten. Am 20. August waren es reißende Wassermassen von mehreren cbm/sec, am 21. August durchschnittlich 140 l/sec und an den folgenden Tagen nur noch 10—20 l/sec. Mußte man am 20. August die dem oberen Anger entströmenden Wassermassen als die Hauptquelle der Partnach bezeichnen, so änderte sich an den folgenden Tagen mit geringer Niederschlagsmenge das Bild vollkommen; die Hauptwassermenge der Partnach hat normalerweise ihren Ursprung an der nördlichen Seite des oberen Angers, liegt also exzentrisch zum eigentlichen Tale. Die beschriebenen sonst noch zugeführten Wassermengen sind für die Wasserführung der Partnach von solch unbedeutendem Einfluß, daß diese vom Ursprung bis zur Blauen Gumpe überhaupt keine meßbare Veränderung erfährt. An beiden Stellen (50 m unterhalb des Ursprungs und zwischen vorderer und hinterer Gumpe) ergaben die Messungen am 21. August 4500 l/sec. Die Zuflüsse machen sich also bis zur Blauen Gumpe garnicht und auch unterhalb dieser bis zum Ferchenbach kaum bemerkbar, sie dienen im wesentlichen dazu, den Wasserverlust der Partnach auszugleichen, der durch Versickerung in den mit Schutt erfüllten Talboden entsteht.

Der Wasseraustritt am Partnach-Ursprung erfolgt aus zwei Quelltrichtern. Der vordere liefert jedoch nur zirka ein Fünftel der Gesamtmenge und wird von dem Wasser des 10 m weiter bergwärts liegenden Hauptquelltrichters, Taf. I, Fig. 1, durchflossen. Letzterer ist von steilen meterhohen Wänden umgeben und hat in Höhe des Wasserspiegels einen Durchmesser von 5—6 m. Aus rund einem Dutzend bis $\frac{1}{2}$ m weiten Öffnungen quillt und sprudelt das Wasser empor. Geringe Mengen entweichen noch seitlich aus den Gesteinsklüften und den den Quelltrichter querenden Störungen. Die riesige Wasserschüttung (4,5 cbm/sec am 21. August) der Quelle ist erstaunlich, beträgt sie doch mehr als die Hälfte (51%)

*) Alle Angaben über Wassermessungen im oberen Partnachtal stellen nur Näherungswerte dar. Mehrfach wiederholte Messungen, die sich in der Regel nur unter beträchtlichen Schwierigkeiten durchführen ließen, verbürgen aber ihre Richtigkeit.

der bei Partenkirchen—Wildenau gemessenen Wassermenge der Partnach (8,8 cbm/sec am gleichen Tage). Diese Tatsache ist umso überraschender als der Partnachquelle in dem Zugspitz- und Plattgebiet nur rund ein Sechstel (etwa 15 qkm) des gesamten Einzugsgebietes der Partnach (95 qkm) zur Verfügung steht.

Ebenso merkwürdige Verhältnisse erhalten wir, wenn wir die Niederschlagsmengen des 15 qkm großen Einzugsgebietes mit der Schüttungsmenge der Partnachquelle vergleichen. Die auf der Zugspitze gemessene Niederschlagshöhe betrug am fraglichen Tage 32,9 mm, das ergibt für dieses Einzugsgebiet 5,7 cbm/sec, also eine Menge, welche die Wasserschüttung der Partnach noch etwas übersteigt. Berücksichtigen wir aber nun, daß ein Teil des Niederschlags verdunstet und ein sehr großer Teil, wie oben geschildert, an Tagen solch außergewöhnlicher Regenhöhen oberflächlich abfließt, so verschiebt sich das Verhältnis derart, daß die Niederschlagsmenge kleiner als die Schüttungsmenge ist. Noch krasser tritt dies Mißverhältnis in Erscheinung, wenn wir statt des einen äußerst regenreichen Tages das Monatsmittel in Rechnung setzen. Dieses betrug im Monat August nur 8,1 mm/Tag, was für unser Einzugsgebiet nur 1,5 cbm/sec ergibt, also nur 33% der Schüttungsmenge. Denselben Wert erhalten wir auch, wenn wir statt der Messungen auf der Zugspitze das Mittel der Messungen eines größeren Gebietes (Zugspitze, Schachen, Kreuzeck) der Berechnung zu Grunde legen. Obwohl sich hierbei zahlreiche tägliche Abweichungen ergaben (die Niederschlagsmenge läßt sich nämlich nach den drei letzteren Beobachtungsstationen für den 20. August zu 8,1 cbm/sec berechnen) sieht man, daß sich die Schwankungen im Zeitraum eines Monats ausgleichen. Einwandfreie Vergleiche könnte man natürlich nur anstellen, wenn auch von den Schüttungsmengen der Partnachquelle Beobachtungen eines längeren Zeitraumes vorlägen. Leider konnten wir die Messungen nur eine knappe Woche lang ausführen.*). Immerhin war während dieser Zeit der stärksten Niederschlagsschwankungen die Feststellung zu machen, daß die Quellschüttung eine ziemliche Konstanz aufweist. Am 20. August allerdings war diese nicht zu messen, da dem Quelltrichter von allen Seiten her oberflächliche Wassermassen zuströmten, am 21. August betrug sie 4,5 cbm/sec und stieg am 22. August auf 4,8 cbm/sec, um an den folgenden Tagen wieder langsam zu fallen und wieder eine gewisse Konstanz von rund 4,5 cbm/sec zu erreichen. Die ungeheuren Regenmengen des 20. August machten sich also erst in der Partnachquelle mit einer Verzögerung von fast zwei Tagen bemerkbar und zwar in einer Zunahme der Wasserführung um rund 5%, während die Regenhöhe in derselben Zeit von 32,9 über 12,5 auf 0,2 mm täglich fiel.

Aus diesen Berechnungen und Vergleichen geht hervor, daß 1. nur ein loser Zusammenhang zwischen täglicher Regenmenge und Quellschüttung besteht, 2. das Platt samt umgebenden Bergen, selbst an

*) Wir sind uns also des fraglichen Wertes dieser Messungen und Auswertungen vollkommen bewußt. Sie haben aber schon einen großen Teil ihres Zweckes erreicht, wenn sie Anregung geben können, diese interessanten Verhältnisse auch in anderen Jahreszeiten zu verfolgen.

niederschlagsreichen Tagen als zu klein erscheint, um die an der Partnachquelle austretenden Wassermengen liefern zu können.

Dehnen wir das Einzugsgebiet noch nördlich, selbst nordöstlich aus (Kirchturm, Hochblassen), so erreichen wir aber höchstens 25 qkm (= 26% des Gesamteinzugsgebietes), also nur eine Steigerung um 40%, die immer noch nicht genügt, um den Differenzbetrag (67%) von Niederschlag und Schüttung auszugleichen. Bei ähnlichen Verhältnissen hat man anderwärts, wie z. B. im Rhônetal, den „Fehlbetrag“ der Niederschlagsmengen aus dem Kondenswasser von Tau und Nebel zu decken versucht. Besondere Bedeutung wird hierbei der Kondensation stark bewegter Nebelmassen im Bereich der Hochgebirgsgipfel beigelegt. Die Vorgänge können im Partnachgebiet aber nur einen ganz untergeordneten Einfluß haben. Die Ergebnisse, die über Taumessungen vorliegen, zeigen solch minimale Werte (Bruchteile eines Millimeters), daß sie bei der in Rede stehenden Überschüßmenge der Quellschüttung garnicht ins Gewicht fallen. Auch die an hohen Gipfeln eventl. vermehrte Kondenswasserbildung hat für uns keine Bedeutung, da fast im gesamten Partnachtal ähnlich morphologische Verhältnisse vorliegen, sie müßte somit allen Teilen des Flußgebietes gleichmäßig zugutekommen. Wir sind daher zu der Annahme gezwungen, daß irgendwo Wasservorräte vorhanden sein müssen, welche die über Erwarten starke und vor allen Dingen gleichmäßige Wasserschüttung der Partnachquelle im Monat August ermöglichen. Dieses Problem ist jedoch schnell zu lösen und mit wenigen Worten erklärt. Oben ist bereits eingehend die starke Verkarstung des Platts, das den Hauptteil unseres Einzugsgebietes ausmacht, geschildert worden. Es wurde auch hervorgehoben, daß die Karstwirkungen sich nicht auf die Oberfläche beschränken, sondern auch zahlreiche unterirdische Hohlräume und Verbindungswege vorhanden sind, die eine lebhafte Luftzirkulation ermöglichen. Wir haben hier also alle Voraussetzungen für die Ansammlungsmöglichkeit großer Wassermengen. Die Hohlräume des Platts sind ein ideales Sammelbecken für die Schmelzwassermengen der riesigen im Laufe des Frühjahrs und Sommers nur langsam weichenden Schneedecke des Platts. Der Abschmelzungsvorgang ist jedoch im Juli praktisch beendet. Unter dauernder Schneedecke bleibt nur die verhältnismäßig kleine vom Schneeferner eingenommene Fläche. In den Hohlräumen des Kalkes aber speichern sich die Wässer an und fließen nur langsam aber kontinuierlich ab, so daß während der ganzen Schmelzmonate selbst im August noch eine ziemlich gleichmäßige Wasserführung der Partnach erzielt wird (siehe Tabelle) und die Partnachquelle selbst eine gewisse Unabhängigkeit von den Regenmengen und -schwankungen und der Größe ihres Einzugsgebietes erlangt.

Mittlere Monatswassermenge in cbm/sec der Partnach bei Partenkirchen (Wildenau) in den Jahren 1921—1930:

Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni
1,59	1,48	1,92	3,26	5,98	7,58
Juli	August	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
6,90	6,10	4,49	2,75	2,04	1,61

Ist uns jetzt die ungewöhnliche Schüttung der Partnachquelle verständlich, so bleibt noch die Frage zu beantworten, wodurch die Lage der Quellen an der nördlichen Talflanke begründet ist. Auch hier liegt die Erklärung nach Erkenntnis der tektonischen Verhältnisse auf der Hand. Wie im geologischen Teil ausgeführt wurde, ist gerade der Ort der Partnachquelle ein Schnittpunkt sämtlicher vorhandener Störungssysteme und als solcher für den Austritt größerer Wassermassen geradezu prädestiniert. Zusammenfassend seien die Beziehungen zwischen Quelle und Tektonik noch einmal geschildert: Von grundlegender Bedeutung ist zweifellos die große Gatterverwerfung, die am Partnach-Ursprung markante Längsstörungen kreuzt und wahrscheinlich in eine das obere Partnachtal durchziehende Überschiebung einbiegt. Vier auf weite Erstreckung hin verfolgbare Störungen treffen also an diesem Punkte sternförmig zusammen. Eine weitere Zerrüttung und Auflockerung erfährt das Gestein noch durch die sich an dieser Stelle häufenden Diagonalstörungen. Der vordere Quelltrichter wird von einer nordöstlich streichenden, der hintere (Haupt-)Trichter von einer nordöstlich und einer nordwestlich gerichteten geschnitten. Zwei weitere, bergwärts gelegene, nur in niederschlagsreichen Zeiten Wasser liefernde Quellpunkte sind ebenfalls an Nordoststörungen gebunden.

Aus der Anordnung der verschiedenen Quellpunkte in nördlicher bis nordöstlicher Richtung scheint die Tendenz einer Verschiebung des Ursprungs in dieser Richtung hervorzugehen, wie wir auch erwarten können, daß in früheren Zeiten der Wasseraustritt noch weiter südlich also zentrischer zum heutigen Tal erfolgte. Statt aber dann infolge der tiefergreifenden Verkarstung in gerader Linie talwärts wandern zu können, war er so eng an die Zerrüttungszone der Gatterverwerfung gebunden, daß er sich nur an dieser diagonal zu verschieben vermochte. Hiermit kommen wir aber schon zur Geschichte des Tales, die im nächsten Abschnitt zusammenhängend entwickelt werden soll.

IV. Geschichte des Partnachtals.

Auf den starken Kontrast zwischen den Formen des Platts und denen der umrahmenden Gebirgskämme haben wir schon einmal hingewiesen. Dieser auffallende Gegensatz liegt im Ablauf der geologischen Ereignisse wohl begründet. Das Platt stellt trotz seiner welligen Oberfläche eine Art schiefer Ebene dar. Es trägt an seinem obersten (westlichen) Ende das Firnfeld des Schneeferners. Kleinere Schneefelder finden sich auch vereinzelt an den höher gelegenen Stellen der Nord- und Südwand. Man hat früher das gesamte Platt, das eine Länge von über 3,5 km und eine Breite von über 2 km besitzt, als ein riesiges eiszeitliches Kar aufgefaßt, dessen Steilwände ihre Steilheit wegen der in diesen Höhen außerordentlich stark wirkenden Frostwitterung bis auf den heutigen Tag beibehalten haben. In diesem Sinne hat sich unter anderen auch Reis (36) in seinen Erläuterungen zur geologischen Karte des Wettersteingebirges geäußert. Nach allgemeinen Bemerkungen über die Kare des Hochgebirges und über die Möglichkeit ihrer Verbreiterung

durch Vereinigung benachbarter Kare infolge Beseitigung der trennenden Steilwände, schreibt Reis (36, S. 111) über das Platt selbst: „So scheint das „Auf dem Platt“ mit dem Schneeferner aus einer Anzahl zum Teil noch angedeuteter Kare entstanden zu sein.“ Die Kare selbst gehen nach dem gleichen Autor auf alte vorglaziale Seitentäler zurück, die von der Eiserosion weitgehend umgestaltet wurden. Reis sagt hierüber (S. 111): „Die Entstehung der Kare wäre darnach recht alt; die Bildung der ihnen vorausgehenden Seitentäler stammt aus jüngst tertiärer Zeit nach Abschluß der Alpenerhebung; die darauffolgende Separation der Kare von den zugehörigen Längstälern und ihre fernere Ausgestaltung als Trockentäler hoher Lage wäre dem allmählichen Beginne der Eiszeit zuzuschreiben, sodaß die älteren Schneewannen in sehr hoher Lage schließlich die Räume kleinerer, nicht sehr stoßkräftiger Gletscher wurden. Die Kare bezeichnen so den Vorgang und die besondere Form der Höhenabtragung des felsigen Kalkgebirges, das unter langer Schneedeckung stellenweise der Abtragung entzogen ist und in den freiliegenden Teilen, die diese Hochgebirge allgemein charakterisierenden steilen Gratbildungen und Felskuppen erhält.“ Damit folgt Reis, wie er selbst betont, im wesentlichen der Richter-Penck'schen Kartheorie, welche die Kare durch eiszeitliche Einwirkungen — Verwitterung an der Randkluft, Abtransport des Schuttens und Abschleifen des Untergrundes durch in Bewegung geratenen Firn — auf voreiszeitlich angelegte Gruben, Nischen, Trichter mit steilen Felshängen entstanden wissen will. Diese Ansicht wird heute mehr und mehr verlassen, weil neuere Forschungen gezeigt haben, daß in der Richter-Penck'schen Kartheorie die vordiluvialen Verhältnisse viel zu wenig berücksichtigt, die eiszeitlichen Wirkungen dagegen viel zu sehr überschätzt wurden. Man kommt in neuerer Zeit immer mehr davon ab, der Eiserosion einen überragenden Einfluß auf die Umgestaltung des Alpenreliefs zuzuschreiben und die Kare als ausschließlich glaziale Bildungen zu betrachten. Auf alle Punkte näher einzugehen, die gegen eine rein glaziale Entstehung der Kare und gegen eine übermäßig große umgestaltende Wirkung der Eiserosion sprechen, ist hier nicht der Platz. Wir verweisen deshalb auf die interessante Arbeit von E. Fels, der das Problem der Karbildung in den Ostalpen in zusammenfassender Weise behandelt hat (9). Wenn Reis die Herausarbeitung des Platts oder des „Schneeferner-Kars auf dem Platt“ in die Eiszeit verlegt, so hat er damit der glazialen Umgestaltungskraft zu großen Einfluß zugebilligt. Die leicht wellige Verebnungsfläche des Platts ist viel älter und war sicher schon zu Beginn des Diluviums vorhanden. Die Diluviale Vergletscherung hat zweifellos die alten, bereits vorhandenen Formen des Untergrundes abgerundet, angeschliffen und umgestaltet, aber im allgemeinen darf man annehmen, daß das Gletschereis das verdeckte Bodenrelief mehr geschützt als zerstört und vernichtet hat. Heute ist man der Ansicht, daß eine solche Verebnungsfläche, wie sie das Platt darstellt, ein hochgelegener Erosionsrest ist, das Talende eines alten Reliefs, das von einer tiefer einschneidenden jüngeren Erosion verschont blieb und sich deshalb, wenn auch verändert, bis auf unsere

Tage erhalten konnte. Diese Auffassung geht im wesentlichen auf Am p f e r r zurück, welcher (3, S. 91) schreibt: „Wir kommen mit unserer Untersuchung also zu dem Ergebnis, daß das Relief der Alpen im wesentlichen lange vor dem Eiszeitalter angelegt wurde. Weder die Einteilung der Karräume, noch die Linienführung der Hochgebirgskämme, noch auch die Trogtäler und Trogschlüsse können als reine Erzeugnisse der Eiserosion bezeichnet werden.“

Die Vergletscherung hat die Kare bereits als verlassene Talenden eines ausgeschalteten alten Reliefs, die Trogtäler als vorgedrungene Schluchten einer neuen Erosionsphase vorgefunden und zu den heutigen Formen umgestaltet. Insofern tragen diese Formenreihen allerdings den Prägungsstempel der Eisarbeit deutlich genug an sich. Es ist aber doch nur eine Umprägung älterer Modelle von normaler Erosion.“

Neuere Forschungen haben die Richtigkeit dieser Gedankengänge bestätigen können. An vielen Orten des Alpengebietes, besonders aber in den Plateaus und Stöcken der Kalkalpen fand man solche hochgelegene, schwachwellige Verflachungsreste, die sich unmittelbar an die Zone der schroffen Felsformen anschließen. Sie sind meist unabhängig vom Schichtenbau, den sie oft sogar unter großen Winkeln schneiden. Beim Platt allerdings wird die Verebnung durch die flache Schichtlagerung begünstigt. Daß es sich bei der Bildung dieser Verebnungsflächen um ein in allen Teilen der Alpen wiederkehrendes Oberflächensystem handelt, suchte vor allem K l e b e l s b e r g (13) nachzuweisen. Auf Grund geologisch-morphologischer Studien im Brennergebiet (12) faßte er seine Ansicht dahin zusammen (13, S. 50): „An die allseitig schroffen, im Kleinen durch Frostverwitterung geprägten Felsformen des Hochgebirges schließt nach unten eine Zone oberster Verflachungen an, welche Reste einer ältesten noch einigermaßen flächenmäßig erhaltenen Abtragungs-oberfläche des Gebirges darstellen . . .“. Zu derselben Feststellung eines obersten Verflachungssystems kam fast gleichzeitig C r e u t z b u r g bei seinen Untersuchungen in der Ankogelgruppe (6). Da fast alle noch aktiven Firnfelder der Ostalpen in dieser Zone liegen, prägte er die treffende Bezeichnung „Firnfeldniveau“. Im gletscherfrei gewordenen Gebiet des Hochgebirges trägt das Verflachungssystem die Böden der höchstgelegenen Kare, weshalb F e l s (9) von einem „Karniveau“ spricht.

Die „Zone oberster Verflachung“, das „Firnfeldniveau“ und „Karniveau“ sind die Teile eines ursprünglich einheitlichen, alten Oberflächensystems; durch ihre verschiedene Höhenlage haben aber die einzelnen Teile auch verschiedenen morphologischen Charakter erlangt. Auch die Ausdrücke „Altfächen“, „Hochflächen“, „Plateaus“, „Hochfluren“ usw. dienen zur Bezeichnung der Reste dieses hochgelegenen Oberflächensystems. Wir verwenden künftig nur noch den Begriff „Hochfluren-System“, für dessen Gebrauch sich auch K l e b e l s b e r g und F e l s einsetzen.

Unter Hochfluren-System verstehen wir also alte, durch weitgehende fluviatile Seitenerosion entstandene Verebnungsflächen unterhalb der Zone der schroffen Felsformen. Es handelt sich dabei um die Reste einer ausgereiften Landschaft von Mittelgebirgscharakter, die von noch

älteren Formen mit ausgesprochenem Hochgebirgscharakter überragt werden (Gipfelflur!). Auf Grund geologischer Befunde (z. B. Augenstein-schotter) hält man heute die Ausbildung dieses Hochflurensystems als bereits im Alt(Unter-)miozän abgeschlossen.*). Die Tatsache, daß die weithin verfolgbaren Reste sich heute in so großer absoluter Höhe befinden, läßt erkennen, daß das ganze Hochflurensystem später und zwar vermutlich im Mittelmiozän durch tektonische Vorgänge gehoben wurde. Durch diese Hebung mußte eine Wiederbelebung der Tiefenerosion einsetzen. Sie drang wahrscheinlich sehr rasch vom Vorland und den Haupttälern gegen das Innere des Gebirges zu vor, ließ aber in den Talenden der Seitentäler mehr oder weniger große Reste unversehrt stehen. Wenn sich heute die Teilstücke dieses Hochflurensystems in so verschiedener Höhenlage befinden, so ist das wenigstens zum Teil darauf zurückzuführen, daß diese Unterschiede bereits primär gegeben sind. Dazu kommt aber noch, daß mit den verschiedenen Phasen der Alpenhebung eine teilweise Zertrümmerung und Verstellung einzelner Teile Hand in Hand ging.

Wir haben nunmehr zu untersuchen, ob das Platt in seiner ganzen Ausdehnung zum Hochflurensystem gehört, oder ob nicht einzelne Teile jüngeren Systemen zugerechnet werden müssen. Die höchstgelegenen Reste eines alten Verebnungssystems finden wir auf dem Platt in einer Höhe von 2600—2700 m. Im benachbarten Gemsanger, nördlich des Reintalschlusses gelegen, tritt eine auffallende Verebnung zwischen 2400 und 2200 m auf. Es besteht wohl kein Zweifel, daß beide Reste dem Hochflurensystem angehören. Dagegen ist es sehr zweifelhaft, ob das gesamte Platt, das auf eine Länge von nur $3\frac{1}{2}$ km sich um 600 bis 700 m, oder wenn wir es bis zur Steilstufe am Reintalschluß ausdehnen, sogar um rund 1000 m senkt, einem einheitlichen Oberflächensystem angehören kann. Es hat vielmehr den Anschein, daß sich im Platt verschiedene alte Talsysteme projizieren. Die Feststellung, welche Systeme sich im Platt wiederfinden, bereitet allerdings große Schwierigkeiten, weil durch Verkarstung und Denudationsvorgänge eine ziemlich starke Verwischung des früheren Reliefs eingetreten ist.

Ein Längsprofil durch das Platt vom höchsten Punkt bis zur Steilstufe bei zirka 1700 m, Abb. 2, zeigt zwar keine scharf ausgeprägten Gelände-stufen, aber schwache Spuren solcher ehemaligen besser ausgebildeten Stufen lassen sich doch bei zirka 2400, 2200 und 2000 m nachweisen. Dies deutet darauf hin, daß das Platt mit dem benachbarten Gebiet im Verlaufe seiner Entwicklung von mehreren Eintiefungsvorgängen betroffen wurde, die den verschiedenen Phasen der jüngeren Alpenhebung entsprechen. Jede neue Hebung mußte eine Verstärkung oder Wiederbelebung der Tiefenerosion und damit eine Abtragung und Zerstörung des vorhandenen Oberflächensystems, zugleich aber auch eine Herausmodellierung eines neuen, etwas tiefer gelegenen Talbodens zur

*) Gegen die Altersdatierung der höchstgelegenen alpinen Verebnungsflächen als altmiozän wendet sich in einer kürzlich erschienenen Arbeit Klüpfel (15), allerdings ohne nähere Belege. Nach ihm kommt der Gipfelflur der Alpen höchstens pliozänes, vermutlich postaltpliozänes Alter zu.

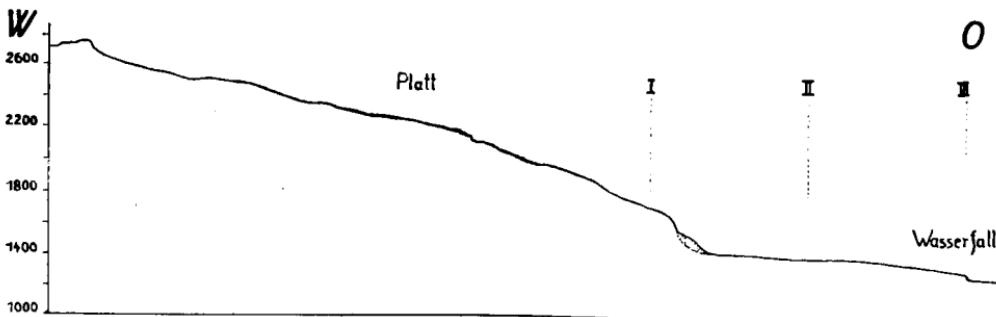


Abb. 2.

M. 1 : 50.000.

Längsprofil durch das Platt vom Schneeferner-Kopf bis zum Partnachwasserfall.
Die Zahlen I, II, III zeigen die Lage der einzelnen Querprofile. Abb. 3—5.

Folge haben. Wie weit jedesmal die vom Haupttal ausgehende rück-schreitende Erosion gegen das Gebirgsinnere vordringen konnte, war abhängig von der Stärke des Hebungsvorganges und der Dauer der darauffolgenden tektonischen Ruhe, die also auch die Größe und das Aussehen der stehengebliebenen Reststücke bestimmen mußten. Die bereits erwähnten schwachen Stufen des Platts zwischen 2400 und 2000 m Höhe verraten, daß hier mehrere zeitlich getrennte Talbodenreste aufeinander folgen, daß also das Platt kein einheitliches Oberflächen-reststück darstellt. Früher mögen diese die alten Talböden abschließenden Steilstufen höher gewesen sein; durch Verwitterungsvorgänge sind sie immer niedriger geworden, so daß sie heute wie gesagt, nur noch schwach

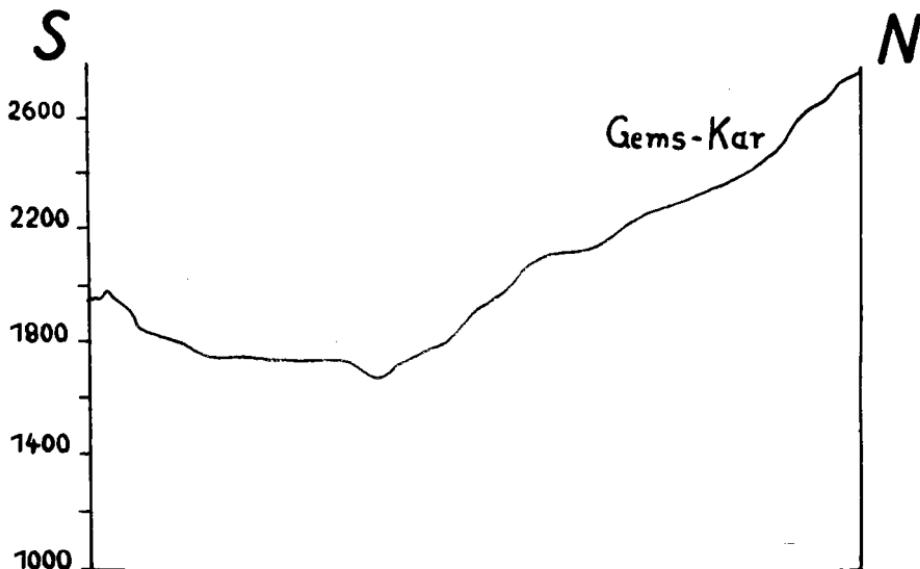


Abb. 3. Quer-Profil I.
Längenmaßstab = Höhenmaßstab.

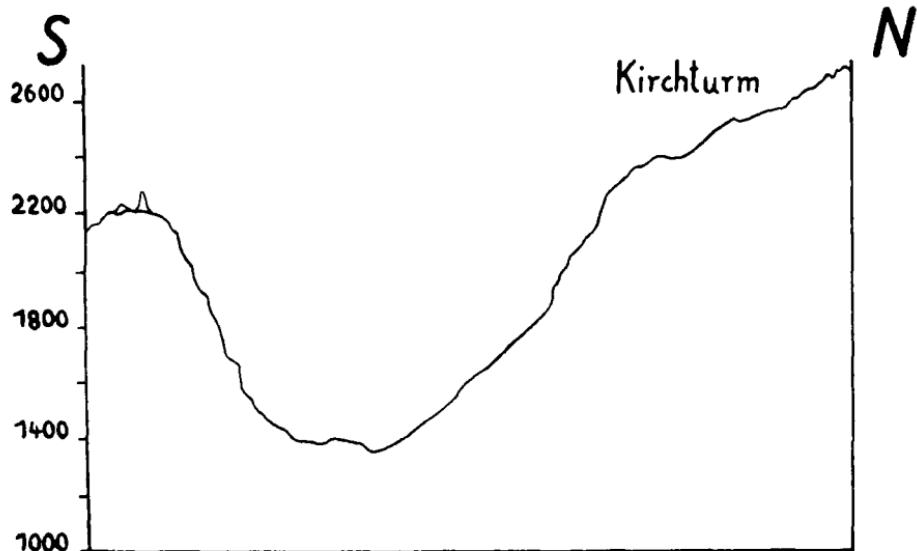


Abb. 4. Quer-Profil II.
Längenmaßstab = Höhenmaßstab.

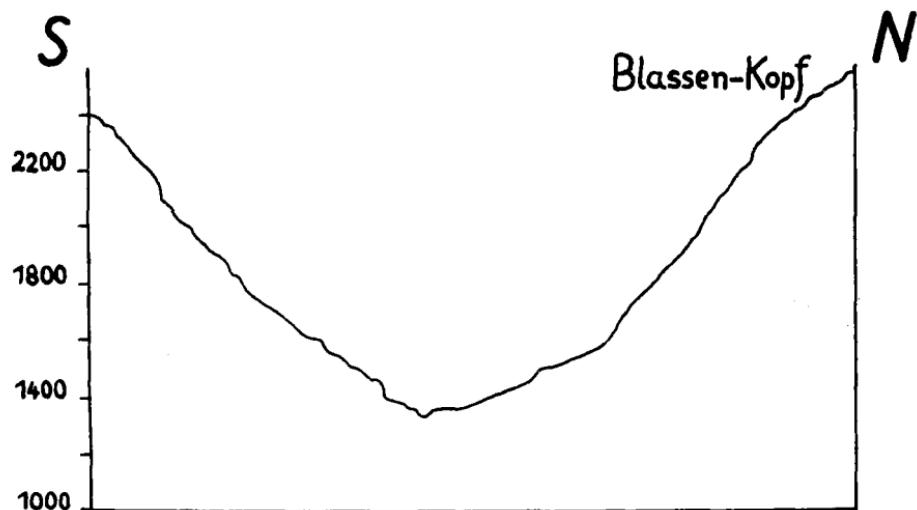


Abb. 5. Quer-Profil III.
Längenmaßstab = Höhenmaßstab.

angedeutet sind. Mit der Erniedrigung ging natürlich auch eine mehr oder weniger rasche Zurückverlegung der Steilstufen Hand in Hand. Ziehen wir mehrere Querprofile durch den Plattrand und das obere Partnachtal, Abb. 3—5, und vergleichen wir damit das schon erwähnte Längsprofil, Abb. 2, so gelingt es die alten Talsysteme wieder zu rekonstruieren. Wir erhalten dann (für das Partnachtal) 4 verschiedene Tal-

sohlensysteme, die sich gut mit den von Klebeisberg, Leuchs und anderen Autoren andernorts festgestellten parallelisieren lassen.

Das höchstgelegene Oberflächensystem oder das Hochflurensystem, das wir in das Altmiozän verlegen können, muß wie seine heutigen Reste (Plattende und Gemsanger) erkennen lassen, im oberen Partnachtal in etwa 2500—2300 m möglicherweise auch in 2200 m Höhe sich befunden haben. Dazu gehörte wahrscheinlich auch die bei zirka 2300 m liegende, bereits erwähnte Höhle am Westhang des Brunntalkopfes.

Mit den im Mittelmiozän einsetzenden starken tektonischen Bewegungen begann die Zerstörung der bis zum Reifestadium gediehenen flachwelligen altmiozänen Landschaft. Der übrig bleibende Teil, der mit der fortschreitenden Tieferlegung der Erosionsbasis mehr und mehr verkarstete, ging zur unterirdischen Entwässerung über. Damals bekam die Ur-Partnach von den Höllentalspitzen herab zwei größere seitliche Zuflüsse, deren verlassene Täler heute im Gems- und Kirchkar vorliegen. Als gegen Ende des Obermiozäns oder zu Beginn des Altpliozäns die tektonischen Bewegungen auszuklingen begannen und die Seitenerosion wieder mehr zur Geltung kam, hatte sich das neue Talsystem im oberen Partnachtal beispielsweise bis auf zirka 2200—1900 m der heutigen Höhe, also 300—400 m tief in das altmiozäne Hochflurensystem eingeschnitten.

Auch dieses altpliozäne Relief hat einem neuen, jüngeren Talsystem weichen müssen, das wiederum rund 400 m tiefer liegt und jungpliozänes-präglaziales Alter besitzen muß. Die Ursache dieser neuen Tieferlegung ist wiederum in großen tektonischen Bewegungen zu suchen. Die südlichen Zuflüsse der Partnach konnten dieser raschen Eintiefung nicht folgen und wurden mit der Zeit ganz abgeschnitten und ihre Talenden zu Karen umgewandelt. So gehören denn neben dem Gems- und Kirchkar die meisten Kare des Partnachtals dem altpliozänen Talsystem an.

Ganz ähnlich wie im Partnachtal liegen die Verhältnisse auch in den meisten anderen Alpentälern, so daß man daraus wohl den Schluß ziehen darf, daß die nacholigozänen Hebungsvorgänge die einzelnen Teile der Alpen ziemlich gleichmäßig betroffen haben müssen.

Die von der Erosion jeweils verschont gebliebenen Reststücke der altmiozänen-altpliozänen Oberflächensysteme verfielen einer immer tiefgreifenderen Verkarstung und bildeten ein unterirdisches Entwässerungssystem aus, weshalb die Rinnen der alten Wasserläufe zu Trockentälern umgestaltet wurden. So stellt vielleicht das heutige Brunntal den trocken gelegten Rest des altpliozänen Partnachtals dar, der allerdings, wie wir später sehen werden, glazial überarbeitet wurde. Die Verkarstung und die Ausbildung des unterirdischen Entwässerungssystems hat viel dazu beigetragen, daß die Reste der alten Oberflächensysteme den abtragenden Kräften größeren Widerstand entgegensezten und sich wenn auch z. T. stark verändert bis auf den heutigen Tag erhalten konnten.

Wo sich die Quellen der altmiozänen und altpliozänen Partnach befanden, das läßt sich heute nicht mehr mit Sicherheit ermitteln. Ebensowenig läßt sich feststellen, ob die unterirdische Entwässerung des Platts schon damals nur durch einen einzigen Quellaustritt erfolgte

oder ob deren mehrere in Frage kamen. Etwas anderes ist es beim jüngstpliozänen bis präglazialen Talsystem. Hier sind Rekonstruktionen eher möglich, da wir noch deutlich Spuren des damaligen Entwässerungssystems verfolgen können.

Die kleinen Höhlen und röhrenartigen Erweiterungen, die heute zwischen 1600 und 1700 m in der großen Steilstufe am Talende angeschnitten zu sehen sind, hingen sicher mit den unterirdischen Wasserläufen des verkarsteten Platt zusammen. Durch diese Hohlräume lief ein Teil des Wassers, das im präglazialen Partnachursprung wieder zutage trat. Dieser aber dürfte etwa in der Mitte des heutigen Oberen Angers und zirka 100—150 m von der heutigen Steilstufe entfernt, sich befunden haben. Er lag wahrscheinlich in der Nähe der Gatterstörung, die als Zerrüttungszone eine hervorragend befähigte Stelle für Wasseraustritte darstellte. Auch die in 1600 m Höhe gelegene Höhle über dem Partnachursprung liegt an einer Störung, die auf die Gatterstörung zuläuft. Sie führte möglicherweise das von Nordosten kommende Wasser auf unterirdischem Wege der Partnachquelle zu. Sie kann aber auch die Austrittsstelle einer selbständigen Quelle darstellen. Jedenfalls hat die Gatterstörung im jungpliozänen-präglazialen Talsystem eine überaus wichtige Rolle gespielt. Seit dem Präglazial scheint der Partnachursprung nicht mehr viel weiter talabwärts verlegt worden zu sein. Seine heutige auffallende Lage verdankt er einem Zusammenwirken verschiedener Faktoren, über die bereits berichtet wurde.

Im unteren Partnachtale lassen sich Spuren der älteren Talsysteme weniger gut nachweisen, dagegen sind Talbodenreste der präglazialen Partnach an mehreren Stellen noch deutlich erkennbar, so daß ihr einstiger Lauf sich ziemlich genau verfolgen läßt. Bei ungefähr 1600 m beginnend, senkte sich der präglaziale Talboden auf einer Strecke von 10 km (bis zur heutigen Vereinigungsstelle der Partnach mit dem Ferchenbach) um zirka 600 m. Folgende Zusammenstellung soll die allmähliche Abnahme der Höhenlage des präglazialen Talbodens zeigen.

Höhe des präglazialen Talbodens:

Partnachursprung	zirka 1600 m
Wasserfall	1500 "
Blaue Gumpen	1450 "
Bockhütte	1350 "
Gschwandten	1000 "

Aus diesen Höhenangaben ergibt sich, daß der präglaziale Talboden bei einer Länge von 10 km ein Gefälle von zirka 6% besaß. Das Gefälle war aber nicht ganz ausgeglichen. Denn auf der Strecke vom Ursprung bis zur Bockhütte betrug es nur 4,4%, während die Reststrecke ein Gefälle von zirka 7% besaß.

Levy (24) ist der Ansicht, daß auch das gesamte Platt noch zum präglazialen Talsystem gehört und berechnet von Oberreintal bis zur Höhe über dem Talschluß an der Knorrhütte eine Steigung von 10%, die sich „unter Ausschaltung der Karbildung im Bereiche des Platts bis zur Kammhöhe des Schneefernerkopfes (2875 m) im Talhintergrund

auf etwa 27% steigern würde.“ Daß wir diese Ansicht über die Ausdehnung des präglazialen Talbodens nicht teilen können, geht aus unsrern bisherigen Ausführungen zur Genüge hervor. Wir wiederholen, daß das Platt sich tatsächlich aus mehreren, ursprünglich durch größere Stufen getrennten Oberflächenresten verschieden-alteriger Talsysteme zusammensetzt und daß das präglaziale Talsystem nur bis zum Reintalschluß in zirka 1600 m Höhe reichen kann.

Von der Gschwandten aus nahm die präglaziale Partnach ihren Weg nicht weiter nach Norden, wie es dem heutigen Partnachlauf entsprechen würde, sondern bog nach Osten um und floß im heutigen Ferchenbachtal über Ellmau, im Drüsselgraben, Kreiden- und Kranzbachtal der Isar zu, um in der Nähe von Krünn gleichsohlig in das Haupttal einzumünden. Wo heute die Partnach durch die Klamm ihren Weg ins Werdenfelser-Becken gefunden hat, bestand in präglazialer Zeit eine niedrige Wasserscheide zwischen den Talsystemen der Loisach und der Isar. Die Partnach gehörte damals noch dem Flußgebiet der Isar an und wurde wahrscheinlich erst in postglazialer Zeit durch ein Seitentalchen angezapft und so der Loisach tributpflichtig gemacht. Wahrscheinlich nahm auch die altmiozäne und altpliozäne Partnach ihren Lauf über Ellmau und Klais zur Isar hin. Die Reste dieser alten Talböden sind freilich nur schwer nachweisbar. Dagegen läßt sich der Talboden der präglazialen Partnach in 980—1000 m Höhe auf dem rechten Hang des Ferchenbachtals bis nach Ellmau hin ziemlich gut verfolgen. Ein Saumweg benützt heute diesen alten Talboden, auf dem auch Hintergraseck liegt. Das von der Gschwandten über Ellmau und Klais zur Isar entwässernde Partnachtal kann nur ein ganz geringes Gefälle gehabt haben. Nach Levy (24) betrug es auf der ganzen Strecke nur rund 0,5%. Eine natürliche Folge der Partnachanzapfung war, daß der Ferchenbach rückläufig werden und der Partnach folgen mußte.

Mit der herannahenden Eiszeit verwandelten sich die alten Verebnungsflächen, wozu wir auch die verschiedenen Kare rechnen müssen, in Schnee- und Eisfelder. Es bildeten sich allmählich Gletscher heraus, die in den vorgezeichneten Bahnen ihr Eis dem Haupttalgletscher zuführten und dabei das präglaziale Partnachtal in ein Trogtal umwandelten. Auf dem Platt setzte mit dem Wachstum des Ferners eine immer stärker wirkende Randkluftverwitterung ein. Dieselbe war besonders wirksam, so lange die Schneegrenze in Höhe des Platten lag. Mit zunehmender Senkung der Schneegrenze nahm die Wirkung der Randkluftverwitterung dagegen wieder ab. Wegen der verhältnismäßig kurzen Dauer der eigentlichen Randkluftverwitterung kann ihr umgestaltender Einfluß nicht besonders groß gewesen sein. Auf ihre Arbeit ist lediglich eine Versteilung der untersten Partien der Rück- und Seitenwände der Platt umrahmung und der Kare zurückzuführen. Durch nacheiszeitliche Spaltenfrostverwitterung ist allerdings ein Teil dieser älteren Verwitterungsspuren wieder weitgehend verwischt worden, zumal durch die Schrägstellung des Wettersteinkalkes ein Ausbrechen ganzer Gesteinsplatten wesentlich erleichtert wurde. Die Steilheit der das Platt umgebenden Grate und Kämme braucht nicht auf die Einwirkungen der

Eiszeit zurückgeführt zu werden. Sie ist im wesentlichen normal und war sicher schon vor der Vereisung vorhanden. Bedingt ist sie durch den petrographischen Charakter, sodann aber auch durch die Schrägstellung des Gesteins, die beide die Ausbildung steiler Wände außerordentlich begünstigten. Wenn auch die Eisdecke im allgemeinen die darunter liegende Gesteinsoberfläche weniger zerstört als die fluviatile Erosion und Denudation, so muß sie doch eine gewisse Überarbeitung und Abschleifung der vorhandenen Oberflächenformen bewirkt haben. Zwar hat die nacheiszeitliche Fortsetzung der Verkarstung sowie die Einwirkung des Spaltenfrostes vieles zerstört oder doch zum mindesten verwischt, trotzdem sehen wir auf dem Platt noch hin und wieder die Spuren der Erosionswirkung des Eises an den zahlreich vorhandenen Karsthohlformen, die uns in Gestalt von Dolinen und Trockentälern entgegentreten. Insbesondere zeigen einige dieser Hohlformen in der Nähe des Plattsteiges deutliche Abrundung und Gletscherschliffe. Auch Rundhöcker sind in typischer Ausbildung vorhanden. Die Hauptwirkung der Vereisung des Platts bestand aber in der Verwischung der alten Steilstufen, deren Zerstörung bereits durch die Verkarstung angebahnt war. Die Tendenz zu einer Rückvertiefung einzelner Teile auf dem Platt kann ebenso gut durch großflächige Dolinenbildung als auch durch Einwirkung des Gletschereises erklärt werden. Jedenfalls war letzteres bei der Ausbildung der muldenförmigen Vertiefungen nicht ganz unbeteiligt.

Welche Ausmaße die Zerstörung des Untergrundes durch subglazial abfließendes Wasser annahm, läßt sich schwer ermitteln. Möglicherweise ist der Brunntalgraben als eine subglazial angelegte Rinne, die beim Rückzug des Eises durch oberflächlich abfließendes Wasser eine weitere Vertiefung erfuhr, anzusehen.

Der eiszeitliche Partnachgletscher mußte bei seinem weiteren Vorstoß selbstverständlich dem präglazialen Partnachtale folgen. Er scheint aber auch einen Ast nach Norden gegen das Werdenfelser Becken zu vorgesandt und damit die Beseitigung der niedrigen Wasserscheide zwischen Isar und Loisach eingeleitet zu haben. Im Gebiete des Ober- und Mittellaufes der Partnach sind große Strecken übertieft und mit mächtigen Schuttmassen erfüllt. Erst kurz von ihrem Eintritt in die Partnachklamm fließt die Partnach wieder im Anstehenden. Der Abstand zwischen der heutigen Talsohle und den präglazialen Talbodenresten ist nicht überall der gleiche, wie nachstehende Zusammenstellung zeigt:

	Höhe des präglazialen Talbodens	jetzige Sohle	Differenz
Partnachursprung	1600	1450	150
Wasserfall	1500	1300	200
Blaue Gumpen	1540	1184	266
Bockhütte	1350	1060	290
Gschwandten	1000	800	200

Aus dieser Zusammenstellung errechnet sich das Gefälle der heutigen Talsohle auf der gesamten 10 km langen Strecke zu 6,5%. Vom Part-

nachursprung bis zur Bockhütte beträgt das Gefälle 7,8%, während die Strecke von der Bockhütte bis zur Gschwandten ein Gefälle von nur 5% besitzt. Diese Gefällswerte stehen also zu denjenigen des präglazialen Talbodens auf der gleichen Strecke gerade in umgekehrtem Verhältnis.

Nach Levy (24) ist die Übertiefung im engeren Sinne eine ausschließliche Wirkung des Gletscherschurfes, den wir in Übereinstimmung mit anderen Autoren in dieser Betonung ablehnen. Die Übertiefung des Talstückes zwischen Partnachwasserfall und Bockhütte ist vielmehr durch die erwähnten Gefällsunterschiede des heutigen und präglazialen Talbodens bedingt. Diese wiederum sind verursacht durch eine Veränderung der Erosionsbasis des heutigen Tales, was vermutlich eine Folge der Partnachanzapfung, auf die wir noch zu sprechen kommen, ist. Dadurch erfuhr das vorher durch tektonische Senkungsvorgänge stark aufgeschotterte Gebiet eine teilweise Wiederausräumung, die auch heute noch anhält. Wie stark übrigens die Aufschotterung auf den einzelnen Talstrecken ist, das läßt sich ohne Tiefbohrungen nicht genau ermitteln. Es wird indessen nicht zu hoch gegriffen sein, wenn wir die Mächtigkeit der Aufschüttungen im Partnachtale, stellenweise bis zu 100 m schätzen.

Während der ersten Vereisung erfuhr das präglaziale Tal der Partnach insofern eine Umgestaltung, als es zu einem richtigen Trogtal verbreitert wurde. Was wir bei der Behandlung des Platts über die Wirkungen der Erosionstätigkeit des Eises gesagt haben, gilt auch hier. Während man früher allgemein annahm, daß die Gletscher eine starke Tiefenwirkung hätten und tiefe Rinnen und erhebliche Übertiefungen in den Haupttälern herausbildeten, ist man heute zur Überzeugung gekommen, daß ihre ausräumende Tätigkeit solche tiefgreifenden Veränderungen an der alten Talsohle nicht erzielen konnte. Ihr umgestaltender Einfluß bestand in der Hauptsache in einer Abschleifung und Rundung des Felsbodens, sowie einer Verbreiterung des vorgefundenen präglazialen Talprofils. Die eigentliche Eintiefung der eiszeitlichen Täler in das präglaziale Talsystem war in erster Linie das Werk der Erosionstätigkeit des fließenden Wassers. Da diese während der Vereisung ziemlich unterbunden, wenn auch nicht ganz ausgeschaltet war, so kann die starke Eintiefung der Täler erst während der Interglazialzeiten erfolgt sein, als die Erosion infolge stärkerer Wasserführung wieder lebhafter wurde und zugleich durch tektonische Bewegungen eine weitere Steigerung erfuhr.

Nach neueren Forschungen darf für das Alpenrandgebiet stellenweise eine eiszeitliche Hebung bis zu 200 m angenommen werden. Tatsächlich läßt sich im Partnachtal eine durchschnittliche Eintiefung nachweisen, die diesem Betrag ungefähr gleichkommt, wie wir ja in der weiter oben gegebenen Zusammenstellung gesehen haben.

Wenn das Partnachtal in Wirklichkeit tiefer eingeschnitten und die Übertiefung durch Aufschotterung mehr oder weniger wieder ausgeglichen wurde, so beweist dies, daß die tektonischen Bewegungen oszillatorischer Art waren und daß auf die letzte Hebung ein teilweises Zurücksinken

folgte, das zur Aufschotterung in den zu tief gewordenen Talstrecken zwang. Das im Diluvium entstandene Profil des Partnachtals verdankt also seine Entstehung einem wechselseitigen Wirken von erosivem Einschneiden während der Interglazialzeiten und Ausweiten der neu gebildeten Talböden zu Trogtälern während der Glazialzeiten.

Durch die jüngste Tieferlegung der Erosionsbasis entstand am Ende des oberirdisch entwässerten Tales eine Steilstufe, der zirka 150 m hohe Steilabfall des Platts zum Oberen Anger. Talabwärts treten drei weitere Stufen auf, deren Entstehung nicht so einfach zu erklären ist. Zwei derselben sind, wie bereits erwähnt, in tiefen Klammen (Hinter- und Mitterklamm) fast vollständig durchsägt, die dritte aber zwingt die Partnach vorerst noch zur Bildung eines Wasserfalls. Derartige Steilstufen sind in fast allen einst vergletscherten Alpentälern anzutreffen. Früher glaubte man sie auf Gletschererosion zurückführen zu können. Heute versucht man es mit einer anderen Erklärungsweise. Es mehren sich die Stimmen, welche auch diese Stufen als das Werk vor- oder interglazialer Flußerosion ansehen, während sie die alten Ansichten über die starke Beeinflussung des Untergrundes durch Gletscherschurf ablehnen. Der Gletschertätigkeit selbst wird nur noch die Überarbeitung der bereits vorhandenen Steilstufen zugeschrieben. Tektonische Verbiegungen oder Zerstückelung des Untergrundes und Härteunterschiede im Gestein haben bei der Ausbildung der Steilstufen des Partnachtals wohl weniger mitgewirkt. Dagegen müssen tektonische Hebungsvorgänge des gesamten Gebietes eine große Rolle gespielt haben. Das präglaziale Partnachtal hatte, wie aus den erhaltenen Talbodenresten ersichtlich ist, ein ziemlich ausgeglichenes Gefälle. Daher können die heutigen Steilstufen erst in jüngerer Zeit entstanden sein. Bei der Besprechung des präglazialen Talbodengefäßs wurde bereits darauf hingewiesen, daß das Gefälle auf der Strecke von der Bockhütte bis zur Gschwandten bedeutend stärker war als im Oberlauf. Dieses stärkere Gefälle mußte zur Folge haben, daß die genannte Strecke bei einer späteren Hebung sich besonders gut zur Ausbildung von Steilstufen und stärkeren Eintiefungen eignete. Damit kann auch, wie wir gesehen haben, die große Übertiefung, die bei den Blauen Gumpen zirka 150 m beträgt, in befriedigender Weise erklärt werden.

Die Steilstufen deuten die Grenze an, bis zu denen die jeweilige fluviatile Erosion beim Eintritt einer neuen Hebung vorgedrungen war. Sie sind in den Interglazialzeiten angelegt worden, haben aber während der nachfolgenden Perioden immer wieder kleine Rückverlegungen erfahren. Solange die fluviatile Erosion durch die Vergletscherung unterbunden war, konnten die Steilstufen durch das auflagernde Eis nur wenig verändert und zurückverlegt werden. Sobald aber die Gletscher zurückwichen und das Abschmelzwasser die Erosion wieder aufnahm, wurden auch die Steilstufen wieder in Mitleidenschaft gezogen und durch die Gewalt der niederstürzenden Wassermassen vergrößert und versteilert. Als gegen Ende des Diluviums eine Senkung des Gebietes erfolgte, wurde der tiefste Talboden viele Meter hoch mit Schutt bedeckt, wodurch die Gefällsunterschiede zum Teil wieder ausgeglichen wurden.

Die jüngsten Veränderungen des Partnachtals sind aufs innigste mit dem Schicksal des einstigen Werdenfelser Talsees verknüpft. Seekreide- und andere Seesedimente, die man im Werdenfelser Becken aufgefunden hat, beweisen, daß hier noch gegen Ende des Diluviums ein von Moränen gestauter Talsee sich befand. Als dieser See abfloß, erfuhr die Erosionsbasis eines kleinen Tälchens, das von der Paßschwelle an der Gschwandten herabkam, eine Tieferlegung, welche genügte, die allmählich ganz niedrig gewordene Wasserscheide zwischen Loisach und Isar zu durchbrechen und die Partnach anzuzapfen. Damit beginnt die Einschneidung der Partnach in ihre heutige Mündungsstufe. Eine weitere Folge der plötzlichen Änderung der Wasserscheide war die Rückentwässerung des Ferchenbaches, jenes Stückes der Partnach, das bisher nur ein ganz geringes Gefälle besaß. Der Ferchenbach hat sich seitdem um rund 100 m in seinen alten Talboden eingeschnitten. Die Zunahme des Gefälles hatte auch eine teilweise Wiederausräumung der verschütteten Strecken des Partnachtals zur Folge. Ferner hängt damit zusammen, daß die ehemaligen Steilstufen im heutigen Mittellauf stark eingesägt und in Klammen umgewandelt wurden, während die weiter rückwärts gelegene Stufe sich erst im Anfangsstadium ihrer Zersägung befindet und einen Wasserfall bilden muß.

Eine zeitliche Fixierung einzelner Eintiefungsphasen ist nicht möglich, da die Talbodenreste durch die Vergletscherung stark verwischt und Terrassenschotter nicht vorhanden sind. Nur im obersten Partnachtal sind zirka 50 m über der heutigen Talsohle deutliche Reste eines Talbodens vorhanden, die mit dem altdiluvialen Talsystem in Verbindung gebracht werden könnten.

Literaturverzeichnis.

1. Ampferer, O.: Geologische Beschreibung des Seefelder, Mieminger und südlichen Wettersteingebirges. — *Jb. Öst. Geol. R. A.*, **55**, 1905, S. 451—562.
2. — Gedanken über die Tektonik des Wettersteingebirges. — *Verh. Öst. Geol. R. A.*, 1912, S. 197—212.
3. — Über die Entstehung der Hochgebirgsformen in den Ostalpen. — *Z. Deutsch. u. Öst. Alpenver.*, **46**, 1915, S. 72—96.
4. Cloos, H.: Der Mechanismus tiefvulkanischer Vorgänge. — *Sammlung Vieweg*, Heft 57, Braunschweig 1921.
5. — Experimente zur inneren Tektonik. — *Centralbl. Min. Abt. B.*, 1928, S. 609 bis 621.
6. Creutzburg, H.: Die Formen der Eiszeit im Ankogelgebiet. — *Ostalpine Formenstudien* Abt. II, 1 Berlin, Bornträger, 1921.
7. Eckert, M.: Das Gottesackerplateau (ein Karrenfeld) in der Gebirgsgruppe des Hohen Ifen. — *Z. Deutsch. u. Öst. Alpenver.*, **31**, 1900, S. 52—60.
8. Eckert, M.: Die Verwitterungsformen in den Alpen, insbesondere in den Kalkalpen. — *Z. Deutsch. u. Öst. Alpenver.*, **36**, 1905, S. 16—35.
9. Fels, E.: Das Problem der Karbildung in den Ostalpen. — *Ergänzungsheft Nr. 202 zu Petermanns Mitt.*, Gotha, Justus Perthes, 1929.
10. Götzinger, G.: Über Alter und Entstehung der Oberflächenformen in den nordöstlichen Kalkalpen. — *Mitt. Geogr. Ges.*, Wien, 1913.
11. Harrassowitz, H.: Beobachtungen an Basaltdurchbrüchen. — *Deecke-Festschrift, Fortschr. d. Geol. u. Paläont.* **11**, 25—43, Berlin, 1932.

12. Klebelsberg, R.: Der Brenner. Geologisch betrachtet. — Z. Deutsch. u. Öst. Alpenver., 1920, S. 1—24.
13. — Die Haupt-Oberflächensysteme der Ostalpen. — Verh. Geol. Bundesanst., 1922, Wien, S. 45—67.
14. Die Erhebung der Alpen. — Z. Deutsch. Geol. Ges., 1925, Monatsber., S. 275—284.
15. Klüpfel, W.: Über das Alter junger Gebirgshebung, die Datierung von Hochflächen und die Deutung von Höhenreliefs. — Geol. Rundschau, 22, 1931, S. 308—313.
16. Krebs, N.: Die Dachsteingruppe. — Z. Deutsch. u. Öst. Alpenver., 48, 1915, S. 1—42.
17. Lautensach, H.: Über den heutigen Stand unserer Kenntnis vom präglazialen Aussehen der Alpen. — Z. Ges. f. Erdk. Berlin, 1913, S. 610—624.
18. Leuchs, K.: Die Ursachen des Bergsturzes am Reintalanger (Wettersteingebirge). — Geol. Rundschau, 12, 1921, S. 189—192.
19. — Der geologische Bau des Wettersteingebirges und seine Bedeutung für die Entwicklungsgeschichte der deutschen Kalkalpen. — Z. Deutsch. Geol. Ges., 75, 1923, S. 100—113.
20. — Lithogenetische Untersuchungen in den Kalkalpen. — Centralbl. Min. Abt. B, 1925, S. 213—223.
21. — Geologie von Bayern II. Teil. — Handb. d. Geol. u. Bodenschätze Deutschlands. Bornträger 1927.
22. — Der Bau der Südrandstörung des Wettersteingebirges. — Geol. Rundschau, 21, 1930, S. 81—96.
23. Leutelt, R.: Die Gipfelflur der Alpen. — Geol. Rundschau, 20, 1929, S. 330—337.
24. Levy, F.: Diluviale Talgeschichte des Werdenfelser Landes und seiner Nachbargebiete. — Ostalpine Formenstudien Abt. I, 1, Berlin, Bornträger, 1920.
25. Leyden, F.: Die Entwicklung der Alpen zum Hochgebirge. — Geol. Rundschau, 13, 1922, S. 18—40.
26. Loesch, K. C.: Der Schollenbau im Wetterstein- und Mieminger Gebirge. — Jb. Öst. Geol. R. A., 64, 1914, S. 1—98.
27. Machatschek, F.: Verebnungsflächen und junge Krustenbewegungen im alpinen Gebirgssystem. — Z. d. Ges. f. Erdk. Berlin, 1916, S. 602—623 u. 675—687.
28. — Neuere Ergebnisse der Hochgebirgsmorphologie. — Geographischer Anzeiger, 31, 1930, S. 305—311.
29. Mylius, H.: Ein Beitrag zum geologischen Bau des Wettersteingebirges. — N. Jb. Min., 1916, S. 10—40.
30. Nehm, W.: Bewegungsvorgänge bei der Aufrichtung des rheinisch-westfälischen Steinkohlengebirges. — Glückauf, 1930.
31. Nowak, E.: Die Entstehung der Inntalterrasse. — Geol. Rundschau, 9, 1918, S. 178—189.
32. Oestreich, K.: Ein alpines Längstal zur Tertiärzeit. — Jb. Geol. R. A., 1899, 49, S. 165—212.
33. Penck, W.: Die morphologische Analyse. — Geogr. Abh. Herausgeg. v. A. Penck. Zweite Reihe H. 2. Stuttgart 1924.
34. Penck-Brückner: Die Alpen im Eiszeitalter I u. II. — Leipzig 1909, Tauchnitz.
35. Petrascheck, W. E.: Die mechanischen Gesetzmäßigkeiten der Bruchtektonik in Bleiberg (Kärnten). — Centralbl. Min., 1931, B., S. 477—483.
36. Reis, O. M.: Erläuterungen zur Geologischen Karte des Wettersteingebirges I. Teil. Mit 2 Geol. Karten von Reis, Pfaff und Ampferer. — Geognostische Jahresh., 1910, 28, München 1911, S. 61—114.
37. Spengler, E.: Zur Talgeschichte des Traun- und Gosautales im Salzkammergut. — Verh. Geol. R. A., 1918, S. 130—140.
38. Trusheim, F.: Die Mittenwalder Karwendelmulde. Beiträge zur Lithogenesis und Tektonik der nördlichen Kalkalpen. — Inaug. Diss. Frankfurt a. M. u. Wissensch. Veröffentl. d. Deutsch. u. Öst. Alpenver., Nr. 7, Innsbruck 1930.

Weitere wichtige Literatur bei Leuchs (21).

Zusammenfassung.

Das Wettersteingebirge ist ein Teil der bayerischen Kalkalpen. Seine Entwässerung erfolgt in der Hauptsache durch die Partnach. Das hier behandelte obere Partnachtal verläuft im Wettersteinkalk, der auch die umrahmenden höchsten Gipfel, einschließlich Zugspitze, aufbaut. In der Natur dieses spröden Kalkes liegt die starke Klüftung des Gesteins begründet, die der Verwitterung gute Angriffspunkte bietet und damit die Ursache der wundervollen Verkarstungerscheinungen ist, wie sie uns heute besonders auf dem Zugspitzplatt in so reicher Form und Fülle entgegentreten.

Die Gesteinsklüftung ist der Ausdruck der tektonischen Beanspruchung der Schichten. Sie ist gesetzmäßig angeordnet. Teilweise haben an den Klüften Bewegungen stattgefunden; sie sind damit zu Störungsflächen geworden. Diese lassen sich in 3 Gruppen, deren Reihenfolge ihrem Altersverhältnis entspricht, zusammenfassen:

1. Längsstörungen, die teils Verwerfungs-, teils Überschiebungscharakter haben,
2. gesetzmäßig fischgrätenartig angeordnete Querstörungen,
3. sprungähnliche Querstörungen (Gatterlstörung).

In den fischgrätenartig angeordneten Störungen kommt der Bewegungsplan der (geologischen) Partnachmulde klar zum Ausdruck. Entsprechend der durch die Faltung bedingten Zusammenpressung der Schichten in S—N-Richtung hat eine O—W gerichtete Dehnung an den Diagonalstörungen stattgefunden, also eine Fortführung der Faltung mit anderen Mitteln. Dies führte am Westrand der Partnachmulde zu Überschiebungen des Wettersteinkalkes auf Juraschichten. Da der Überschiebungsbetrag nicht groß ist, ist es nicht notwendig, für die O—W-Bewegung noch eine besondere, erst nach der eigentlichen Faltung sich auswirkende Kraft anzunehmen.

An einer Stelle im Partnachtal schneiden sich Störungen aller erwähnten Richtungen. Es ist dies im Bereich des Partnach-Ursprunges, der also geradezu zum Austritt großer Wassermengen prädestiniert ist. Die exzentrische Lage der Quellen an der nördlichen Talflanke ist durch die Tektonik bedingt. Der Partnach-Ursprung, der im wesentlichen aus einem großen Quelltrichter im anstehenden Wettersteinkalk besteht, lieferte im August 1931 rund 4,5 cbm Wasser pro sec. An regenreichen Tagen wird die Wassermenge durch seitliche, oberflächliche Zuflüsse vervielfacht, die Quelle selbst zeigt dagegen eine auffallende Konstanz. Man muß deshalb annehmen, daß sie gleichmäßig aus einem großen Wasserreservoir gespeist wird, welches im Zugspitzplatt zu suchen ist und seine Zufuhr im wesentlichen aus dem Schmelzwasser der langandauernden mächtigen Schneedeckung des Platts erhält. Für das Vorhandensein von großen Wasserspeichern sprechen ferner noch folgende Gründe. Die Quellschüttung der Partnach beträgt mehr als die Hälfte ihrer am Pegel bei Partenkirchen (unweit der Partnachmündung) gemessenen Wassermenge. Demgegenüber beträgt die Größe des Einzugsgebietes der Quellen (in der Hauptsache das Platt) aber höchstens ein

Viertel des Gesamteinzugsgebietes der Partnach. Die Regenhöhe auf dem Platt müßte also wesentlich höher sein als im übrigen Gebiet. Das ist aber nicht der Fall. Die Berechnung der Niederschlagsmenge ergibt nur etwa ein Drittel der Quellschüttung. Der Differenzbetrag ist so groß, daß er unmöglich durch event. sich im Hochgebirge bildende Kondenswassermengen ausgeglichen werden kann. Die konstante, über Erwarten große Quellschüttung findet nur in dem steten Zufluß der in ausgedehnten Hohlräumen des Platts angesammelten Schmelzwassermengen ihre Erklärung.

Morphologisch zerfällt das untersuchte Gebiet in das Erosionstal der Partnach und die Karstlandschaft des Platten. Das Platt, das früher als riesiges eiszeitliches Kar aufgefaßt wurde, ist der letzte Rest einer bereits vor der diluvialen Vereisung gebildeten Verebnungsfläche. Sie setzt sich, den verschiedenen Phasen der Alpenhebung entsprechend, aus verschieden alterigen und in verschiedener Höhenlage sich befindlichen Erosionsreststücken zusammen.

Während der Vergletscherung erfuhr das Gebiet nur geringe Veränderungen, wie überhaupt der Eisbedeckung weniger zerstörender als konservierender Einfluß zugeschrieben werden muß.

Im Partnachtal ist in zirka 150—300 m Abstand über der heutigen Talsohle ein präglazialer Talboden erkennbar, mit dessen Hilfe es gelingt, den ehemaligen Partnachlauf zu verfolgen. Das Gefälle dieses Talbodens steht in gerade umgekehrtem Verhältnis zu dem des heutigen Bachbettes, was sich durch die Veränderung der Erosionsbasis, vermutlich eine Folge der Partnachanzapfung vom Werdenfelser Becken her, erklärt.

Die verschiedenen Steilstufen des Partnachtals sind verhältnismäßig junger Entstehung. Sie deuten die Grenzen an, bis zu denen die jeweilige fluviatile Erosion beim Eintritt der jüngsten Hebungen vorgeschritten war. Ihre Anlage fällt in die Interglazialzeiten, in denen fast allein fluviatile Erosion möglich war.

Forschungen im Zugspitzgebiet.

Von Dr. Benno Wolf.

(Vorläufige Mitteilung):

Die riesige Partnachquelle bei der Angerhütte im Raintal im Zugspitzmassiv mußte jedem Karstforscher zur Vermutung bringen, daß oberhalb im Abfall des Zugspitzplatts und im Zugspitzplatt ein großes System teils stets oder zeitweise aktiver Wasserhöhlen und in höheren Etagen ein System trockener Höhlen besteht.

Zur Klärung dessen wurden zunächst 1931 die eingangs dieses Heftes behandelten Untersuchungen von Dr. Heller und Dr. Nieder vorgenommen. Um nun selbst ein näheres Bild von der Sachlage zu erhalten, fuhr ich nach Beendigung der Tagung nach Garmisch-Partenkirchen. Mit liebenswürdiger Unterstützung des Direktors Möslein von der Bayerischen Zugspitzbahn, der zwei Bergführer stellen ließ, Herrn Dr. Ihssen aus

Garmisch und Herrn Zugspitzbahn-Ingenieur Kilian, konnten vom Schneefernerhaus ausgehend eine Reihe sehr interessanter Feststellungen gemacht werden. Es wurden auf dem Zugspitzplatt, vor allem in der Nähe der Knorr-Hütte sieben teils recht tiefe Schächte ermittelt. Mangels Drahtseil- oder Strickleiter waren leider die Erforschungsmöglichkeiten begrenzt. Eine Eishöhle aber fiel zunächst nicht senkrecht, sondern nur etwa 80° in kleinen Stufen ab, so daß ich darin am Seile etwa 15 m tief klettern konnte. Dann folgte ein tiefer, überhängender Absturz, zu dem die vorhandenen Hilfsmittel nicht ausreichend erschienen. Man begnügte sich daher mit der Kartierung. Weiter wurde festgestellt, daß zwischen Partnachquelle und Knorrhütte im Hang eine große Menge, teils schwierig zu erreichender Höhlenöffnungen vorhanden sind. Deren Untersuchung kann zu Systemen von horizontalen Höhlen führen. Es darf gehofft werden, daß die örtlichen Stellen in Garmisch-Partenkirchen in diesem so viel versprechenden Karstgebiet die Untersuchungen weiterführen.

Ist die Hockerbestattung vom Büttnerloch bei Thuisbrunn (Ofr.) neolithisch oder paläolithisch?

Von C. Gumpert, Ansbach.

Die Sektion Heimatforschung der Naturhistorischen Gesellschaft Nürnberg hat in ihren „Arbeiten der Sektion Heimatforschung, Bd. II, Heft 3/4, 1930“ die Ausgrabungsergebnisse des Büttnerloches bei Thuisbrunn in Oberfranken veröffentlicht. Die Ausgrabung ist im Jahre 1929 durch Herrn Jos. Rich. Erl erfolgt, dem auch der verdienstvolle Bericht zu danken ist. Die Bestimmung der Fauna hat Herr Dr. F. Heller übernommen.

Das Büttnerloch ist ein 0,75 bis 1,5 m breiter niedriger Höhlengang, der schräg abwärts führt und sich nach etwa 6 m in ganz niedrige Spalten verliert. Etwa 3,5 m vom Eingang erweitert sich der Gang zu einer kleinen Kammer, an deren senkrechter Rückwand, nicht ganz 4 m vom Eingang entfernt, sich an der tiefsten zugänglichen Stelle ein menschliches Skelett in sitzender Hockerstellung befand. Herumliegende Steintrümmer deuteten darauf hin, daß die Leiche hinter einer mauerähnlichen Steinsetzung einmal eingeschlossen war. Irgendwelche Grabbeigaben waren nicht festzustellen, dagegen barg die teilweise sinterartig zusammengebackene Auffüllung des schachttartigen Höhlenganges in verstreuter Lagerung 29 Hornsteinartefakte, eine Anzahl Hornsteinsplitter, Fragmente von Knochengeräten und teilweise bearbeiteten Wildschweinhauern, zerschlagene Knochen mit Hiebspuren, angebrannte Knochenstückchen, abgeschnittene Geweihsprosse, Holzkohlensplitter und einige kleine Scherbenstückchen eines groben Tongefäßes.

Eine schichtenmäßige Einlagerung aller dieser Gegenstände war im oberen Teil der Aufschüttung nicht mehr zu erkennen. Durch die schräge Lage des Höhlenganges ist offenbar höher gelegener Boden in tiefere