

Reis, O. M. (1910): Erläuterungen zur Geologischen Karte des Wettersteingebirges. I. Teil. Kurze Formationsbeschreibung, allgemeine tektonische und orogenetische Übersicht. – Geogn. Jh., 23:61-114, 15 Abb., 3 Kart.

## Erläuterungen zur Geologischen Karte des Wettersteingebirges.

### I. Teil.

#### Kurze Formationsbeschreibung, allgemeine tektonische und orogenetische Übersicht.

Von

Dr. Otto M. Reis.

(Mit 2 Karten, 1 tektonischen Übersichtskärtchen, 15 Textbildern und 1 Textbeilage.)

#### Vorbemerkung über die Kartenaufnahme.

Die Aufnahme des Wettersteingebirges wurde 1893 von Herrn Oberbergdirektor C. W. v. GÜMBEL zuerst unter Assistenz von Dr. F. W. PFAFF begonnen,<sup>1)</sup> er hoffte in den Hochsommermonaten zweier Jahre diese Aufgabe außer der Reihe und neben den laufenden Aufnahmen der Geognostischen Landesuntersuchung erledigen zu können; da aber bald fühlbar wurde, daß es sich hier um viel mehr handelte, als bloß um eine Übertragung der älteren Aufnahme in 1:100 000 in den Maßstab der neuen Blätter von 1:25 000 unter Einbeziehung weiterer, und zwar der für diesen Maßstab angängigen Einzelheiten, wurde auch der Schreiber dieser Begleitworte zur Verwertung seiner bei der Beteiligung an der Karwendelaufnahme gesammelten Formationserfahrung und tektonischen Übung herzugezogen. Oberbergdirektor v. GÜMBEL, an und für sich zu einer gewissen Schonung gezwungen und an der eigentlichen Begehung nicht beteiligt, konnte nun in den folgenden, zum Teil sehr regenreichen Hochsommern weniger und weniger an der Herstellung des eigentlichen Kartenbildes teilnehmen, wenn auch seine einzelnen Beobachtungen und Aufsuchungen von Querprofilen nach wie vor für den Gang der Aufnahme von großem Wert waren. F. W. PFAFF hatte Aufträge zu Profilbegehungen, zu Einsammelungen, zu zerstreuten Teilaufnahmen östlich von Partenkirchen, nördlich vom Eibsee, westlich von Mittenwald, nördlich von Leutasch (Öfelekopf, Bergleklamm, Dreitorspitz), südlich vom Reintal (Hochwanner bis Scharnitzspitz), im Kalkgebiet zwischen Zugspitz und Alpspitz auszuführen, welche Gebiete, abgesehen von denen der höchsten Kalkverbreitungen, von O. M. REIS zum größeren Teil überarbeitet, zum kleineren Teil nur mit Anschlußbegehungen neben der Ausführung der großen ihm persönlich zugeteilten Gebiete zusammengefaßt wurden.

Beim Ableben Geheimrat v. GÜMBELS konnte nun die Aufnahme infolge der erwähnten widrigen Witterungsverhältnisse und anderer nicht gerade günstiger, aber

<sup>1)</sup> Der verstorbene Berg- und Salinenpraktikant F. RIEDISSEY hatte vorher gelegentlich seiner geognostischen Vorbereitungszeit 1892 im Wettersteingebirge beachtenswerte Einsammlungen gemacht.

auch nicht vorauszusehender Umstände der Arbeitsverteilung nicht als abgeschlossen gelten; es war die Frage, ob diese außer der Reihe unternommene Arbeit nicht vorerst ganz unterbrochen und mit ganzem Nachdruck die geognostischen Aufnahmearbeiten in der Rheinpfalz zu rascherem Abschluß gebracht werden sollten. O. M. REIS erhielt darauf den Auftrag, im Sommer 1898 das Kartenbild mit Absehung von weniger wichtig scheinenden Einzelheiten zu einer für die Veröffentlichung geeigneten Rundung zu bringen.

Es bestand weiter darnach der Plan, die Veröffentlichung selbst nur neben der in erster Linie laufenden Fortsetzung der geologischen Atlasblätter 1:100 000 zu betreiben und während der Vorbereitung der ersten die Fauna des Wettersteinkalkes zu bearbeiten; deren Material schwoll aber durch die von Herrn Geheimrat Professor v. ZITTEL veranlaßten Einsammlungen auch so an, daß sie noch nicht beendet werden konnte, da währenddem auch die Aufgaben der wissenschaftlichen Beiarbeiten zur Herstellung der Erläuterungen der Blätter Zweibrücken, Kusel und Donnersberg in unvorhergesehener Weise einen größeren Umfang annahmen und eine größere Vertiefung verlangten.

Die endgültige Abfertigung der beiden Blätter der Wettersteinkarte konnte aber doch nunmehr nicht länger verschoben werden, weshalb auch vorläufig nur eine Beigabe von Begleitworten geringeren Umfangs und allgemeineren Inhalts möglich ist. Es wird indessen nicht aus dem Auge gelassen, eine Zusammenstellung der gesammelten Faunen und eine größere Anzahl der vom Verfasser dieser Begleitworte aufgenommenen, für die Schichtenfolge innerhalb der Formationen und für die Tektonik wichtigen Profile in einer eigenen Abhandlung als II. Teil der Erläuterungen zur Wettersteinkarte zusammenzustellen. Außerdem wird Dr. F. W. PFAFF eine Zusammenfassung über das Diluvium des Wettersteingebirges mit Ergänzungen und Nachträgen ausarbeiten (vgl. S. 79).

Der südlich des Gaisbachs in beide Blätter hereinbezogene Gebirgsteil zwischen Leutasch und Lermoos ist von Dr. O. AMPFERER in Wien aufgenommen und der Geognostischen Landesuntersuchung zur Abrundung und Ausfüllung des Kartenbildes zur Verfügung gestellt worden. Herr Dr. AMPFERER hat auch das von O. M. REIS aufgenommene, nördlich davon liegende österreichische Gebiet inzwischen eingehend begangen und über beide sich in seiner: Geologischen Beschreibung des Seefelder, Mieminger und südlichen Wettersteingebirges (Jahrb. d. K. K. Geol. Reichsanstalt in Wien 1905. Bd. 55, Heft 3 und 4) eingehend mit Hilfe einer Anzahl von mit der Karte gut übereinstimmenden Profilen ausgesprochen. Es sei auf die wichtige Abhandlung dieses geschätzten Alpenforschers und Geologen der K. K. Geol. Reichsanstalt in Wien hier ausdrücklich verwiesen, weil sich bezüglich des österreichischen Gebietes jene und die vorliegenden Ausführungen sowohl in sachlicher Hinsicht als auch in den, wie ich meine, letzten Endes nicht unvereinbaren tektonischen Anschauungen gegenseitig ergänzen.

Eine an die geologische Erforschung des Eibseegebiets sich anschließende Untersuchung des Sees nach Wasser in oberflächlich und tief gefaßten Wasserproben, sowie der Schlammabsätze auf dem Seegrund, mit Vergleichen der Zufluß- und Abflußwässer, endlich auch eine Messung der verschiedenen Seetiefen hatten Herr Landesgeologe A. SCHWAGER und Dr. F. W. PFAFF ausgeführt; sie mußte inzwischen zurückgestellt werden, soll aber mit Untersuchungsergebnissen über die anderen Seen des Gebiets im II. Teil der Erläuterungen vorläufig abgeschlossen zur Veröffentlichung gelangen; eine kurze Mitteilung erfolgt auch in diesem I. Teil (S. 106).

## I. Kurze Formationsbeschreibung.

### 1. Muschelkalk im engeren Sinne.<sup>1)</sup>

Dieser Komplex ist am Ehrwalderkopf am Nordostfuß der Zugspitz, im Gebiet der Bärnheimat NW. vom Waxenstein, zu Seiten der Unter-Leutasch (Arnsitzmassiv und Wettersteinabfall) in 500—600 m, in der Partnachlamm in ca. 250 m höchster Mächtigkeit aufgeschlossen; er besteht aus einer Masse ziemlich gleichmäßig wechselnder, dick- und dünnbankiger, schwärzlicher bis schwarzbrauner, sehr bituminöser Kalke, welche letzteren in knollig-wellig-plattiger Ausbildung an unregelmäßigen, klotzigeren Wellenkalk erinnern (Fig. 1). Die Oberfläche der Bänke ist selten ganz flach; sie zeigt ein unregelmäßiges flachbuckeliges Relief. Schwache, die Schichtfugen bezeichnende Toneinschaltungen sind meist tief schwarz. Seltener, besonders in der Nähe von fossilführenden Regionen werden die Kalke dünnplattig knollig und hell-graubraun; in einer oberen Region zeigen sich z. B. beim Aufstieg zur Wiener Neustädter Hütte, ebenso zum Arnsitz-Massiv gelbgraue dolomitische Kalke, welche auch durch Auftreten gekreuzter, sich durchdringender Steinstengel (Bohrhöhlenfüllungen) an den außeralpinen Muschelkalk erinnern. Auch in der Reihe der dunklen dünnplattigen Kalke gibt es Bänke, deren Oberflächen ein ganzes Geflecht derartiger größerer, gewundener Röhrenfüllungen zeigen (sog. Wurstelbänke), welche zum Teil auch auf Ausfüllungen oberflächlicher Laufgänge von kriechenden Tieren zurückzuführen sind. — Die Kalke sind im Bruch meist sehr scharfkantig und splitterig, sind als spröde Gesteine außerordentlich manigfach zerborsten und an ihren Bruchstellen wieder mit weißen Kalzitadern fest verheilt.

Ausscheidungen von Kieselknollen sind häufig, wie auch oft das Vorhandensein von Fossilien durch ausgewitterte Verkieselungen der Schalen angedeutet ist.

Stellenweise zeigt sich in einer höheren Region (z. B. in einem vom Eckbauer nach Graseck herabziehenden Graben) eine stärkere Einschaltung von schwarzen Schiefertönen, welche zahlreichere Linsen von Kalk einschließen, wie sie auch im außeralpinen Oberen Muschelkalk, seltener im Wellenkalk, auftreten.

An anderen Stellen ungefähr des gleichen Horizontes, z. B. am Nordwestfuß der Riffelspitz (Lärchenwald) zeigen sich in mehreren 10—15 m entfernten Zonen Bänkchen von hellgrüngrauen Kieselkalken, welche oft völlig hornsteinartig werden; sie sind mit dem Auftreten von Zonen bröckeliger dünnsschichtiger Kalkbänkchen mit etwas stärkeren Toneinschaltungen mit blauschwarzen Mergelkalkknollen verbunden, welche öfters eine eigenartige Fältelung erkennen lassen; diese Stauchungen machen aber die hangenden Bänke nicht mit; es kann sich hier um Bewegungen der noch weichen Schichten in Böschungslage handeln, wie ich solche im Wellenkalk Unterfrankens reichlich beobachtet habe (vgl. Geogn. Jahresh. XXII Kap. 11).

Da in dem Gebiete der an Partnachschichten freien Fazies die unteren Wettersteinkalke oft eine dunkle Farbe annehmen, so ist in diesem der Muschelkalk erst dann eingezeichnet, wo die dünnplattigen, unregelmäßig knotigen, dem Wellenkalk ähnlichen Kalke sich einstellen.

Was die Versteinerungsführung betrifft, so ist sie in diesem Gebiete recht gering und nur ganz lokal als stärker nachzuweisen. Bei Wamberg und am

<sup>1)</sup> Vgl. hierzu auch A. ROTHEPLETZ: Geologischer Querschnitt durch die Ostalpen 1894 S. 31—80; es findet sich in diesem Werk auch ein Querprofil durch die Trias westlich vom Partnachtal. Außerdem verweise ich auf W. SALOMON, Die Adamellogruppe (Abh. d. K. K. Geol. Reichsanstalt XXXI. 1, S. 384), bezüglich der Erörterung der systematischen Einheiten in der alpinen Trias.

Rappenschroffen fand ich in den höheren Lagen des Kalkes anstehenden Krinoidenkalk. Sonst sind Funde in dem eigentlichen Muschelkalk nur noch in Abfallbruchstücken von der Wand unterhalb des Schneekars auf dem Weg von der

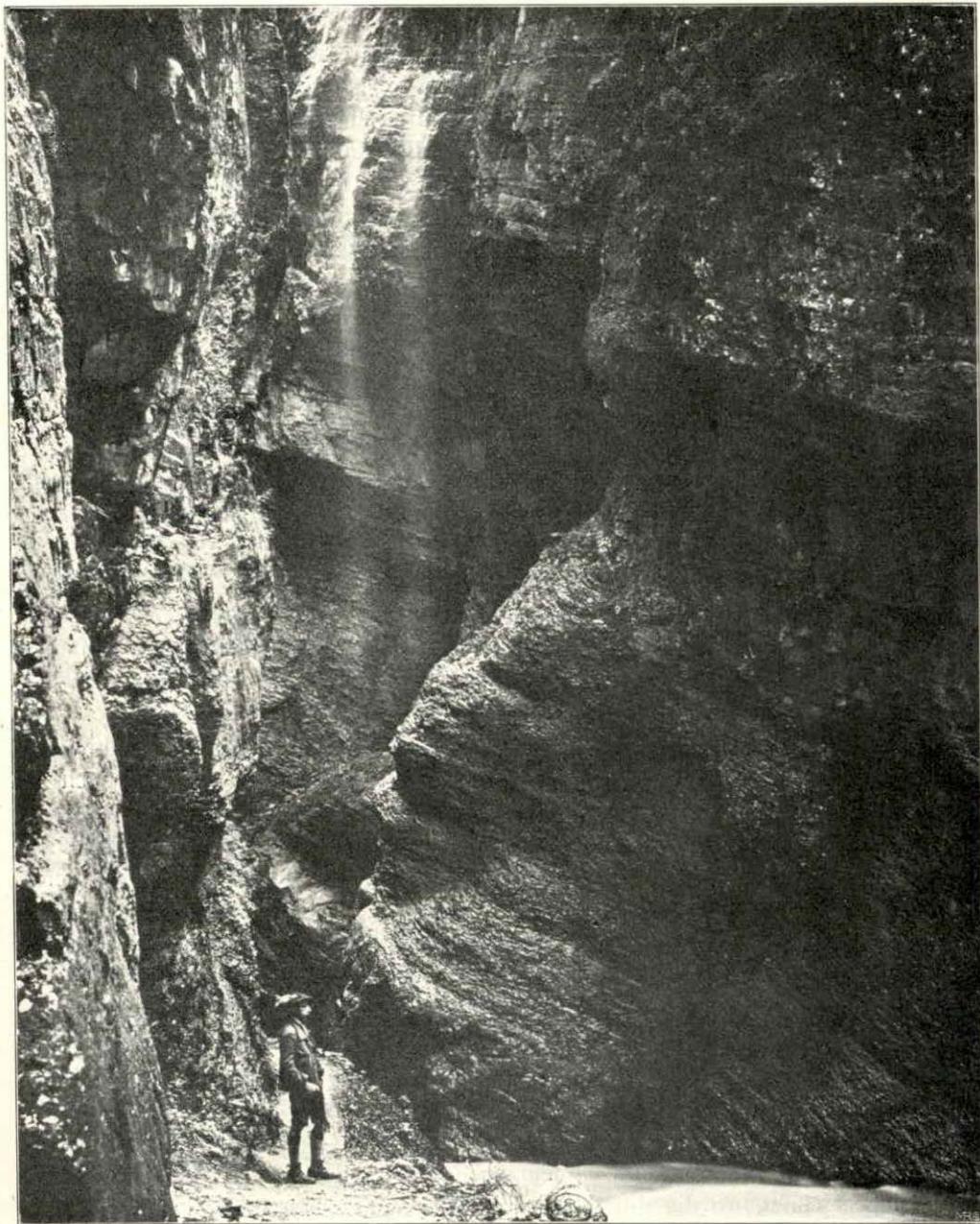


Fig. 1.

Eingang in die Partnachklamm mit den hier tieferen wellenkalkartigen knolligen Dünnschichten und den im Hangenden eingeschalteten dicken und dünneren ebenflächigen Plattenschichten.

Ludergrube nach der Wiener Neustädter Hütte unterhalb des Ehrwalderköpfls und in der großen Lain gemacht. Besonders zeigte erstere Stelle Bruchstücke verhältnismäßig dünner Bänkchen voll von *Dadocrinus gracilis* mit sehr vereinzelten

Gastropoden; von ersterem fand sich einmal noch die Krone; öfters sind ihre Stielteile im Zusammenhang überliefert, meist zeigt sich aber eine Zusammenschwemmung massenhafter Einzelglieder. Damit kommen auch dünne Bänkchen mit kleinen Myophorien vor und die Bruchstücke einer 15 cm starken Bank, welche eine feinporöse schaumkalkartige Oberfläche hat; der Dünnenschliff zeigt hier zahlreiche kleine, sehr fein struierte Oolithkörner, von der Art, wie man sie etwa in den Trochitenschichten der Rheinpfalz und von der Grenze des Mittleren und Oberen Muschelkalks Frankens kennt; die Ooide sind hier nicht mehr und nicht weniger von innen heraus nach außen in großkörnigeren Kalzit umgewandelt und nähern sich zum Teil dem Entoolithotypus; sie sind hier nur durch zahlreichere Spitzensuturen angefressen. — Daneben zeigten sich einige Findlinge mit *Coenoth. vulgaris* und *Spirig. trigonella* als Seltenheiten.<sup>1)</sup> Im Laingraben bei Ehrwald fand ich ein Stück voll von Gastropodenschalen, welche aber nicht einzeln zu gewinnen waren.

Da wo die Muschelkalkschichten unter dem Wettersteinkalk auftauchen, bieten sie stets an den Steilwänden Gelegenheit zu stärkerer Vegetation, wenn sie sich auch hier nur in Grasbändern äußert. Im Gebiete niedriger gelegener und flacherer Muschelkalkanstehen zeigen sich besonders schöne Laubwaldungen.

## 2. Die Partnachschichten.

Diese Schichten haben südlich der Linie Barmsee-Partenkirchen-Garmisch-Eibsee ihre Hauptverbreitung und sind besonders an der Partnach südlich von Partenkirchen schön aufgeschlossen, wonach sie auch ihren Namen haben. Sie repräsentieren im Partnachgebiete eine Mächtigkeit von über 400 m; es ist ausgeschlossen, daß diese Zahl etwa eine mehrfache Wiederholung geringerer Mächtigkeit darstellt. Durch die Ausscheidung der in ihnen auftretenden Kalkbänke ließ sich z. B. im Partnachgebiet eine einfache Mulde feststellen, welche in einem breiten Boden flach gelagert<sup>\*</sup> (unter Außerachtlassung eines nicht unbeträchtlichen tieferen Schichtenabschnitts unter der Talsohle) schon ungefähr 300 m fast horizontalen Anstehens erkennen läßt.

Die Partnachschichten sind in ihrer Hauptmasse zum Teil schieferige und tonreichere, zum Teil undeutlich geschichtete, klotzige, nicht so tonreiche Mergel, welche einen häufig stengeligen, oft auch bröckelig-schaligen Zerfall beim Liegen an der Luft haben; es lassen sich von diesen Mergeln fast keine Sammlungsstücke zuschlagen, da sie in unregelmäßig schalige Fragmente brechen und schließlich nur eiförmige oder sphäroidische Kerne herausspalten lassen; es zeigt sich darin die leichte Durchdringbarkeit durch die Feuchtigkeit, welche auch schließlich die Verwitterung erleichtert und die ungeheuer zähen und tiefgründigen Lettenböden, sowie auch die Schlammurenbildungen in Gräben in der Verbreitung der Partnachschichten ermöglicht. Möser und Wiesengründe haben hier eine große Ausdehnung.

Den Mergeln und Mergelschiefern sind häufig dünnbankige handhohe Mergelkalke mit scharfkantigem Bruch eingeschaltet. Von größerer horizontaler Ausdehnung und Regelmäßigkeit des Auftretens sind bis 10 m mächtige Kalkbänke,<sup>2)</sup> welche im großen und ganzen den Typus der dicken Kalkbänke des Muschelkalks

<sup>1)</sup> Trotzdem der Habitus der Gesteine mehr dem außeralpinen Wellenkalk ähnelt, möchte man glauben, daß der beschriebene fossilführende alpine Horizont der Region der Trochitenschichten des germanischen Ablagerungsgebietes entspreche; vgl. auch die erwähnten Kieselkalke und Hornsteinbänke.

<sup>2)</sup> Bei der Übertragung in der Karte sind diese Bänke meist etwas zu breit geworden.

im engeren Sinne besitzen, in der Farbe höchstens etwas bräunlicher sind als diese; es sind 7—8 unten etwas näher zusammengedrängte, oben etwas weiter auseinander gestellte Bankkomplexe. Die obersten sind noch etwas heller braun und am Waxenstein (bzw. an dessen Fuß) mit dem Wettersteinkalk, der hier auch zuerst etwas dunkelbraun ist, förmlich verschmolzen.

In den höheren Kalkbänken zeigen sich auch Fossilien; Dr. F. W. PFAFF fand bei einer Sammeltour in einer leider nicht fixierten Bank in den Drehwiesen einige Brachiopoden, welche in die Reihe der *Waldheimia Ramsaueri* SUÈSS sp. gehören und zwar offenbar der *Cruratula Beyrichii* BITTNER am nächsten stehen.

In den Schiefern unmittelbar über dem Muschelkalk der Partnachklamm fand sich *Halobia parthanensis*, welche indessen auch im Muschelkalk selbst vorkommt.



Fig. 2.

Blick ins bayerische Schneekar, links die große Riffelwandspitz, rechts der Zugspitzgrat; zeigt die deutliche Grenze des in tieferen Horizonten seiner Schichtung verlustig gegangenen Wettersteinkalks nach dem Liegenden dünn- und dickbankigen Muschelkalk, woselbst Partnachschiefer fehlen und dünnenschichtige, dunkle Kalke in den Wettersteinkalk überzugehen scheinen.

Aufgenommen von einer der Wand nahen Halde zwischen 1700 und 1800 m. Original dem Geognost. Bureau überlassen von der Direktion des Topogr. Bureaus in München.

Außerdem wurden in einzelnen plattigen Mergelkalken am oberen Älplebach N. vom Waxenstein und in einem Aufschluß SO. vom Gütlegraben an der Mittenwalder Straße N. vom Hirschbichl kleine Schälchen gefunden (? *Estherien*) und breitere fukoidenartig verzweigte Einschlüsse, welche in Ton petrifiziert sind.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Weitere Versteinerungsfunde in dieser Gegend erwähnt G. SKUPHOS in seiner Abhandlung: Die stratigr. Stellung der Partnachsichten etc., Geogn. Jahresh. 1892, S. 116.

Was die Beziehung von Partnachsichten und eigentlichem Muschelkalk betrifft, so gehören beide Bildungen trotz ihres scheinbar großen faziellen Unterschieds engstens zusammen; es ist auffällig, daß in einer Linie, welche ungefähr ostwestlich von der unteren Leutasch (Lochlähn an der Südwand des Wettersteins) nach der hinteren Höllentalklamm und Bärnheimat-Zuggasse (SO. vom Eibsee) zieht, die Partnachsichten unter zum Teil allmählicher Mächtigkeitsabnahme verschwinden (Fig. 2). Es liegt nahe und es läßt sich manches dafür anführen, daß der Muschelkalk im engeren Sinne auf Kosten der Partnachsichten wächst, andererseits scheint auch eine Verminderung von oben her stattgefunden zu haben; die im Höllentalanger unter dem Wettersteinkalk auftauchenden Schichten haben wieder mehr den Typus von eigentlichen, etwas tieferen Muschelkalkschichten,<sup>1)</sup> so daß eine doppelseitige Vertretung die starke und rasche Abnahme der Partnachsichten erklären könnte. Ähnliche Verhältnisse zeigen sich ja auch im Karwendelgebirge.

### 3. Wettersteinkalk.

Dieses horizontal verbreitetste, die höchsten Gipfel des Wettersteingebirges bildende Formationsglied läßt sich an verschiedenen Stellen als in einer Mächtigkeit von 700—800 m und darüber hinaus anstehend abschätzen.

Der Wettersteinkalk kann zwar weder petrographisch noch faunistisch streng gegliedert werden. Doch zeigt er gewisse Zoneneigentümlichkeiten, welche für die Gesteinsorientierung nicht ohne Bedeutung sind.

Die unterste Zone zeigt eine Neigung zu dolomitischer Ausbildung, welche oft nur fein bänderweise auftritt; auch sind kieselige Ausscheidungen, wenn auch nicht häufig, vorhanden. In dieser feinen Bänderung zeigt sich nicht selten eine scharfe Anschwemmungs-Lagerungsdiskordanz. Außerdem sind hier jene kleinen eigenständlichen kalkartigen Gewächse zu Hause, welche auch schon WÄHNER aus dem Sonnwendgebirge erwähnt und welche ich für stromatolithische Bildungen, für Seesintergewächse halten möchte.<sup>2)</sup> In diesen ziemlich charakteristischen tieferen Lagen kommt auch die Hauptmasse der in Bearbeitung befindlichen Wettersteinkalkfauna vor, bestehend hauptsächlich aus linsenartigen Nestern, Zusammenschwemmungen von Cephalopoden<sup>3)</sup> und Gastropoden; zurücktretend sind Brachiopoden, Bivalven und Enkriniten; letztere sind fast durchgängig durch große Stielglieder vertreten. Von *Gyroporella* kommt hier nur eine sehr große Art vor. — Die Fauna wurde gesammelt zwischen dem Ehrwalderköpf und dem Issentalkopf östlich Ehrwald. Dem Gestein nach gehört sie der erwähnten unteren Region an, wobei sich zuweilen auch noch eine hellgrau-gelbe Färbung zeigt, welche aber in den größten und zahlreichsten Absturzblöcken von blendend weißer Farbe den Wettersteinkalktypus erreicht; der verhältnismäßig nahen Lage solcher Sturzblöcke an der Wand nach können sie nur aus geringerer Höhe des Wettersteinkalkprofils abgebrochen sein. Die Fauna des unteren Wettersteinkalkes ist eine typische Muschelkalkfauna alpiner Zusammensetzung.

Wenn diese tiefere Zone des Wettersteinkalkes häufig Neigung zu örtlicher

<sup>1)</sup> Hier fanden sich auch jene ganz feinen nicht über 1,5 mm dicken, leicht verzweigten, mit Kalkfüllung versteinerten Bohrröhrchen, wie sie, abgesehen von Kalkbänkchen der Partnachsichten im mehrerwähnten Älplegraben, auch im fränkischen Muschelkalk (Wellenkalk) nicht selten sind.

<sup>2)</sup> Vgl. Geogn. Jahresh. 1902 S. 273—274 und N. Jahrb. f. Min. etc. 1908.

<sup>3)</sup> Vgl. Cephalopoden. Geogn. Jahresh. XIII, 1900 S. 71—102 und XVIII S. 113—152; die Gastropoden sind dem Schluß der Bearbeitung nahe; dann folgen noch Bivalven und Brachiopoden.

dolomitischer Ausbildung zeigt, so möchte ich betonen, daß es nicht nötig ist zu glauben, es handle sich um eine sekundäre Dolomitisierung über den undurchlässigeren tieferen Schichten, wo Lösungsstauungen, Auflösungen und Ausscheidungen in reichlicherem Maße eingetreten sein könnten und sind. Ich halte wie A. ROTHPLETZ, W. SALOMON (Adamellogruppe I. c. S. 406—408) u. a. die Dolomitausscheidung in diesen alpinen Kalken für primär und zwar eher als eine Begleiterscheinung des hier örtlich erkennbaren größeren Fossilreichtums; es sei hierbei auch auf die ausführliche Erörterung der Entstehung der im germanischen Muschelkalkbereich auftretenden dolomitischen Ockerkalke im Geogn. Jahresh. XXII verwiesen.

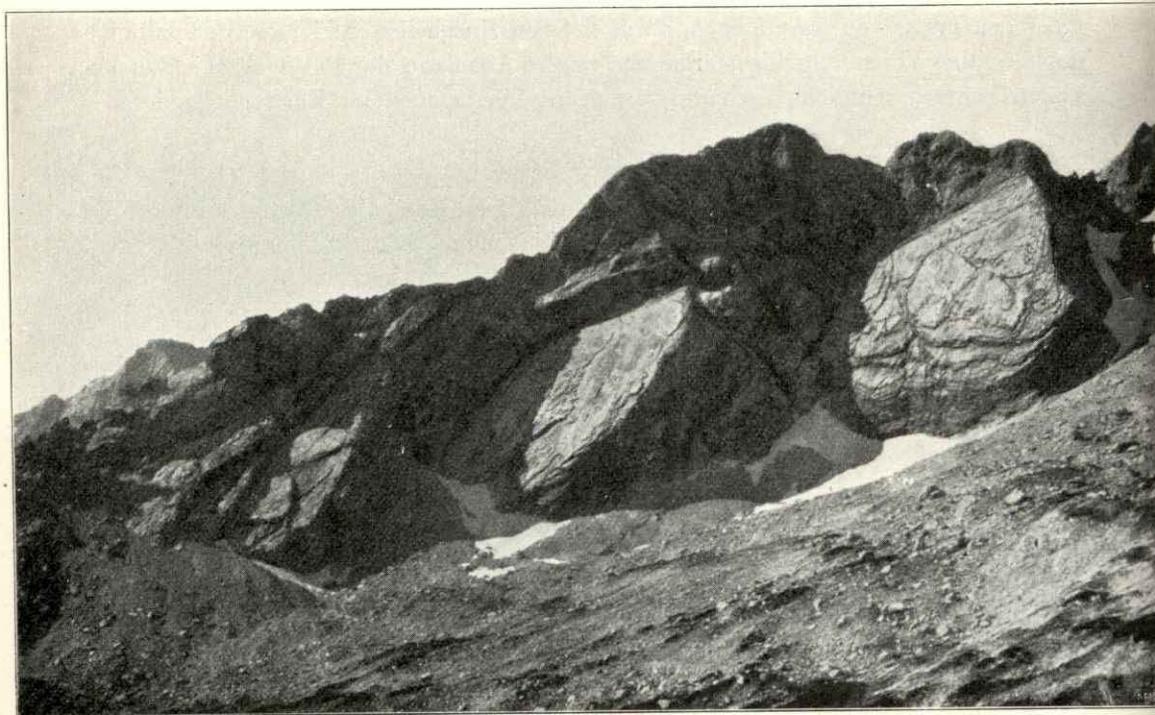


Fig. 3.

Ansicht des Nordabfalls der Wand der Gatterköpfe nach dem unteren Schneeferner von der Knorrhütte aus; auf 2 km Entfernung erscheint die gute Schichtung der Felsklötzte des Wettersteinkalks im Querschnitt wie eine Bänderung und Blätterung; das Bild ist instruktiv wegen des glatten Abbruchs der Schichtplatten und des unmittelbar dazwischen und darüber sich aufdrängenden Eindrucks schichtungslosen Kalkriffs am Grat, wo einerseits die tektonische, andererseits die Verwitterungszerklüftung fast schneefrei bleibender Partien wirksam ist. Die Schichtung läuft schief quer zum Längsgrat, eine Erscheinung, die ziemlich allgemein ist und tektonische Wichtigkeit hat, da die Längsgrate selbst ihre tektonische Entstehung haben.

Die mittlere Hauptmasse des Wettersteinkalks besteht aus zum Teil weniger gut geschichteten Kalkmassen, in welchen nur vereinzelte Fossilien, *Trachyneriten* und *Omphaloptychen* auftreten, daneben aber gut bankweise eingeschaltete Lagen von *Gyroporella annulata*. Deutliche Anzeichen, daß hier etwa riffartige Anhäufungen von Gyroporellen und Korallenansiedlungen ein außergewöhnliches Vertikalwachstum verursacht hätten, daß ihre Ablagerungen durch Aufzehrung ihres Skelettkalkes in Riffkalk übergegangen wären, davon findet sich nichts. Vielmehr zeigt es sich, daß gerade diese Fossilianhäufungen bankweise durch Strömungswirkungen<sup>1)</sup> ausgeglichen

<sup>1)</sup> Vgl. Geogn. Jahresh. XXII, Beobachtungen über Schichtenfolge etc. in der unteren fränkischen Trias, Kap. 10 und 30.

sein müssen. — Die außerordentliche Mächtigkeit hat der Wettersteinkalk mit vielen anderen alpinen Formationsgliedern gemein, bei denen die Schichtstruktur jeden Gedanken an Riffbildungen ausschließt.

In diesen beiden unteren Abteilungen zeigt sich häufig auch die Großoolithstruktur, welche die ursprünglich weitläufige Kalkausscheidung eines raschen, wohl zum Teil sinterartigen Primärabsatzes sekundär ausfüllt; es zeigt sich nicht selten, daß hierdurch die poröse undichte Urstruktur des Kalkes noch mehr verändert wurde, daß die Großoolithstruktur schließlich die Hauptmasse bildet und das dolomitisch gemengte Primärskelett der Schicht fast weggeführt ist, wie dies mutatis mutandis z. B. auch bei den Zellenkalken und Rauchwacken der Fall ist. Auch hierdurch wird häufig ein massigeres Zusammenwachsen der Schichtkomplexe, welche keine unassimilierbaren Zwischenschaltungen haben, unterstützt; es handelt sich um diagogenetische und metamorphogene Riffbildungen aus Schichtsedimenten. Auf ein kleinzügiges Analogon habe ich im Geogn. Jahresh. XV, 1902, S. 271—274 und in den Ber. d. oberrh. geol. Vereins 1910 S. 54 aufmerksam gemacht.

Mit dieser großartigen späteren Umwandlung, welche „katharische“ Karbonatabsätze (vgl. W. SALOMON, Die Adamellogruppe 1908 S. 419) in ganz besonders starker Weise erfassen können, hängt auch zusammen, daß im Wettersteinkalk die ursprünglich im Sediment wohl fein verteilten Erze (Blei- und Zinkerze mit örtlichem, allerdings zurücktretenden Molybdängehalt) sich in gewissen Regionen meist recht richtungslos in unregelmäßigen Nestern als großoolithartige Inkrustationen von bestehenden Höhlungen, wohl auch im Anschluß an tektonische Flächen, konzentrierten. Auf diese fand im bayerischen Anteil des Kartengebietes im Höllentale von den jetzt verfallenen „Knappenhäusern“ aus ein nie recht lohnender Bergbau statt. Alte Bergbaue waren weiterhin westlich von Mittenwald an den „Ferchenseewänden“. Im westlichen Mieminger Gebirge finden sich diese Erzvorkommen ebenfalls im Wettersteinkalk. Man vergl. über diese Baue v. GÜMBELS Geogn. Beschreibung des bayerischen Alpengebirges 1861 S. 245—247.

Die obere Region des Wettersteinkalks (ca. 100 m) ist besser in dem eingensunkenen Wettersteinkalkzug südlich der Wettersteinwand erreichbar; sie enthält etwas schärfer und weniger dick geschichtete Kalke von öfters mehr gelblicher oder hellgelbbräunlicher Farbe, in welche nicht selten Megalodonten mittlerer Größe vorkommen, von denen ich leider keine ganzen, zu einer Bestimmung geeigneten Exemplare gewinnen konnte. Hier fehlen die Gyroporellen und es zeigt sich im Typus der Gesteine auch stellenweise ein ähnlicher Übergang zu gewissen hellen Kalken der Raibler Schichten, wie im unteren Wettersteinkalk ein solcher zum Muschelkalk vorliegt.

Vom letzteren Standpunkt aus darf die mittlere und obere Abteilung des Wettersteinkalks als eine Übergangsregion zum Keuper, zum Teil als Keuper selbst betrachtet werden, wie die untere faziell und der Fauna nach beträchtliche Abschnitte des Muschelkalks aufnimmt. Es ist übrigens darauf hinzuweisen, daß auch in den germanischen Bezirken die untere Lettenkohle faunistisch und lithologisch einerseits von dem oberen Muschelkalk schwerer zu unterscheiden ist, daß andererseits dieser obere Muschelkalk, den in einer Südfazies eine auffällige Kalkschalenriffbildung kennzeichnet und fast vor allen tieferen Muschelkalkkomplexen auch auszeichnet, für sich wieder der Lettenkohlenfazies beträchtlich angenähert sein kann (vgl. Geogn. Jahresh. XXII S. 20 etc.). Man vgl. hierzu auch W. SALOMON, Adamellogruppe XXXI. I. 1908, S. 384.

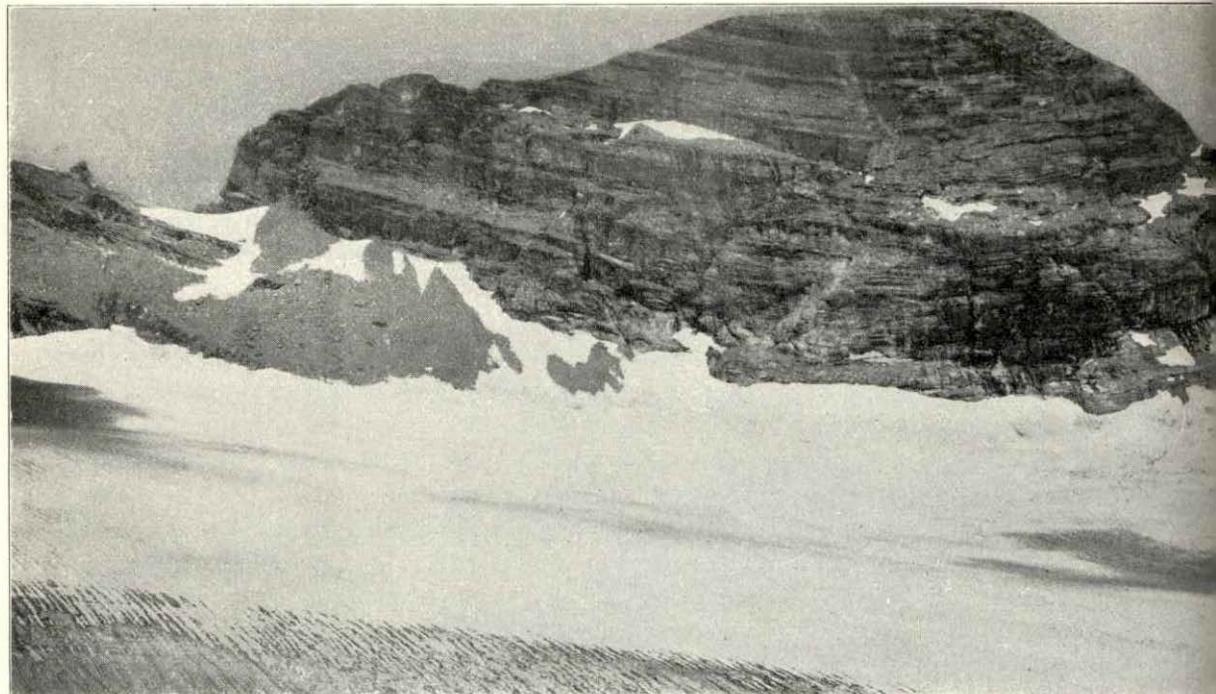


Fig. 4.

Schneefernerkopf vom Schneeferner aus; zeigt deutlichste Schichtung des Wettersteinkalks in höheren Horizonten, hier mehr als 700 m über der unteren Grenze; eine schwache Muldung ist erkennbar, welche in Fig. 9 im Übersichtsbild S. 84 noch deutlicher ist.

Photographische Aufnahme von der Direktion des Topogr. Bureaus dem Geogn. Bureau überlassen.

#### 4. Raibler Schichten.

Die Raibler Schichten sind eine mehr klastische Zwischenbildung zwischen dem oberen Wettersteinkalk mit seinen gewaltigen Kalkabsätzen und dem Hauptdolomit mit seinen fast ausschließlichen Dolomitschichten. Beide Gesteinsarten kommen aber in der Reihe der Raibler Schichten auch vor und ihre Fossilarmut wiederholt sich dann mit ihnen. Daneben treten aber auch fossilreiche Einlagerungen auf, welche als Sandsteine mit Pflanzen, als Kalksandstein mit marinen Schalen, mergelig sandige Kalke oder Mergelkalke zu kennzeichnen sind; andererseits begleiten die Sandsteine und Kalkmergel, besonders erstere, auch dünne Schiefertone, mehr oder weniger feinsandig und feinglimmerig, und vertreten sie. Es zeigen sich zwei hauptsächliche Fossilienhorizonte. Der untere ist stets mit den Sandsteinen verbunden und ist charakterisiert durch den sogen. Carditaoolith, Schalen von *Cardita crenata* mit Umwachung von *Sphaerocodium* ROTHPL. in seinem Hauptauftreten; in dem oberen Horizont finden sich die Sandsteine seltener und sind weniger mächtig; es zeigen sich hier fossilreiche, unregelmäßig plattige Bänke, durch den Reichtum von *Alectryonia Haidingeriana* und *Corbis Meltingi* charakterisiert; hier kommen nun auch stellenweise außerordentlich individuenreiche Gastropodenbänke<sup>1)</sup> vor, oft in Form von flach auskeilenden Linsennestern; die oberen Fossilbänke wiederholen sich hier und da zweimal.

Die zwischen diesen 50 und 75 m voneinander entfernten Bänken liegenden

<sup>1)</sup> Vgl. v. AMMON, Geogn. Jahresh. V, 1892, S. 202—210; bezüglich der gesamten Fauna sei auf S. v. WÖHRMANN, Jahrb. d. K. K. Geol. R.-A. Wien 1889, 39. Bd. verwiesen.

Schichten bestehen aus Dolomiten, Rauchwacken, damit verbundenen oft ganz weißen Kalken und über ihnen besonders folgen mit solchem Dolomit vergesellschaftet weit verbreitete, nicht wenig mächtige, Felsköpfe bildende, braune, dünn- und dickgeschichtete, stark dolomitische Kalke; nicht selten sind auch noch in der Nähe des Fossilhorizonts blaugraue, schmutzig gelbbraun verwitternde, massive Mergel.

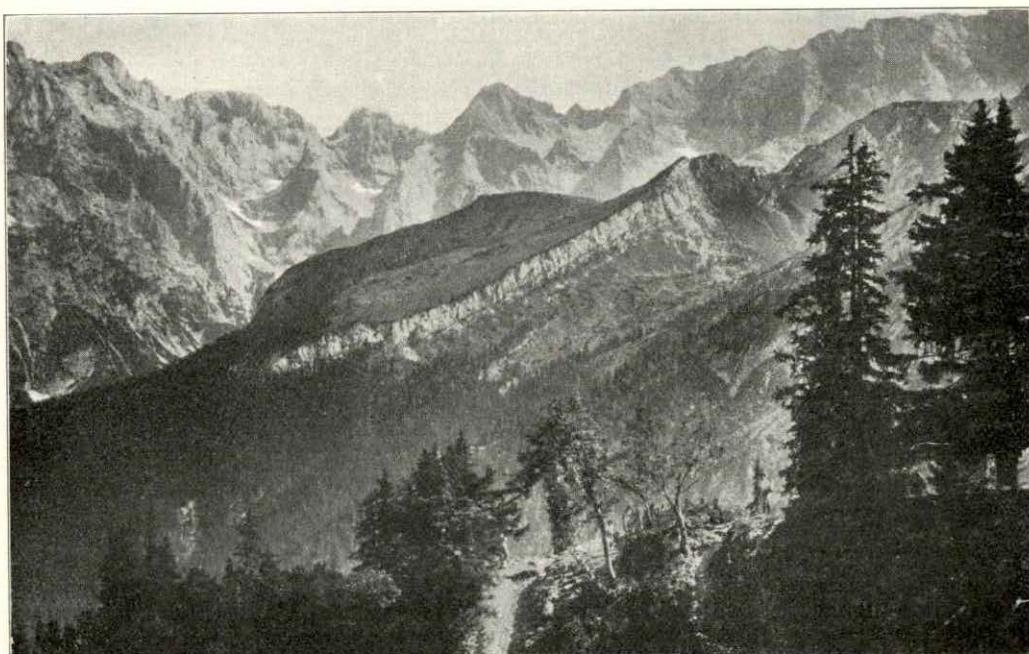


Fig. 5.

Im Hintergrund von links nach rechts Karlspitz, Schüsselkarspitz, Scharnitzspitz und Oberreintalschroffen (mit den nach N. sich öffnenden Karen) und die Rotmooswand nach dem Hochwanner zu; im Mittelgrund Hoher Gaifkopf und Hoher Gaif (Wettersteinkalk) mit den aus Raibler Schichten gebildeten Nordost- und Nordgehängen der Stuiben Alp, der Stuibenwände und des Bernardeingegebites mit dem Stuibenwald. Im Vordergrund: Weg in der Nähe der Kreuzalpjagdhütte.

Die ganze Mächtigkeit des Komplexes kann auf durchschnittlich 250 m angegeben werden; jedoch können einzelne Abschnitte, wie die Sandsteine, Schieferfone, ebenso die braunen Kalke stark anschwellen und die Mächtigkeit beträchtlich erhöhen, ebenso wie letztere weit unter 250 m zurückgehen kann.

Eine kurze Reihenfolge des Schichtwechsels sei aus den Aufschlüssen an der Nordwand des Wettersteins zwischen Schachen und Zirbelkopf mitgeteilt:

1. feinkörnige, dunkelgraue Sandsteine, nach oben mit Einlagerungen von *Sphaerocodium*, sogen. Cardita-Oolith. . . . . ca. 20 m
2. dünn- und dickgeschichtete, dichte, zum Teil auch feinporöse, gelb-braune bis oft dunkelbraunschwarze Kalke (Schwarzschroffenkalk im Partnachtal<sup>1)</sup>) . . . . . 10—15 m
3. mürber Dolomit, zum Teil typisch rauchwackenartig entwickelt ca. 15—20 m
4. splitterige, gelb-braune Kalke, nach oben in dünnbankige harte kalkige Dolomite übergehend . . . . . ca. 12 m
5. gelb-braune Kalke . . . . . ca. 3 m

<sup>1)</sup> Vgl. SKUPHOS I. c. S. 117—118.

6. löcherige dolomitische Kalke, dünnplattig und dickbankig mit Rauchwacken vergesellschaftet . . . . .	ca. 8 m
7. mürbe, würfelig zerfallende Dolomite . . . . .	ca. 5 m
8. gelbliche dolomitische Kalke, zum Teil mit Wurmbohrlöchern . . . . .	ca. 5 m
9. mergelige, zum Teil schon petrefaktenführende Schichten mit Dolomiten wechselnd . . . . .	2—3 m
10. fast braune, gelbfleckige Kalke, zum Teil plattig, hier und da nach oben Megalodonten führend . . . . .	1—2 m
11. gelbliche, petrefaktenfreie Kalke . . . . .	4 m
12. zellige Rauchwacke . . . . .	3 m
13. dünn- und dickbankige dolomitische Kalke und reinere Dolomite . . . . .	4 m
12. Mergelschichten, zum Teil feinsandig . . . . .	3,5 m
14. unregelmäßig plattig schalige Petrefaktenkalke mit Ostraeen etc. und sogen. Schalenoolith . . . . .	1 m
15. Pentakrinuskalk . . . . .	1,0 m
16. Kalk mit <i>Corbis Mellingi</i> . . . . .	0,5 m
17. schieferige Mergel und Schiefertone . . . . .	1 m
18. Kalke mit Petrefakten . . . . .	2 m
19. dünnplattige graue Kalkbänchen mit knölliger Oberfläche, damit vergesellschaftet ein dünnplattiger gelblicher Kalk mit sehr feinkörnigen typischen Ooiden . . . . .	2 m

Darüber folgen in größerer Mächtigkeit die gelbbraunen, dick- und dünn-schichtigen, dolomitischen Kalke als typisches Hangendes.

Die Raibler Schichten sind an vielen Stellen sehr reich an Eisenerz, das mit den Sedimenten abgelagert, aber später örtlich angereichert scheint; besonders gilt dies für die tiefsten Sandsteine. Die Sandsteine enthalten fast stets Pflanzenfragmente, wenn auch meist nur „Häcksel“; es sind gleichmäßig feinkörnig aus Quarz und zersetzen Feldspat zusammengesetzte, auf den Schichtflächen reichlich Glimmer führende Sandsteine. Hier und da treten sich gegenseitig durchdringende, dicke röhrenartige, mit Sandmasse erfüllte Gebilde in ihnen auf, welche auf Bohrscheinungen zurückzuführen sind.<sup>1)</sup>

Versteinerungsreiche Fundpunkte dieser Schichten sind: Neue Straße nach Mittenwald, beim Kainzenbad, alte Straße nach Mittenwald, am Schlattangraben, nördlich von Gerold, Wettersteinalpe, Schachen, Frauentalpe, Weißgraben im SO. und Längfeldhang im SW. vom Kreuzjoch, Stuibenwand, Pestkapelle und Raibler Zug zwischen hier und Wangalp, N. vom Gaisthal.<sup>2)</sup>

Die Raibler Schichten bilden stets den Untergrund von Wiesen und von wasserreichen Almen; in unzugänglichen Hochgebieten sind sie gesuchte Gamsanger.

### 5. Rauchwacken zwischen Raibler Schichten und Hauptdolomit.

Dieser auch über 200 m, an manchen Stellen aber noch bedeutend mehr messende Gesteinskomplex ist durch seine Gipsführung interessant und wichtig. Es treten hier aber nicht nur Zellenkalke und brekziöse Dolomite auf, denen man eine

<sup>1)</sup> Vgl. Geogn. Jahresh. XXII, Kap. 37, S. 256 Über spongeliomorphaartige Gebilde.

<sup>2)</sup> v. WÖHRMANN erwähnt in seiner Fauna der Raibler Schichten nach Sammlungszetteln öfters den Fundort Partnachklamm bei Graseck; es kann sich hier nur um das beträchtlich weiter südlich im Partnachtal liegende Anstehen dieser Schichten beim Schwarzschorffen handeln.

durchaus epigenetische Entstehung als Folge von Auslaugungsvorgängen bei hinzutretendem Hangenddruck und Gebirgsdruck zu erkennen muß, sondern auch aus syngenetischen Brekzien und konglomeratartigen Schichten entstandene, deren Geschiebe nicht nur aus den Gesteinen nächsttieferer Schichten, sondern auch scheinbar aus solchen von Wettersteinkalk bestehen.

Mit den Brekzien sind aber auch Kalkschichten verbunden, graubraune dolomitische Kalke, sowie weiße reinere Kalke; besonders sind erstere häufig und zeigen höchst unregelmäßige Lagerung, starke Diskordanzen gehäuft Böschungsanschwemmung; das Aufbaumaterial sieht auch hier wie ein schlammiges Zerstörungsprodukt der liegenden dolomitischen Kalke der oberen Raibler Schichten aus, welche an anderer Stelle scheinbar bis auf den Wettersteinkalk abgetragen waren.

Die erwähnten weißen, hie und da dunkel gesprenkelten Kalke sind bequem in der Fauckenklamm, desgleichen schön südlich vom Schwarzschorfen zu studieren; endlich stehen sie W. der Gehrenspitz in der Umgebung des Punktes 2227 an.

Gips kommt in Schnüren, aber auch in größeren Linsen in der Oberregion dieser Schichtmasse vor; er wurde früher bei Partenkirchen am Talausgänge des Faucken, der auch vorzügliche Aufschlüsse in der Region der Rauchwacken selbst bietet, gewonnen. — Weitere interessante Aufschlüsse der ganzen Abteilung finden sich in der Bodenlähne (Bl. II Westrand) und im unteren Mitterklammgraben O. der Partnach.

## 6. Hauptdolomit und Plattenkalke.

1. Die Eigenheiten des Hauptdolomits sind so wohlbekannt, daß es nur kurz nötig ist, auf seine stoffliche Gleichmäßigkeit, seine verhältnismäßig regelmäßig wohlbegrenzte, eher dünnplattige als mittelstarke Bankung (wobei stärkere Felsbänke nicht selten sind), seine hell graugelbliche Farbe, auch seine erstaunliche Fossilarmut und das fast völlige Fehlen stofflicher Schichtabwechslungen hinzuweisen. Nur seine Bituminosität leitet über zur Erwähnung der hie und da ihm eingeschlossenen Asphaltische, welche unmittelbar nördlich des Kartengebietes am Südhang des Kramermassivs den Oberlauf des bei der Kuffel (Grieswald-Loisach) austretenden Zieggrabens überkreuzen und zu Versuchsbauten auf Asphalt Anlaß gegeben haben; hierin finden sich östlich und südlich unseres Kartengebietes Fischreste.

Die ganze Mächtigkeit des Hauptdolomits läßt sich schwer schätzen, da an keiner Stelle Liegendes und Hangendes normal übereinander folgen; über den Raibler Schichten ist er an mehreren Stellen, wo Gebirgsfältelungen wenig Anlaß zu Reduktionen der Schätzung geben dürften, über 500 m aufgeschlossen. Unter den Plattenkalke von den Thörlern nach der Loisach kommt er bei 25—30° Einfallen und scheinbar reiner Profilfolge auf eine Mächtigkeit von über 600—700 m, wobei das Liegende nicht erreicht ist.

2. Die Plattenkalke liegen über dem Hauptdolomit besonders nordnordöstlich von Partenkirchen und südwestlich vom Eibsee an den Thörlern gut aufgeschlossen; an letzterer Örtlichkeit beträgt ihre Mächtigkeit bei ziemlich regelmäßigem Einfallen über 300 m. Es sind zum großen Teil etwas dickerbankige, sehr bituminöse, zum Teil nicht tonarme regelmäßige Kalke, welche wie die nicht zu dicken Muschelkalkbänke zu Mauersteinen etc. gebraucht werden; sie sind in der unteren Region oft noch dolomitisch und wechseln mit Dolomiten ab. Charakteristisch ist für sie das häufige Auftreten ziemlich regelmäßiger Styolithen;

die Entstehung dieser Suturbildung<sup>1)</sup> unter chemischen Einwirkungen verlangt ein gleichmäßiges, dichtes Gefüge der gehärteten Gesteine, sie vermeidet solche mit leichter Querzerbröcklung; hiermit stimmt auch die bekanntlich große Faltungsplastizität der Plattenkalke.

Nahe der unteren Grenze wurde in der Loisachwand der Thörlen eine dünnplattige Gastropodenbank<sup>2)</sup> gefunden, in den höheren Regionen zeigen sich Bänke mit zahlreichen sehr fragmentären Schalenresten und feinkörnige Oolithkalke mit typischen Ooiden.

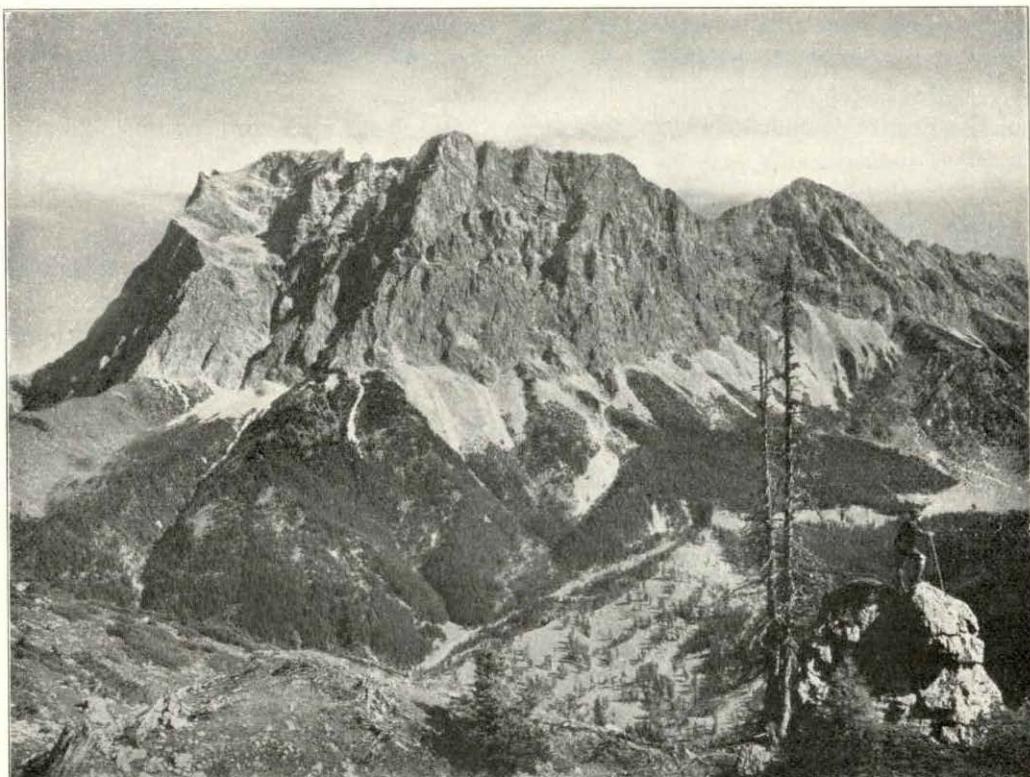


Fig. 6.

Das Bild zeigt, vom Nordrand des Seebenseekars im Mieminger Gebirge aus gesehen, den Westabfall der Zugspitzmasse nach Ehrwald im Profil, das schwach ausgebildete Kar zwischen Schneefernerkopf und Wetter-schroffen-Wetterspitzen, von da den Grat nach dem Wetterwandeck, die Einsenkung des Grats nach der kegelförmigen Plattspitze, diese selbst und zuletzt die Gatterköpfe. Im Mittelgrund sieht man die niedriger liegende Stufe der jüngeren Schichten von links nach rechts, die 900 m über Ehrwald liegenden baumlosen Holzerwiesen (Neokom) entsprechend den stark vortretenden Wetterwandspitzen, den Leitachwald mit Lias, Jura und Neokom; die gewaltigen Schutthalden über und hinter den oberen Mähdern und weiter rechts die Ehrwalder Alp, dann zuletzt rechts von dieser das Issentalköpf und Goasel (beinahe 1100 m über Ehrwald) unter den Plattspitzen mit Hauptdolomit, Lias, weißen Jura und Neokom.

Aufnahme von Herrn Georg Neumann, Photograph des Topogr. Bureaus.

## 7. Die Kössener Schichten.

Das Rhät in engerem Sinne der petrefaktenreichen Kalke und Mergelkalke, Mergel und Schiefertone ist nur an vereinzelten Stellen des Kartengebiets und da nur in unvollkommener Schichtenreihe aufgeschlossen: 1. Nördlich von Garmisch

<sup>1)</sup> Vgl. Geogn. Jahresh. 1901 S. 62—92 und 1902 S. 157—167.

<sup>2)</sup> Vgl. Näheres über diese Fauna: v. AMMON, Die Gastropoden des Hauptdolomits und der Plattenkalke, Abhandlungen d. zool.-min. Vereins zu Regensburg 11. 1878.

nach dem Stahlbad zu, am Osthang des Kramers; 2. am Südufer des Eibsees, am Weiterbach; 3. am Zugwald zwischen Riffelwand und Eibsee; 4. im Jura-Triazug und zwischen Ehrwald und Leutasch an verschiedenen Stellen, meist in sehr gestörter Lagerung und durch Verschiebungen in seiner Mächtigkeit sehr stark beschnitten bis fast eliminiert (vgl. S. 88, 92).

Außer durch seine bekannten Versteinerungen ist es petrographisch durch seine zu starker Letten-, Schlamm-, Kot- und Morastbildung geneigten Mergelgesteine leicht oberflächlich charakterisiert; seine Mergelkalke und Kalke, meist dunkelblaugrau im Kerne, zeichnen sich durch eine ganz intensiv gelbbraune Verwitterungskruste aus, die oft tief in den Gesteinskörper hineingesintert ist.

Fast an allen angeführten Orten finden sich die wichtigeren Leitfossilien.

Es zeigen sich in den Kössener Schichten aber freilich auch einzelne Komplexe der Wechsellagerung von Schiefertonen und Mergelkalken, welche gänzlich frei von Versteinerungen sind. Außergewöhnlich sind an verschiedenen Stellen Einschaltungen von tiefdunkelroten Lettenschiefen zum Teil inmitten zweier plattenkalkartiger Komplexe, die man leicht für Aptychenschichten halten könnte; hier zeigen sich aber charakteristische Brachiopoden des Rhäts. Diese Ausbildung ist zwischen Ehrwald und Leutasch zu beachten.

## 8. Juraschichten.

Außer in einem kleinen Aufschluß am Südfuß des Eibsees finden sich diese Schichten nur südlich und südwestlich vom Hauptkamm des Wettersteingebirges zwischen Leutasch und Lermoos-Ehrwald hauptsächlich in eine verhältnismäßig schmale Längsverbreitung mit Neokomschichten zusammengepreßt.

a) Der Lias ist in den meisten Fällen als Fleckenmergelschiefer und Fleckenkalk entwickelt; nur zwischen Ehrwald und Issentalköpfel zeigen sich auch deutlicher die tiefroten Kalke des unteren Lias. Hier konnte ich ungefähr folgendes Profil nach wichtigeren Teilen aufnehmen: Zu tiefst liegen hellgraue massigere Kalke mit Hornstein (Hochfellenkalk?), darüber rote, dünn- bis dickbankige Schichten mit Ammoniten und Brachiopoden (letztere selten); darüber liegt eine Pentakrinusbank, über welcher die Fleckenschiefer und Fleckenkalke folgen; dieser Komplex ist gering mächtig.

b) Algäuschichten reichen als Mergelschiefer in geschlossener, häufig von reineren Fleckenkalken unterbrochener und ersetzter Mächtigkeit bis zu den Malm-schichten empor und führen an manchen Stellen reichlich Ammoniten, z. B. am Schönberg S. vom Oberreintalschrofen, wo die Mächtigkeit eine ziemlich bedeutende, tektonisch nicht verminderte ist.

c) Malm-schichten. Sie zeigen sich aus drei Hauptabteilungen zusammenge-setzt: unten liegen graue, rotgesprengelte, aufwärts rote, vielfach gefältelte Hornsteinschichten mit Aptychen; darüber folgt häufig ein ganz heller, gelbweisser, sehr dichter, feinkörniger, an die lithographischen Schiefer erinnernder plattiger Kalk, den nach oben mehrere Züge grauer und roter Mergel und Kalkschiefer bedecken; die ganze Mächtigkeit des Komplexes beträgt etwa 150 m.

Es kommen nun im Innern der unteren Hornsteinschichten und der oberen grauen und roten Schiefer, ja auch im Bereich des dichten Kalkes wieder weißliche, blaßrötliche oder gelbliche, weißgeäderte marmorartige Kalke vor, welche oft schwer nach unten und oben zu orientieren sind, falls die Lagerung gestört ist. Außer Aptychen wurden in diesen Schichten fast keine Petrefakten gesammelt.



Fig. 7.

Blick auf den Hinterreintalschroffen, Hochwanner, Kleinen Wanner und den Hohen Kamm von der Knorrhütte aus; der Hohe Kamm besteht aus Neokomschichten; an der Verwerfungs-  
grenze ist ein schmales Band von jurassischen Schichten eingeklemmt.

### 9. Neokom.

Diese Schichten treten fast überall noch auf, wo die im Vorhergehenden besprochenen Formationsabteilungen aufgeschlossen oder vertreten sind, besonders vom Eibsee an über Ehrwald nach Leutasch.

Charakteristische Versteinerungen lassen sich immer finden, wenn sie auch nicht häufig sind. Die Holzer Wiesen westlich Ehrwald haben am meisten geliefert.

Es handelt sich in diesen Schichten um eine ziemlich gleichmäßige Masse von im frischen Bruch grauen, oft fast graugrünen Mergelschiefern und Kalkbänken, welche an den Stellen, wo Petrefakten sind oder waren, häufig eine intensive Eisenocker-ausscheidung zeigen; auch Bohrröhren und dergleichen Problematika sind mit Ocker ausgefüllt bzw. umkrustet.

An vielen Stellen, z. B. im oberen Lähngraben O. von Ehrwald finden sich auch dünne Platten von harten Kieselkalken den Schiefern eingefügt. Ein gewaltiger Aufschluß in diesen Schichten ist am „Hohen Kamm“ südöstlich vom Zugspitzgatterl (vgl. Fig. 7) zu bewundern.

### 10. Hochgebirgskonglomerat.

Das bedeutendste Vorkommen dieser Bildung liegt bei einer Gehängehöhe zwischen 1500 und 1800 m in ungefähr 30 m Mächtigkeit am sogen. Längenfeld zwischen Alpspitz-Osterfeld und Kreuzeck; es ist mehr eine Brekzie als ein Konglomerat und enthält Brocken von nur durch Gehängewanderung und Böschungs-rutschbewegungen, welche letztere besonders abzurunden geeignet sind, kanten-gerundeten Geschieben (Fig. 8). Sie bestehen aus Wettersteinkalk und Raibler Kalken; alle leichter verwitterbaren Gesteine der Umgebung fehlen in ihnen; sie lagern auf den auch jetzt noch ein nach NO. geneigtes Gehänge bildenden Komplexen der Raibler Kalke, der Rauchwacken und des Hauptdolomits, in topographischem und geologischem Gefälle einfallend. Wie das Gestein jetzt noch bedeutende Schutthalde bildet, so ist es jedenfalls auch schon früher stark abgetragen worden; denn die Möglichkeit seiner Anhäufung verlangt eine außerordentlich viel größere Breite des Jochs zwischen der Rauhkopf-Hennereckwanne und der Bodenlähn-Weitung, als sie jetzt besteht.

Die Erhärtung des wichtigen Vorkommens am Längenfeld weist auf von den jetzt bestehenden hydrologischen Verhältnissen recht verschiedene Umstände hin. Dies und die Lagerungsausbreitung läßt vielleicht einen Schluß auf sein Alter zu. Da nämlich der Südhang der östlich von dem Konglomeratabbruch liegenden Talweitung „Stuibenwald-Bodenlähne“ ausgedehnte Moränenfelder trägt und der triadische Gehängegrund ohne Anzeichen stärkerer nachglazialer Abtragung in den hinteren westlichen Talhang unterhalb des Konglomerats übergeht, so scheint die wichtigste Talausnagung hier wenigstens älter als die Bildung der oberen Moräne gewesen zu sein, d. h. es dürfte die Einschränkung des Konglomerats auf die schmale Schneid zwischen den Hauptmassen an der Kreuzalpe und dem Längenfeld nicht erst ganz nach der Glazialzeit erfolgt zu sein. Auch die jetzt bestehenden Erosionsmöglichkeiten und Schuttverfrachtungsgelegenheiten sind nicht derart, daß letztere Ortseinschränkung auf eine jüngere und jüngste Zeit des Novärs zu beziehen wäre; so glaube ich, daß die Aufschüttung und besonders die Kalkbindung wenigstens in die Zeit der älteren Nagelfluh des Isartals zu setzen ist, deren Bindung auch in hervorragender Weise an den Auslauf der seitlichen Gebirgstäler gebunden scheint.

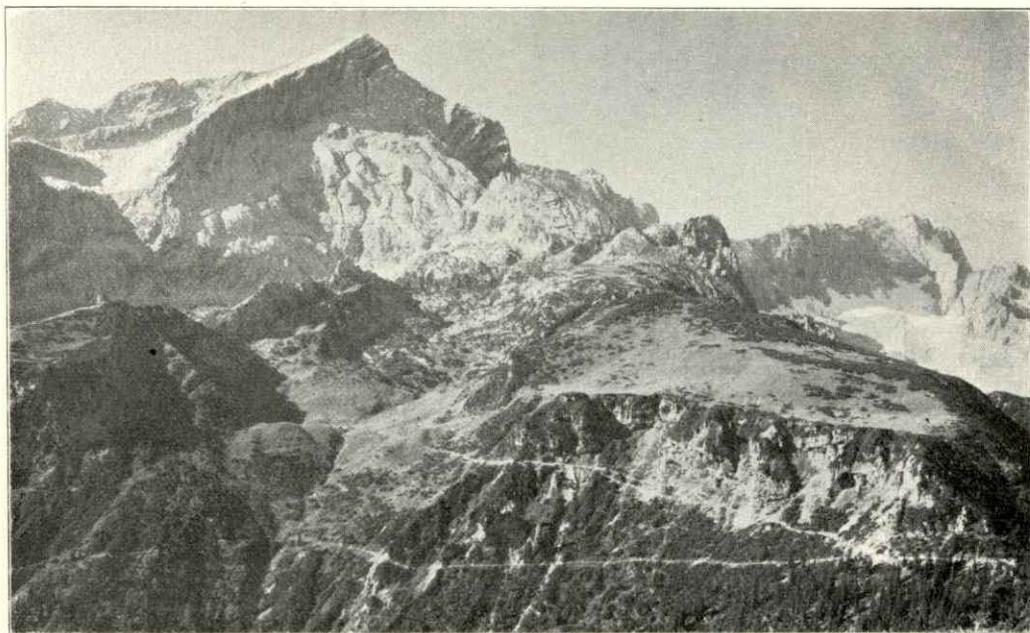


Fig. 8.

Blick von der Kreuzalp auf die Alpspitz und den Zugspitzgrat mit Höllentalferner im Hintergrund rechts, auf die östlichen Bernardeinwände und das Osterfeld mit Höllentorkopf (vgl. Fig. 10) im Mittelgrund; im Vordergrund ist links Hochalp und Hirschbiehl mit der Verbreitung von Raibler Sandsteinen und Kalken zu sehen, rechts das spärlich bewachsene, heideartige Längenfeld mit der Verbreitung des Hochgebirgskonglomerats und mit seinen vielfach ausgehöhlten Felsabstürzen nach dem Hang zur hinteren Bodenlähne.

Besonders scheint mir das für das Garmischer Konglomerat S. 79 gegeben zu sein; liegt es doch gegenüber dem Hammersbachaustritt, dessen letzte Bachausläufer es mit dem Längenfeld-Konglomerat selbst verbinden; auch für die Nagelfluherhärtungen östlich und westlich von Oberleutasch und am Ausgang des Bergleitals (Unterleutasch) scheint diese Auffassung vertreten werden zu können. Das Anstehen am Ausgang des Berglbachs ist in der Karte mit blauer Kreuzschräffur gegeben, aber versehentlich in der Farbenerklärung nicht angeführt. AMPFERER hat dieses Vorkommen als Reste eines älteren verkalkten Schuttkegels, i. c. 1905 S. 531 besprochen und weist dabei auf den bis 600 m über dem Tal hinaufreichenden, östlich gegenüberliegenden, in der Karte nicht eingetragenen, verkalkten Schuttkegel oberhalb und östlich des jüngeren, südöstlich von Lochlähn, der bis 1300 m hinaufreicht, hin. Hier sei auch auf das irrig als r<sup>1</sup> kolorierte Vorkommen bei 1916 Holzerwiese (Ehrwald) aufmerksam gemacht.

Man sieht, die Tal- und Karausgänge sind mit ihren Grundwasserstauungen offenbar Ursache von starken, den Schmelzwässern zuzuschreibenden Kalkausscheidungen,

Dies gilt auch noch für im Isartal außerhalb des Kartengebiets liegende tiefe Nagelfluhvorkommen, z. B. am Markgraben unterhalb Wallgau.

Verwandte Bildungen finden sich am Schachen Königshaus in 1950 m und an der Dreithorspitzecharte in 2370 m (Meillinger Hütte); an letzterer ist die Erhaltung auf den Klammweg des Thörls zwischen Frauenälpl und Plattach beschränkt, durch Auslaugung einzelner Geschiebe erhält das Konglomerat an manchen Stellen den Charakter einer triadischen Rauchwacke.

Es sind natürlich nur Reste einer früheren außerordentlich verbreiteten Schuttbedeckung, welche durch ihre örtliche Nagelfluh-Erhärtung erhalten geblieben sind.

Eine ähnliche Brekzie findet sich südlich vom Wettersteinkamm östlich der Feldernalp in ca. 1500—1600 m Höhe<sup>1)</sup> und am Ausgang des Gaistals bei den Öfen in 1200 m, wo sie zum Teil Gehängelagerung hat, zum Teil flach gebankt ist; sie tritt an einzelnen Stellen deutlich unter einer Grundmoräne auf.

Letztere Bildungen sind als jüngere Nagelfluh (s. unten) in die Karte eingetragen.

O. AMPFERER weist diese Konglomerate in seiner Studie über die Gehängebrekzien der nördlichen Kalkalpen (Jahrb. d. K. K. R.-A. Wien 1907. 57, 4) der Riß-Würm-Interglazialzeit nach PENCK und BRÜCKNER zu; es sind nach ihm gewaltige Gehängebrekzien und gleichzeitig ihnen zugeordnete Schuttausladungen in Bachschuttkegeln, welche in verhältnismäßig sehr schuttarme Täler hereingetragen wurden.

### 11. Die übrigen quartären und novären Ablagerungen.

Da sich Dr. F. W. PFAFF hierüber in einer eigenen Studie, welche auch Ergänzungen und Verbesserungen der Kartendarstellung in diesem ja allerdings zusammenhängend zu behandelnden Erscheinungsgebiet geologischer Vorgänge bringen will, aussprechen möchte, so seien hierzu nur ganz kurz einige Worte über die Verbreitung der einzelnen Abteilungen zur Erleichterung des Aufsuchens und zum vorläufigen Verständnis der gewollten Ausscheidungen hinzugefügt.

Die als ältere Nagelfluh der älteren Schotter bezeichneten Gebilde finden sich nur im Isartal in der großen Talterrasse zwischen Mittenwald und Krünn; in letzterer wurden auch Kreidegruben betrieben. Eine jüngere Nagelfluh findet sich außer in diesem Gebiet auch an der Nordflanke des Austritts der Loisach aus der Griesener Enge in die Weitung von Garmisch. In dem großen Steinbruch W. Garmisch ist dieses Konglomerat schön aufgeschlossen (S. 78), es enthält Gerölle von Buntsandstein, Muschelkalk, Wettersteinkalk, Raibler Sandstein, Raibler Kalk, Plattenkalk, Fleckenkalk, Hauptdolomit (zum Teil hohle Dolomitgerölle), Hornsteine<sup>2)</sup> der Aptychenschichten, Serpentin und Gneis. Auffällig ist es, daß diese fest zusammengebundene Felsmasse des Bruchs von über 100 scharf begrenzten Vertikalklüften (hie und da finden sich einzelne mit 70° und 50° einfallende, die übrigen kreuzende Klüfte) durchsetzt wird, deren bis zu 2 cm breite Spaltöffnungen mit Letten erfüllt wurden; die Klüfte haben ungefähr NS.-Richtung.

Diese Tatsachen sind von gewisser Wichtigkeit; wenn man berechtigt ist, diese Nagelfluh den eigentlichen „unteren Schottern“ zuzurechnen (vgl. auch DAM. AIGNER, Das Tölzer Diluvium, Mitt. d. Geogr. Ges. in München 1910, S. 119 unten), so kann sich hierin eine Nachwirkung jener tektonischen Bewegungen geäußert haben, welche nach PENCK (vgl. auch AIGNER l. c. S. 145) noch den Deckenschotter betroffen hat; gleichzeitig mögen jene gerade im Zugspitzgebiet die Auslösung der gewaltigen Bergstürze bzw. Blockschuttausstreuungen gewesen sein, welche wenigstens in der Hauptsache älter zu sein scheinen als die oberen Moränen (vgl. unten: Über die „Blockanhäufung“).

Übrigens ist hinzuzufügen, daß geschichtetes fluviatiles Diluvium (= untere Schotter zum Teil) auch seitlich von den größeren Talungen der Isar und der Loisach in deren bedeutenderen Zuflußgebieten zu beobachten ist, so im Kranzbachgebiet, in dem des Kankerbachs und dem der mittleren bis oberen Partnach (oberhalb der Bodenlähne), woselbst ein großer Teil der „Kreide“-lager sicher fluviatiler Wirkung zuzuzählen ist; jedoch ist es schwer, die hangenden Moränen mit ihrer Kreide-

<sup>1)</sup> Dies Vorkommen ist in der Karte versehentlich als jüngere Nagelfluh koloriert.

bindung von der aus wenig durchgewaschenem und verrolltem Moränenmaterial gebildeten tieferen Abteilung mit eingeschalteter fluviatiler Kreide kartistisch getrennt zu halten.<sup>1)</sup> Kreidegruben befinden oder befanden sich an der Isar zwischen Mittenwald und Krünn, oberhalb Klais in der Nähe der Wasserscheide des Drüsselgraben-Ferchenbachs und Kranzbachs und im oberen Kankerbachgebiet bei Kaltenbrunn; beide letzteren Fundpunkte mit jenem im Partnachtal gehören jedenfalls einem höheren Horizont der „unteren“ Schotter an.

Über mögliche Beziehungen der Erhärtung der unteren Nagelfluhen zu den Seitentalausgängen und indirekt zu den Hochgebirgsschottern wurde S. 77—78 gesprochen. Darnach läge es näher, auch wegen der tektonischen Erscheinungen das Garmischer Konglomerat der unteren Nagelfluh zuzuteilen; dann wären hier aber Untere Schotter nur schwach zur Entwicklung bzw. vor Bedeckung mit Moräne zur Abtragung gekommen, was im Bereich der Möglichkeit liegt.

Eine jüngere Moräne ist von O. AMPFERER hauptsächlich in den großen nach Norden geöffneten Karen der Mieminger Kette ausgeschieden; in den nördlich gegenüberliegenden kleinen Karen zunächst der Südwand des Wettersteins fehlen sie nicht;<sup>2)</sup> das uns zur Arbeit vorliegende Kartenmaterial genügte aber nicht, diese Moränen kleiner kalkalpiner Lokalgletscher zu kartieren. Nur am linken Hang des Höllentals habe ich die Stelle einer kleinen, etwas tiefer liegenden Moräne eingezeichnet.

Solchen jüngeren Anhäufungen der Rückzugsstadien eines Lokalgletschers gehören jedenfalls auch die höheren, hauptsächlich aus Raiblerkalk- und Wetterstein-kalk- (seltener Muschelkalk-) geschieben bestehenden, zwischen 1300 und 1400 m liegenden, mit gehängeschuttartigem Material stark vermischten Moränenmassen im „unteren Wettersteinwald“ südlich vom Ferchenbach an, während die auf dem Plateau der Kälberhütte liegenden Moränen zentralalpine Geschiebe führen. Merkwürdig ist, daß der Kranzberg ein an Moränen so armer Berg ist; es liegen aber zahlreiche minimale Reste von solchen vor (besonders zentralalpine Geschiebe in den Wasserrinnen<sup>3)</sup> der Nord- und Nordostseite), daß man zu der Ansicht kommen muß, sie seien hier früh (vielleicht durch die Abschmelzwasser der erwähnten Lokalgletscher des Gebietes) abgetragen.

In den „Schuttdelten“ sind zum Teil sehr alte Gehängeschuttbildungen enthalten und verdeckt (vgl. z. B. O. AMPFERER I. c. 1907, S. 748, Arnspitzenhang nach Leutasch zu).

Die ungeheure Blockanhäufung, welche am Westrand des Gebirges und an der Eibseeseite den Hochgebirgsfuß umsäumt, jenseits des Eibsees auf ziemliche Höhen wieder hinaufsteigt, hat v. GÜMBEL als Folge einer alten Unterwaschung des Wettersteinkalks in den weicheren Partnachsichten etc. angesehen. AMPFERER denkt (Jahrb. d. K. K. Geol. R.-A. 1905, Bd. 55 S. 549) an den Nachbruch einer Überschiebungsunterwaschung. Dr. F. W. PFAFF dachte während der Aufnahme an glaziale

<sup>1)</sup> Vgl. z. B. auch Dr. DAM. AIGNER, Das Tölzer Diluvium, I. c. S. 47, über die mögliche Verkeilung von Moränen und Kreide.

<sup>2)</sup> Auf diese kleine interessante Entstehung hat mich seinerzeit Herr Geheimrat Prof. PENCK schon freundlichst aufmerksam gemacht.

<sup>3)</sup> Man wird hier lebhaft an die Worte O. AMPFERERS erinnert (Jahrb. d. K. K. R.-A. 1905 S. 531), welche er bezüglich der zentralalpinen Gesteinsvorkommen an den beiden südlich vom Kranzberg gelegenen 200 und 250 m höheren Kuppen des Schachenkopfs und Grünkopfs äußerte: „Beide Höhen sind reich durch Felswannen und Furchen gegliedert, welche sich vorzüglich zur Aufbewahrung der vom Gletscher hinterlassenen Findlinge eignen.“

Wirkungen. Ein Teil der Blockmasse scheint bei Untergrainau unter der Moräne zu liegen; es ist aber nicht sicher, ob hier nicht noch spätere Abstürze erfolgten, wie sich auch noch jetzt zwischen Waxenstein und Zugspitz an mehreren Stellen mächtige Felsabbröckelungen zeigen, als ob diese Westseite eine besonders empfindliche Seite des Gebirgstockes wäre.

O. AMPFERER hat die südlich Bieberwier befindliche Fortsetzung dieser Sturzmasse über den Fernpaß in Verhandlungen d. K. K. geol. R.-A. Wien 1904 Nr. 3 behandelt und hält sie entgegen FALBESONER für eine tatsächliche Sturzmasse, deren Trümmer außerordentlich weit von ihrer Abbruchstelle entfernt wurden; sie liegen in „einer Talung, in der die Erosion die Reste der früheren Vergletscherung größtenteils schon wieder entfernt hatte“.

Der Bergsturz hatte jedenfalls verschiedene Stadien. Ein wichtigeres Stadium ist zweifelsohne älter als die Niederterrasse, deren Absätze die zahlreichen einzelnen, bis in die Nähe von Garmisch von Grainau aus sich verzettelnden Riesenblöcke tief vergraben haben. Schöne Terrassenbildungen in den Niederterrassen-schottern sind bei Garmisch zu sehen; es handelt sich offenbar um wahre Niederterrasse, wenn auch vielleicht um jüngere Stadien derselben.

Die Karte unterscheidet außer den rezenten Moränen, welche Dr. PFAFF im Schneeferner, Höllentalferner ausgeschieden hat, noch Steingerümpel und Gehängeschutt; letzterer enthält in den Karen jedenfalls noch Reste von zahlreichen undeutlich gewordenen Lokalmoränen. Das Steingerümpel N. vom Gatterlkopf dürfte einem Felsausbruch und Absturz entstammen, ebenso das an der blauen Gumppe im hinteren Partnachtal; bei ersterem sind „Unterwitterungen“ (S. 110) die Ursache.

In jeder Hinsicht schwer ist die Deutung einer Blockanhäufung von Wettersteinkalk hinter dem Kochelberg W. vom Austritt des Partnachtals; ich möchte fast glauben, daß es sich hier um einen durch nachträgliche Gehängebewegungen gestörten Rest eines zwischen die Partnachschichten und die hier nun abgetragenen Raibler Schichten (vgl. die Verhältnisse östlich und westlich vom Partnachtal) eingeklemmten Scholle von Wettersteinkalk handelt (s. unter: Tektonische Übersicht).

Den Gehängeschuttbildungen sind ausgedehnte Bezirke gelassen, soweit sie als mächtigere und stationäre Schuttmassen zum Teil älterer Entstehung besonders tiefere Formationsglieder bedecken; in letzteren ist so wenig wie möglich „durchgezogen“; labile schwächere Bedeckungen von geringerer Ausdehnung z. B. im Gebiet des Hauptdolomits sind nicht berücksichtigt.

## 12. Das als Ehrwaldit bekannte Eruptivgestein.

Dieses von PICHLER entdeckte, früher nur an ein oder zwei Fundstellen nachgewiesene Gestein wurde nunmehr durch Dr. AMPFERER, Dr. PFAFF und den Verfasser an viel mehr Punkten festgestellt; es fällt auf, daß es nur in den jurassischen Schichten und zwar in oder mit den Hornsteinzügen vorkommt, von dessen dunklen Abänderungen das Gestein, besonders wo es etwas umgewandelt ist, schwer zu unterscheiden ist. Es tritt im oberen Lähngrabenbach in den unteren Hornsteinen ziemlich nahe über den Fleckenmergeln an mehreren Stellen auf; ebenso in zwei Faltensystemen der Malmschichten südlich vom hohen Kamm. Die Anstehen selbst sind stets minutiös, die größten nicht größer als etwa ein Quadratmeter.

Diese sonderbare, kleinliche Form des Auftretens läßt auf ein Aufsteigen in ganz schmalen Kanälen schließen; ihr Gebundensein an die Hornsteinschichten,

welche stets in hohem Maße sekundär gefältelt und aufgeblättert sind, da ihre verschiedenen Schichten verschiedene Plastizität bzw. Sprödigkeit haben, sich daher sehr verschieden krümmen, und beim Faltendruck sich nicht ineinander verkneten, ist infolge dieses Gesteinsverhaltens verständlich.

Es würde dies voraussetzen, daß eine erste nicht geringe Zusammenfaltung schon stattgefunden habe, ehe die Intrusion stattfand. Andererseits scheint es mir unzweifelhaft, daß das Gestein noch eine letzte Aufpressung erfahren hat, zum mindesten hat es jene Umbiegung nach Norden mitgemacht, welche die jurassischen Schichten am Westfuß des Wettersteingebirges (Wetterschrofen) charakterisiert (vgl. unten).

Was das Petrographische betrifft, so behandelt ROSENBUSCH (Physiogr. d. mass. Gest. 1907 II S. 701) das Gestein mit dem Camptoniten und Monchiquiten in der Gruppe der lamprophyrischen Ganggesteine, also mit Gesteinen von angenähert basaltischem Habitus.

Dr. MTH. SCHUSTER liefert folgende Einzelbeschreibung:

„Das grünlichgraue Eruptivgestein, von dem mir zur mikroskopischen Untersuchung vier Proben vorlagen, die einem Sammelmaterial entstammen, das mangels guter Aufschlüsse seinerzeit auch von Findlingen in den Bachbetten unterhalb der Fundpunkte geschlagen worden war, zeigt zweierlei Ausbildungsformen, eine durch schwarze Augite äußerlich deutlich porphyrische, mikroskopisch relativ glasarme und eine äußerlich feinkörnige, mikroskopisch glasreiche, mikroporphyrische Modifikation mit Mandelausbildung. Diese doppelte Ausbildungsart des Gesteins, die wohl auch Anlaß zu abweichenden Bestimmungen gab,<sup>1)</sup> dürfte sich wahrscheinlich so erklären lassen, daß die glas- und mandelreiche eine Salbandfazies des porphyrischen Typus“ ist.

In der porphyrischen Entwicklungsform treten Einsprenglinge von Augit bis  $\frac{1}{2}$  cm Größe und von nicht äußerlich bemerkbarem zersetzen Olivin auf. Der Augit ist in der Regel gut kristallisiert. Um einen farblosen Kern zeigt er gewöhnlich einen mehr oder minder breiten violetten Rand (pl. violettblau  $\parallel$  b, gelblich  $\parallel$  a); kleinere Einsprenglinge sind durchaus violettblau. Zonare Struktur resp. Sanduhraufbau ist allgemein. Färbung und Dispersion weisen auf Titanaugit hin. Zersetzungerscheinungen sind nicht wahrzunehmen, wohl aber bemerkt man an dem größten der Einsprenglinge eine Art feinster mechanischer Zermürbung, mit noch erhaltenen frischen Resten innerhalb der zermürbten Umgebung. Kleinere Augite sind jedoch völlig intakt.

Im Gegensatz zum Augit ist der zweite Einsprengling, der Olivin, unter Wahrung seiner charakteristischen Kristallform völlig zu bastitartigem Serpentin umgewandelt. Picotit oder andere Ausscheidungen lassen sich im Innern der Pseudomorphosen nicht finden.

Die Grundmasse setzt sich hier zusammen aus: Augit, barkevikitischer Hornblende, Biotit (bzw. aus ihm entstandenem Serpentin), Erz, Apatit und ehemaligem, nunmehr zu Zeolithen oder zu Chlorit umgebildeten Glas.

Der Augit bildet violettblaue Körnchen und kurze Prismen, er wiegt an Menge gegenüber den anderen Grundmassebestandteilen vor. Rhombische Augite fehlen. Gleich dem Pyroxen bildet die Hornblende kurze Prismen mit den charak-

<sup>1)</sup> So gibt A. CATHREIN (Über den sogen. Augitporphyrr von Ehrwald. Verh. d. K. K. Geol. R.-A. 1890 S. 4 u. 5) Enstatit und Hypersthen, aber keinen Olivin, hingegen wiederum Mandelausbildung an, während H. ROSENBUSCH (oben zitiert) weder Mandeln noch rhombische Pyroxene fand, wohl aber Beteiligung von Olivin am Gesteinsaufbau.

teristischen rhombischen Querschnitten. Von brauner Färbung, ist sie durch starke Absorption von lichtbräunlich  $\perp$  zur Hauptzone, zu dunkelbraun  $\parallel$  dazu und geringe Auslöschungsschiefe ausgezeichnet (Barkevikit). Wie Augit ist sie völlig frisch.

Der Biotit bildet teils kurze Lamellen, teils hexagonale, einachsige Blättchen, teils völlig regellose, die übrigen dunklen Grundmassegemengenteile gelegentlich einschließende Fläserchen. Er absorbiert von rotbraun nach dunkelbraun; in mehreren Fällen ist er in Umbildung zu Serpentin begriffen. Ab und zu fallen lang-prismatische Apatitnadeln auf. Magnetit beteiligt sich an der Grundmasse in nicht geringer Menge. Zwischen diesen Gemengteilen breitete sich ehemals teils als Kitt, teils als Matrix, in der die übrigen Grundmassebestandteile frei schwimmen, eine Glasmasse aus, die nunmehr entweder zu Chlorit oder zu Zeolith geworden ist.

Ein anderes mikroskopisches Bild bietet die äußerlich körnige, mandelhaltige Ausbildungsform des Gesteins. Augiteinsprenglinge fehlen makroskopisch und mikroskopisch. Nur die serpentinisierten Olivineinsprenglinge sind auch hier reichlich vertreten. Ist das Gestein an einer Stelle körnig aus Augitsäulchen, Hornblendeprismen und Biotitblättchen, mit wenig ehemaligem Glas als Zwischenklemmungsmasse aufgebaut, so lockert sich an anderen Stellen das Gefüge und die genannten Mineralien schwimmen nun mikroporphyrisch in einem Teig von einer farblosen, ehemaligen Basis, die zum Teil nur entglast, zum Teil in schwach doppelbrechende, strahlige Zeolithe umgewandelt ist. Hornblendemikrolithen sind in der entglasten Substanz oft massenhaft angeordnet. Der Augit herrscht auch hier über den Biotit und die Hornblende vor. Diese zeigt häufig eine regelmäßig sechseckige Querschnittsform mit regellosen oder die Form des Kristalls nachahmenden Einschlüssen von Grundmassesubstanz. — Die Mandeln sind rundliche bis eckige Gebilde bis ein paar Millimeter Größe, um die sich gelegentlich die Glimmerlamellen schmiegen. Sie sind mit einer farblosen, zum Teil noch völlig isotropen, gering lichtbrechenden Glassubstanz ausgefüllt, die sich in anderen Mandeln in schwach doppelbrechende, manchmal kaum deutlich strahlige Substanzen umgewandelt zeigt. Eine sekundäre Ausfüllung der Mandeln mit Kalzit ist noch zu erwähnen. — Der Apatit ist mit seinen langspießigen Prismen auch hier recht zahlreich vertreten.

Charakteristisch für das Gestein ist somit seine völlige Armut an Feldspat, das Verfließen der intratellurischen und der Effusions-Phase; dies und die ganze mineralische Zusammensetzung weisen auf ein basisches Spaltungsprodukt, auf einen Lamprophyr hin; es läßt sich, aus dem Mangel an Feldspat und dem Vorhandensein ehemaliger Basis, als Monchiquit, oder wenn man den Namen Melaphyr beibehalten will, als monchiquitischer Melaphyr bezeichnen.“

Die Diagnose stimmt mit der kurzen ROSENBUSCHS überein bis auf die Fassung des Begriffs der Grundmasse.

Es sei nochmals auf die in dieser Darstellung des Dünnschliffbildes angeführte feine Zertrümmerung der großen Augiteinsprenglinge hingewiesen, während sonstige Anzeichen von Druckwirkungen im Innern des Gesteins- und Mineralgefüges fehlen. Es darf hierbei aber auch darauf aufmerksam gemacht werden, daß sehr häufig in klastischen Gesteinen die kleineren Bestandteile von Druckwirkungen nicht betroffen werden; dies darf hier nicht nur für die kleinen Mineralien des Gesteins angeführt werden, sondern noch vielmehr für die gering ausgedehnten Vorkommen selbst, deren Größendarstellung in der Karte, wenn sie auch gerade wegen ihrer Unbedeutendheit berechtigt ist, doch eine krasse Übertreibung bleibt.

## II. Allgemeine tektonische Übersicht.

### 1. Umgrenzung der Hauptschollen.

Die Mitte des 20 km in OW.-Richtung und 16,5 km in NS.-Richtung messenden Kartengebiets nimmt der Wettersteinzug ein, der mit seinen enger zugehörigen Vorbergen, dem Kranzberg, dem Wetterstein-Ebenwald bis zum Partnachtal-Ferchenbach und dem Kreuzjoch-Kreuzeck ein enger zusammengehöriges tektonisches Ganzes bildet; man vergleiche zu folgendem das tektonische Übersichtskärtchen nebst dem Höhenübersichtsbild am Schluß der Abhandlung.

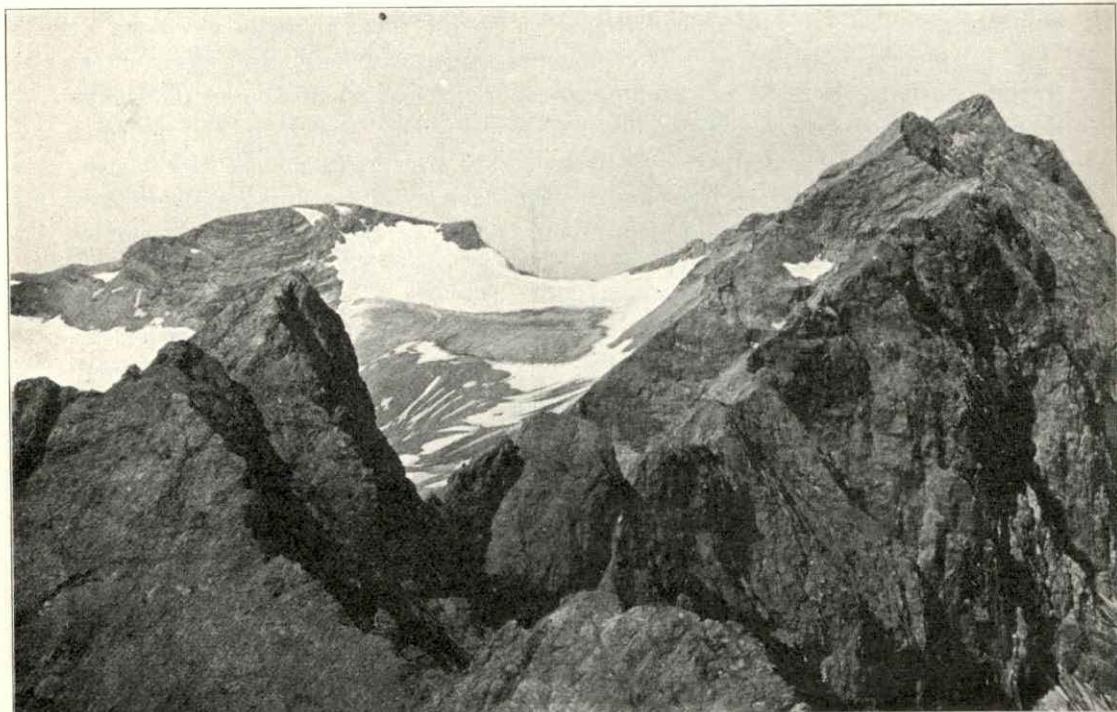


Fig. 9.

Blick auf den Schneefernerkopf, Schneeferner und den eigentlichen Zugspitzgrat (Profil) von ONO. aus; Aufnahme von der Direktion des Topogr. Bureaus zur Veröffentlichung überlassen. Es zeigt sich hier deutlich die Muldung im Schneefernerkopfgebiet; der Abfall des Zugspitzgrats nach Süden in den Schneeferner ist nicht genau identisch mit dem etwas flacheren Schichtefallen.

Es ist eine Triassenscholle, deren höchste Erhebung im Süden und Westen liegt, an deren äußerem Rande noch der Muschelkalk ausstreckt, deren jüngere Ablagerungen in einem Formationseinfallen (geologischen Gefälle) von W. und SW. nach O. und ONO. den Ostrand und Nordostrand (Isar und Kranzbach-Ferchenbach) bilden; hierbei ist nicht zu übersehen, daß diese ganze Mittelscholle deutlich gemuldet ist und längs des Ferchenbach-Kranzbachs ein Teil des Nordflügels, die Raibler Schichten, die Scholle nach N. zu abgrenzt.<sup>1)</sup>

An den von diesen jüngeren Schichten gebildeten Teil des Nordrands legt sich eine Sattelscholle an, die in der Innenregion mehrere Teilaufwölbungen von

<sup>1)</sup> Die Schichten des Wettersteinkalks fallen von Nordwesten und Westen flacher ein, als von Südwesten und Süden, wo ein Gegendruck jedenfalls größer war, ebenso wie dies für die Raibler Schichten an der Ferchenbach-Verwerfung der Fall war.

Muschelkalk zeigt, welche letzteren aber fast nach allen Seiten zu von Partnachschichten umgeben sind; es ist die Wamberg-Partnach-Hammersbacher Scholle mit dem Waldeck als höchstem Punkt im Westen. Dieser Kernzug ist aber ebenso derart von Raibler Schichten mit Hauptdolomit rings umgeben, daß er fast wie eine normale Sattelung mit fehlendem Wettersteinkalk aussieht.<sup>1)</sup>

Diese beiden Hauptteile, der Sattel und die Mulde, sind daher keiner einheitlichen normalen Faltenentstehung zu verdanken; es fehlen beträchtliche Teile, die auch durch einfache Hebungen und Senkungen nicht so verschwunden sein können, wie sie es sind (vgl. S. 88).

An den Wamberger Sattelzug stößt nun im N., östlich von Partenkirchen, ein Zug Raibler Schichten an, welcher auch wieder im Süden und Norden Sattelungsanzeichen erkennen läßt; es liegen also hier nach Süden und besonders nach Norden, selbst gegen das normale Hangende, den Hauptdolomit, tektonische Unregelmäßigkeiten vor, welche die einfache Folge scharf unterbrechen; dies ist auch besonders bei Partenkirchen deutlich, woselbst der Hauptdolomit sich quer nach Westen abbiegt und nach dem Loisachtal zu Plattenkalk und bei Garmisch noch Rhät in Verwerfung gegen den Hauptdolomit des Kramers folgen läßt; diese Querstörung machen die Raibler Schichten in gleicher Weise nicht mit, was auf sehr verschiedene Ursachen, einen durchaus nicht einheitlichen Falten- und Bruchbau des Gebirges schließen läßt.

Ähnlich stößt fast längs der ganzen Südwand der Wettersteinscholle eine Trias-Juramulde an, in welcher ein ungeheuerer Teil der tieferen Schichten des Nordflügels fehlt, wobei aber weder am Ostrand noch am Westrand dieser Scholle das Bild einer einfachen linearen Absenkung oder von entsprechenden inneren Ablösungen deutlich ist.

Südlich von diesem Zug schließt sich die Miemingerkette an, eine Sattelung, welche im Hangenden des Nordflügels Raibler Schichten und Hauptdolomit noch ins Gaistal einschießen läßt, welchen von O. nach W. (Pestkapelle) zu noch Rhät-, Jura- und Kreideschichten in allerdings gestörter Lagerung, selbst gegen die eigene Kernmasse hin, sich anschließen. Man könnte sich am ehesten vorstellen, daß dieser Flügelteil gegen den erwähnten nördlichen Zug Issentalkopf-Gehrenspitzen abgesenkt wäre. Jedenfalls macht sich westlich von den Gehrenspitzen in einem Wechsel des Einfallens die Einwirkung der Emporwölbung des Mieminger Sattels zwischen Leutasch und Telfs bemerkbar (vgl. S. 93).

Westlich von den besprochenen Zügen mit tieferer Trias im Kern oder in der Basis zeigt sich nach Ehrwald zu das Bild einer großen Hauptdolomit-Juramulde, welche sich an das westliche Kramergebiet anschließt, sich über den Eibsee, die Törle, das Lermooser Gebiet nach Bieberwier und dem Fernpaß hinzieht und scheinbar auf eine Verbindung mit der Leutasch-Gaistalverbreitung dieser höheren Schichtengruppen hindeutet.

Unmittelbar vor der Wettersteinwand nach dem Eibsee zu haben die jüngsten Formationen dieses Geländes eine größere Nordsüdverbreitung, welche andererseits durch das Emporgehen des Hauptdolomits und Plattenkalks nördlich und südlich vom Eibsee nur auf die Lermooser Mulde und Senke beschränkt scheinen. Auffällig ist, daß das Neokom östlich von Lermoos eine so große Ausdehnung erhalten hat; die Muldenachse senkt sich nach Osten.

<sup>1)</sup> Das Gesamtbild ist das eines nach Westen nicht ganz umrahmten Fensterschlitzes einer Überschiebungsdecke von Raibler Schichten über vom Wettersteinkalk entblößten Muschelkalk; es müßte dabei anzunehmen sein, daß später noch Dislokationen und Gesteinspressungen eingetreten sind (S. 104).

Östlich der Isar sind noch die Randteile des Karwendelgebirges in der Karte wiedergegeben; der südliche Teil setzt die Verhältnisse der Formationsausbreitung des südlichen Wettersteingebirges fort, nur mit dem erwähnenswerten Umstand, daß noch tiefere Triashorizonte im Karwendelkamm auftreten. Der nördliche Teil stellt aber höhere Schichtkomplexe als sie im Kranzberg vorliegen dar, die allerdings etwas gestörte Fortsetzung einer Hauptdolomit-Jura-Neokom-Mulde. Es sind das Verhältnisse, welche wieder auf die oben erwähnten Gebiete zwischen Eibsee und Lermoos hinweisen und die Vorstellung aufkommen lassen, als ob hier eine ältere longitudinale Verbindung zwischen Ost und West durch das nach Westen aufsteigende Emporbrechen tieferer Schichtmassen der Trias in irgend einer Form unterbrochen worden wäre.

## 2. Möglichkeiten der Aufklärung des Gebirgbaus.

Zur Zeit der Feldaufnahme hat der Schreiber dieses das Kartenbild nicht als das eines durch Quer- und Längsverwerfungen einfach gestörten Faltenbaus sich zu erklären versucht, sondern hatte vor allem in Anlehnung an die von A. ROTHPLETZ seinerzeit einmal vorgetragene Anschauung,<sup>1)</sup> mit der Annahme eines durch Faltungen und Überschiebungen gestörten präalpinen Schollenlandes einige Möglichkeit für die Entwirrung der tektonischen Verhältnisse gesehen, obwohl so manches auch hierdurch mechanisch nicht leicht verständlich gemacht hätte werden können.

Die neueren Forschungen über den Alpenbau erkennen nun den seitlichen Verschiebungen flach abgespalteter Schichtendecken eine wichtige Rolle bei der letzten Ausgestaltung der Alpen zu und es ist notwendig, kurz alle jene Tatsachen zusammenzufassen, in welchen hier im Innern der „ostalpinen“ Decke, fern von den eigentlichen Deckenrändern, diese eigenartigen Bewegungsvorgänge sich abspiegeln können; man kann zugleich hoffen, mit dem Versuch zur richtigsten Erklärung auch die kürzeste und alles andere klarer zusammenfassende Darstellung zu geben.

Hier ist zunächst zu bemerken, daß A. ROTHPLETZ in seinen Studien über Ausdehnung und Herkunft der rhätischen Schubmasse (München 1905) auch einiges über das Teilgefüge der inneren Schuppenstruktur dieser Masse an mehreren Stellen aussagen konnte, besonders aber in einem langen Zug im Allgäu und im Karwendel, hier auch zum Teil nach den die Karwendelaufnahmen in einzelnen wichtigen Punkten ergänzenden Aufnahmen von OTTO AMPFERER, welcher auf die etwaige Fortsetzung der Karwendelüberschiebung im Wettersteingebirge auch in seiner mehrfach von uns erwähnten Abhandlung zurückkommt. Letzterer Forscher glaubt, daß die Karwendelüberschiebung wohl noch im Bereich der Arnspitzen bemerkbar sei, im eigentlichen Wettersteingebirge aber nicht mehr; am Ausgang des Puitentals und an der Westseite des Wettersteins handle es sich nur um beschränkte Überschiebungen. Als eine Folge des Auslaufens der Überschiebung hält er aber die nördlich vom Gaistal zu beobachtende Tatsache einer unvermuteten, starken Umkehrung des Gesamteinfallens der tieferen Trias nach Norden und eine Emporpreßung und stärkere Faltung der jüngeren Schichten am nahegelegenen Südfuß des Wettersteinkammes. S. 552 l. c. erwähnt er auch die von mir mit der bei der aufzuwendenden Zeit möglichst Sorgfalt kartierten Zerreißungen dieses Gehrenkopf-Predigtsteinzugs, welche er mit Recht als eine der interessantesten Bildungen am Südabhang des

<sup>1)</sup> Vgl. A. ROTHPLETZ, Das Karwendelgebirge, Zeitschr. d. Deutsch. u. Österr. Alpenvereins 1888.

Wettersteingebirges hält; er nennt sie nördlich und nordöstlich ziehende Quervorstöße in der Gegend der heftigsten Zusammenpressung.

Als weitere Voraussetzungen zur Klärung des Mechanismus' führe ich nun die Ansicht AMPFERERS l. c. 1905 S. 548 an, daß am Westfuß der Wettersteinwand bei Ehrwald die Grundfläche des Muschelkalks auf den jüngeren Schichten wenigstens eine kleine Strecke weit auflagert, womit ich völlig übereinstimme. AMPFERER hat auch noch S. 549 den weiteren Schluß gezogen, daß die ungeheuren Schuttströme, welche nördlich vom Ehrwald den Bergsaum des Wettersteingebirges belasten, für eine Überschiebung sprechen; hier wie an der Karwendelüberschiebung zeige sich ein Zurückweichen der mächtigen ungemein steilen Wände durch ein fortwährendes Unterwühlen und Nachgeben der weichen Unterlage; auch das ist völlig aus dem Anschauungskreise der diesseitigen Aufnahme gesprochen.

### 3. Beziehung des Wamberger Rückens zu den umgebenden Gebirgsteilen.

Wir wollen nun kurz prüfen in wie weit die Auffassung von A. ROTHPLETZ über den Vorgang und die Herkunft der Schubmassen hier ihre Anwendung finden kann; ROTHPLETZ selbst hat in seiner Übersichtskarte der „Grenzen der rhätischen Überschiebung“ auch durch Längsverwerfungen gegebene Grenzen von Innen schuppen der Verschiebung angedeutet und gerade eine unser Kartengebiet berührende, welche, aus dem oberen Isartal bei Wallgau herkommend, nach einer Unterbrechung beim Barmsee nach Kainzenbad-Partenkirchen verläuft, woselbst sie durch eine von der Loisach nach Eibsee-Ehrwald ziehende Querverwerfung abgeschnitten ist. Diese Linie ist jene zwischen Kainzenbad und Klais durch diluviale Ablagerungen stark bedeckte und durch Querschübe noch etwas unterbrochene Grenze zwischen dem Barmsee-Partenkirchener Raiblerschichtenzug und dem Wamberger Muschelkalkzug.

Diese Störungsgrenze hat aber ihre unverkennbare Fortsetzung in der Grenze der ganz gleichartigen Formationsgebiete zwischen Risserkopf (nördliche Raibler Scholle) und dem Drehwiesen-Waldeckzug (mittlere Muschelkalkscholle).<sup>1)</sup> Die Fortsetzung dieser Schublinie zeigt sich also gerade in der ungefähr  $20^{\circ}$  betragenden flachen Anlagerung der Risserkopfmasse, als eine Auflagerung mit einer starken Formationslücke, welche wohl als eine Überschiebung betrachtet werden kann.

Daß man es hier nicht mit einer einfachen Absenkung auf einer geneigten Verwerfungsfläche zu tun hat, das dürfte vielleicht durch folgendes zu begründen sein. Die Risserkopfscholle mußte bei Annahme einer Absenkung zugleich eine Lageveränderung im Sinne einer Bewegung von Süden nach Norden erlitten haben; wenn man nun bedenkt, daß fast unmittelbar daneben Wettersteinkalk und Partnachschichten in großer Mächtigkeit auftreten und daß eben der Wettersteinkalk und die Partnachschichten im Liegenden der Scholle fehlen, so muß das Ausmaß der vertikalen Absenkung ein außerordentlich großes genannt werden und es ist wohl kein Zweifel, daß die erwähnte Horizontallagenverschiebung auch keine kleine sein kann; es ist bescheiden gesprochen, wenn wir annehmen, daß unter obiger Voraussetzung der Raibler Komplex der Risserscholle ursprünglich vertikal über der Muschelkalkverbreitung der südlichen Scholle gelegen und dessen höheres Hangendes gebildet habe. Hierbei sind Verschmälerungen der Scholle durch Abtragung nicht gerechnet.

<sup>1)</sup> Es sei hier mit „Muschelkalk“ stets alles, was von „Partnachschichten“ vorhanden ist, mit einbezogen (vgl. S. 89).

Das gleiche gilt aber auch für das südliche Gegenpart der Risser Scholle, nämlich die Kreuzjochscholle; beide Schollengebiete stehen fast im Verhältnis des Spiegelbildes zueinander; sie sind zweifellos in ähnliche Beziehung zueinander zu setzen, wie jene am Ostende des ganzen Längszuges bei Klais das Scharfesmoosgebiet und das Wagenbrück-Geroldgebiet im Süden und Norden vom Hirzeneckrücken. Also auch für die Kreuzjochscholle kann die Folgerung vertreten werden, daß ein wichtiger Teil derselben ebenfalls das Hangende der dazwischen liegenden Muschelkalkscholle gebildet haben müßte; wobei zu bedenken ist, daß diese Zwischenscholle nicht etwa durch enge Faltung stark verkürzt, sondern nur etwas im Sinne der Risser Scholle nach Norden geneigt ist. Es können aber nicht beide Raibler Schollenmassen zugleich das höhere Hangende jener Muschelkalkscholle gebildet haben, was meiner Ansicht nach dasselbe bedeutet, wie daß keine von beiden von der Mittelscholle in geneigten Schubflächen nach beiden Seiten abgesunken sein könne. Es bleibt daher nur die Annahme, daß hier Überschiebungen im Spiel sind, für die wir noch weitere Analoga zu besprechen haben.

Auch die seitliche Fortsetzung der Risser Scholle nach Osten zeigt einiges, was mit einer einfachen Absenkung nicht gut zusammenzustimmen ist. Zwischen Partenkirchen und Kaltenbrunn liegt nämlich der Komplex der Raibler Schichten nicht mit den tiefsten Schichten an dem Muschelkalksattel, sondern mit einer schwachen eigenen Sattelung. Bei einer hypothetischen Absenkung ist aber nur eine Schleppung im Sinne einer Emporbiegung der tiefsten Schichten der Raibler Masse denkbar, welche dann durch späteren einfachen Seitendruck nur zu einer schmalen Anlagerungsmulde umgestaltet werden konnte. Statt dessen ist das Gegenteil der Fall, nämlich eine Schleppung und Auffaltung im Sinne einer Sattelung. Das kann nur als Folge einer Emporschließung gedeutet werden, wie dies z. B. auch in den Karen des großen und kleinen Hundstalls deutlich ist. — Auch an dem Weigmansee zeigt sich das, wo die Raibler Schichten mantelartig das Ostende des Muschelkalkrückens umsäumen. — Für später sei gleich hier bemerkt, daß der Sattelkern der Raibler Schichten noch etwas weiter östlich davon in einer nach Nordwest gerichteten Transversalstörung nach Nordwest verschoben ist (vgl. S. 104), wobei vom erwähnten Markgraben her eine Nordost-Transversale einläuft und östlich von Klais nach dem Feuersee hin an einer Longitudinalen eine Verdoppelung des Südfügels der Sattelung, die Breite der Raibler Schichtmasse bewahrend, einspringt.

Daß die Störungen auch hier nicht einfache gewesen und daher normale Druckerscheinungen hervorriefen, das beweist auch das Nordende des Raibler Zugs zwischen Partenkirchen und Barmsee. Man erkennt hier außerordentliche Verbreiterungen des Ausstreichens der Rauchwacke; wie diese zu verstehen sind, das zeigt sich N. von Schlattau am Zeil und Steinbüchel; hier hat sich die Rauchwacke ebenfalls gesattelt und zeigt im Kern Raibler Kalke. Folge einer einfachen Absenkung von Hauptdolomit kann das nicht sein, aber sehr wohl Folge eines Andrucks bei einer Emporschließung.

Wir müssen hier überall mit Überschiebungen rechnen, welche freilich verschiedener Wirkungsart sind.

Wir fassen daher den Gebrauch des Begriffs „Überschiebung“ auch in erweitertem Sinne, wie ich dies schon in Erläuterungen zum Blatt Kusel 1910 S. 153 Anm. im Anschluß an Fig. 50 S. 154 erwähnt habe, daß nämlich „Überschiebungen“ auch dann stattfanden, wenn in einem stärker aufgerichteten Schichtensystem zugleich von einer Erosionsfurche geringerer absoluter Höhenlage stratigraphisch höhere

Schichtenkomplexe infolge einer flacheren Abspaltung auf tiefere Schichten in größeren absoluten Höhenlagen entgegen dem Einfallen heraufgedrückt wurden; es muß nicht immer bloß das geologisch tiefere System auf einem höheren auflagern; man kann vielleicht beide Fälle als miokline und pliokline Überschiebungen<sup>1)</sup> nebeneinander in bestimmten Fällen unterscheiden. Man könnte auf erstere vielleicht das Wort tektonische Transgressionen beschränkt halten.

Ich habe früher während der Aufnahme stets ohne jede Beziehung zur Überschiebungsfrage die Ansicht festgehalten, daß die Risserkopfmasse auf eine ältere Aufrichtungs- und Abrasionsfläche von N. her aufgepreßt worden sei, da rings um die Muschelkalksattelscholle Wamberg-Waldeck-Hammersbach von fast allen Seiten der Wettersteinkalk gegen die Umrahmung mit Raibler Schichten hin fehlt.

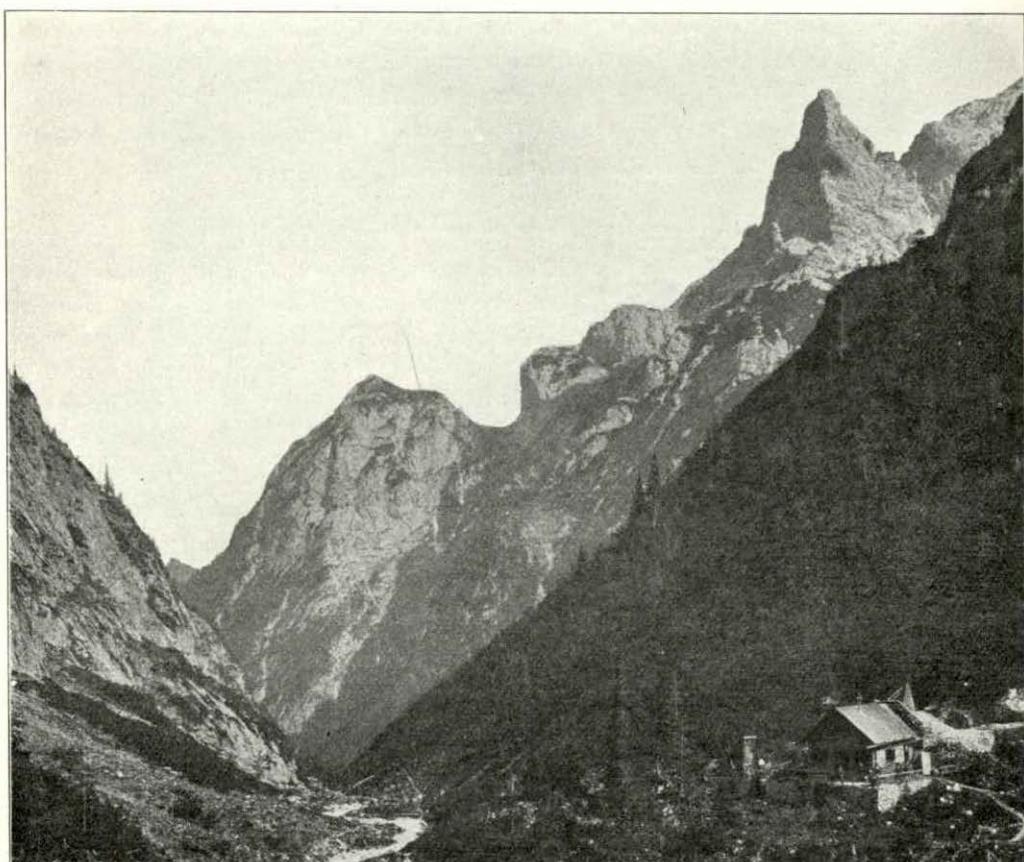


Fig. 10.

Blick vom Höllentalanger nach Osten; im Hintergrund ganz links die kleine Spitze des Rauhkopfs, dann nach rechts aufsteigend der Schwarzenkopf, die breite Höllentorscharte, unter welcher 11 mm tiefer die Knappenhäuser sichtbar sind, dann der Grat zum Höllentorkopf, dieser selbst in scharfspitziger Profilansicht, die Rinderwegescharte und der Beginn des Grates zur Alpspitz. Es sind hier drei ungefähr 250 und 150 m über einander geordnete Auftreten von Raibler Schichten in den Scharten vorhanden, welche einerseits das Einfallen des Gesamtkomplexes, anderseits die Einbrüche mit Überschiebungen von Süden her kennzeichnen.

Ebenso scheinen mir auf der anderen Seite des Waldecks die Raibler Schichten des Stegerwalds-Kreuzjochs flach über den Muschelkalk (S. 87<sup>1</sup>) hinübergeschoben zu

<sup>1)</sup> Miokline Überschiebungsflächen fallen weniger, pliokline stärker als die überschiebenden und überschobenen Schichten ein; bei ersteren zeigen sich Eliminationen, bei letzteren Verdoppelungen in der Schichtenfolge.

sein; es zeigte sich auch südlich davon in dem Rothgraben, der von der Hammersbacher Alm nach dem Hammersbach hinunter zieht, der Wettersteinkalk, wenn auch nicht stark, über die Raibler Sandsteine überschoben; gleiches zeigt sich zum Teil von beiden Seiten an der Rinderwegscharte und an der südlichen Osterfeldscharte nach dem Bernardeinkar zu.

Diese kleineren oder wohl nur klein erscheinenden Schubwirkungen setzen sich offenbar nach Südwesten fort; im Mathaisenkar und Mitterkar bzw. an den sie scheidenden Querwänden, welche außerordentlich an die unten in den Oberreintal- und Hundstallkaren kurz geschilderten Gestaltungen erinnern, hat man ebenso den Eindruck stärkerer Schubwirkungen von SO. her, welche wahrscheinlich ihre Fortsetzung haben zwischen der Zugspitz und Riffelwandspitz, und im Schneekar bei der Wiener Neustädter Hütte auslaufen (vgl. S. 95<sup>1</sup>). Das Gebiet des Höllentalangers bietet an verschiedenen Stellen die Anzeichen einer eigenen schwachen Sattelung, welche sich noch östlich davon in der Verteilung der Raibler Schichten nördlich und südlich vom Osterfeld (zwischen Rinderwegscharte und Höllentorscharte), ebenso westlich zu äußern scheint; auf dieser baut sich die Hauptmasse des Wettersteinkalks, nach Norden überschiebend, auf.

#### 4. Verhältnisse des Schachengebietes.

Wenn wir nun hiermit in die große Wettersteinmasse der Mittelscholle selbst gelangt sind, so seien zuerst die Überschiebungstatsachen aus dem Gebiet östlich der Partnach, am Nordhang des Wettersteins zwischen Schachen und Zirbelkopf selbst nachgetragen.

Beim Aufstieg von der Mitterklamm im Partnachtal her nach dem Schachen auf dem sogen. Jägersteig, der unterhalb der „Schnitzbank“ in die höher liegende Wettersteinkalkstufe hereinführt, geht man eine lange Strecke an der Grenze von Wettersteinkalk und Hauptdolomit, so daß eine nach Süden einfallende Überschiebungsfäche des Wettersteinkalks ein überhängendes Dach des Steiges bildet; leider finde ich hier in meinen Notizen nichts über Schubstreifen und deren Richtung. Diese Verschiebung setzt sich über die schwarze Laine mit steilerem Einfallen nach O. zu fort.

Einen deutlichen Aufschluß bietet ferner die Südwestecke des Schachenplateaus südlich vom Aussichtspunkt an der Wasserleitungsquelle; hier zeigt sich eine gar nicht unbeträchtliche Überschiebung von Wettersteinkalk über Raibler Schichten mit nach Süden einfallender Fläche; diese läßt sich nicht nur nach Osten, dem Zirbelkopf zu, an verschiedenen Vorstufen am Fuß des Wettersteines verschwächt wieder erkennen, sondern es lassen sich auch an diesen Querzügen mit Raibler Schichten im Hangenden kleinere entgegengesetzte Bewegungen von Norden her wohl feststellen. An der Steilwand vom Teufelsgsaß (Schachenplatten) ist eine steile, die Überschiebungen scheinbar begleitende vertikale Schubfläche bloßgelegt, welche liegende Schubstreifen hat. Die Fläche streicht etwa NO.—SW. Hieraus ist auch einerseits das ausgeprägte Bild vertikal übereinandergeordneter Schuppen, andererseits durch einander entgegengesetzte Bewegungen auch das Auftreten so schmaler „Einbrüche“ wie am Schachensee verständlicher.

Ganz ähnliches gilt, was die Anzeichen kleiner Schubwirkungen betrifft, für den parallel südlich davon gelegenen Frauenalp-Hirschbühl-Zug.

Solche Überschiebungen lassen sich aber auch schon vom Schachen-Belvedere aus nach dem wunderbar aufgeschlossenen und nach Norden geöffneten Felskar-geschröfe zwischen Dreitorspitze und Hochwanner südlich vom Partnachtal, an



Blick vom Schachen (Aussichtspunkt) nach SW. auf Teufelsgrat, Hinterreintalschrofen, Hochwanner und Kleiner Wanner, mit schief quer zum Grat gestellten, nach NW. einfallenden Schichten; von oben links nach unten rechts ziehen die beiden das Kar des Großen Hundstalls östlich und westlich angrenzenden Felsgrate; die linke südliche Hälfte dieser Grate zeigt steile Schichtenaufrichtungen, **Muldung** und **Sattelung**, die nach rechts (N.) davorliegende, den tieferen Karboden bezeichnende Hälfte ist nahezu horizontal gelagert und von den Schichten der Südhälfte, wie es scheint, von Süden her übergeschoben; die Felsnase links mit der auch sehr deutlichen Schichtung gehört den obersten Wettersteinkalkschichten des Schachenplateaus an.

den Quergraten, welche die Kare des Oberreintals, des Großen und Kleinen Hundstalls voneinander trennen, deutlichst erkennen. Die südlich noch vertikal die Felsgrate überschneidenden Schichten des Wettersteinkalks bilden in der Nähe der Überschiebung eine Schleppungsmulde und einen Sattel; der vordere (nördliche) Wettersteinklotz des Zunderkopfs und Gamsangerkopfs, welcher zuerst nahezu horizontal liegt, biegt sein Schichteneinfallen stärker nach Süden um und wird so von Süden her übergeschoben. Die Feststellung der Lagerung der Raibler Schichten hier hat Dr. F. W. PFAFF ausgeführt.

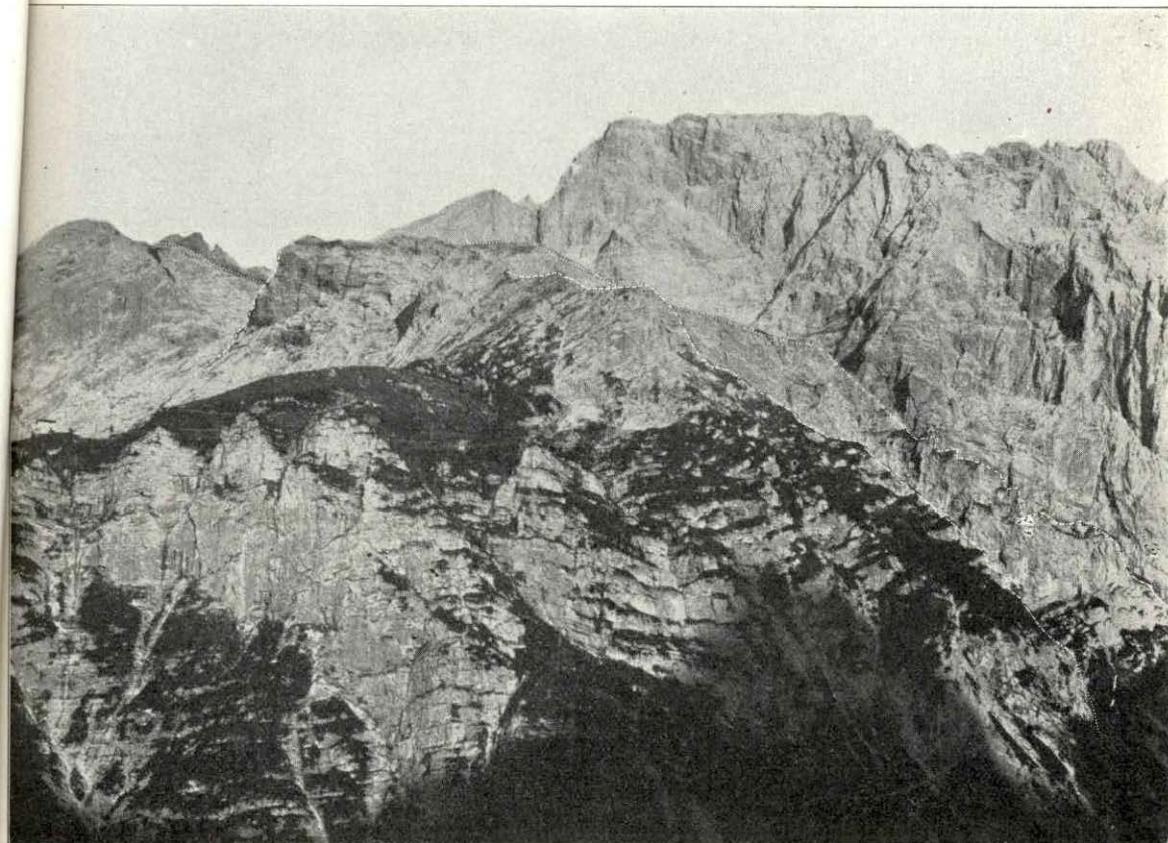


Fig. 11.

Ansicht des Schachen und Frauenalpgebietes mit dem Dreitorspitzgrat vom Gaifkopfsteig westlich der Partnach; der Kopf links im Mittelgrund ist der Frauenalpkopf, dessen Grat sich nach rechts (Westen) bis zu den Schachenplatten fortsetzt. Auch hier zeigen sich die oberen Wettersteinkalke wohlgebankt; der unter den Raibler Schichten der mit Gras bewachsenen Schachenterrasse liegende Wettersteinkalkaufschluß repräsentiert etwa 150—200 m eines ungefähr 800 m hohen Felsabsturzes, welcher annähernd der Wettersteinkalkmasse vom Schneefernerkopf bis zur Holzerwiese (bei Ehrwald) entspricht; der höchste Punkt am letzteren ist 2875 m, am Schachen ca. 1870 m.

Photogr. Aufnahme von der Direktion des Topogr. Bureaus zur Veröffentlichung überlassen.

Wenn man aus dem nunmehr Mitgeteilten den Eindruck gewinnt, daß hier wohl Überschiebungen aus Norden und aus Süden auftreten, daß aber jene aus Süden häufiger und ausgeprägter sind, so könnte dies vielleicht als daher stammend angesehen werden, daß die nach Süden zu gelegenen Gebirgsteile, wie sie allgemein schon in einem älteren Stadium der Gebirgsaufrichtung etwas größere topographische Höhenlage gehabt haben, von dieser Höhenlage aus viel häufiger und leichter mit Schichten älterer Systeme jene topographisch etwas tiefer liegenden der

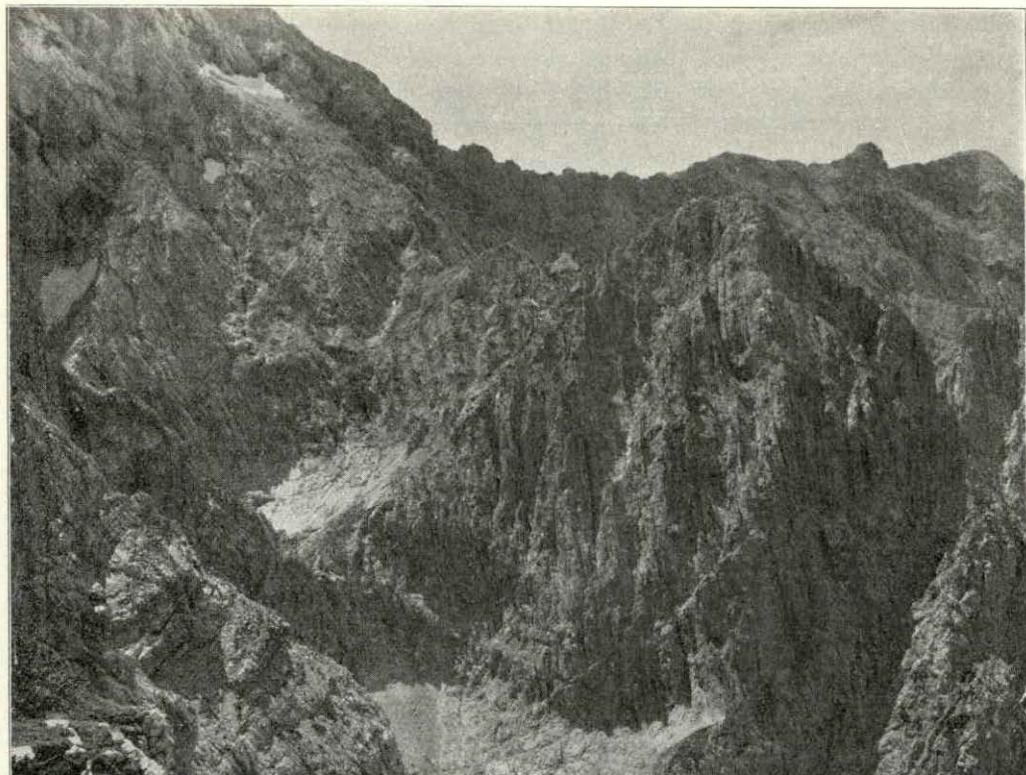


Fig. 12.

Im Hintergrund zeigt sich der vom Teufelsgrat-Hinterreintalschrofen nach dem Hochwanner hinziehende Längsgrat, von welchem sich nach rechts (nördlich) der das Kar des Kleinen Hundstalls und des „in der Jungfer“ scheidende Quergrat mit völlig steiler Stellung der Schichten des Wettersteinkalks abweigt; dieser Quergrat ist nur in seiner südlichen Hälfte abgebildet.

Photographische Aufnahme von der Direktion des Topogr. Bureaus zur Veröffentlichung überlassen.

jüngeren Glieder überschieben konnten, während dieser Fall für die außen liegenden Formationsabteilungen seltener bei einem Druck von Norden her eintreten konnte; hier mußten vielmehr häufiger jene Überschiebungen bei einem Druck von außen nach innen eintreten, welche ich oben (S. 89<sup>1</sup>) miokline nannte, d. h. es werden höhere (jüngere) Schichten flacher abgespaltener Schollen aus topographisch tieferer Lage über tiefere (ältere) in topographisch höheren Lagen (zumeist mit Formationslücken) hinaufgeschoben. Die gemachte Voraussetzung: Aufbruch und frühe Bloßlegung älterer Schichten in einem höher gelegenen Sattelkern gilt nicht nur für ein großes einheitliches Sattelgebirge, sondern auch für ein solches mit Teilsätteln und auch innerhalb der letzteren allein.

##### 5. Der Zug mit jüngeren Schichten südlich des Wettersteingrates.

Es ist nun noch übrig, die Verhältnisse des Gehrenspitz-Predigtstein-Issental-köpfls-Zugs südlich bis westlich der Wettersteinwand einer kurzen Betrachtung zu unterziehen.

Wie schon O. AMPFERER feststellte, läuft die Karwendelüberschiebung (sogar mit Verschleppung einer kleinen Jurascholle im Isartal-Bleibergwerk bei Scharnitz) in der Arnspitz-Masse fort, wie sie auch noch am Ausgang des Puitbachs mit Überlagerung von Neokom durch Muschelkalk deutlich ist. Der nördliche Stirnrand setzt sich offenbar in dem Öfelekopf (Nordhang) nach Westen fort und die Schubfläche

scheint, steiler geworden, an dem hohen Auftauchen des Muschelkalks im hintern Schüssel- und Oberreintalkar schuld zu sein. Hier ersetzt aber die dabei zu „kurz“ kommende transversale Verkürzung jene oben erwähnten, nördlich der Wettersteinwand einsetzenden, vom Zirbelkopf über den Schachen ins Oberreintal und die beiden Hundstallkare herüberstreichenden, gleichsinnig einfallenden Überschiebungsf lächen. Als Folgeerscheinung der Arnspitzenüberschiebung darf auch das auffällige Auftreten von Transversalverwerfungen aufgefaßt werden, welche zwischen Ferchensee und Lautersee liegen, von denen die westlichste unmittelbar in das Überschiebungsgebiet hinüberzieht.

Die Gehrenspitzenmasse setzt offenbar völlig die Arnsteinmasse mit ihren Überschiebungen fort; der südlich einfallende Schichtenklotz ist mit Muschelkalk deutlich auf Neokom hinaufgeschoben; das Ganze ist eine Wiederholung der tektonischen Verhältnisse am westlichen Karwendelgrat, die noch auf die Karte übernommen wurden; nur hat es den Anschein, als ob am Ost- und Südostfuß des Öfelekopfs noch eine entgegengesetzte Bewegung von N. nach S. hinzugetreten sei.

Der Wettersteinkalk des Gehrenspitzenzugs fällt nun südlich ein, doch ist nach Westen zu einer Umkehr des Einfalls angedeutet, was vielleicht als Folge einer starken vertikalen, in „präalpiner“ Zeit erfolgten Senkung an älterer Querstörung eintrat, oder als Folge einer einfachen flachen, durch die späteren Prozesse verstärkten Sattelung aufzufassen ist, deren Achse mit der späteren Längsrichtung der heutigen Schollenzerteilung einen Winkel bildet; im First einer solchen mir wahrscheinlicheren Sattelung (vgl. S. 85) können dann auch die schmalen Einbrüche<sup>1)</sup> aufgetreten sein, welche den Feldalpang bei den Gehrenspitzen auszeichnen. Infolge dieser Antiklinale konnte nun in der Westfortsetzung des Puitalp-Neokom-Fensters eine gefältelte Mulde jüngerer Schichten auftreten, in welchen das Neokom auch einen größeren Raum einnimmt als östlich und wie eine einfache Fortsetzung des ersteren Auftretens erscheint.

Wenn man nun sagen kann: das, was noch in der Leutasch und Puitalpe Überschiebung ist, das ist im Predigtsteinzug einfache Zusammenfaltung, so ist hiermit der Charakteristik nicht völlig Genüge geschehen; es sind nämlich auch in der laufenden Schichtenreihe große Komplexe eliminiert, über den Raibler Kalken zum Teil die Rauchwacken und besonders der Hauptdolomit. O. AMPFERER hat (1905 S. 554—555) hierfür die mir völlig zustimmliche Ansicht geäußert, daß hier wohl vor der Zusammendrückung bedeutende Flächenabtragungen stattgefunden hätten; dann aber müßten die nun konkordant und dicht die flächenhaften Formationslücken bedeckenden jüngeren Gebilde nach diesen hin und auf sie hinaufgeschoben worden sein; eine Abtragungsfläche, die nach Norden einfällt (wie eine solche z. B. an dem Feldalp-Karls-Joch N. vom P. 2227 zwischen Neokom und Raibler Kalk bzw. Dolomit bloßgelegt ist), wäre von Norden her mit jüngeren Formationen überschoben; es läge eine topische (miokline) Überschiebung (tektonische Transgression) vor, welche hier auch einen Teil der tangentialen Verkürzung der schwindenden Karwendelüberschiebung übernommen hätte, aber nun den wechselnden präalpinen Oberflächenformen nach von Norden nach Süden vor sich gegangen sein müßte.

Es ist besonders wichtig, auf die in diesem Längszug auffällige, z. B. den Hauptdolomit vom Hangenden und vom Liegenden her begrenzende und in starkem Maße verringerte Erosions- und Verschiebungskombination hinzuweisen, weil sie nicht

<sup>1)</sup> Beziehungsweise Einfaltungen.

nur hier, sondern auch im südlichen Gaistalzug (Feldernalp) sich wiederholt, endlich in der natürlichen Fortsetzung dieses Zugs, der Umbiegung der Mieminger Kette nach SW. im Wanneck noch bemerkbar ist (vgl. unten S. 102—103).

Was noch besonders auffällig scheint, das ist die Tatsache, daß diese als ältere Längsstörung zu bezeichnende Grenze durch eine große Anzahl jüngerer quer durchbrochen und verworfen wird, worauf wir noch eingehen müssen.

Ein auffälliges Verhalten der Quersprünge in diesem Zug hat schon AMPFERER kurz besprochen, nämlich die Zerstücklung in NW.—SW. gestellte schmale Schollen; diese Neigung, sich aus der Längsrichtung des Zugs abzudrehen, zeigt an mehreren Stellen auch der Wettersteinkalk für sich, indem er sich aus der Konkordanz mit den hangenden Raibler Schichten löst und die Schichten schief oder gar quer (Mitterjöchl) zur Liegengrenze der Raibler Schichten diskordant umstellt. Diese Eigentümlichkeit zeigt sich auch an anderen Stellen, außer im Schachen-, Bernadein- und Waxensteingebiet auch an der Hauptwand zwischen Gatterl und Wetterwandeck (vgl. Textbeilage zu S. 91) sowie östlich am Hochwanner, wo sich die Schichten quer zum Grat stellen, ohne aus dem Längszug seitlich herauszutreten.

Wenn sich der ausgesprochenste Längszug (Predigtstein etc.) in einzelnen Teilen seiner sprödesten und klotzigsten Gesteinskomplexe quer zu stellen strebt,<sup>1)</sup> so kann es auch nicht wundernehmen, daß sich an dem ausgeprägten natürlichen Westende des Zugs am „Issentalköpfl-Pestkapelle“ eine völlige Querbarre gebildet hat, welche aus Hauptdolomit, Rhät, Jura und Raibler Schichten besteht.

Ich kann mir nicht gut vorstellen, daß sich in dieser eigenartigen Wendung der Teile ein rein nordsüdlicher Seitendruck geäußert habe, sondern nur, daß hier eine longitudinale Schiebung gewirkt hat, welche zeitlich in naher Verbindung steht mit der demonstrierten Überschiebungsbewegung von Norden nach Süden; diese Querstellung der Teile erzielt eine dem Sinne des Schubs entsprechende longitudinale Verkürzung in deutlichen Ausweiche- und Abbiegungsbewegungen (S. 99). Ergänzendes bringt hierzu eine Studie über die Tektonik des Kressenbergs.

O. AMPFERER hat nun die Bemerkung gemacht, daß sich am Nordrand dieses Längszuges mit jüngeren Formationen an der Wand des Hochwannerzugs nichts zeige, was auf eine Überschiebung hinweise; dies ist wohl wahr, jedoch werde ich später das Bild einer vereinzelt hier auftretenden, von der allerdings hier nicht mehr so hoch aufragenden Wand nach Süden abgewendeten Schichtabbiegung N. vom Hohen Kamm bringen, welche zum mindesten auf einen starken und nicht einfachen, örtlich auftretenden Seitendruck von Norden her schließen läßt. (S. 96 Z. 3.)

## 6. Westwand des Wettersteingebirges.

O. AMPFERER hat, wie erwähnt, zutreffend dargestellt, daß die Westwand des ganzen Gebirges mindestens eine kleine Strecke weit mit Muschelkalk auf Juraneokom auflagere.

Hier hätten wir also die Folge der Longitudinalbewegung, auf welche wir nördlich vom Gaistal auch schließen könnten; wir sehen aber auch hier wie am Issentalköpfl eine Querbarre gebildet, welche sich dem Westende, dem Stirnrand der

<sup>1)</sup> Es ist dabei noch hervorzuheben, daß dieser Wettersteinkalk, wie das am Südfuß der Wand des vorderen Oberlähnkopfs deutlich ist, auf Teile der südlicheren Gaistalscholle (hier Hauptdolomit-Rhät) bei nach N. einfallender Kluftfläche, hinaufgeschoben ist. Auch am Issentalköpfl liegen kleinere (hier auch stratigraphische) Überschiebungen der nördlichen Teile über die südlichen Schollen deutlich vor, also „Diskordanzen“, die in der oben S. 89 skizzierten Art entstanden sein werden. Vgl. hierzu auch O. AMPFERER in Verh. d. K. K. Geol. R.-A. 1906 S. 272 Z. 32—36.

Schubmasse vorlegt. Während nämlich die Jura-Neokom-Mulde vom Hohen Kamm scheinbar unverändert aufrecht stehend und ostwestlich nach Ehrwald zu sich fortsetzend unter den Wetterwandeck-Wetterspitzen heraustritt, bildet sich zwischen hier (Holzerwiese) und dem Ehrwalder Köpfl eine nordsüdlich gestellte und zwar liegende Quermulde, gleichsam als ob hier die Schubmasse mit steilerer Grenzfläche vorrückend eine letzte Stauung vor dem Stillstand erfahren und die jurassisch-kretazischen Schichten vor sich hergeschoben, gefaltet und nach Westen umgelegt habe. Es wäre sehr verständlich und würde der Tatsache, daß hier eine ostwestlich gerichtete Überschiebungsbewegung vorläge, keinen Abbruch tun, wenn es sich etwa gezeigt hätte, daß hier diese quergestellten nach Westen überkippten Jura-Neokomsschichten nicht den Muschelkalk der Wetterschroffenwand unterteuften, sondern an ihr emporgequollen auf gewisse Tiefe hin angelagert wären.

Auf der andern Seite des Ehrwalder Köpfls findet sich nach dem Zugmösl zu ebenso ein mehr quer gestrecktes Auftreten von Kössener Schichten sehr nahe der Muschelkalkgrenze und so gelegen, daß der Auffassung, es handle sich hier um einen tieferen Teil des von Osten her überschobenen Komplexes keine gewichtigen Gründe entgegen gehalten werden können.

Am Ehrwalder Köpfl selbst entdeckte ich noch eine interessante Tatsache. Dieses Köpfl ist eine merkwürdig nach Westen vorgerückte Felsstufe tieferen Muschelkalks; es ist wohl tektonisch verursacht, aber im wesentlichen eine etwas stärkere Erosionsabstufung, wie solche am Lärcheck und besonders an der Bärnheimat N. vom Waxenstein auch vorliegen. Die tiefe Region des Köpfls bildet nun ein nach SW. geöffnetes Kar, dessen westliche Wand mehr flächenhaft nach SO. einfällt. Diese hochgelegene Fläche ist ausgezeichnet durch einen auffälligen üppigen Wiesenwuchs und durch eine Quelle, welche sich nicht gerade als eine Verwerfungsquelle auffassen läßt; dies kommt daher, daß der ganze Boden der Wiesenfläche von Aptychenschiefern bedeckt ist, welche bis an den Grat seitlich hinanreichen und dort als höchst ragende Anstehen der Juraschichten dieser Seite in einer ruhigen Anlagerung auf dem Muschelkalk auflagern.

Es ist kein Zweifel, daß diese Teilüberschiebung (als miokline zu kennzeichnen) von Süden her erfolgt ist als ein letztes Stadium einer Art Stirnrand-„verkeilung“, wie man hier den Ausdruck von A. ROTHPLETZ wohl anwenden kann.<sup>1)</sup>

Die mechanische Möglichkeit der Entstehung dieser auffälligen Überschiebungsvorbreitung setzt voraus, daß hier eine steilere Stirnrandfläche vorgelegen habe, welche einen stärkeren Schub auf die davorliegenden weicheren Schichten ausühte, einen Teil davon abhob oder abspaltete, der sich dann auf die nächst erreichbare und befahrbare Fläche ausweichend hinüberschob, woselbst eine annähernde Konkordanz erreicht wurde. Voraussetzung ist hierbei das ältere Bestehen des Vorsprungs und der schichtartig einfallenden, eine schiefe, schneidende Kante nach der Seite bildenden Auflagerungsfläche des Ehrwalder Köpfls. Solche außerordentliche unregelmäßige Vorsprünge sind bei einfachen vertikalen Verwerfungsklüften

<sup>1)</sup> Es ist aber auch noch zu bemerken, daß hier in der Nähe noch eine Störungszone ausläuft, welche vom Höllentalferner, Mitterkar, Mathaisenkar, Rinderscharte herkommt und eine gewisse Verschiebungszerrüttung des Muschelkalkgrates bewirkt hat, die östlich der Wiener Neustädter Hütte von der Hauptwand nach P. 2101 des Ehrwalderköpfls hinüberzieht. Der Aufschub der Juraschichten von Süden her könnte hier als Spezialfall der ganzen Gebirgsbewegung durch das stärkere Ostwestvorrücken der Mieminger Masse und ihre Bewegungshemmung an der Ostgrenze der Lechtaler Alpen aufgefaßt werden.

mit solchen Sprunghöhen kaum anzunehmen, können aber leichter als Stirnränder-abbröckelungen bei Überschiebungsvorgängen gedeutet werden. Ähnliche Unregelmäßigkeiten hatte ich im Auge, wenn ich S. 94 vom Kleinen Wannergrat von der Ursache seitlicher Abbiegung in den Juraschichten sprach.

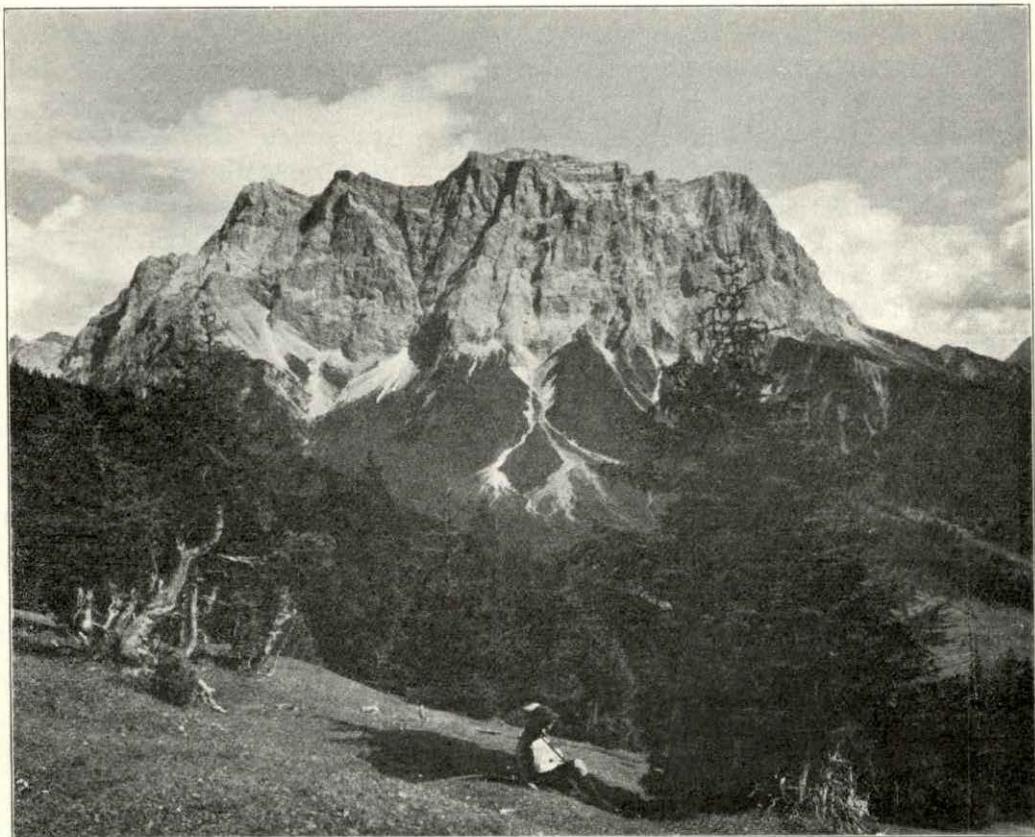
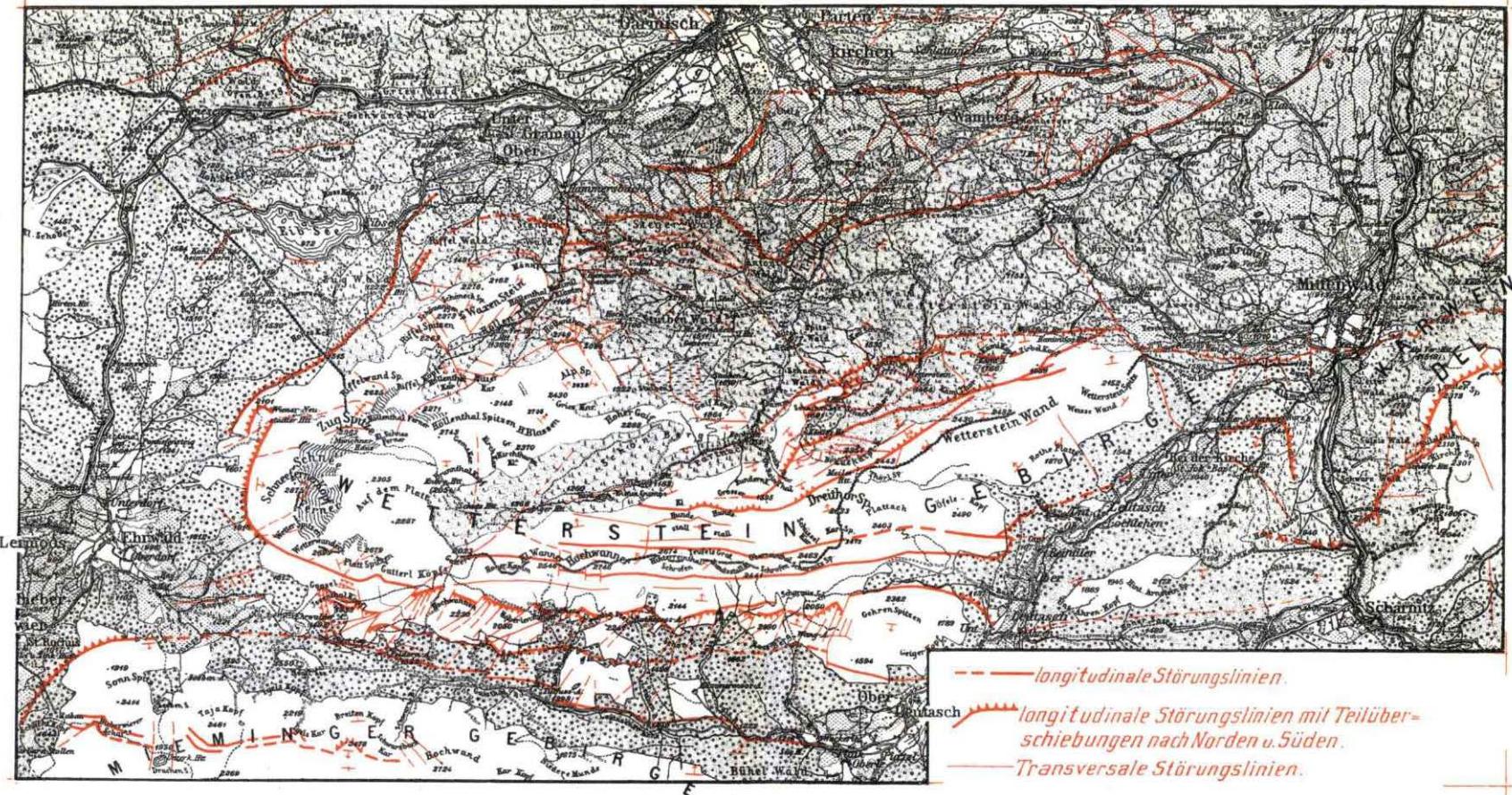


Fig. 13.

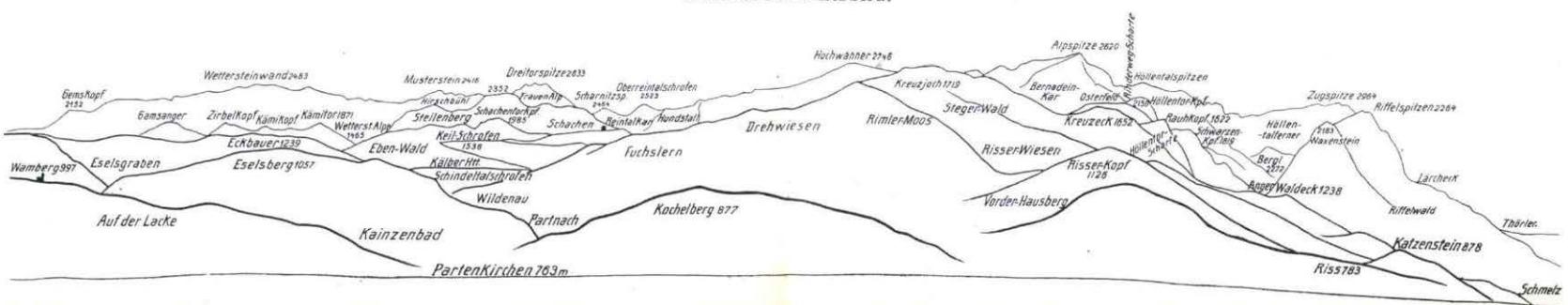
Ansicht des Westabfalls der Zugspitzmasse nach dem Eibsee und nach Ehrwald. In höchster Lage folgen von links nach rechts Zugspitz und Zugspitzeck, etwas näher beieinander dann der breite flachgemuldeten Schneefernerkopf, rechts über die Mitte des Grats hinausreichend, und ganz rechts am südlichen Eck die Wetter-schrofenspitze. Die in Fig. 6 S. 47 hervortretende, karartige, auf die Holzerwiese auslaufende Nische ist hier wenig vorspringend. In geringerer Höhe zeigt sich hier von links nach rechts die Riffelwandspitz, der Grat des Ehrwalderköpfle bei der Wiener Neustädter Hütte, noch etwas tiefer (der Spitze der vorstehenden Fichte entsprechend) dessen Ostende bei der karartigen Weitung mit der großen eckigen Schutthalde unter der Zugspitzeck, in der Mitte des Bildes die nach unten geteilte große Lain, ganz rechts neben der Spitze der Fichte der Holzer Wiesen Grat und ganz hinten im Profil das Issentalköpfle. Der Standpunkt der Aufnahme ist von einer Höhe hinter Lermoos.

Aufnahme von Herrn Georg Neumann, Photograph des Topogr. Bureaus München.

In dieser dynamischen Wirkung einer Überschiebung kann man auch eine Parallele mit der oben S. 89 u. 93 angeführten Wahrscheinlichkeit sehen; nach der gegebenen Darstellung wurden dort in einem breiten, flächenartigen nach Formationsterrassen abgestuften Erosionsgebiet von gewisser Schichtneigung tiefer gelegene Komplexe jüngerer Formationsglieder fast an Schichtfugen abgespaltet und über Abtragungsrelikte älterer (tieferer) in größerer absoluter Höhe liegender Formationen zu an nähernder Konkordanz hinaufgeschoben (Hoher Kamm-Predigtsteinzug). Hierbei wurden die jüngsten, der Abspaltungs- oder der Druckfläche zunächst liegenden Gesteinsmassen am stärksten den Schubwirkungen ausgesetzt und in auffälligem Umfang



## Höhenübersichtsbild.



gefaltet. Diese Faltung hört am westlichen Ende des Längszugs am Issentalköpfli auf, während nach Ehrwald zu nun eine großzügige und breite Jura-Kreide-Faltung einsetzt. Erst wieder in der Nähe des Ehrwalder Köpfls zeigt sich eine steil schuppenartige Vervielfältigung der einzelnen Glieder.

Sehr beachtenswert scheint mir das dem Vorspringen des Ehrwalder Köpfls entsprechende Zurückweichen der Törlenmasse, welche bei Obermoos-Ponöfen noch Rhätschichten in etwas gestörter Anlagerung im Hangenden hat; es liegt hier zweifellos eine ostwestliche Seitendruckbeziehung vor.

Die Ausstreichfortsetzung der Überschiebung an der westlichen Wetterwand kann, wie erwähnt, südöstlich vom Eibsee, zwischen das dort am Zugmösli auftretende Rhät und die höher aufragende Trias gelegt werden. In letzterer selbst sind ebenfalls parallel laufende Teilüberschiebungen in zum Teil steil einfallenden Flächen zu beobachten, so in der Bärnfalle zwischen hangendem Muschelkalk und liegenden Partnachschichten; ebenso zeigen sich eine Anzahl deutlicher, scheinbar kleinerer Überschiebungsanzeichen zwischen der Bärnheimat und Hammersbach innerhalb der Partnachschichten und zwischen diesen und dem Wettersteinkalk, welche nicht in der Karte aufgenommen, aber in noch zu veröffentlichten Profilen festgelegt sind. Es sind das begleitende „innere“ Schubflächen, welche eine Brücke nach jenen im Hammersbach-Rotgraben und nördlich vom Hennereck (Graslähne) bilden.

## 7. Querstörungen im Partnach-Kreuzalpgebiet.

Die Druckwirkungen einer etwa longitudinal sich bewegenden, verhältnismäßig flach abgespaltenen Schubsscholle können, außer daß sie kleinere Abspaltungen auf flach liegenden Klüften in höheren Zonen der mehr passiven Nachbarschollen hervorrufen, auch seitliche Massenverschiebungen auf vertikalen Klüften verursachen, wobei vorhandene Klüfte oder an Klüften reiche Regionen zu neuen, vielleicht ganz anders geneigten Bewegungsflächen benutzt und umgestaltet werden.

Betrachtet man nun die nicht longitudinalen Störungslinien (vgl. auch das tektonische Übersichtskärtchen), so fällt auf, daß reine Querverwerfungen im großen und ganzen viel seltener sind als solche, welche schief transversal die streichenden Massen nach NW., SW., NO. und SO. durchkreuzen.

Von der Dreitorspitzmasse mit den sich übereinander auftürmenden Stufen mit zum Teil sehr kräftigen Überschiebungen (Schachen, Jägersteig) geht nicht nur eine große NW.-transversale Störung aus, sondern es zeigen sich auch im Innern der Masse zwischen Schachen und Kämikopf solche Schubklüfte, sowohl nach NO. (mit liegenden Schubstreifen) als nach NW. gerichtete. Der Druck, der nordwestlich davon auf das Gebirge ausgeübt wurde, scheint aber seine Hauptauslösung an dem NW.—SO. streichenden Gesteinsfazieswechsel von Hauptdolomit (Spitzwald-Schindeltal) und Raibler Schichten (Stuibenwald), woselbst die einzelnen Störungslinien schwer festzustellen sind, gefunden zu haben. Jenseits davon erkennt man aber seine Wirkungen gut, wo die Schichtenzüge quer gestellt sind.

Hier treten zwischen Rauhkopf und Kreuzjoch fünf schief gestellte NW.-transversale Störungen auf, welche nicht nur Hauptdolomit und Raibler Schichten stufenweise nach NW. vorschieben, sondern diese auch emporzuheben scheinen; sie biegen aber auch die Fortsetzung der Ferchenbachverwerfung nach NW. zu ab und verstärken hier das Bild miokliner Überschiebung (tektonischer Transgression) der Raibler Massen über Muschelkalk etc. Diese gewaltige Wirkung, welche sich auch auf den nördlich vorliegenden Muschelkalkrücken Waldeck-Rimler Moos er-

streckt, findet also von jener Erhebungsregion aus statt, in welcher sich Raibler Schichten mit Wettersteinkalk zwischen Zirbelkopf und Schachen aus der einfachen, stark geneigten Synklinallagerung, welche vom Grünkopf im Süden über den Kranzberg nach Achenmoos-Klais im Norden zu beobachten ist, mit Überschiebungsanzeichen zu einer ganz flachgelagerten Hochgebirgsplatte emporheben und jene Synklinallagerung ziemlich rasch verschwindet. Hierbei wird aber auch die Hauptdolomitverbreitung mehr in transversaler Richtung verkürzt.

Entsprechend der geringsten Breite des Muschelkalkrückens im Osten am Hirzeneck hat der Hauptdolomit im Kranzberg die größte Breite. Nördlich der Jägersteig-Überschiebung bis zum Schindeltalschrofen hat dieser Gesteinszug schon eine geringere Breite als die gesamte Muschelkalkmasse im nördlich davorliegenden Partnachgebiet. In dem Bodenlähn-Kreuzeckgebiet ist der Hauptdolomit in die Verbreitungsregion der Raibler Schichten, scheint es, nicht nur seitlich hereingezwängt, sondern auch emporgehoben bzw. etwas hinaufgeschoben. Liegt nun auch hier eine Längsverschiebung mit allmählicher Emporhebung nach Nordwesten vor, so muß die Hauptdolomitmasse auf den nördlich gelegenen Muschelkalkrücken seinen Einfluß ausüben; da sie nun aber durch die vom Schachengebiet ausgehenden Wirkungen gehemmt wird, so sind jene transversalen Schubwirkungen an vertikalen Klüften mehr nach Nordosten abgelenkt; den Muschelkalkrücken Drehwiesen-Partnachklamm-Hirzeneck beherrschen quere Störungen in der Richtung: transversal in NO. Nur östlich vom Hirzeneck selbst sind beide Transversalrichtungen vertreten, jedoch mehr jene transversalen in NW. (vgl. Ergänzendes unten S. 104).

Es läßt sich also mit der eigenartigen von Ost nach West stattfindenden Erhebung der Schachen-Kämikopf-Zirbelkopfmasse aus einem steil geneigten Muldenflügel heraus (womit zugleich eine Erhebungsvorstufe der noch viel umfangreicheren Wettersteinkalkmasse des Zugspitz-Alpspitzgebiets vorbereitet wäre) eine Längsbewegung wahrscheinlich machen, deren Begleiterscheinungen Überschiebungen und schiefransversale Kluftbewegungen sind; diese Längsbewegung gilt nicht nur für die Wettersteinkalkmasse, sondern auch für den nördlich davorliegenden Dolomitzug mit Raibler Schichten im Liegenden, welche Masse an ihrem Westende in transversal ausweichende Überschiebungen übergeht, wie auch angenommen werden kann, daß die westliche Fortsetzung der Überschiebung am Jägersteig als Längsbewegung durch das obere Partnachtal zieht und am Gatterl in einer diagonalen Verschiebung ausläuft (s. S. 99).

### 8. Querstörungen im Zug südlich des Wettersteingrates.

Ein zweites Gebiet, in welchem transversale Verwerfungen eine größere Rolle spielen, ist der Wettersteinkalk-Neokom-Zug zwischen Leutasch und Ehrwald mit den Hauptgipfeln Issentalkopf, Hoher Kamm, Predigtstein, Gehrenspitzen, der schon von O. AMPFERER a. a. O. in einer Anzahl von Querprofilen behandelt wurde. Hier zeigen sich zum größten Teil von NO. nach SW. gerichtete Störungen, wodurch eine große Anzahl kleinerer, voneinander gerissener Schollenteile in ganz regelmäßiger Weise ein Streichen von WNW. oder NW. nach OSO. oder SO. erhalten hat.<sup>1)</sup>

Für diese oben schon erwähnten Umstellungen haben wir auch kurz ausgeführt, daß sie wie im Sinne einer longitudinalen Verkürzung und eines dabei

<sup>1)</sup> AMPFERER spricht von queren Vorstößen und den hierbei aufgetretenen entsprechenden Schubstreifen an zahlreichen Klüften (vgl. l. c. 1905 S. 552).

stattfindenden Abbiegern nach der Transversalen, wobei vielleicht nach Süden Platz zum Ausweichen geboten war, gestellt sind. Man kann hieraus auch auf einen longitudinalen Schub schließen. Wenn man z. B. eine Anzahl Dominosteine hintereinander aufstellt und versucht sie so durch Antrieb vom hintersten her fortzuschieben, so gibt es bei nicht ganz gleichmäßiger Druck oder bei verschiedenartigen Reibungshindernissen beim Vorrücken auch zickzackförmige Abbiegungen und seitliche Ausweichebewegungen der einzelnen Steinchen. Nun sind aber die in Rede stehenden Schollen nicht ganz frei, sondern zum mindesten nördlich einseitig an ihrer Basis noch zusammengehalten; die Ausweichebewegungen müssen daher einheitlicher gestaltet werden; sie regeln sich im Durchdringen einer Resultante zwischen Längsschubrichtung und der Bewegungsmöglichkeit an queren Spalten; die Richtung der Resultante nach SW. würde dann beweisen, daß der Längsschub von O. nach W. gewirkt hat. Die Schollen wären nach S. und außen, dem Raum einer leichteren Verdrängbarkeit und der Überschiebungsmöglichkeit (vgl. S. 102) zur Erreichung größerer Breite des Schichtzuges abgebogen und zwar je mit ihrem Ostende, d. h. mit jenem Ende, welches dem Ausgangspunkt oder der Herkunft des Schubs von O. nach W. näher gelegen ist. Die dieser Längsbewegung von Westen her sich entgegenstellenden Widerstände streben dagegen die Westenden der Schollen möglichst in ihrer alten Stellung und Lage zu erhalten, wodurch eine stärkste drehende Bewegung des Ostendes um jene Westenden als zentrale Flächen erzeugt werden kann; es ist natürlich, daß diese Drehungen nicht alle zu gleicher Zeit, sondern nacheinander stattfanden. — Während alle Teilschollen nach SO. herumgedreht sind, ist nur eine am NW.-hang des Roßbergs nach NW. verwendet; hier zeigt sich auch eine Unregelmäßigkeit im Verhalten der Raibler Sandsteine.

Am Feldernjöchl SO. vom Gatterl kombiniert sich diese Bewegung mit einer zweiten, vergleichbaren, welche aber nun von der Wetterwand selbst kommt und in ganz gleichem Bewegungssinne eine südwestliche Verschiebung von wenigstens 1 km hervorbringt. — Da vom Südfuß der Gatterlköpfe der Muschelkalk nach N. einfällt und der Muschelkalk am Gatterl über 100 m tiefer liegt, so ist die Sprungshöhe jedenfalls nicht über 1 km, wie es den Anschein hat. —

Aus den letzterwähnten Umständen würde man, wenn die vorhergehende Überlegung berechtigt war, auch schließen dürfen, daß für die Haupt-Wettersteinwand derselbe Bewegungsvorgang vorlag; wenn auch wegen der gewaltigen Masse und Breite des Zugs die Kontinuität in der Längsachse weniger unterbrochen ist, so ist doch die häufige Schrägstellung der Schichten zum Grat an Stelle des zu erwartenden Längsstreichens (vgl. auch S. 94) in gleichem Sinne zu deuten. Weiterhin ist noch zu folgern, daß, wenn man einerseits erkennt, welche Verwirrung die Gatterlverwerfung in dem südwestlich davorliegenden, am tieferen Feldernhang ausstreichenden Formationsgebiet hervorruft, andererseits aber darauf bezügliches an dem nördlichen Ausstreichen des Wettersteinkalks des Mieminger Gebirges bei der Pestkapelle nicht zu beobachten ist, daß jene Schubwirkungen bzw. Vorstöße wohl nicht von SW. gekommen sein können, sondern nur von O. bzw. NO. — Dabei ist zu bedenken, daß mit dieser Gatterlverwerfung die zunehmende Nordsüdbreite der ganzen Zugspitz-Plattspitzen-Masse zusammenhängt und daß an ihr offenbar auch die mit Überschiebungen verbundenen Längsverwerfungen: Schachen, Frauenalp, Hundstall etc. abstoßen. Zwischen dieser Breitenzunahme im Norden und dem festen, unverändert verbleibenden Klotz des westlichen

Miemingerzugs wird das Ostende des Issentalköpfl-Gehrenzugs in auffälligster Weise zerquetscht.

### 9. Querstörungen im Gebiet zwischen Partenkirchen und Barmsee.

Daß diese schieftransversalen Verwerfungen und Schübe mit einer oberflächlichen, tangentialen Einwirkung engstens zusammenhängen, das geht auch aus anderen hier zu berücksichtigenden Tatsachen hervor. Jos. KNAUER hat in seinen Studien über das Herzogstand-Heimgarten- und das Kesselberggebirge gewisser „diagonaler“ Verschiebungen ausführlich Erwähnung getan, welche auch durchaus mit horizontalen oder meist nur schwach nach NO. geneigten Schubstreifen bedeckt sind. Ich möchte die Neigung dieser auch von mir genau studierten Schubflächen als die Neigung einer Ausweichebewegung nach bereits vorhandenen Tiefen ansehen (vgl. mein Referat in Zeitschr. f. Prakt. Geol. 1910 Nov.-Dez.-Heft). J. KNAUER hat am Kesselberg zwei größere Verschiebungen erkannt, von welchen er die östliche mit der Isardurchbruchspalte v. GÜMBELS identifiziert; jene verläuft aber zweifellos nicht durch die Obernach etwa in das Isartal zwischen Wallgau und Mittenwald, sondern scheint mir mit der SW.—NO.-Verschiebung zusammenzuhängen, welche am Markgraben-Gütlegraben-Bletschertalkopf (NO. von Kaltenbrunn) am Nordrand unseres Kartengebiets (Bl. II) hereinsetzt, welcher Verschiebung sich nach W. zu noch zwei gleichartige bis Partenkirchen zugesellen. Es ist Aufgabe einer eigenen kartistischen Aufnahme, die Kontinuität mit den Störungen seitlich vom Walchensee festzusetzen; daß die erwähnten Störungen mit jenen einen näheren Zusammenhang haben, das ist mir zweifellos.

Ebenso ist der Zusammenhang mit den schon oben S. 98 berührten diagonalen (NO.-transversalen) Störungen des Wamberger Gebiets unverkennbar. Es ist auch hier die Frage aufzuwerfen, ob nicht die inneren Muschelkalkängsschollen vom Wamberger Wald, Kalberätz und Eselberg Teile eines ursprünglich einzigen Längszuges darstellen, welche in etwas unregelmäßigerer Weise als die oben behandelten des Hohe Kamm-Predigtsteinzugs (S. vom Wetterstein) bei einer longitudinalen Bewegung sich voneinander getrennt und zum Teil aneinander vorbeigeschoben hätten, daß dabei in solcher Weise der ganze Muschelkalkzug an Länge verloren und an Breite gewonnen habe. Auf solche Transversalerweiterungen könnte man dann viele diagonale Seitenverschiebungen in letzter Linie zurückführen. Daß die diagonalen Linien auf beiden Seiten der Nachbarschollen nicht mehr ganz miteinander stimmen, das ist nicht unverständlich; ein Ineinanderlaufen kann nicht erwartet werden, da die Schollen nördlich und südlich der Kankerbachverwerfung sehr wahrscheinlich ungleichen Schritt in der ostwestlichen Bewegung eingehalten haben können und der Muschelkalkzug zurückgeblieben sein kann.

A. ROTHPLETZ hat nun schon in seiner Karte der rhätischen Überschiebung die Störungslinie im Verlauf des Kankerbachs bis zum Barmsee als eine der Longitudinalverwerfungen bzw. inneren Längsverschiebungsfächen der rhätischen Schubmasse eingezeichnet. Hiermit stimme ich völlig überein, wenn ich auch nicht glauben möchte und keine zuverlässigen Tatsachen beobachtet habe, daß die Verwerfung nach NO. ins Isartal fortsetzt. Immerhin können doch an der Kankerbachstörung sehr ungleichmäßige Längsbewegungen stattgefunden haben (vgl. hierzu unten S. 103 bis 104), d. h. longitudinale Bewegungsfächen als Zerreißungen neu entstanden sein.

<sup>1)</sup> Geogn. Jahreshefte 1906 und Landeskundl. Forschungen (Geogr. Gesellschaft in München) Heft 9 1910.

In der erwähnten Karte von A. ROTHPLETZ sind nun im Loisachtal bei Partenkirchen-Garmisch zwei „jüngere“ Verwerfungen eingetragen, welche den oben besprochenen NO.-transversalen bzw. den „diagonalen“ Verwerfungen entsprechen könnten; für die östliche fehlt uns im Bereich des Kartenbildes der nötige Aufschluß; dagegen ist westlich noch eine beträchtliche Störung kartiert, welche aber mehr in NNO. läuft, wie dies auch HEIMBACHS Karte der Farchanter Alpen angibt. Unterhalb der Viehweiden (O. von Garmisch) ist aber neben der Loisach noch Rauchwacke aufgeschlossen, welche einerseits auf jene am Katzenstein (Risser See) hinzuweisen, andererseits im Liegenden des Hauptdolomits vom Kramer zu liegen scheint; darnach würde der Loisachverwerfung nicht die von A. ROTHPLETZ vermutete Verbindung nach dem Eibsee und den Törlein-Biberwier zuerkannt werden dürfen. Eine gewisse Beziehung könnte aber diesem Loisachtaleinbruch mit der starken Teiliüberschiebung der Risserkopfscholle zuerkannt werden; der Einbruch dürfte in die Partnachniederung hinausziehen und dort auf das Depressionsgebiet O. vom Wamberger Graben hinweisen; die gesamte Depression wäre dann diagonal in NW.—SO. gerichtet und hätte zur Begleitung eine davon abgewendete Überschiebung nach S.—SW. (Risserkopfscholle).

## 10. Westbegrenzung des gesamten Gebirges.

Die letzterwähnte Loisachtalverwerfung und ihre mir nicht ganz sichere Verbindung über den Eibsee nach den Törlein und den östlichen Fernpaßhang sieht wie eine schief-transversale Störung aus, worüber noch einiges nachzutragen ist.

O. AMPFERER hat für die westliche Wettersteinwand ebenso wie für den Westabfall der Mieminger Kette l. c. 1905 S. 498 u. 548 ein gewisses Maß der Überschiebung der jüngeren Schichten des tieferen Hangs durch die älteren Schichten des höheren Felsgebirges festgestellt und hat in den Bergstürzen, die diese Wände umsäumen, Folgen einer Überschiebungsunterwaschung gesehen.

Wie groß das Maß dieser Überschiebung ist, das läßt sich an der westlichen Wettersteinwand zuerst infolge der starken Schuttbedeckung des Fußes des Wettenschrofens nicht erkennen; da nun vom Issentalköpfl nach Osten zu zweifellos keine Überschiebung der jüngeren Schichten durch die triadischen Kalke vorliegt, sondern eine longitudinale Anlagerung sicher ist, so folgert AMPFERER, daß die ersterwähnte Überschiebung keine große sein könne.

Nun habe ich oben schon darauf aufmerksam gemacht, daß westlich der Ehrwalder Alp ein sonderbar quer gestellter Zug tiefer liegender jüngerer Schichten (Jura) durch höher liegende ältere Schichten des Issentalköpfls selbst wie in einer Überschiebung überlagert wird und (ähnlich der Lähngrabenmulde an der Westwand des Wettenschrofens) zum mindesten als quergestauta Masse beim Andruck der östlichen Issentalköpflmasse aufgefaßt werden müsse. Für eine Longitudinalbewegung dieser mit dem Predigtsteinzug zusammenhängenden Masse haben wir auch mehrere Gründe angeführt (S. 94 und Anm.<sup>1</sup>) mit Zit. O. AMPFERER).

Dieser Zug zeigt nun auch im Kothbach, am Fuß des Oberlähnkopfs (sog. Haberlenz) Anzeichen der Überschiebung von N. her und zwar wird Rauchwacke, Hauptdolomit und Rhät durch Wettersteinkalk und Muschelkalk überschoben; in dem durch den Gatterlvorschub (S. 99) sehr gestörten Felderngebiet zeigen sich im Felderngraben unmittelbar nördlich von P. 1710 Juraschichten (versehentlich ist hier r<sup>1</sup> und r statt j und j<sup>1</sup> gegeben) von N. her durch Hauptdolomit überschoben.

Daß diese letzterwähnten Juraschichten wirklich zur südlichen Gaistalscholle gehören, das geht daraus hervor, daß am vorderen (östlichen) Oberlähnkopf schon Rhät auftritt (in der Karte fehlt hier leider die Grenzlinie gegen den Hauptdolomit); am hinteren westlichen Oberlähnkopfgraben zeigt sich bei 1500 m Rhät und Lias; im nächsten auch noch zum Liegenden des Wettersteins der Nordscholle gehörigen Graben liegt im Hangenden der Raibler Schichten Jura (hier ist eine Teilfarbe von  $i^1$  ausgelassen), Neokom und Rhät (miokline Überschiebungen mit Westumbiegung), was im nächst westlichen Graben, unmittelbar bei der Feldernalp nur mit Verschwinden von  $i^1$  sich wiederholt. In dem gleichen Graben knapp 100 m höher findet sich fast der gleiche Komplex mit Verschwinden des Rhäts K, und zwar ist er vom Hauptdolomit überschoben. Die letzteren beiden Auftreten stehen im Zusammenhang mit der Schuppenbildung von Wettersteinkalk und Raibler Schichten bei der Pestkapelle und können als homologe Stauchungserscheinungen mit kleinen Überschiebungen am Stirnrand der beiden sich nach Westen vorschließenden Längszüge aufgefaßt werden. In dem südlichen Zug hat also Hauptdolomit in der Ostregion, Rhät, Lias, Jura und Kreide in der Westregion das Übergewicht. — Die diagonalen Verwurfungen in beiden Zügen entsprechen einander nicht vollkommen; Verbindungen sind, wo sie in der Karte zu ziehen versucht wurden, nicht ganz unzweideutig.

Die Längsscholle Issentalköpf-Gehrenspitz wäre also selbst in einer Bewegung begriffen gewesen, welche man als eine Längsbewegung mit starken Zusammenpressungen, tektonischen Transgressionen (miokline und pliokline d.h. wirklichen Überschiebungen, vgl. S. 89<sup>1</sup>) und Schollenabdrrehungen auffassen darf. — Dieser Schollenzug ist daher gar nicht mit der Überschiebungsregion westlich von dem Wetterschrofen völlig identisch, sondern ein Anlagerungs-Nachbarzug des letzteren. Er müßte als in verhältnismäßig weniger raschem Tempo nach W. fortschreitend aufgefaßt werden; er wäre nicht nur an Länge (auch durch die Schollendrehungen verkürzt), sondern auch an Höhe zurückgeblieben.

Die Mieminger Kette, welche ungleich der Wettersteinkette eine Sattellagerung zeigt, in deren Firstregion infolge der bei Sattelentstehungen möglichen reicheren Firstzerberstung und leichterer Ausweichmöglichkeit nach oben und außen tiefere Schichten mit Überschiebungsanzeichen zum Durchbruch kommen (vgl. AMPFERERS Profile I. c. S. 498 u. 540), hätte mit der größeren Weglänge auch die bedeutendste Höhenlage der tiefsten Formationsglieder erreicht. An das Ostende der Karwendelsattelung erinnert hier auch das „Firsteinbruch“-artige Auftreten von kleinen Schollen von Raibler Schichten und Hauptdolomit neben Muschelkalk.

Als eine Analogie mit den in dem Zugspitz-Alpspitz- und Schachengebiet erwähnten Verhältnissen darf das von O. AMPFERER südlich und westlich der Feldernalp nach dem Seeben See schon betonte, von Ost nach West stattfindende flache Herausheben der Wettersteinkalkschichten zu einer schwach nach Süden einfallenden Schichtplatte aus einer im Osten auffälligen, sehr steil nach Norden einfallenden Muldenlagerung bezeichnet werden.

Aus den inhaltreichen Schilderungen O. AMPFERERS I. c. 1905 S. 499—504 Fig. 14—16 wollen wir von der Nordwestseite der Mieminger Kette zwischen Bieberwier und Nassereith nur die große, in NO.—SW. ausstreichende Verschiebungsfläche am Wanneck hervorheben, welche mit  $60^{\circ}$  unter das ältere Gebirge mit Muschelkalk im Liegenden einfällt, unter welcher nur ein sehr zerstückelter, mit Rutschflächen durchsetzter Rest von Hauptdolomit, darunter Rhät, Lias und Malm zum

Teil in nach W. überkippter Lagerung wie bei Ehrwald einfallen. Dieser Wanneckzug ist zwar von dem Hauptkamm der Mieminger Kette getrennt und zwar durch einen jüngeren Einbruch bzw. durch Absenkungen nach NW., welche mit dem erwähnten Einbruch von Raibler Schichten (Bieberwierer Scharte, Prandlkars) in weiterem Zusammenhang zu stehen scheinen; doch ist an früherer Kontinuität nicht zu zweifeln, wenn man die Höhenlage der Juraschichten an der Langen Lähn zunächst dem Nordabfall der Sonnenspitzmasse mit jener am Wanneck vergleicht.

Der Hauptdolomit spielt hier in der Zwischenregion zwischen Muschelkalk und der Rhät-Jurafolge dieselbe geringe Rolle wie in dem Zug zwischen Ehrwald und Leutasch; wenn auch da nur eine tektonische Transgression (S. 89) und im Wanneckgebiet eine Überschiebung im engeren Sinne vorliegt, so scheinen doch hier nicht nur gleiche Voraussetzungen der durch Kombinationen verursachten Verringerung des Hauptdolomits (vgl. S. 93) gefolgt werden zu dürfen, sondern es dürfte auch daraus die Gleichwertigkeit, vielleicht auch annähernde Gleichzeitigkeit des Schubvorgangs hervorgehen.

Nach den Schilderungen AMPFERERS muß hier ein großartiges Bild abnormaler Gebirgsbewegungen aufgeschlossen sein; der Muschelkalk erreicht hier eine Höhenlage von über 2400 m, womit auch das stärkste Vorrücken nach WSW. verbunden ist, hierdurch würde auch jene eigentümliche diagonale von SW. nach NO. gerichtete Westgrenze dieses ganzen Kalkgebirges eine gewisse Erklärung erhalten. Ich möchte hierbei nur noch auf den völlig gleichartigen Verlauf des westlichen Ausstreichens der Lechtaler und Allgäuer Schubmasse hinweisen; eine solche Gestaltung liegt auch beim Wettersteinzug selbst vor.

## 11. Nochmals die Waldeck-Wamberger Scholle mit Umgebung.

Von diesen Überlegungen aus möchte ich noch einmal kurz auf die Wamberger-Waldecker Muschelkalksattelscholle zurückkommen und zukünftigen Besuchen und Forschungen in diesem Gebiete diese Frage zur genauen Prüfung vorlegen. Jene Sattelscholle ganz ohne ihr mantelförmiges Hangende, dem Wettersteinkalk, ist durch Raibler Schichten von Norden und Süden und Osten angeschoben, zum Teil überschoben; diese Raibler Schichten haben im Norden, Süden und Osten ihr normales Hangende, den Hauptdolomit über sich, umschließen im Osten den Muschelkalksattel wie normal angelagert und bilden in der Fortsetzung von dessen Sattelfirst selbst einen kurzen First. Hat es nicht den Anschein, als ob eine Decke der höheren Trias sich an diesem Muschelkalksattel geteilt, gegabelt hätte und die Gabelteile sich an ihr entlang auf über 15 km vorgeschoben hätten, so daß ein nach Westen offenes Fenster oder fensterartiger Schlitz, das gewiß auch zu einem nicht geringen Teil Erosionsfenster sein könnte, entstand?

Es handelte sich also um eine breite Platte von hauptsächlich Raibler Schichten, welche als eine alte, tiefe und breite Erosionsbloßlegung innerhalb einer größeren, noch nach Norden und Süden ausgedehnten Scholle mit höheren Schichten aufzufassen wäre; deren Bloßlegung wurde vielleicht schon durch die Zerklüftungsregion längs einer zuerst schwächeren longitudinalen Sattelung unterstützt, für deren Annahme Anhaltspunkte tatsächlich vorliegen. Diese Masse müßte von ihrer Wettersteinkalkunterlage abgespalten sein und würde sich mit jener durch Abtragung verminderten Längsregion über einen bis auf den Muschelkalk (einschließlich Partnachsichten) schon vorher erodierten Längssattel (vielleicht die in der longitudinalen Bewegung retardierte westliche Fortsetzung der ersterwähnten Sattelung) hinübergelagert haben.

drückt haben; sie hätte sich dabei gespalten und gegabelt, die zerteilten Massen wurden dabei nördlich und südlich an dem überschobenen Rücken angelagert, so weit dessen Aufwölbung zu stark war, um eine völlige Überschiebung zu ermöglichen; es konnten sich dabei durch den Anpassungsdruck der vorwärts drängenden Massen die Schichtneigungen und die Sattelungerscheinungen verstärkt haben. Als Begleiterscheinung dürfte auch die Anlage der in der Sattelungssachse des Raibler Schichtenzugs liegenden Seebecken betrachtet werden.

Zugleich wäre dadurch zu verstehen, daß nicht nur gewisse Stauchungerscheinungen der Raibler Schichten bei Anlagerung und Anpassung an den Wamberger Rücken (vgl. S. 85 u. 88) auftreten, sondern auch, daß sich Rückdruckwirkungen nach N. bzw. NNO., also senkrecht zur Peripherie der Gabelzerteilung einstellen, welche einerseits annähernd diagonal die nördlich gelegenen Massen seitlich zu verschieben streben, andererseits auf den Wamberger Rücken selbst zurückspielen können! Die oben erwähnte NW.-Verschiebung der Wagenbruch-Barmsee-Sattelachse sieht hierbei aus wie eine Ausweichebewegung an dem entsprechend gestalteten NO.-Ende des Wamberger Rückens; diese Verschiebung, welcher auch einige gleichgerichtete innere Bewegungen im Aachenmooswald jenes Rückens gleichlaufen und die Schiebungen an den NO.-Transversalen des Wamberger Waldes-Zotzenbergs können in Kombination jene NO.-Verschiebung verursacht haben, welche am Bletschertalkopf-Markgraben angedeutet ist und auf die von J. KNAUER angegebene Walchensee-Diagonale hinweist (vgl. oben S. 100).

Es ist zu beklagen, daß die Westregion dieses Sattelungsgebiets so unvollkommen erhalten ist und daß die Rolle der Kamer-Törlein-Masse (Hauptdolomit-Plattenkalk) bei diesen Bewegungen nicht mehr festzustellen ist,<sup>1)</sup> wie auch die spezielle Aufklärung über die am Südufer des Eibsees anstehenden Rhät-Jura-Neokom-Schichten wohl für immer fehlen wird.

Man könnte, was letzteres betrifft, nur vermuten, daß die Törlein-Schwarze-Wand-Masse über die jüngeren Schichten am Seeufer hinübergeschoben ist, ebenso sehen die Plattenkalkschollen am Seeberg-Gschwendeck wegen ihrer schuppenartig einseitigen Lagerung verdächtig aus; es zeigt sich aber an der nach der Loisach abfallenden Wand nach meinen Aufzeichnungen nichts, was auf Schub hinwiese.

## 12. Zusammenfassung bezüglich der Gebirgsbewegungen.

Es zeigt sich daher, daß man die Einzelheiten der Lagerungen und Gestaltungen dieser besprochenen Gebiete des Wettersteingebirges am besten unter Voraussetzung einer hauptsächlich longitudinalen Gesamtbewegung verstehen kann; von dieser longi-

<sup>1)</sup> Nördlich vom Kramer und der sich anschließenden Steppberg-Enningalp-Längsmulde (vgl. H. HEIMBACH, Geol. K. d. Farchant. Alp., München 1895) hat A. ROTHPLETZ l. c. 1905 eine Verwerfung hervorgehoben, welche ähnlich jener vom Kainzenbad-Barmsee eine Kluft innerer Längsbewegung sein soll; eine gleiche Wertigkeit dürfte man auch der nicht ganz regelmäßig verlaufenden Störung nördlich vom Kramer selbst gegen die Steppbergmulde zumessen (vgl. HEIMBACH l. c. S. 24 letzter Absatz). Die Steppbergmulde hat aber auch eine westliche Fortsetzung über die Rotmoosalpe nach dem Seelein; leider konnte dieses Auftreten bei einer nur kurSORischen Begehung Dr. PFAFFS mit dem von ihm zwischen Ofenberg und Kramer beim Schwarzenbach-Ochsenhütte dargestellten, tiefliegenden Plattenkalkanstehen am Nordwestrand des Blattes I nicht mehr ganz klargelegt werden. Der Kramer ist also auch am Westfuß mit einer tiefliegenden Zone jüngerer Schichten umgeben; es ist die Frage, ob dies Folge einer Einsenkung ist wie jene am Ostfuß des Kramers, welche bei Garmisch am Stahlbad herauskommt (vgl. auch ROTHPLETZ-HEIMBACH) oder ob es sich hier um den Sohlensaum einer Schubmasse handelt, wie dies das tektonische Kärtchen darstellt.

tudinalen Hauptbewegung wären die transversalen Schiebungen nach Norden und Süden nur notwendige Begleiterscheinungen. Alle Längsschollen, die eigentliche Wettersteinscholle sowie die ihr südlich anliegende nördliche Gaistalscholle, die Mieminger Scholle, die Wamberger, die Partenkirchen-Barmseescholle wären als Teile der rhätischen Schubmasse, wie sie A. ROTHPLETZ lehrt, in jedenfalls nicht ganz gleichstimmiger Bewegung von O. nach W. zu denken. Der Abspaltung und Bewegung dieser Schollen, von welchen die Wettersteinscholle in typischer Weise von O. nach W. sich in die Höhe hob und das wohl ausgeprägte Bild eines mächtigen Stirnrandes bildet, gingen präalpine Faltungs-, Verwerfungs- und Erosionsstadien voraus, welche zum Teil durch die Längsbewegung etc. sehr verstärkt werden konnten.

Wenn man so in einer Übersicht, soweit sie das Kartenbild allein ermöglicht, hervorheben kann, daß neben vertikalen Senkungen auch eine Anzahl von Überschiebungen im Gebiete des Wettersteingebirges tatsächlich vorhanden sind und daß sie unter der Voraussetzung einer longitudinalen Bewegung einzelner Schollen von Osten nach Westen am leichtesten einheitlich verstanden werden und als Teilschuppen der rhätischen Überschiebung nach ROTHPLETZ aufgefaßt werden können, so dürfen wir die Folgerung ziehen, daß diese Teilschuppen nicht nur den Weg der ganzen ostalpinen Decke machten, sondern für sich noch einen Teilweg, sei es nun, daß sie sich noch rascher verschoben als die Gesamtheit, oder daß, was wahrscheinlicher ist, gewisse Nachbargebiete verhältnismäßig zurückblieben. Es können dabei longitudinale Verschiebungen an Längsverwerfungen denkbar sein, die keinen geringen Betrag ausmachen, wobei aber an dem transversalen Nebeneinander der Teile sich wenig oder nicht viel ändert. Das Charakteristische daran wäre, daß an ihren beiden Seiten Überschiebungen auftauchen, aber auch scheinbar plötzlich verschwinden. Dafür hat gerade O. AMPFERER Belege gebracht aus dem Fortsetzungsverlauf der von ihm ergänzend dargestellten Karwendelüberschiebung (s. Nachtrag).

Wie nun seitlich von den Längsschiebungen durch diese selbst nördliche und südliche Transgressionen hervorgerufen würden, so kann die Tatsache der Entstehung von Längsschiebungen an und für sich als ein Spezialfall transversaler Überschiebungen gedacht werden, der in einem bestimmten Gebiet, z. B. nach den vorhandenen befahrbaren Schubflächen alleinherrschend wird. Man wird allerdings auf den Einwurf gefaßt sein müssen, daß ein hohes Kettengebirge wohl nicht ohne starken transversalen Schub entstanden gedacht werden kann, während longitudinale Schübe ein solches zu verkürzen und unregelmäßig zu gestalten streben müssen. A. ROTHPLETZ hat bezüglich der Ostwestschiebungen l. c. S. 234 auch darauf hingewiesen, daß wenn tangentialer Druck in der Erdkruste tätig ist, er auch nach allen Seiten wirksam sein sollte, weiter, daß sehr wohl nach einer stärkeren SN.-Faltung nur eine OW.-Überschiebung eintreten könne, vielleicht als Ausgleich, nachdem ein Seitendruck in OW. infolge der vorhergehenden älteren Faltung in NS. hin sofort neue Zerreißungen erzeugen konnte.

Wenn nun gesagt werden darf, daß tangentiale Verkürzungen unter großem Druck zu ungestörteren Faltenbildungen führen, daß dagegen solche unter geringerer und ungleicher Hangendbelastung zu Überschiebungen führen sollten, so ist bei unseren Alpen diese Folge gewahrt; wir haben eine ältere Faltungsperiode, einen Zeitraum starker Längs- und Quererosion und endlich eine durch die so vorhandenen vielfältigen Oberflächengestaltungen geleitete und gerichtete Möglichkeit der Abspaltung und Überschiebung.

Darüber liegt ein abschließendes Urteil, ein Beweis noch recht fern. Es ist aber sicher das zuzugestehen, daß man mit Hilfe der ROTHPLETZ'schen Anschauung in die verwirrende Tektonik ostalpiner Gebiete, wie z. B. das Wettersteingebirge ebenso eine gewisse Klarheit und Einheit der Auffassung bringen kann, wie ausgiebige Gegengründe gegen jene aus dem Gebiete nicht betont werden können. Ist die Möglichkeit und Wahrscheinlichkeit solcher Bewegungen für andere Teile sehr naheliegend oder gar zwingend darzutun, so lassen sie sich durch die Tatsachen aus dem besprochenen Forschungsfeld nur noch unterstützen.

Wichtig ist der Ausbau dieser Anschauung in allen Konsequenzen, schon um zu sehen wie das Gebäude im großen einen Bestand behält, dann besonders wegen der Beziehungen der Faziesbezirke zueinander. Man hat z. B. bezüglich der Überschiebungsfrage Wamberg-Barmsee meines Erachtens nach Ablehnung der hier vertretenen Erklärung nur noch die sehr unwahrscheinliche Annahme übrig, daß hier der Wettersteinkalk überhaupt nicht zur Ausbildung gekommen sei.

Es sei hier noch zum Schluß dieser allgemeinen Ausführung auf die Worte O. AMPFERERS I. c. Jahrb. 1905 S. 460 verwiesen, „daß an einem gleichsinnigen einheitlichen Faltensystem durchaus nicht etwa alle Schichtgruppen der Alpen, sondern jeweils nur ein bestimmter Teil derselben beteiligt ist. Daraus geht mit Notwendigkeit das Vorhandensein von Überschiebungen hervor . . .“; auf derselben Seite spricht AMPFERER von einer Zerlegung des großen Schichtenverbandes<sup>1)</sup> von Muschelkalk bis Kreide in Gebiete, in welchen die Schichten etwa vom Hauptdolomit aufwärts und abwärts vorwalten. — Diesbezüglich darf auf die starke Diskordanzgrenze in dem Issentalköpfl-Gehrenspitzenzug sowie auch auf die Überschiebung am Wanneck verwiesen werden, indem gerade hier große Teile des Hauptdolomits noch zum Opfer gefallen sind, andererseits auf die Gegend zwischen Partenkirchen-Wamberg und Barmsee, in welcher die Abspaltung vom Wettersteinkalk unter dem Hauptdolomit stattgefunden hätte.

### 13. Tektonisches bezüglich der Seebecken.

Das umfangreichste Becken ist das des Eibsees am NW.-Fuß der Zugspitzmasse. Gewisse Hinweise über dieses Seegebiet können vielleicht die Ergebnisse der von Herrn Landesgeologen A. SCHWAGER unter Aufnahmsmithilfe von Dr. F. W. PFAFF ausgeführten Seeuntersuchung bieten; es wurden hierbei die Tiefen gemessen, Wasser- und Schlammproben entnommen, Temperaturen der tiefen Grundregion bestimmt, desgleichen Wasser der Oberflächenzone des Sees, der Zuflüsse und vermutlichen Abflüsse gesammelt und chemisch untersucht.

Herr Landesgeologe A. SCHWAGER teilt mir über die wichtigeren Resultate ungefähr folgendes mit: Der See hat oberflächliche und wahrscheinlich unterseeische Zuflüsse von Quellen, die ihn allein speisen; ein Abfluß des Sees ist jedenfalls der Krepbach; die chemische Zusammensetzung des Wassers dieses Bachs und jene des Tiefenwassers des Sees stimmten recht gut miteinander; auch zeigt sich die Abflußmenge des Krepbachs als eine solche, daß sie als ein beträchtlicher Teil des Seeabflusses gelten kann; der letztere kann aus der Senkung des Seespiegels in Monaten mit fehlenden Niederschlägen geschätzt werden. Es sind aber andere Anzapfungen der Wassermenge des Sees sicher noch anzunehmen.

<sup>1)</sup> Vgl. auch I. c. S. 556—557.

Was das chemische Verhalten des Wassers und Bodenschlamms betrifft, so ist auffällig, daß ersteres, noch mehr letzterer recht arm an Magnesia ist; der Schlamm ist relativ reich an Kieselsäure. Dies weist nicht auf ein Dolomitwasser hin (auch Schwefelsäure ist verhältnismäßig gering vertreten); der Schlamm deutet auf die tonreichen, rhätisch-jurassischen und kretazischen Sedimente hin, welche noch am südlichen Seeufer auftauchen; sie haben im Seegrund wohl noch größere Verbreitung nach Norden zu.

Von Interesse ist nun die von beiden Herren gemachte Feststellung, daß die Tiefenregion des Sees parallel der südöstlichen Seite verläuft, etwa zwischen dem Weiterbach und dem Ostende des Sees, NW. Eibsee-Hotel. — Hier sollte man gerade, meine ich — da diese Länge zu  $\frac{3}{4}$  noch der Streubreite des Bergsturzes entspricht —, eine starke Verflachung erwarten, wie ja hier auch eine deutliche Verengerung des Sees vorliegt; der tiefste Punkt mit etwa 30 m liegt 300 m vom Ostende des Sees, 700 m von der Westgrenzlinie des Sturzes. Es ist das höchst auffällig, besonders, wenn man bedenkt, daß auch der Bergsturz auf der anderen Seite des Sees noch 100 m höher hinaufreicht als unmittelbar östlich vom See an der Straße nach Garmisch. Die Sturzmassen müßten entweder im See in sehr große Tiefe gefallen sein oder es haben in der Region der Tiefenlage des Sees noch spätere Senkungen stattgefunden. Ersteres ist nicht wahrscheinlich, da doch dabei stets Nachbrüche der Sturzmasse und eine Auffüllung der Tiefe hätten stattfinden müssen; letzteres kann nicht allein auf ein Abschlämmen der feineren Bestandteile zurückgeführt werden, was durch den 150 m tieferen Abfluß des Krepbachs möglich ist; es werden sich hier auch noch stärkere Vertikalabzüge des Wassers wirksam machen, welche erdfallartig an einer tektonischen Linie die Bestandteile nach unten abführen.

Es liegt nahe daran zu denken, daß, wie hier ein Trum des Wambergssattels auf 750 m an den Eibsee heranrückt, auch die ihn nördlich und südlich flankierenden Störungslinien bzw. Klüfte in dieser Nähe herstreichen müssen, wo, dem Streichen der Risskopfscholle nach, der Hauptdolomit an die Partnachschichten anstoßen bzw. ihnen aufliegen würde. Die Störungslinie würde gerade in den See hineinstreichen. Es würde aber zugleich hier die Überschiebung aus Norden aufgehört haben, denn die die Westhälfte des Eibseegebiets berührenden, in drei Schichten geteilten Gebirgsteile können, wenn hier überhaupt Überschiebungen vorliegen, nur von SW. nach NO. überschoben sein.

Jedenfalls steht man im östlichen Eibseegebiet an einem wichtigen tektonischen Knotenpunkt, der die Annahme einer außergewöhnlichen Art von Tiefenentstehung nicht unwahrscheinlich sein läßt. Ich möchte hier auf die in Jos. KNAUERS Studie I. c. 1910 enthaltene Hypothese der Entstehung der Walchenseetiefen und auf mein Referat über diese Studie in der Zeitschr. f. prakt. Geol. 1910 S. 459 hinweisen. Es wird hier die Anschauung von A. ROTHPLETZ nur bestätigt, daß der See eine tektonische Entstehung habe; eine Anschauung, welche auch nach allem für den Eibsee ausgesprochen werden muß. Ich meine hiermit natürlich nicht dieses Seebecken in seiner vollen Rundung, sondern den auffälligen Steilabsturz an seiner Südseite, überhaupt die Entstehung seiner Tiefe, geschützt und abgewendet von jeder möglichen Ausforschung durch Wasser oder Eis. Die jetzige Stauhöhe des Wassers ist natürlich ohne die quartären Ablagerungen und Vorlagerungen als Damm gegen einen möglichen Oberflächenabfluß zu verstehen; in mancher Hinsicht liegt eine Parallele mit dem ungefähr gleich hoch liegenden Lermooser Moos vor.

Was die übrigen Seebecken betrifft, so haben wir oben S. 104 schon über den Barmsee die Ansicht über eine tektonische Entstehung geäußert. Es springt in die Augen, daß der Lautersee bei Mittenwald dem Auftreten mehrerer transversaler Störungen südlich davon entspricht und daß der Ferchensee parallel der starken, mit der Schartenspitz-Überschiebung zusammenhängenden, mit Schichtfallwechsel verbundenen Diagonalverschiebung verläuft, welche Verschiebung auch bei Ellmau noch merkbar ist. Dabei scheint auch der östliche Komplex noch gesunken und damit Schleppungen erfolgt zu sein, welche zu Paralleleinsenkungen Anlaß gaben.

#### 14. Tektonisches bezüglich der Talbildungen.

Wenn man an der Umbiegung der Loisach nach Norden bei Garmisch mit der Prüfung der Talungen beginnt, so zeigt sich jene offenbar durch die starke Einsenkung der Schichten von Osten her und die Verwerfung Garmischer Keller-Stahlbad N. Garmisch bestimmt. Ein Verwerfungsbach typischer Art ist der Kankerbach, dessen Homologon der Verlauf des Ferchenbach-Drüsselgrabens zwischen Klais und Graseck ist.

Es war sicher eine Zeit, wo die Partnach durch den Ferchenbach, Drüsselgraben, Kranzbach nach NO. in die Isar entwässerte. Die Verbindung von Graseck nach der Bodenlähn, diese selbst war tektonisch vorbereitet und die Ausnagung erleichtert; endlich ist die Strecke von der Hinterklamm bis zum Oberanger eine Linie tektonischer Wirkung, welche in der Nähe vom Wasserfall und der blauen Gumpe das Bild einer steilgestellten Mulde erzeugte. Hier sieht man überall entweder Störungslinie oder Erleichterung der Erosion längs des Ausstreichens weicher Schichten oder beides als Ursachen rascher und anhaltender Talbildung auftreten. Nur die Partnachklamm ist ein vorwiegendes Erosionsgebilde, obwohl der vordere und hintere Ausgang kleine Störungen zeigt, welche auf eine kleine Hebung der westlichen Hälfte der auch nordwestlich eingemuldeten Muschelkalkmasse hindeutet.

Der breite Talraum zwischen Eibsee und Garmisch scheint im Anfang von Garmisch aus bis zum Hammersbach in die nach NW. einfallenden Rauchwacken der Raibler Schichten eingenagt zu sein; das westlich davon liegende Gebiet hat, wie schon erwähnt, als Kreuzung verschiedener Störungsrichtungen wohl eine solche tektonische Zerstückelung erfahren, daß die Entstehung des Grainauer Hügel- und Flachgebietes, das jedenfalls früher von zahlreichen Wasserzügen durchsetzt war, leicht verständlich ist. Der eigentliche Loisachlauf bis Griesen weist auf eine frühere engere Verbindung nach Westen hin, entstand zu seiner jetzigen Stärke wahrscheinlich durch Verlegung der Eibsee-Grainauer Erosionsfurche nach Norden infolge ihrer Verschüttung durch die Blockmasse. Dem Durchbruch zwischen Griesen und Lermoos scheint aber durch Vereinigung nördlicher und südlicher Zweigtäler vorgearbeitet zu sein; ein wahrscheinlicher, älterer Abfluß nach Süden ist durch die Tektonik der Plattenkalke am Paß Ehrwald nahegelegt.

Eine große geologische Analogie besteht nach den gegebenen Beschreibungen zwischen dem Lermooser Moos und dem Eibsee; es sei hier nur noch auf die fast gleichen Höhenlagen verwiesen (vgl. oben S. 107).

Daß der Verlauf der Leutascher Achen (Gaistal) und des Gaisbachs (Ehrwald) tektonisch angelegt ist, darüber besteht kein Bedenken; es ist verständlich, daß bei fortschreitender Einnagung auch seitliche Verlegungen der Tiefenrinnen stattfinden, welche deren Verlauf nicht stets streng mit den tektonischen Linien zusammenfallen lassen.

Was nun das Isartal betrifft, so hat neuerdings J. KNAUER im Walchenseegebiet die GÜMBEL'sche Anschauung einer Isardurchbruchspalte wieder berührt. Wenn von einer solchen gesprochen wird, so darf man natürlich nicht von einer einheitlichen großen Spalte reden; es handelt sich vielmehr um ein System querer Spalten, zu denen noch das quere nordsüdliche Abbrechen von Überschiebungsspalten und -schuppen in höherer Lage hinzutritt, während in tieferer Lage, wie z. B. gerade bei Leutasch-Mittenwald eine quere Unterbrechung überhaupt nicht vorzuliegen scheint. Die von J. KNAUER festgestellten Linien laufen wohl westlich vom Barmsee und noch westlicher davon aus, das Obernachtal und Wallgauer Joch sind für sich bestehende Erosionsfurchungen; sie werden etwas östlich davon ersetzt durch die Erosionsmöglichkeit an dem Aufschlitzungsscheitel bei Klais. NO. von Mittenwald hat man den Einbruch von Marmorgraben-Kasreither Bach; S. von Mittenwald hat man die Überschiebungsdifferenzen in höherer Lage zwischen Brunnstein

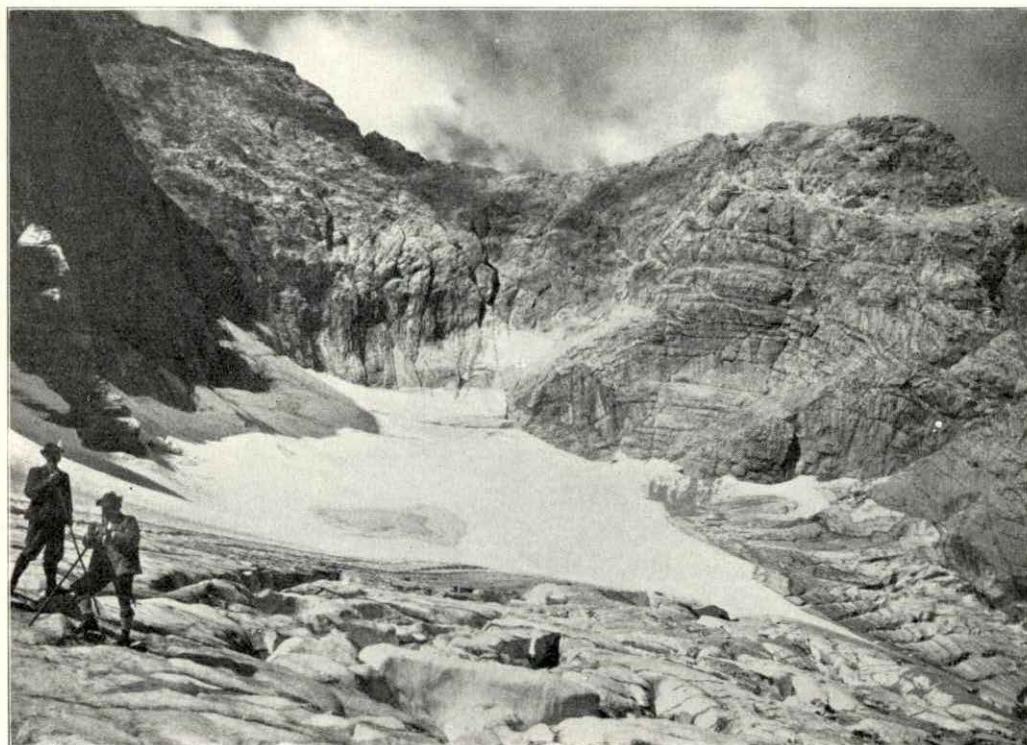


Fig. 14.

Blick auf den hinteren Winkel des Höllentalferners mit einer Schichtenkuppe im Wettersteinkalk, welche in einer steil nach Süden einfallenden Störungsfäche an sehr unregelmäßig zerklüftete Felsmasse anstoßt; hier zeigt sich der dem Schneeferner ungefähr gleich hoch gelegene Boden der oberen Karausweitung, der über dem Höllentalanger 1380 m ungefähr ebenso hoch liegt, wie der Schneeferner über dem Anger im Partnachtal (1367 m). Auffällig ist die starke Verwitterung an der steilen Südwand des Kars.

und Arnspitzmasse, welchen im Leutaschgebiet etwas Ähnliches an die Seite zu stellen ist. Von den drei wichtigsten oberen Nebenflüssen der Isar entspricht die Leutasch in ihren Hauptteilen der queren Aufbruchzone der Mieminger Kette, der Gleierschbach jener gleichartigen der Solstein-Gleierschmasse; ihre Erosionsrinne ist ungefähr von den Raibler Schichten seitlich in das Hangende des Hauptdolomits verlegt, während der Seebach-Giesenbach ungefähr der Mitte der queren, zwischen beiden Aufbrüchen liegenden Mulde von Hauptdolomit entspricht.

Eine quere Erosionsrinne auf tektonischer Grundlage ist auch die Höllentalklamm und besonders der anschließende Hammersbach.

### 15. Über die Kare des Hochgebirgs.

Unter Karen versteht man hochliegende, eigentlich länglich-eckige Ausräumungen im Felsgebirg, welche im Zugspitzgebiet über 3,5 km lang und über 2 km breit werden können (Schneeferner Kar-Auf der Platt). Sie liegen mit der Ausmündung meist steil über einer viel tieferen normalen Talrinne, haben selten eine unmittelbare und kontinuierlich einfallende Abflußverbindung, treten aber nicht ohne jede Beziehung und jede Nachbarschaft eines tiefer eingenagten Wasserabzugs auf. Es liegt daher nahe, an eine sehr alte Zweigtalverbindung zwischen den Karen und jenen Flußtälern zu denken; es müßten die Kare in ihrer Tiefenausnagung stehen gebliebene und andersartig ausgestaltete, die Haupttäler dagegen normal weitergewachsene, aber „übertiefe“ Einnagungen sein; man könnte sagen, was bei letzteren der Gewinst an Tiefe ist, das ist bei ersteren Gewinn an Breite und an annähernder Ausgleichung des Bodens geworden.

Wie ist aber dieser Gewinn an Breite bei den Karen in Zusammenhang mit fast stehenbleibender Vertiefung und der eckigen Ausgestaltung zu verstehen?

Es liegt dies offenbar daran, daß die Seitentäler eine lange Zeit ihrer weiteren Entwicklung aus einem einfachen Seitental zu vorzugsweise trockenen Schneewannen wurden, welche entweder dauernd oder wenigstens zum größten Teil des Jahres bis zu gewisser Höhe zugefüllt waren. — Nun weiß man, daß sich zur Zeit des Schneefalls von den Seitenhängen eines Tales her an den Winkelstellen zu der flacheren Lagerung des Talbodens hohe Schneehalden zusammenschütten, welche häufig eine starke Mächtigkeit haben; sie schmelzen nicht nur an der unteren Peripherie und hier je nachdem stark oder weniger stark ab, sondern auch an dem Kontakt mit den Seitenhängen des anstehenden Gesteins. Hier bilden sich tiefe und enge Schluchten zwischen Schneehalde und Gestein durch die an letzteren niederräufelnden Tauwasser, durch die Nähe der bestrahlten und erwärmten Wand. Trotzdem ist es klar, daß durch die Abkühlung, die von der hohen und steilen inneren Wand dieser Schneehalden ausgeht, im Zusammenhang mit den erwärmenden Wirkungen, welche die Wand selbst betreffen, hier längere Haltung der Feuchtigkeit, Gefriervorgänge, scharfe Temperaturwechsel hervorgerufen werden, welche besonders die an den tieferen Zonen der Gehänge anstehenden Gesteinsmassen betreffen müssen und so den Erfolg haben, daß diese durch die Verwitterung stark angegriffen werden, daher eine steilere Wandannagung erzeugt wird (Fig. 14); hiermit ist auch zugleich der Weg zu einer stärkeren Verbreiterung der Schneewannen durch Nachbrüche an steilen oder gar überhängenden Wänden gegeben.

In den höher gelegenen Talwinkeln, welche von der normalen Erosion her verblieben sind, mögen nun die Schneehalden der beiden Flanken schon bei ihrer Entstehung von den Winkelumbiegungsstellen her verdoppelt, wenigstens sehr verstärkt werden und es dürfte da der Vorgang der Verbreiterung senkrecht zur Längsachse der Talanlage nicht zurückstehen, ja sogar gelegentlich recht gesteigert werden; es findet dabei sicher wohl auch eine gewisse Verlängerung der Wannen statt, welche aber gegenüber der Summierung der Wirkung bezüglich der Breitenvermehrung im Rückstand bleiben wird. Hieraus scheint mir der so häufig eckige Umriß der Karwannen erklärliech, der seine Form behält, ob nun die Schichten quer oder schief oder parallel über die Wände streichen, ob Störungen quer und

längs die Wannen durchsetzen oder nicht. Diese Art der Entstehung verbürgt auch den verhältnismäßig stationären Stand des Bodens der Kare. — Verändern wird sich nur bei benachbarten Karen in stärkerem Maße die trennende Steilwand und schließlich wird sie ganz verschwinden. So scheint das „Auf dem Platt“ mit dem Schneeferner aus einer Anzahl zum Teil noch angedeuteter Kare entstanden zu sein.

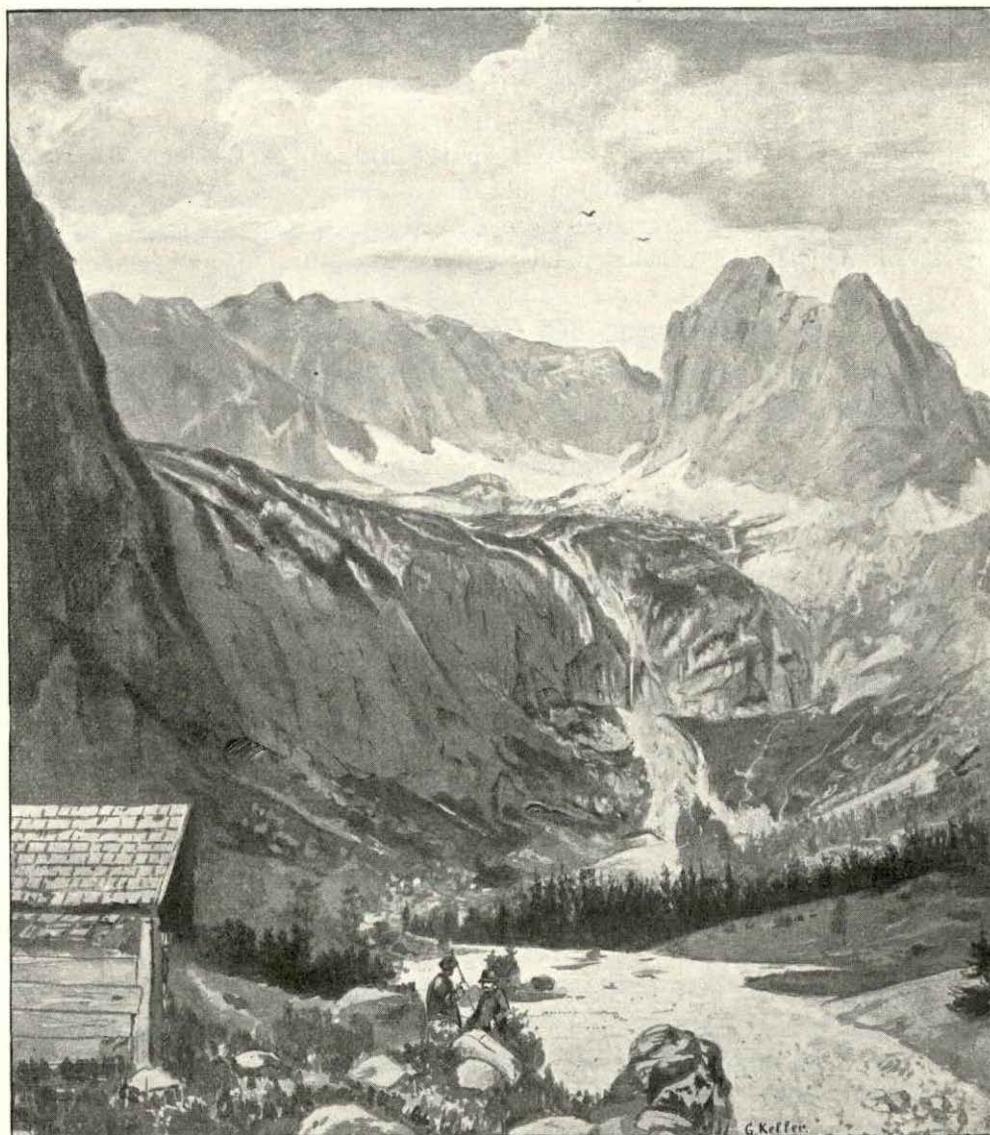


Fig. 15.

Blick in den Höllentalanger und das Höllentalkar mit dem fernliegenden Zugspitzgrat und den nahgerückten Riffelwandspitzen; am Fuß der vom Höllentalkar abstürzenden Felswand zeigen sich die dunklen Dünnschichten des Muschelkalks (obere Partnachschichten) in kleinen Aufwölbungen; der Höllentalanger zeigt den unteren Karboden des Hochgebirgs ungefähr 500 m über dem Grainauer Talgrund.

Die Entstehung der Kare wäre darnach recht alt; die Bildung der ihnen vorausgehenden Seitentäler stammt aus jüngst tertiärer Zeit nach Abschluß der Alpen-

erhebung; die darauffolgende Separation der Kare von den zugehörigen Längstälern und ihre fernere Ausgestaltung als Trockentäler hoher Lage wäre dem allmählichen Beginne der Eiszeit zuzuschreiben, so daß die älteren Schnewannen 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 Schneebedeckung stellenweise der Abtragung entzogen ist und in den freiliegenden Teilen, die diese Hochgebirge allgemein charakterisierenden steilen Gratbildungen und Felkkuppen erhält. Diese Darstellung kommt der Ansicht von E. RICHTER über Karbildung (ich kenne sie leider nur aus zweiter Hand, so aus HESS, Die Gletscher 1904 S. 361), wie es scheint, am nächsten (vgl. Nachtrag S. 114).

Auffällig sind in unserem Gebiete zwei Karstufen, eine höhere mit einem Steilabfall zwischen 2000 und 1700 m und eine tiefere zwischen 1600 und 1350 m, vielleicht, daß sich in dieser Höhenlage des Gesamtgebirges zwei Zeitabschnitte der Karbildung mit eingeschalteter Talerosionszeit äußern.

### III. Bemerkungen und Berichtigungen zur Karte.<sup>1)</sup>

Es sind nachstehende Berichtigungen, Übertragungsversehen und Druckfehler bei kleineren Anstehen hervorzuheben:

#### Blatt I Garmisch.

1. Nordöstlich der Ochsenhütte (Zusammenfluß Schwarzenbach-Loisach unterhalb Griesen) ist die Farbe von K (Kössener Sch.) statt Neokom gegeben.
2. Am Stahlbad nördlich Garmisch ist ein in den Graben gehöriges Anstehen von Kössener Schichten mit dem Farbenzeichen von Raibler Schichten gegeben.
3. Westlich des Wortes Rahm unterhalb Riffelwald zwischen 900—1000 m ist versehentlich die Farbe der Partnachkalke eingetragen.
4. Am Zusammenstoßen der Gräben Bärenfalle und Zuggasse ist das Hinübergreifen der Partnachschichten auf die Westseite nicht dargestellt; desgleichen fehlt die Überschiebungslinie gegen den hangenden Muschelkalk der Bärnheimat.
5. Nördlich der Bernardeinwände in dem nach der Bernardein Alp auslaufenden, eckig begrenzten Schutzgebiet ist an der südwestlichen Ecke versehentlich das Farbenzeichen von Raibler Schichten angegeben.
6. Am hohen Gaif-Kopf ist nördlich von den Buchstaben „Hoh“ eine dreieckige Partie ohne Farbe gelassen; sie gehört den Raibler Kalken an, welche aber nicht bis an den Grat hinanreichen. Diese Kalke ziehen in schmalem Zug auch hinab in den Terrainvorsprung bis in die Nähe der Quelle, zum Teil begleitet von den oberen Versteinerungen führenden Schichten, welche auch südlich der Stuibenalb an dem Rand von r<sup>1</sup> an einzelnen Stellen auftreten.
7. An den Ponöfen zwischen den Törlen und Pontiefensteig-Ehrwald ist im Alluv eine Insel von Plattenkalk eingetragen; der als Alluv gegebene Zwischen-

<sup>1)</sup> Der Schwarzdruck ist wegen der nötigen Zusammenstellung der in der topographischen Behandlung diesseits und jenseits der Landesgrenze verschiedenen Grundlagen und wegen der verschiedenen Einteilung der Höhenkurven 10:10 im bayerischen Gebiet und 20:20 im österreichischen Anteil völlig neu gezeichnet; daß hierbei kleine Verschiebungen und Veränderungen, z. B. in der Felszeichnung sich ergaben und kleine Unstimmigkeiten zwischen ihr und den geologischen Grenzen, welche strenger nach der geologischen Vorlage sich hielten, dadurch bemerkt werden können, das ist leicht verständlich. Die Höhenkurven wurden in Abständen von 100 m genommen.

raum zwischen dieser Insel und der westnordwestlich liegenden Hauptmasse von d<sup>1</sup> ist Moräne. — Bei 1915 Holzerwiese ist r<sup>1</sup> statt Hochgebirgskonglomerat angegeben.

8. Am nordwestlichen Seitenausläufer des Issentalköpfls nahe bei Punkt 1672 ist die nördliche Juraablagerung gegen die südlichen Anlagerungen nicht durch Verwerfungen abgegrenzt.

9. Zwischen Goasel und Issentalköpfl (Höhenlinie 1900) ist der untere Lias zu breit angegeben.

10. Im Feldernalpgraben bei Punkt 1710 ist statt i irrtümlich n und statt i<sup>1</sup> ist r<sup>1</sup> gegeben.

11. Beim Buchstaben A von „Feldern A. H.“ bei ca. 1550 m fehlt die Grundfarbe für i<sup>1</sup>.

12. Östlich von 10 und in gleicher Höhe beim unteren Oberlähnkopfgraben fehlt in der braunen Fläche die Strichelung des Hochgebirgskonglomerats; darunter ist irrtümlich k statt n eingetragen.

13. Am Fuße der Felswand des Vorderen Oberlähnkopfs sind zwei Zwickel Hauptdolomit südlich von w sichtbar; an dem östlichen fehlt die Grenzpunktierung gegen die undeutlich gedruckten Farben eines eingezwickten Restes von Rhät (K).

14. Am Gatterl ist das starke Vorspringen des Muschelkalks nach Süden ein Zeichnungsversehen.

15. An dem nördlich vom Hohen Kamm an die Wettersteinwand gelagerten Jurazug fehlt im Innern die Punktierung für i, es ist dagegen die Schraffur für n eingetragen.

16. Am Mitterjöchl ungefähr beim zweiten t des Wortes Hüttl ist statt einer Verwerfungsline (rot) durch Mißverständnis der Farbenvorlage ein schmales Band von r<sup>1</sup> eingezeichnet.

17. Am Schönberg fehlt bei dem „Sch.“ des Wortes die Grundfarbe für as.

## Blatt II Partenkirchen.

1. Im Wamberger Graben stimmen die gestrichelten Linien nicht gut mit den gezeichneten Formationsdiskordanzen wie auch die Farbe für die Partnachkalke an einzelnen Stellen fehlt.

2. Am Südhang des oberen Kankerbachs gegenüber Kaltenbrunn ist in die Umgebung von qe<sup>1</sup> versehentlich q<sup>1d</sup> statt as (Gehängeschutt) eingetragen worden.

3. In den Partnachschichten unterhalb der Feldalpe N. Unterleutasch fehlt die Grundfarbe, so daß das Farbenzeichen dem des Neokom gleicht.

4. Dem Juraanstehen bei Qu am Weg von Leutasch-Puitbach nach der Bergklamm fehlt die Signatur für i; das as auf diesem Weg habe ich beim Verfolg der Jura-Kreideanstehen unterhalb der Triaswand für Moräne und qe<sup>3</sup> für Gehängeschutt gehalten; die im Druck wiedergegebene Einzeichnung ist nicht von mir veranlaßt.

5. Das Konglomerat längs der Buchstaben „Bach“ bei Bergl-Bach ist in einem Farbmarkenversehen mit der Grundfarbe für i gegeben.

6. Dem an dem Südfuß der Rotmoos-Wand und Scharnitzspitz angelagerten Juraanstehen fehlen die Zeichen für i und i<sub>1</sub>.

7. An der westlichen niedrigeren Fortsetzung des Gehrenspitzengrads in der Umgebung des Punktes 2227 ist irrtümlich Hauptdolomit eingezeichnet; hier stehen weiße Kalke und Dolomite an, welche zum Teil im Hangenden der Raibler

Kalke (Kreuzjoch und Schachen etc.) zum Teil in engster Verbindung mit der Rauchwacke (Partnachtal, Fauckenklamm etc., vgl. S. 73) auftreten.

Nachtrag zu Seite 105. Kap. 12. Zusammenfassung bez. der Gebirgsbewegung. Zum Verständnis des Bildes des Übergangs einer scheinbaren Nordüberschiebung in eine Westüberschiebung, welches Karwendelgebirge und Wettersteingebirge bieten würden, sei darauf hingewiesen, daß (vgl. A. ROTHPLETZ l. c. 1905, Karte der rhätischen Überschiebung) die Karwendelüberschiebung ganz in jenen Grenzen liegt, welche durch die südliche Ausbiegung der Inntal-Verschiebungsfläche Zirl-Innsbruck-Schwaz eine große nordsüdliche Breite der Kalkalpen kennzeichnen; das Wettersteingebirge entspricht aber der starken nördlichen Vorbiegung jener Fläche östlich und westlich von Telfs. In dieser Enge mußte also eine Längsbewegung starke Stauungen erfahren; die Folge letzterer könnten sein: 1. die Auslösung nordtransversaler Verschiebungen, welche den Nordrand der Kalkalpen der erwähnten Enge entsprechend vorzurücken streben (Loissachtal-Walchensee); 2. die Entstehung von Nordüberschiebungen in den nächst-östlichen, „longitudinal“ nachrückenden Gebirgsmassen des Karwendels.

Nachtrag zu Seite 110—112; Kap. 15. Über die Käre des Hochgebirges.<sup>1)</sup> Es ist mir eine durchaus nicht unangenehme Pflicht, darauf hinzuweisen, daß die oben gegebene Erklärung der Karbildung schon im wesentlichen in der mir erst nachträglich bekannt gewordenen Schrift von R. LUCERNA (Sitz.-Ber. d. K. K. Akad. d. W. Wien math.-naturw. Kl. Bd. CXVII Abt. I. 1908) veröffentlicht ist, worauf auch wegen eingehenderer Zeitfestlegung der Karstufen verwiesen sei. Zu demselben Resultat kommt auch in den soeben eingetroffenen Monatsber. d. D. Geol. Gesellsch. 1910 N. 12 R. LEPSIUS, scheinbar auch, ohne die Abhandlung von LUCERNA gekannt zu haben.

<sup>1)</sup> Vgl. hierzu auch W. SALOMON in N. J. f. M., G. u. P. 1900. II.

## Inhalts-Übersicht.

Vorbemerkung über die Kartenaufnahmen . . . . .	S. 61—62
I. Kurze Formationsbeschreibung . . . . .	S. 63—83
1. Muschelkalk i. e. S. S. 63—65; 2. Partnachschichten S. 65—67; 3. Wettersteinkalke S. 67—70; 4. Raibler Schichten S. 70—72; 5. Rauchwacken zwischen Raibler Schichten und Hauptdolomit S. 72—73; 6. Hauptdolomit und Plattenkalke S. 73—74; 7. Kössener Schichten S. 74—75; 8. Jura-Schichten S. 75; 9. Neokom S. 76—77; 10. Hochgebirgskonglomerat S. 77—79; 11. Die übrigen quartären und novären Ablagerungen S. 79—81; 12. Das als Ehrwaldit bekannte Eruptivgestein S. 81—83.	
II. Allgemeine tektonische Übersicht . . . . .	S. 84—112
1. Abgrenzung der Hauptschollen S. 84—86; 2. Möglichkeiten der Aufklärung des Gebirgsbaus S. 86—87; 3. Beziehung des Wamberger Rückens zu den umgebenden Gebirgsteilen S. 87—90; 4. Verhältnisse des Schachengebietes S. 90—92; 5. der Zug mit jüngeren Schichten südlich des Wettersteingebietes S. 92—94; 6. Westwand des Wettersteingebirges S. 94—97; 7. Querstörungen im Partnach-Kreuzalpgebiet S. 97—98; 8. Querstörungen im Zug südlich des Wettersteingrates S. 98—100; 9. Querstörungen im Gebiet zwischen Partenkirchen und Barmsee S. 100—101; 10. Westbegrenzung des gesamten Gebirges S. 101—103; 11. Nochmals die Waldeck-Wamberger Scholle mit Umgebung S. 103—104; 12. Zusammenfassung bez. der Gebirgsbewegung S. 104—106; 13. Tektonisches bez. der Seebecken S. 106—108; 14. Tektonisches bez. der Talbildungen S. 108—110; 15. Über die Käre des Hochgebirges S. 110—112.	
III. Bemerkungen und Berichtigungen zur Karte . . . . .	S. 112—114
Nachtrag zu S. 105 (Zusammenfassung bez. der Gebirgsbewegung) . . . . .	S. 114
Nachtrag zu S. 110 (Käre des Hochgebirges) . . . . .	S. 114



# GEOLOGISCHE KARTE des Wetterstein-Gebirges

aufgenommen von  
Dr Otto M. Reis und Dr Friedr. W. Pfaff

unter Leitung  
weiland Geheimen Rates  
**DR von GÜMBEL.**

Das südlich vom Gaisthal und von Scharnitz  
gelegene Gebiet ist von Dr O. Ampferer  
aufgenommen.

Veröffentlicht von der  
Geogn. Abteilung des Kgl. Oberbergamtes.

Maßstab 1:25000.

0 125 250 500 750 1000 1250 1500 1750 2000 m.

4 cm = 1 Kilometer.

## Farben- & Zeichen-Erklärung:

a	Alluvium
tf	Moor u. Torf
as	Gehängeschutt
as	Steingerümpel
qe <sup>3</sup>	Jüngere Moräne
ab	Blockanhäufung
qd	Niederterrassen
ad	Schuttdecke
qe <sup>2</sup>	Jüngere Moräne
qe <sup>1</sup>	Ältere Moräne
qe <sup>1c</sup>	Jüngere Nagelfluh
qe <sup>1b</sup>	Ältere Schotter
qe <sup>1a</sup>	Ältere Nagelfluh
	Hochgebirgs-Conglomerat
n	Neocom
	Nachgewiesene u. vermutete Verwerfungen



