## Mitteilungen der Reichsstelle für Bodenforschung Zweigstelle München

(bisher Abhandlungen der Geologischen Landesuntersuchung am Bayerischen Oberbergamt)
Heft 34

# Geologie der Alpenrandzone beiderseits vom Kochel-See in Oberbayern

Mit 32 Abbildungen, 9 Bildtafeln, 1 geologischen Karte, 1 Profiltafel und 1 tektonischen Übersichtskarte

Von
Gotthold Müller-Deile
Clausthal



MÜNCHEN Reichsstelle für Bodenforschung Zweigstelle München 1940

## Geologie der Alpenrandzone beiderseits vom Kochel=See in Oberbayern

#### Von

## Gotthold Müller = Deile

Mit 32 Abbildungen, 9 Bildtafeln, 1 geologischen Karte, 1 Profiltafel und 1 tektonischen Übersichtskarte

#### Inhaltsübersicht

|                               |     |     |     |  | Seite |
|-------------------------------|-----|-----|-----|--|-------|
| Einleitung                    |     |     |     |  | 5-6   |
| Geschichtliches               |     |     |     |  | 6-7   |
| A. Das Oberostalpin           |     |     |     |  | 7-68  |
| I. Stratigraphischer Teil     |     |     |     |  | 7-48  |
| 1. Die Trias                  |     |     |     |  | 7-25  |
| Die Anisische Stufe           |     |     |     |  | 7     |
| Der Muschelkalk               |     |     |     |  | 7     |
| Die Ladinische Stufe          |     |     |     |  | 8     |
| Die Partnach-Schichten        |     |     |     |  | 8     |
| Der Wetterstein-Kalk          |     |     |     |  | 8-10  |
| Die spätladinische Regression |     |     |     |  | 10-11 |
| Die Karnische Stufe           |     |     |     |  | 11-15 |
| Die Raibler Schichten         |     |     |     |  | 11-15 |
| Die Norische Stufe            |     |     |     |  | 15-22 |
| Der Hauptdolomit              |     |     |     |  | 15-17 |
| Der Plattenkalk               |     |     |     |  | 17-21 |
| Zusammenfassung der Norisch   | hen | Stu | fe. |  | 21-22 |
| Die Rhätische Stufe           |     |     |     |  | 22-25 |
| Die Kössener Schichten        |     |     |     |  | 22-24 |
| Der Oberrhät-Kalk             |     |     |     |  | 25    |
| 2. Der Jura                   |     |     |     |  | 25-41 |
| Die Mergelfazies              |     |     |     |  | 26-35 |
| Die Lias-Fleckenmergel        |     |     |     |  | 26-30 |
| Die Dogger-Fleckenmergel .    |     |     |     |  | 30    |
| Die Kohlstatt-Fazies          |     |     |     |  | 30-33 |
| Die Radiolarite               |     |     |     |  | 33-34 |
| Die Aptychen-Schichten        |     |     |     |  | 34-35 |

|  | Seite |
|--|-------|
| Die Kalkfazies                                 | 35-37 |
| Der Hierlatz-Kalk                              | 35    |
| Der rote Dogger-Kalk                           | 35-36 |
| Der rote Malm-Kalk                             | 36-37 |
| Die Kiesel-Fazies                              | 37-40 |
| Der Lias-Kieselkalk                            | 37    |
| Der Dogger-Kieselkalk                          | 38-39 |
| Der Malm-Kieselkalk                            | 39-40 |
| Zusammenfassung des Juras                      | 40-41 |
| 3. Die Kreide                                  | 41-48 |
| Das Neokom                                     | 41-42 |
| Das Cenoman                                    | 42-47 |
| Die vorcenomane Tektonik                       | 47-48 |
|  |       |
|  | 48-68 |
|  | 48-62 |
| Der große Muldenzug                            | 48-55 |
| Das südliche Hauptdolomit-Plattenkalk-Gebiet . | 55-56 |
| Der Heckenbach-Sattel                          | 56-57 |
| Die Jochberg-Martinskopf-Mulde                 | 57—58 |
| Die Rothwand-Verwerfung                        | 58-59 |
| Blattverschiebungen                            | 59-61 |
| Gipfelschuppen, Scheerflächen und Verwerfungen | 61-62 |
| 2. Die Allgäu-Decke mit dem Schmiedlaine-Zug   | 62-68 |
| Die Cenoman-Randschuppe                        | 63    |
| Die Lias-Schuppen                              | 63    |
| Die Schwarzenberg-Schuppe                      | 63-64 |
| Der Schmiedlaine-Zug                           | 64-67 |
| Kleintektonik                                  | 67-68 |
| B. Der Flysch                                  | 68-75 |
| I. Stratigraphischer Teil                      | 68-73 |
| Die Tristel-Schichten                          | 69-70 |
| Der Gault                                      | 70-71 |
| Die Unteren Bunten Mergel                      | 71    |
| Der Reiselsberger Sandstein                    | 71-72 |
| Die Oberen Bunten Mergel                       | 72    |
| Die Zementmergel                               | 72-73 |
| II. Tektonischer Teil                          | 73-75 |
| C. Die Molasse                                 | 75-76 |
| I. Stratigraphischer Teil                      |       |
| Die Tonmergel-Stufe                            | 75    |
| Die Baustein-Zone                              | -     |
| Die Weissach-Schichten (Nesselburg-Schichten)  | 76    |
| II. Tektonischer Teil                          | 76    |
| D. Das Diluvium                                | 77—86 |
| Die letzte Zwischeneiszeit                     | 77—79 |
| Breschen unbestimmten Alters                   | 79    |
| Die Fernmoräne                                 | 79-82 |
|  | 82-84 |
| Die Nahmoräne                                  |       |
| Bändertone und Schotter                        | 84-86 |

|    |                         |    |  |  |  |   |   | Seite   |
|----|-------------------------|----|--|--|--|---|---|---------|
| E. | Die Nacheiszeit         |    |  |  |  |   |   | 86-89   |
|    | Das Alluvium            |    |  |  |  |   |   |         |
| G. | Morphologie             |    |  |  |  |   |   | 90-96   |
|    | Die Entwicklung         |    |  |  |  |   |   | 92-94   |
|    | Die Kleinformen         |    |  |  |  |   |   | 94-96   |
| H. | Hydrologie              |    |  |  |  |   |   | 96-98   |
|    | Der Kochel-See          |    |  |  |  |   |   | 96-97   |
|    | Die Quellen             |    |  |  |  |   |   | 97-98   |
| J. | Tektonische Zusammenhän |    |  |  |  |   |   | 98-101  |
|    | Zusammenfassung         | 77 |  |  |  | - | - | 101-103 |
|    | Schrifttum              |    |  |  |  |   |   |         |

### Einleitung.

F. Hahn schreibt 1914: "Die schwierige Region um den Kesselberg ist dank der Bemühung Knauer's mit Zuhilfenahme einiger wertvoller Ergänzungen Aigner's heute ziemlich enträtselt." Über 20 Jahre sind seitdem verflossen. Die Kartierungsmethoden haben sich geändert, verfeinert, die tektonischen Vorstellungen sind andere geworden, kurz, die Karten, die für ihre damalige Zeit genügen mochten, entsprechen nicht mehr den heutigen Anforderungen. Gerade die Fortschritte der Tektonik ermöglichen es uns heute, Klarheit in manche Zonen zu bekommen, die mit stratigraphischen Mitteln niemals oder nur sehr schwer hätten enträtselt werden können.

Die Neubearbeitung verfolgt also den Zweck, durch möglichst genaue Kartierung ein tektonisch seit langem umstrittenes Gebiet zu untersuchen, den Weiterverlauf der im Süden kürzlich von Niedermayer (1934) kartierten großen Blattverschiebungen zu verfolgen, die Stratigraphie richtig zu stellen und zu verfeinern und schließlich mit dieser Kartierung einen Beitrag zu der gesamten Neukartierung des Alpenrandes zu geben. Auf einer solchen allein kann in Zukunft erfolgreich weitergearbeitet werden an der Fülle von Problemen, vor allem tektonischer Art, die gerade am Alpenrand noch ihrer Lösung harren.

Wenn also trotz des obigen Zitates die Neubearbeitung unternommen wurde und sie sich in jeder Hinsicht als recht lohnend erwies, so verdanke ich dies der Voraussicht meines hochverehrten Lehrers, Herrn Professor Dr. Max Richter's, der mir außerdem im Gelände und Institut jederzeit seine reichen Erfahrungen zur Verfügung stellte. Für alle seine Mühe möchte ich ihm herzlichst danken, auch den Herren, die der Arbeit ihr Interesse entgegenbrachten und mir wertvolle Anregungen und Ratschläge zukommen ließen, so Herrn Prof. Dr. Kockel-Leipzig, Prof. Dr. Jaworski-

Bonn, sowie allen übrigen Herren des Bonner Geologisch-Paläontologischen Institutes, außerdem Herrn Oberstleutnant a. D. Heineck-Benediktbeuren, Prof. Dr. Chudoba-Bonn, Prof. Dr. Trauth-Wien, Dr. Heckert-Kochel, und H. Särchinger-Leipzig. Besonders danken möchte ich Herrn Prof. Dr. Knauer-München für die Überlassung eines Teiles seiner Arbeitsgebiete.

Die kostspielige Veröffentlichung übernahm das Bayerische Oberbergamt-München und späterhin die Zweigstelle München der Reichsstelle für Bodenforschung. Ich bin beiden Behörden dafür zu größtem Dank verpflichtet.

Dem Deutschen Alpenverein sei hier ebenfalls für seine Beihilfe zum Druck vielmals gedankt.

Die Geländearbeiten erfolgten in den Sommern 1934 und 1935 und dauerten im ganzen 9 Monate. Einige ergänzende Begehungen wurden noch im Sommer 1936 ausgeführt.

Es erwies sich als notwendig, über den ursprünglich gesteckten Rahmen vor allem nach Westen hinauszugehen, um die tektonischen Leitlinien durchzuverfolgen und den Anschluß an den Ammergau (Kockel-Richter-Steinmann 1931) in großen Zügen herzustellen.

Als topographische Unterlagen dienten: Positionsblatt Kochel 837, sowie kleinere Abschnitte der nördlich bzw. östlich anschließenden Blätter Penzberg 809, Heilbrunn 810 und Jachenau 838. Zur besseren Kartierung der Feinheiten wurden für die Geländearbeiten Kartenteile photographisch auf 1:12500 vergrößert. Durch Beigabe von noch weiter vergrößerten Ausschnitten ist versucht worden, manche auf der Karte nicht darstellungsfähigen Einzelheiten zu erläutern.

#### Geschichtliches.

Die ältesten Karten, die das Arbeitsgebiet mit zur Darstellung gebracht haben, stammen von Flürl (1805), Keferstein (1821), Schmitz (1842), Schafhäutl (1851) und Gümbel (1858). Sie alle haben natürlich nur noch historischen Wert. Die Arbeiten Gümbel's bildeten aber die erste feste Grundlage für die späteren speziellen Untersuchungen und sind es in gewissem Sinne heute noch. Durch Rothpletz (1894) erfährt der östliche Teil des Gebietes eine kurze Neubearbeitung, aber erst durch Knauer's "Geologische Monographie des Herzogstand-Heimgarten-Gebietes" (1906) sowie Aigner's "Das Benediktenwandgebirge" (1912) die erste Kartierung im Maßstab 1:25000. Als Ergänzung erschien von Knauer noch eine geologische Karte des Kessel-Berges (1907) mit der Umrandung des Sees, die aber ganz erheblich von meiner Neubearbeitung abweicht. Nicht weniger ist dies auch bei den beiden anderen der Fall. Außerdem sind Teile des Gebietes auf v. Wolf's Blatt Tegernsee 1:100000 (1926) und Boden's "Geologischer Karte des Flysch-Gebietes

zwischen Isar und Loisach" 1:25000 (1925) dargestellt. Eine glazialgeologische Karte findet sich bei v. Klebelsberg (1914).

## A. Das Oberostalpin.

## I. Stratigraphischer Teil.

Es sind hier ausführliche Formationsbeschreibungen absichtlich vermieden worden, da mit diesen nur eine Wiederholung längst bekannter Tatsachen zu bringen wäre. Umso eingehender konnten statt dessen neue Beobachtungen, vor allem in fazieller Richtung, behandelt werden. Der Beschreibung liegt zwar eine zeitliche Ordnung zugrunde, aber nur innerhalb tektonischer Einheiten.

#### 1. Die Trias.

#### Die Anisische Stufe.

Der Muschelkalk. — Dieser bildet als ältestes Schichtglied von der Kesselberg-Straße an mit einigen Unterbrechungen bis zum Gems-Kopf die Unterlage der Lechtal-Decke. Der meist blaugraue Kalk zeigt sehr gute, dünnbankige Schichtung, Hornsteine treten häufig, oft nur als kleine Kügelchen, in ihm auf. Bezeichnend sind auch dünne Drucksuturen aus Asphalthäutchen, die den Kalk kreuz und quer durchziehen.

Ein sehr schöner Aufschluß ist in neuerer Zeit durch den Steinbruch an der Kesselberg-Straße unweit vom "Grauen Bären" geschaffen worden. Allerdings ist der Kalk hier infolge tektonischer Durchbewegung verändert.

Die einzige Stelle, wo der Muschelkalk primär lithologisch von seiner sonstigen Ausbildung abweicht, liegt im Stein-Graben. Hier ist der zuunterst anstehende Kalk hellgrau bis bräunlich, feinzuckerkörnig, hornsteinlos und an — durch Kalkspat stellenweise verheilten — Rissen polyedrisch zerklüftet. Man möchte hier an Reichenhaller Kalk denken, zumal O. vom Stein-Graben sogar dolomitische Teile darin vorkommen. Erst mehr als 10 m darüber folgt echter, viel dunklerer, teilweise knolliger Muschelkalk mit Hornsteinen.

Da makroskopische Versteinerungen fehlen, ließ sich die von ROTHPLETZ (1894) aufgestellte Gliederung in drei Stufen (die übrigens von AIGNER [1912] wohl versehentlich umgedreht worden ist) nicht auf ihre Richtigkeit nachprüfen.

Die Mächtigkeit ist im Stein-Graben und an der Kesselberg-Straße am größten und beträgt 170+x m. Vielleicht ist dieser Wert etwas zu hoch, da der Muschelkalk hier tektonisch gestört ist. Am Gems-Kopf beträgt sie 100+x m und an den meisten übrigen Stellen noch weniger.

#### Die Ladinische Stufe.

Die Partnach-Schichten. — Sie fehlen im Gebiet nirgends zwischen Muschelkalk und Wettersteinkalk, bzw. -dolomit, wie etwa bei Aschau im Lauben-Stein (Hahn 1914), in den Hauptteilen der Tegernseer Berge (Boden 1915) oder des Wettersteins (Leuchs 1927), wo sie infolge des früheren Einsetzens der Riffbildung schon in Wettersteinkalk-Fazies entwickelt sind.

Partnach-Mergel bilden meist die Unterlage, sie können aber auch (Gems-Kopf) über den Kalken vorkommen. Sie sind schwarz oder dunkelgrün-bläulich und glänzend, verwittert hellfarbig, vorwiegend blaugrau. Kleine dunkelblaue, außen braun anwitternde Kalkknollen sind für sie bezeichnend. Gute Aufschlüsse bestehen wegen der zu geringen Steilheit des Geländes, in dem sie auftreten, an keiner Stelle. An der Kesselberg-Straße waren sie im Sommer 1934 bei den Verbreiterungsarbeiten der Straße unmittelbar beim Steinbruch sehr schön zu sehen, wurden aber mittlerweile dort fast ganz verbaut.

Die Partnach-Kalke zeichnen sich gegenüber dem Muschelkalk in den meisten Fällen nur durch ihre etwas helleren Farben, besonders der oberen Teile, aus. Die Hornsteinführung ist außerdem spärlicher, aber noch deutlich vorhanden, z.B. in den sehr hellen, teilweise schon weißen Kalken der Verschuppungszone S. der Glaswand-Scharte.

Ein völlig andersartiger Kalk steht nur in drei Bänken von insgesamt 1,50 m Mächtigkeit kurz N. vom Jochfleck auf dem Weg, der vom Felsenkeller dorthin führt, an (Abb. 1).

An Versteinerungen enthält dieser dunkelblaue, sehr pyritreiche Kalk, der lithologisch eine eigentümlich große Ähnlichkeit mit den außerhalb des Gebietes vorkommenden Cardita-Schichten der Raibler Schichten hat, massenhaft kleine Schalen von Rhynchonella bajuvarica Bitti., Nucula lineata Golde. und Echinodermen-Stacheln. Aus den hellen Kalken N. vom Kien-Stein stammt ein längsgeriefter Zahn, wahrscheinlich von Saurichtys Ag.

Die Mächtigkeit der Partnach-Schichten beträgt bis etwa 80 m am Gems-Kopf, sonst i. a. 30-50 m.

Der Wettersteinkalk. — An vielen Stellen ist die Unterlage dolomitisch. Nirgends zeigen sich aber noch derartig starke Anklänge an die Partnach-Schichten, wie sie etwa von M. Richter (1923) von Pfronten-Steinach beschrieben werden, sondern die Riff-Fazies setzt gleich ohne bedeutende Übergänge ein. Nur die untersten Schichten sind noch häufig etwas dunkler und grau oder blau gefleckt.

Mit seiner meist hellgelben bis weißen Farbe ist der Wetterstein-Dolomit bis auf gelegentliche schwarze Flecken dem auf ihn folgenden Kalk sehr ähnlich, anders aber, wenn graue Farbtöne auftreten. Dann ist er, besonders an tektonisch schwierigen Stellen, z. B. S. der Glas-Wand, vom Hauptdolomit nicht zu unterscheiden. Ausgeschlossen ist es auch nicht, daß ein Teil des unteren Wetterstein-Kalkes nachträglich durch tektonische Zertrümmerung des Kalkes, Verwitterung oder Metasomatose dolomitisiert wurde. Die Hauptmasse muß aber als ursprüngliche Riffbildung aufgefaßt werden, vor allem nach den Untersuchungen an heutigen Riffen (Funafuti, Andrée 1920). Daß der Dolo-

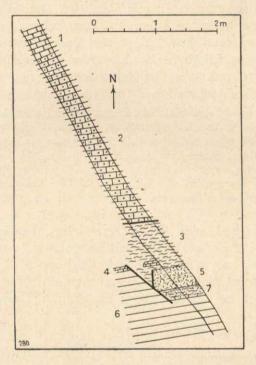


Abb. 1 Skizze des Weges vom Felsenkeller zum Jochfleck.

1 = Malmaptychen-Schichten; 2 = Neokomaptychen-Schichten; 3 = verwitterte Partnach-Mergel; 4 = dunkelblauer Partnach-Kalk; 5 = Wetterstein-Dolomit; 6 = Wetterstein-Kalk; 7 = dunkelgrauer und hellgrünlichgrauer, harter Mergelkalk der Partnach-Schichten.

mit an der Basis des Wetterstein-Kalkes aber keineswegs zur Regel gehört, zeigt eine Stelle im Stein-Graben, wo reiner, etwas bräunlicher Kalk unmittelbar stratigraphisch auf hellem Partnach-Kalk liegt. Ein Beispiel für die metasomatische Entstehung des Dolomites scheint an der Südseite von "Am Stein" vorzuliegen, wo an einer Blattverschiebung eine Zertrümmerung des Kalkes erfolgte, der allmählich durch wandernde Lösungen verdrängt, bzw. weitgehend dolomitisiert wurde.

Sehr häufig wurden in dem reinen Wetterstein-Kalk die bekannten Großoolithe beobachtet, besonders schön im Rabenkopf-Graben, am Stutzen-Stein, an der Glas-Wand und anderen Orten. Sie sind als Ausfüllungen von Riffhohlräumen aufzufassen, erreichen Größen bis zu 3 cm und scheinen vorwiegend in den höheren Teilen aufzutreten. Bezeichnend für den Wetterstein-Kalk sind ferner seine große Reinheit und mächtige Schichtung, die nur in wenigen Fällen gut erkennbar ist.

Gelegentlich ist der oberste Wetterstein-Kalk etwas dolomitisiert und dabei schmutzig-grau oder gelb verfärbt .Da solche Stellen besonders im Zusammenhang mit dem spätladinischen Zurückweichen des Meeres (Brauneisenstein-Verwitterung und Verkarstung) beobachtet wurden, halte ich ihre festländische Entstehung (Geländedolomitisierung nach Reuling 1931 und 1934) im Gegensatz zum liegenden Wetterstein-Dolomit für sehr wahrscheinlich.

Versteinerungen sind nicht so überaus selten, wie häufig behauptet wird, vor allem nicht Korallen. Am "Bauernwurf" N. der Glas-Wand wurden Pinacophyllum sp., O. vom Zwiesel-Schrofen wahrscheinlich Coccophyllum und im Hecken-Bach sowie an anderen Orten häufig ganze Korallenstöcke gefunden. Sehr verbreitet sind ferner Kalkalgen (Gyroporellen, Diplopora annulata Schaffl.) und eine Menge kleinzerriebener Versteinerungsreste (Gastropoden, Zweischaler usw.), die besonders im Schliff zu erkennen sind. An der Nordseite der Glas-Wand wurde ein 7 cm langes Stück eines Crinoidenstiels gefunden.

Die Mächtigkeit des Wetterstein-Kalkes beträgt im Glaswand-Gebiet nach unvermeidbar roher Schätzung etwa 250 m, beim Gems-Kopf im Höchstfall 100 m, am Kien-Stein über 200 m, Branden-Stein 70 m und "am Stein" 250 m. Neben vorwiegend tektonisch verursachter Schwankung ist aber auch an verschiedenen Stellen mit einer rein faziellen zu rechnen.

Die spätladinische Regression. — Während die Hauptmasse des weißgefärbten Wetterstein-Kalkes frei von Verunreinigungen aller Art ist (die chemische Analyse<sup>1)</sup> eines Stückes von der Glas-Wand enthielt keine Spur von Eisen und nur einen ganz geringfügigen Rückstand von Nichtkarbonaten), zeigt das Hangende eine deutliche Anreicherung von Eisen in Form von Brauneisenstein-Krusten, -Ausfüllungen von Hohlräumen, -oolithischen Konkretionen, -Verfärbung des Kalkes oder, in unverwittertem Zustande, von Pyrit. Dieser ist in präkarnischer Zeit epigenetisch auf Spalten und Rissen aufgedrungen und muß als das Ausgangsmaterial der geschilderten Brauneisenstein-Verwitterung aufgefaßt werden, denn der Wetterstein-Kalk selbst kommt dafür schon wegen seines ganz unbedeutenden, ursprünglichen Eisengehaltes nicht in Frage (Müller-Deile 1936). Außerdem lassen sich vor allem an den meisten Stellen Pyrit und Brauneisen nebeneinander feststellen, z.B. an der Südseite des Branden-Steins, der Glas-Wand, des Kien-Steins, beim Glas-

<sup>1)</sup> Für ihre Ausführung danke ich Herrn Prof. Schmitz-Dumont (Bonn) vielmals.

Moos und an anderen Orten. Sogar in der verschuppten Sattelregion, welcher der Lauf des Hecken-Baches zum größten Teile folgt, liegen neben den Raibler-Schichten einige Fetzen von vererztem Wetterstein-Kalk.

Sehr merkwürdig ist noch das nesterweise Auftreten von schaumigem, dolomitischem Kalk von hellgelber Farbe und Rauchwackenähnlichkeit im hier gut geschichteten Hangendsten des Wetterstein-Kalkes S. von P. 1466 der Glas-Wand.

Ein deutlicher Beweis für die präkarnische Verlandung ist die weit verbreitete Verkarstung der Oberfläche des Kalkes, z. B. N. vom Glas-Moos, am Südfuß der Glas-Wand und an anderen Orten. Der Lage nach könnte diese manchmal rezent sein, wenn in den Dolinen nicht außer verwitterten Raibler-Schichten auch noch die oberflächliche Dolomitisierung und Vererzung zu finden wäre. Kleinere, mit stark eisenhaltigem Raibler Lehm angefüllte Karrentaschen liegen z. B. an der Neuen Kesselberg-Straße in der Kehre S. von P. 678,85 (Fig. 1, Tafel 1) und beweisen noch deutlicher ihre präkarnische Anlage, indem ringsumher jegliche Raibler-Schichten fehlen und die Karrentaschen diskordant zur heutigen Oberfläche und zur Schichtung des Kalkes liegen.

#### Die Karnische Stufe.

(Hierzu Fig. 2, Tafel 1).

Die Raibler Schichten. — Die Karnische Stufe beginnt mit der auf die vorhergehende landfeste Periode folgenden Transgression. Dementsprechend lagerte das transgredierende Meer über der verkarsteten Landoberfläche zuerst einen feinen, glaukonitischen Sandstein ab, der hauptsächlich aus kristallinen Bestandteilen, stellenweise auch aus sandigem Ton, zusammengesetzt ist. Beide führen gern Pflanzenhäcksel. Nur an wenigen Stellen wurde der Sandstein anstehend gefunden, sonst ist er ständig verwittert oder auch tektonisch ausgequetscht, so daß jüngere Gesteine dann den Wetterstein-Kalk überlagern. Bei den Raibler Schichten ist dies eine recht mannigfaltige Folge von Flachwasser-Ablagerungen, die zuoberst rein salinar werden können.

Zum ersten Male tritt mit den Raibler Schichten ein Gestein gleichzeitig in beiden Decken auf. Sie sind also die ältesten Schichten in der Allgäu-Decke. Am mächtigsten sind sie hier als kalkige Rauchwacken entwickelt, so z. B. westlich vom Kochel-See im Kohl-Graben bei Schlehdorf (Abb. 2), wo — ebenso O. von P. 649 — außerdem einige geringmächtige, dunkelgraue, bzw. hellbraune Kalkbänke inmitten der Rauchwacken anstehen. In der Ostfortsetzung dieser Zone kommt S. von Kochel in Verbindung mit ihnen Gips in einer größeren Linse, die

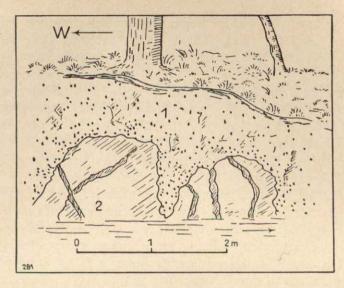


Abb. 2
Raibler Schichten im unteren Kohl-Graben bei Schlehdorf.
1 = Hellbraune, kalkige Rauchwacke; 2 = dunkelgrauer, dünnbankiger Kalk.

früher abgebaut wurde, vor (Abb. 3). Als der Bruch noch in Betrieb war, sollen häufig 10—15 kg schwere Steinsalzbrocken in den Mergeln des Nordstoßes gefunden worden sein<sup>1</sup>). Nach Süden gehen diese Schichten

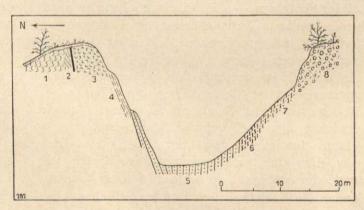


Abb. 3 Profil durch den Gipsbruch am Kochel-See.

1 = Rote Radiolarite; 2 = dunkelgrüne Radiolarite; 3 = Hauptdolomit-Mylonit; 4 = dunkelgraue, sandige Mergel (sollen Steinsalzbrocken enthalten haben); 5 = weißer Gips mit schwarzen Mergelhäuten; 6 = schwarze Mergel mit dünnen Gipsbändern; 7 = bräunliche, gipsige Mergel, übergehend in Rauchwacke; 8 = Rauchwacke.

<sup>1)</sup> Nach freundlicher Mitteilung von Herrn Dr. G. HECKERT-Kochel.

über erbsgelben, feinkörnigen Raibler Dolomit in echten Hauptdolomit über. Sie sind im Streichen bis zum Saulach-Graben zu verfolgen, dann unter Moräne und Schutt begraben, aus denen sie erst N. vom Schwarzenberg-Kopf als sehr kalkige, hellbraune Rauchwacken wieder auftauchen. Beim südlichsten Wasserfall in der oberen Schmied-Laine (Abb. 25) verlassen sie das Kartierungsgebiet. Hier, in diesem nördlichsten Vorkommen, treten neben Dolomiten und Rauchwacken sogar sandige Mergel und echte Sandsteine auf, vielleicht also die ältesten Schichten der Allgäu-Decke.

Im Gebiet der Lechtal-Decke bestehen die Raibler Schichten an der Basis aus den oben beschriebenen Sandsteinen, seltener Mergeln, über denen in der Westfortsetzung der Benediktenwand-Mulde "Am Joch" wiederum Rauchwacken folgen, die nach Osten aber auskeilen und durch — stellenweise rauchwackenähnliche — Dolomite ersetzt werden, die sehr schnell in echten Hauptdolomit übergehen. Nur im Lain-Graben kommen an der tektonisch arg gestörten Stelle (Abb. 17) unter dem großen Wasserfall Gipslamellen-führende graue Mergel und helle Kalke vor, außerdem im Bach N. vom Saulach-Graben erbsgelbe, weiche Dolomite mit grünlich-grauen bis schwarzen Mergeln. Südlich vom Zwiesel-Schrofen wurde ein von blauen Barytadern durchzogener, hellbrauner Dolomit gefunden, der wahrscheinlich auch zu den Raibler Schichten gehört.

Fast überall sind die Sandsteine nur in schützenden Nischen des Wetterstein-Kalkes erhalten geblieben, während (z. B. N. der Glas-Wand) die übrigen Raibler Schichten auf Kosten jüngerer Schichten gänzlich weggeschuppt sind. Südlich der Glas-Wand liegt stellenweise über vererztem Wetterstein-Kalk ein hellgelber Dolomit, der noch teilweise karnisch sein dürfte.

Ein nahezu vollständiges Profil findet sich W. vom Walchensee-Werk, S. der Wettersteinkalk-Mulde von "Am Stein". Auf deren Südflügel folgt nicht Hauptdolomit, wie Knauer (1906 und 1910) angibt, sondern Raibler Sandstein, darauf hellbraungrauer, gegen Westen zuckerkörnig und dolomitisch werdender Kalk, der schließlich in Hauptdolomit übergeht.

Beim Bau des Walchensee-Stollens wurde an der Stelle, die in der Projektion nach oben auf der Karte dort liegt, wo der "Stollen" den Bach S. vom Lausberg-Kopf quert, ein Sattel von Raibler Schichten angefahren (Abb. 4), der beim Bau durch Quellung des Gesteins unerwartete Schwierigkeiten machte. Knauer (1924) beschreibt das Gestein, das höchstens 80 m unter diesem Taleinschnitt liegen soll, als einen etwa 50 m mächtigen Anhydrit von graubrauner Farbe und

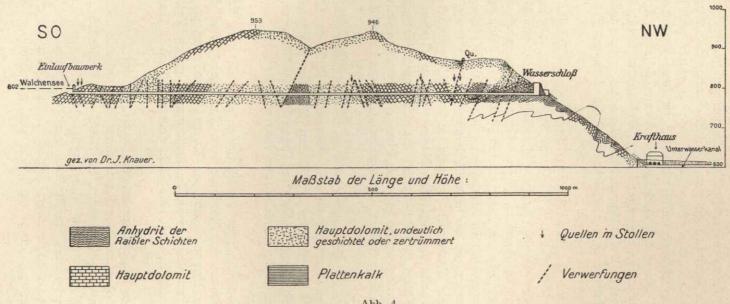


Abb. 4

Geologisches Profil durch die Stollenanlage des Kessel-Berges.

dichter, feinkörniger Struktur. Westlich vom Wasserschloß liegen derartige, aus dem Stollen geförderte, auch weiße und rosa Gipse massenhaft umher.

Die Ostfortsetzung dieser Sattelzone zieht in den Hecken-Bach, dessen ganzer Verlauf durch diese ungemein stark beanspruchte 10—20 m breite Raibler Serie vorgezeichnet ist und besteht hier unterhalb von P. 886 aus Pflanzenhäcksel-führenden Sandsteinen und grünlichgrauen, sandigen Mergeln, oberhalb davon hauptsächlich aus schwarzen Mergeln, Dolomitmylonit, etwas kalkiger Rauchwacke, dunkelbraunem, spätigem Kalk und — ganz untergeordnet — dunkelgrünem Quarzit (s. Fig. 3, Tafel 2).

Die Ostfortsetzung desselben Sattels setzt sich SW. der Holzstube aus einem schwarzen, umkristallisierten Raibler Kalk von großer Härte und hohem Bitumengehalt (beim Anschlagen starker H<sub>2</sub>S-Geruch), der nach Osten durch Aufnahme kleiner Dolomitsplitter ein sehr breschiges Aussehen bekommt, zusammen. Ganz ähnliche Kalke sind außerhalb des Gebietes vom Oberauer Sattel bekannt, außerdem beruhen auf ihrem H<sub>2</sub>S-Gehalt die Schwefelquellen von Bad Oberdorf, Kreuth, Stinker-Graben bei Tegernsee und anderer Orte.

Raibler Kalke kommen im Ganzen nur an sehr wenigen Stellen vor, jedenfalls sind sie bedeutend seltener, als KNAUER (1910) auf seiner Karte verzeichnet hat.

Versteinerungen wurden in den Raibler Schichten nirgends gefunden. Die Mächtigkeit beträgt beim Gipsbruch etwa 150 m und W. vom Kochel-See, im Gebiet der Lechtal-Decke, 70 m. Bei den übrigen Vorkommen ist sie wegen zu starker tektonischer Beanspruchung nicht zu ermitteln.

#### Die Norische Stufe.

(Hierzu Fig. 2, Taf. 1 und Fig. 3 u. 4, Taf. 2).

Der Hauptdolomit. — Zwischen Karnischer und Norischer Stufe besteht ein so allmählicher Übergang, daß ihre Trennung mehr oder weniger nach Belieben erfolgen kann, zumal die Dolomitisierung schon in den oberen Raibler Schichten beginnt. Die Grenze wurde daher dort gezogen, wo der Dolomit seine erbsgelbe Farbe und sandig-weiche Beschaffenheit zugunsten einer härteren, graufarbenen verliert. In Anbetracht der geringen Mächtigkeit mancher Profile durch die Raibler Schichten mag aber auch noch ein Teil dieses Dolomites zur Karnischen Stufe gehören.

Das könnte in der Allgäu-Decke z.B. für den nördlichen Teil des fast weißen, porzellanartigen Dolomites vom Schmalwinkel gelten, der an der Basis schwach kalkig ist. Häufig sind darin graue, hellrotgefleckte Bänke, auch solche mit feiner Fließfältelung. Nach Süden nimmt die für den echten Hauptdolomit bezeichnende Fazies mehr und mehr zu. Doch bleibt der Gesamteindruck ein anderer, als derjenige des südlichen Hauptdolomitgebietes der Lechtal-Decke. Denn auch bodenkundlich weicht dieser Dolomit der Schmalwinkel-Schwarzenberg-Schuppe etwas von dem gewöhnlichen ab durch größere Fruchtbarkeit und weniger große Wasserdurchlässigkeit. Dagegen ist für den gewöhnlichen Hauptdolomit ein viel dürftigerer, auf trockenem Boden gedeihender Pflanzenwuchs bezeichnend. Ausnahmen davon bilden vorwiegend Verebenungen und verkarstete Gebiete (Kessel-Berg), die meist auf stark mylonitisierten Zonen liegen und gern versumpft sind.

Bezeichnend für den Hauptdolomit der Allgäu-Decke und der nördlichsten Zone der Lechtal-Decke ist das Fehlen von vereinzelten Kalkbänken, mehr aber noch das völlige Fehlen der überlagernden Plattenkalk-Serie selbst. Dafür wird der Dolomit im Hangenden leicht kalkig, nach dieser wenige Meter mächtigen Übergangszone aber sofort von Kössener Schichten überlagert. Die Plattenkalk-Fazies ist meist auf wenige Bänke an der Basis der Kössener Schichten beschränkt (Lain-Graben, Kesselberg-Straße).

Zu mächtiger Entwicklung gelangt der Hauptdolomit in der Lechtal-Decke. Schichtung ist in dem meist hellgrauen oder hellbraunen Gestein zwar häufig zu erkennen, doch überwiegen die mylonitisierten über die ungestörten Teile. (Auf der Karte liegen die breschigen Stellen dort, wo auf längere Erstreckung keine Fallzeichen eingetragen wurden). Außerdem ist nicht einmal immer einwandfrei festzustellen, ob wirklich Schichtung vorliegt oder Klüftung wegen des ziemlich gleichartigen Sedimentes und der außerordentlich glatten Schicht(?)-Flächen, an denen häufig Verschiebungen kleinen Ausmaßes stattgefunden haben.

Manche Teile bestehen aus sehr dunklem, hartem Dolomit von ausgezeichneter Feinschichtung und sind ohne Zuhilfenahme von Salzsäure von Kalken nicht zu unterscheiden. Sie werden meist von ebenso dunklen Mergeln begleitet. Derartige Stellen liegen u. a. am Weg von P. 1279 zur Staffel-Alm, im oberen Saulach-Graben oder am Fahrweg S. vom Lain-Graben. Eigenartige lauchgrüne Mergel von 1 m Mächtigkeit fallen in der Schmied-Laine bei der Abzweigung des Schaftls-Grabens zwischen kalkigem, hellbraunem Dolomit und Kössener Schichten auf (Abb. 23). Ein ähnlicher, ebenfalls hervorragend gebankter, hellbrauner, schwach kalkiger Dolomit kommt auch im Rabenkopf-Graben vor (Abb. 18).

Nur spärlich treten reine Kalkbänke gelegentlich im Hauptdolomit der Lechtal-Decke auf, z. B. im Bach S. vom Branden-Stein. Hier als eine 15 m mächtige Folge von gutgebankten, hellbraunen, graugefleckten, feinkristallinen Kalken ohne Versteinerungen. An einigen Stellen liegen sie etwa 40—50 m unter der Plattenkalkbasis, sind also die ersten Vorläufer dieser Fazies und dürften demselben Horizont entsprechen, den Kockel-Richter-Steinmann (1931) aus dem Ammergau erwähnen, wo er 50—80 m, im Labergau sogar 100—150 m unter dem Plattenkalk liegt.

Im oben erwähnten Bach S. vom Branden-Stein treten auch bei 840 m sandartige Dolomite auf, die leicht rötlich gefärbt sind und Pflanzen-häcksel enthalten. Die in dem Dolomitsand liegenden kleinen Dolomitbruchstücke könnten Gerölle einer ursprünglichen, örtlich entstandenen Bresche sein. Sichere Konglomerate, wie sie u. a. von Trusheim (1930) aus dem Karwendel beschrieben werden, wurden indessen nicht gefunden, auch keine Asphaltschiefer, sondern nur gelegentliche Asphalthäutchen oder kleinere Bitumenansammlungen. Manchmal wurde fein verteilter Pyrit in mylonitisiertem Dolomit beobachtet.

An tektonisch sehr gequälten Stellen, z. B. am Laingraben-Fall (Abb. 17) war es nicht leicht, zwischen Wetterstein-Dolomit und Hauptdolomit zu unterscheiden, besonders wenn der Dolomit — wie dort — fast weiß ist. Ein solch heller, aber zuckerkörnig-kristalliner, sehr harter Dolomit ist noch aus den wahrscheinlich obersten Teilen des Hauptdolomites S. vom Zwiesel-Schrofen zu erwähnen.

Ungemein selten sind makroskopische Versteinerungen im Hauptdolomit. Trusheim (1930) gibt eine Zusammenstellung der bisher bekannten Funde. Meine Funde beschränken sich auf ein Zähnchen von Colobodus sp. aus dem hellbraunkörnigen Dolomit des Lain-Grabens S. vom Bomben-Holz und eine Natica sp. unterhalb vom trigonometrischem Punkt auf dem Grat O. vom Herzogstand-Gipfel, also ungefähr aus der Mitte der dünnbankigen, mächtigen Dolomitreihe, außerdem auf einige Fischschuppen SO. der Diensthütte im Rauteck-Gebiet.

Die Mächtigkeit des Hauptdolomites beträgt am Schmalwinkel fast 300 m, zwischen Lain-Graben und Gipsbruch 150 m, am Schwarzenberg-Kopf etwa 300 m, am einheitlich südfallenden Herzogstand 750 bis 800 m (die von Knauer [1906] angegebene Mächtigkeit von 1200 m ist jedenfalls zu hoch).

Der Plattenkalk. — Schwierig und unbefriedigend ist die genaue Abgrenzung des Hauptdolomites gegen den Plattenkalk. Eine Trennung auf stratigraphischer Grundlage ist unmöglich. Es bleibt also nur die fazielle, die aber auch noch wegen der zahlreichen Übergänge von reinem Dolomit zu reinem Kalk ihre Schwierigkeiten hat. Es wurde also, wie bei Kockel-Richter-Steinmann (1931), nur die Plattenkalk-Fazies kartiert und zwar von dort an, wo die erste, mächtigere Kalkfolge im Dolomit begann oder von wo an sich regelmäßig Kalkbänke im Dolomit einstellten. Dabei überwog manchmal noch der Dolomit, wie in der Mulde, in der die Pessenbacher Alm liegt, im Sonnenspitz-Graseck-Gebiet, am

Raben-Kopf oder S. vom Joch-Bach. Eine häufige Erscheinung ist an diesen Stellen auch das plötzliche Abreißen einer Kalkfolge im Streichen zugunsten des Dolomites. Nur selten beruht dies auf tektonischen Ursachen, sondern in den meisten Fällen auf einer wahrscheinlich ungleichmäßigen Dolomitisierung des ursprünglich durchgehenden Kalkes. Dadurch erklären sich die häufig so unregelmäßigen Umgrenzungen des Plattenkalkes auf der Karte.

Südwestlich vom Roß-Kopf keilt der Plattenkalk stratigraphisch ganz aus, so daß die Kössener Schichten auf Hauptdolomit liegen. Sehr schön aufgeschlossen ist der Übergang Hauptdolomit-Plattenkalk auf dem Fahrweg W. der Maier-Alm (Abb. 5), wo der Kalk gleich in voller

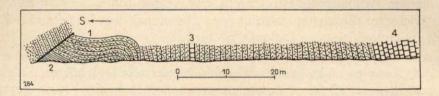


Abb. 5
Profil am Fahrweg W. von der Maier-Alm.

1 = Hauptdolomit; 2 = dunkle Mergel; 3 = Plattenkalk-Bank etwa 40 m unterhalb der Plattenkalk. Basis; 4 = Plattenkalk.

Entwicklung ohne viele, den Übergang vermittelnde Dolomitbänke einsetzt. Nur im Südflügel dieser Mulde liegt im Abstand von etwa 40 m vom letzten Plattenkalk noch eine vereinzelte Kalkbank, die wieder der S.17 erwähnten Zone entspricht. Im untersten Plattenkalk wurde hier eine Anhäufung großer Fischschuppen gefunden.

Südlich vom Joch-Bach ist der Plattenkalk dunkelbraun-grau und in einigen Lagen sehr bituminös (dicke Asphalthäute nicht nur auf Rissen und Klüften, sondern im Gestein selbst). An einigen Stellen kommen sehr helle, meist graue oder isabellfarbene Kalke vor, z. B. SO. vom Zwiesel-Schrofen und stellenweise auch im Joch-Bach.

Ein fast weißer Kalk mit bis zu 2 m mächtigen Bänken und dünnschichtigen, ebenfalls annähernd weißen Dolomiten steht S. der ehemaligen Unterauer Alpe an. Kockel-Richter-Steinmann (1931) beschreiben einen ähnlichen, fast mit Wettersteinkalk verwechselbaren Plattenkalk aus der Benna und der Fürstbergkopf-Gegend in derselben Stellung, d. h. als schmale Zone zwischen Hauptdolomit und Cenoman und bezeichnen ihn als "Fürstberg-Fazies".

Bei der Unterauer Alpe ist derselbe Kalk seltsam umkristallisiert. Er zeigt im Dünnschliff ein pseudo-oolithisches Gefüge durch die eigenartige Anordnung der zahlreichen Schalenquerschnitte von Gastropoden- und Zweischaler-Embryonen. Die Schalenreste sind von einem dunklen Saum umgeben und umschließen selbst wieder dunklere Teile des weniger umkristallisierten Kalkes. Pyrit tritt in Spuren auf.

Merkwürdig und bisher noch nirgends erwähnt ist das Vorkommen von Hornsteinen im Plattenkalk. Die Fundstellen liegen in derr Zone, die über den Rauteck-Kopf zieht, vor allem auf der Westseite vom Grat. Ein ganz echter, hornsteinloser Plattenkalk führt hier ab 1420 m gegen Osten zu in einem dunkelisabellfarbenen, vermergelten Mittelstück von etwa 20 m Breite ovale, bis 4 cm große Hornsteine von dunkelgrauer, verwittert weinroter Farbe. Daß es sich um Plattenkalk handelt, wird durch dolomitische, aber ebenfalls hornsteinführende Lagen und den normalen Nordkontakt mit dem Hauptdolomit bewiesen.

Im Dünnschliff zeigt sich, daß Kalk und Hornstein ineinander verfließen und die amorphe Kieselmasse stark vom CaCO<sub>3</sub> angegriffen worden ist, da die Kalzit-Würfelchen bis in die Chalzedon-Masse hineingreifen. Außer Pyrit und Bitumen kommen in der Kalkgrundmasse Schwammnadeln, Radiolarien und andere, unbestimmbare Versteinerungsreste vor.

In den nördlichen Plattenkalkmulden sind Versteinerungen sehr selten. Südlich vom Joch-Bach wurden im hellgelben, kalkigen Dolomit, der mit Mergeln wechsellagert, einige dürftig erhaltene Natica sp. und massenhaft kleine Schälchen, die sich nicht näher bestimmen ließen, gefunden, im westlichen Rabenkopf-Graben ein Saurier-Knochensplitter, im Bach O. der Peterer Alm ein unbestimmbarer Gastropode und Tentaculiten-ähnliche Kalknädelchen von 3—4 cm Länge (Spongien-Nadeln oder Echinodermen-Stacheln), im Staffel-Bach eine etwa 3 m mächtige, vom sonstigen Plattenkalk abweichende Folge dunkelblauer Kalkbänke mit Gervillien-Bruchstücken und unbestimmbaren Versteinerungsresten.

Im Gegensatz zu der bisher beschriebenen, unregelmäßig entwickelten nördlichen Fazies ist die südliche in der breiten Mulde S. vom Herzogstand und ihrer Fortsetzung am Joch-Berg und Hirschhörnl-Kopf normal und bedeutend mächtiger ausgebildet. Vorherrschend sind hier die Kalke gegenüber den Dolomiten, die sogar in manchen Profilen gänzlich fehlen können.

Mit der Zunahme des Kalkes von Norden nach Süden geht auch eine solche der Versteinerungen Hand in Hand. Ein eigenartiges Aussehen bekommt der oberste hellblaue Plattenkalk NO. der Herzogstand-Häuser durch herausgewitterte, unzählige kleine Dolomitkügelchen, die vielleicht umkristallisierte Diploporen sind.

Im obersten, dunkelgrauen Plattenkalk mit Fließgefüge (s. Fig. 5, Taf. 3) O. der Kössener Schichten am Reitweg wurden gefunden: massenhaft Rissoa alp. GÜMB. und Chemnitzia sp. Dieselben sind auch in der Reißen-Wand nicht selten.

Nördlich von Sachen-Bach kommen außer Fischresten, Zweischaler- und Gastropoden-Bruchstücken wieder die oben erwähnten Kügelchen so massenhaft vor, daß manche Kalke davon dunkelgesprenkelt sind. Im Dünnschliff erscheinen sie als kugelige bis ovale, mit Kalkspat ausgefüllte Gebilde. Ferner sind andere Schalenreste, Embryonen von Muscheln oder Schnecken sowie Pyritkörnchen und knollige Bitumenansammlungen zu erkennen.

Manche dieser Kalke sind stark bituminös, fast schwarz und geben mit Salzsäure eine erhebliche H<sub>2</sub>S-Entwicklung, andere zeigen auf ihren Schichtflächen Zusammen-

schwemmungen von Muschelschill. Zwischen P. 1059 und dem Mitter-Berg fällt ein grauer Kalk durch reiche Versteinerungsführung auf: Myophoriopsis sp., Gastropoden und wieder die erwähnten Kügelchen. Alle Hohlräume der Versteinerungen sind mit hellen Dolomitkristallen ausgefüllt. Rissoa alpina Gömb. und Chemnitzia sp. sind im Gebiet um den Mitter-Berg, Pfeng-Berg usw. die häufigsten Versteinerungen.

Aus der großen Anzahl der übrigen Funde soll noch erwähnt werden: An der Fahrstraße Urfeld-Sachenbach, O. von P. 805,1, liegt ein kleiner Steinbruch mit dunkelgrauem Kalk, dem Mergel zwischengelagert sind, die schon an Kössener Schichten erinnern, jedenfalls dem oberen Plattenkalk angehören. Hier wurden gefunden: Gervillia sp., Colobodus-Zähne, Fischschuppen und Diploporen. Auffällig ist hier ein Knollenkalk mit sehr grobwulstiger Schichtfläche, wie er eigentlich für die Kössener Schichten bezeichnend ist. In einem durch Kalkspat verheilten Riß fanden sich an dieser Stelle Spuren von leichtflüssigem Bitumen.

Im Teufels-Graben kommt bei 1020 m ein graue Mergel führender, an der Basis außerdem etwas sandiger Plattenkalk vor. Ein Dünnschliff aus dieser auf die untersten Bänke beschränkten Fazies zeigt eine feinstkörnige Grundmasse aus Kalk mit schwach erkennbarer Feinschichtung, darunter Lagen aus etwas gröberen Quarzund Pyritkörnchen, aber keinen Versteinerungsrest.

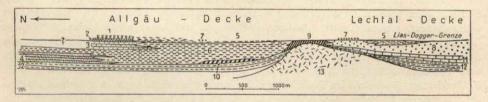


Abb. 6

Kombiniertes Idealprofil durch den Lias (etwas seitenverkürzt) der Allgäuund Lechtal-Decke.

1 = Radiolarit; 2 = Kohlstatt-Fazies; 3 = kieselige Lias-Fleckenmergel und -Kalke; 4 = sandige Lias-Fleckenmergel und -Kalke 5 = Dogger-Fleckenmergel; 6 = Lias-Fleckenmergel; 7 = Dogger-Kieselkalk; 8 = Lias-Kieselkalk; 9 = Hierlatz-Kalk; 10 = roter Lias-Kalk; 11 = Oberrhät-Kalk; 12 = Kössener Schichten; 13 = Hauptdolomit.

In der Allgäu-Decke sind nur noch kümmerliche Anklänge an die Plattenkalk-Fazies vorhanden. An der Grenze Hauptdolomit-Kössener Schichten liegt z. B. im Lain-Graben eine etwa 5 m breite Zone dunkelgrauer, mit Dolomiten wechselnder Kalkbänke. Ähnlich sind auch die Verhältnisse SW. vom Stutzen-Stein, in der Roßfüll-Laine und an anderen Orten. Nur im Rabenkopf-Graben und in der Schmied-Laine bei der Abzweigung des Schaftls-Grabens scheinen diese Kalke zu fehlen und die Kössener Schichten unmittelbar über etwas kalkigen, hellbraunen Dolomiten zu liegen. Zwischengelagert ist in der Schmied-Laine nur die 1 m breite, lauchgrüne Mergelzone (Abb. 23).

Im kleinen Steinbruch O. vom "Gasthaus zum Kesselberg" (Abb. 15) stehen braune, blaugraue und fast weiße, 1 m mächtige Kalke in reiner

Plattenkalk-Fazies mit Rissoa sp. und zwischengelagerten hellbraunen, dolomitischen Mergeln an, die

im Dünnschliff eine feinkörnige, ungeschichtete Grundmasse mit Quarzkörnchen und reichem Bitumengehalt, aber ohne Versteinerungsreste zeigen.

Auf kleinen Klüften hat in den braunen Kalken eine Anreicherung von Bitumen stattgefunden. KNAUER (1910) hielt dieses Vorkommen für Raibler Schichten.

Die Mächtigkeitsberechnung macht beim Plattenkalk wegen seiner starken Spezialfaltung Schwierigkeiten. Der nördlichste Plattenkalkzug erreicht S. vom Roß-Kopf eine Mindestmächtigkeit von 150 bis 180 m, der mittlere am Bergels-Kopf rd. 200 m. Im Jochberg-Mitterberg-Gebiet beträgt sie durchschnittlich 250 m.

#### Zusammenfassung der Norischen Stufe.

Schon am Ende der Karnischen Stufe läßt sich eine Wiederzunahme der Meerestiefe erkennen. Die salinare Fazies wird durch die Flachwasserablagerung der Dolomite abgelöst, die nun in der Norischen Stufe ihre Hauptentwicklung hat. Bei den Dolomiten der ladinischen Riff-Fazies ließ sich durch Vergleich mit rezenten, ähnlichen Bildungen eine befriedigende Lösung ihrer Entstehung finden, anders beim Hauptdolomit, dessen Entstehung noch mancherlei Probleme bietet. Riffbildungen sind aus der ganzen Norischen Stufe nicht bekannt. Nicht einmal der reine Dachsteinkalk ist eine solche. Einmal werden die klimatischen Bedingungen nicht erfüllt gewesen sein, außerdem war vor allem aber, abgesehen vom Ablagerungsbereich des Dachsteinkalkes, das Meer zu verunreinigt (Brackwasser-Ablagerungen!), um Riffbildungen zu gestatten.

Mit einer sofortigen Dolomitablagerung kann aus verschiedenen Gründen nicht gerechnet werden. Das beweisen vor allem die - wenn auch seltenen - Versteinerungen im Hauptdolomit, die, soweit sie ein Kalkgehäuse hatten, heute dolomitisiert sind. Durch Vergleich mit Beobachtungen von rezenten Dolomitisierungsvorgängen (Andrée 1920) im Meer wird es sehr wahrscheinlich, daß sich auch die Dolomite der Norischen Stufe in einem flachen Schelfmeer durch Austausch der im Meerwasser enthaltenen Mg-Salze mit einem Teil des Kalkkarbonates des abgelagerten Schlammes vor dessen Verfestigung gebildet haben werden. Das Ausgangsmaterial wird also ein feiner Kalkschlamm gewesen sein (dafür spricht der beträchtliche Bitumengehalt der norischen Gesteine), der von der Dolomitisierung im Norden viel stärker, aber auch ungleichmäßiger betroffen wurde (Kalkbänke im Hauptdolomit, kalkiger Dolomit und Überwiegen der Dolomitbänke im Plattenkalk), als weiter im Süden, wo daher auch die Trennung der beiden Formationen weniger schwer ist. Das stimmt auch mit der Annahme der Lithogenesis des Dolomites überein: Im Norden, in Festlandsnähe, Flachwasser und Dolomitisierung während des ganzen Noricums, im Süden zunehmende Vertiefung des Meeres und in der oberen Abteilung fast einheitliche Kalkfolge.

#### Die Rhätische Stufe.

Die Kössener Schichten. — Die bezeichnendsten Merkmale dieser Schichten gegenüber dem Plattenkalk sind: Versteinerungsreichtum und Mergelführung. Der Übergang ist daher nicht ganz so verschwommen, wie zwischen Karnischer und Norischer Stufe, eine genaue Abgrenzung im Gelände aber manchmal trotzdem schwierig, da auch der oberste Plattenkalk schon stellenweise Mergellagen und reichlich Versteinerungen führt und nicht immer Leitformen zu finden sind.

Bezeichnend für die Kössener Schichten sind schwarze, glänzende Tonschiefer, die in winzige Plättchen zerfallen oder zu brauner Schmiere verwittern. Im Gelände verraten sich daher die Kössener meist durch die wasserstauende Wirkung dieser Verwitterungsprodukte und die Gebundenheit an Depressionen. Häufig breiten sich über ihnen sumpfige Wiesen und Moore aus, z. B. Langen Tal, Rot-Moos, Schlegel-Filz usw. Für Waldbestand sind diese Böden nur in steileren Lagen geeignet, aber auch dann nur unter günstigen Umständen, da sie zu beweglich sind. Im flacheren Gelände geben sie indessen ein gutes Almgebiet ab, z. B. Jocher Alpe.

Von allen Formationen des Gebietes haben die Kössener Kalke die arten- und individuenreichste Fauna. Eine stratigraphische Gliederung war aber trotzdem nicht möglich. Allein die Schattwalder Schicht, die zum ersten Male von Reiser (1920) aus dem Allgäu erwähnt wurde, kann heute als Leithorizont betrachtet werden. In schlecht aufgeschlossenem Zustande wurde sie im Lain-Graben etwa 20 m über der Basis der Kössener Schichten gefunden (ähnliche Lage berichten auch Kockel-Richter-Steinmann (1931) aus dem Ammergau). Die Mächtigkeit scheint nicht mehr als 3—5 m zu betragen. Da sie sonst nicht wieder gefunden wurde, kann man sie mit einiger Wahrscheinlichkeit für eine linsenartige Einschaltung halten.

Im Lain-Graben sind die sehr versteinerungsreichen, nördlichsten Kössener Kalke und Mergel vom Liegenden bis zum Hangenden aufgeschlossen. Über den schon beschriebenen Plattenkalk-Äquivalenten folgen hier dünnbankige, hellgraue-braune Kalke mit massenhaften Schalenbruchstücken von (?) Gervillia sp. und Fischschuppen. Dicht über der Schattwalder Schicht liegen als landnahe Ablagerungen dünnplattige, feinsandige, graue Mergelkalke mit winzigen Glimmerschüppchen, sowie reichlich Pflanzenhäcksel, Fischschuppen, Schalenbruchstücken von Avicula sp., Dimyodon sp., Pecten sp. und einem 1,5 cm langen Seeigel-Stachel. In den darüber folgenden dünnplattigen Kalken sind Avicula contorta Portl. und Gervillia inflata Schafh. sehr häufig. Andere Bänke enthalten fast nur Terebratula cf. gregaria Suess (breite und

außergewöhnlich schmale Formen), wieder andere Ostreen, Leda claviformis Stoppani (= Leda percaudata Gümb.) und Chemnitzia sp.

Graue Mergel kurz unterhalb der Einmündung des von P. 787 kommenden Nebenbaches sind sehr reich an großen, zerbrechlichen Schalen von Gervillia cf. inflata Schaff.

Oberhalb der Steinbrücke führen dunkelblaue Kalke, die schwarzen Mergeln eingelagert sind, Lucina alpina Winkl., Gervillia inflata Schaff. und eine nur aus Lucina-Bruchstücken bestehende Schalenbresche.

Auf der linken Bachseite erinnert ein am Wege stehender großer Fels aus blaubraunem, spätigem Kalk mit knolligen Schichtflächen schon an die Riff-Fazies des Rhät. Korallenreiche Knollenkalke stehen an den verschiedensten Stellen an. Auf den wulstigen Schichtflächen der obersten Kössener Kalke, die dunkelblau und feinspätig sind, sowie außen sandig-braun anwittern, sitzen fast nur Ostreen und Pecten sp. Die etwa 0,35 m mächtigen Bänke liegen unmittelbar unter der Tuberculatus-Zone des untersten Lias.

Die Ostfortsetzung dieses Kössener Profils ist im Saulach-Graben wieder aufgeschlossen. Jedoch wiederholt sich dort, wahrscheinlich infolge tektonischer Reduktion, nicht diese Mannigfaltigkeit. Sehr versteinerungsreiche, dunkelblaue Kalke liegen an einer Verwerfung unmittelbar am nördlichen Hauptdolomit. Einen Eindruck von ihrem Versteinerungsreichtum möge ein Handstück von nur 12 × 24 cm geben.

Es enthält: I Spiriferina muensteri Stoppani, 4 Spiriferina austriaca Suess mit aufgewachsenem Dimyodon intustriatum Emmr., 2 Spiriferina sp., 1 Lima sp., 1 Gervillia, sowie massenhaft unbestimmbare Schalenreste, Crinoiden, Fischschuppen und Korallen.

Die im Orterer Wald nördlich am Wettersteinkalk liegenden Kössener Kalke lieferten neben Modiola sp., Pecten sp., Fischschuppen und Brachiopoden-Resten viele Stücke von Ostrea (Alectryonia) haidingeriana Emmr. (= Ostrea nodosa Stopp.). Verwitterte, rötliche Mergel deuten hier außerdem vielleicht noch einmal die Schattwalder Schicht an.

Südöstlich davon stehen hellgraue Kalke an, die tektonisch sehr gestört sind und deren Schichtflächen ganz mit innig verwachsenen *Dimyodon intustriatum* EMMR. bedeckt sind.

Die östliche Fortsetzung dieses Zuges liegt S. vom Schwarzenberg-Kopf. In den obersten Schichten kommt hier ein eigenartiger harter, blaubrauner Kalk mit Lima sp. vor, der Anklänge an die Fazies des Ober-Rhät zeigt. Sonst ist die Versteinerungsführung aber auffallend spärlich.

Bei der Einmündung des Schaftls-Grabens sind auf der östlichen Bachseite der Schmied-Laine — auf die S. 16 beschriebenen grünen Mergel folgend — etwa 1,50 m dunkelgraue, versteinerungsreiche Kössener Kalke aufgeschlossen (Abb. 23) mit: Cardita austriaca v. Hauer; Ostrea alpina Winkler (zahlreich); Avicula sp.; Diploporen; Modiola sp.; Serpula.

Der nördliche Kössener Felsen in der Schmied-Laine lieferte: Dimyodon intustriatum Emmr.; Pecten sp.; und nach Rothpletz (1894) außerdem noch: "Avicula contorta; Gervillia inflata; Cardium austriacum; Ostrea haidingeri".

Nicht minder versteinerungsreich, als die bisher beschriebenen Kössener Schichten der Allgäu-Decke, sind die der Lechtal-Decke.

Nördlich vom Joch-Bach, am Weg zur Roßfüll-Laine liegen in den dunkelgrauen Mergeln Bänkchen von einer nur aus den Schalen von Gervillia inflata Schaffl. (sehr große, dickschalige Stücke), Lucina alpina Winkl., Avicula sp. und anderen Versteinerungsresten aufgebauten Bresche, außerdem dünne Kalkbänke mit Mytilus minutus Goldf., Avicula sp., Pecten sp., Gervillia sp. und vielen Fischresten. Hahn (1914) erwähnt außerdem noch aus diesem Gebiet: "Rhynchonella cornigera; Terebratula gregaria; Spiriferina jungbrunnensis" und Knauer (1906): "Terebratula piriformis Suess vom Joch und Roß-Kopf; Lima praecursor Quenstedt vom Joch und Myophoria inflata Emmr. vom Joch."

Sehr lohnend war auch die Ausbeute an Versteinerungen im Bach W. vom Saulach-Graben. Lucina alpina Winkl.; Avicula contorta Portl.; Pholadomya cf. lariana Stopp.; Pholadomya sp.; Pecten sp.; Cardium cf. rhaeticum Merian; Lima sp.; Megalodon sp.;

Myophoria cf. isosceles Stopp. oder Myophoria cf. Ewaldi Bornemann.

Die übrigen Funde verteilen sich auf: Schalenbresche mit großen Gervillien und (nach Knauer 1906): "Cardita munita Stopp." NW. der Unterauer Alpe; Lucina alpina Winkl. aus dem Teufels-Graben; "Homomya lagenalis Schafh." vom Raut-Eck (nach Knauer 1906); Schalenbreschen von Zweischalern mit vereinzelten Brachiopoden (Terebrateln?) vom Reitweg unterhalb der Herzogstandhäuser.

Cardita cf. austriaca v. Hauer, Mytilus sp., Gervillia sp. und Korallen aus der Wettersteinkalkmulde der Glas-Wand.

Gegenüber den bisher beschriebenen sind die südlichsten Kössener Schichten, z. B. im Gebiet um Jocher Alpe, Mitter-Berg, Pfeng-Berg und Sachenbach, versteinerungsarm. Bei der Jagdhütte N. vom Filz-Graben fanden sich in sonst versteinerungsfreien, untersten Kössener Kalken Lagen mit zahlreichen Brachiopoden, Cardita sp. und kleinen Gastropoden, N. von Sachenbach Cardita cf. multiradiata Emmr. und sehr viele Fischschuppen.

Weitere Funde von Versteinerungen aufzuzählen erübrigt sich, da die einzelnen Arten sich doch nur wiederholen würden. Die angeführten sollen vor allem zeigen, daß in den verschiedenen Vergesellschaftungen gewisse Gesetzmäßigkeiten herrschen. Auffällig ist z.B. die häufige Gemeinschaft von Gervillia, Avicula, Mytilus bzw. Modiola und Lucina, das wiederholte Vorherrschen der Ostreen, die häufige Ansammlung von Gervillia inflata in Mergeln, die Beschränkung der Brachiopoden auf wenige Bänke und das massenhafte Auftreten von Fischschuppen oder Mikroorganismen in Ablagerungen des bewegteren Wassers.

In den meisten Fällen wird es sich um ursprüngliche Lebensgemeinschaften handeln, weniger um Zusammenschwemmungen toter Individuen. Eine Gebundenheit dieser Tiergesellschaften an bestimmte stratigraphische Horizonte besteht aber scheinbar nicht. Keinesfalls kommt z.B. (wie Hahn 1914 behauptete) Gervillia inflata nur an der Basis der Kössener Schichten vor, sondern auch in höheren Horizonten.

Die Mächtigkeiten betragen ohne Berücksichtigung der wahrscheinlich überall beträchtlichen tektonischen Veränderungen, denen eine so plastische Gesteinsfolge natürlich ausgesetzt war, im Lain-Graben etwa 50 m, am Schwarzenberg-Kopf etwa 100 m, etwas mehr bei der Jocher Alm.

Der Oberrhät-Kalk. — Die Verzahnung der Kössener Schichten mit dem nur auf die Lechtal-Decke beschränkten Oberrhät-Kalk ist sehr innig, die Grenzziehung dementsprechend unvollkommen. Zur Unterscheidung sehr geeignete Merkmale sind für diese Riff-Fazies das Fehlen der Mergel, Dickbankigkeit und helle Farben, die häufig zu Verwechslungen mit dem Wettersteinkalk geführt haben, vor allem, wenn das für den Oberrhät-Kalk bezeichnende Feinoolithgefüge einmal fehlt. Von den bei Kockel-Richter-Steinmann (1931) beschriebenen zwei faziellen Ausbildungen ließ sich allein die Geiselstein-Fazies beobachten, die Linderhof-Fazies dagegen nur in schwachen Anklängen.

Beiderseits vom Kochel-See haben im Gebiet zwischen südlichem Hauptdolomit und nördlichem Wettersteinkalk die hellen Oberrhät-Kalke für die Gliederung des Reliefs eine große morphologische Bedeutung. In tektonischen Mulden erheben sich die massigen Kalke als senkrechte Felsmauern und in den Sätteln liegen die mergeligen Depressionen der Kössener Schichten.

Im Mittereck-Gebiet stellen sich im Hangenden des Oberrhät-Kalkes kleine, braune Hornsteinputzen ein, die nach oben, ebenso wie der Kalk, dunkler werden, bis mit schwarzen Hornsteinen und graublauem Kalk der Übergang zum Lias vollzogen ist.

Westlich vom Roß-Kopf ist der Oberrhät-Kalk gerade noch in wenigen Metern über den Kössener Schichten entwickelt, keilt stellenweise sogar stratigraphisch aus und weicht hier durch seine Dünnbankigkeit und spätige Ausbildung (Felsen O. der Diensthütte!) von der üblichen Fazies ab.

Der graubraune, gut gebankte Kalk an der Kesselberg-Straße bei der Brücke über den Hecken-Bach (Abb. 16) wurde wegen seiner Ähnlichkeit mit dem Oberrhät-Kalk bei Joch ebenfalls dafür gehalten. Er ist gänzlich versteinerungsfrei und wurde vom Hauptdolomit überschoben (Abb. 16).

An Versteinerungen konnten außer einigen Terebrateln aus dem obersten Kalk nahe der Lias-Grenze N. vom Mitter-Eck nur Korallen gefunden werden, besonders *Thecosmilia fenestra* Reuss und *Thecosmilia clathrata* Emmr., sowie verschiedene weitere *Thec.* sp.

Die Mächtigkeit kann bis über 100 m betragen.

#### 2. Der Jura.

Im Vergleich mit der Trias fällt im Jura die Verschiedenheit der faziellen Entwicklung auf, die ihre Ursache in Bodenbewegungen, möglicherweise auch z. T. in Klimaänderungen hat. Abbildung 6 soll eine ungefähre Vorstellung von dem durch tektonische Vorgänge, den ersten Vorläufern der späteren Alpenfaltung, gegliederten Relief des Tethys-

bodens und den darauf zum Absatz gebrachten Lias-Sedimenten vermitteln. Die jüngere Tektonik wurde dabei außer Acht gelassen, d. h. Überschiebungen rückgängig gemacht und Falten ausgeglättet.

Einer kaum durchführbaren streng zeitlichen Beschreibung ist im Folgenden eine solche der verschiedenen Fazies vorgezogen worden, indem so ihrer Bedeutung am besten Rechnung getragen werden konnte.

#### Die Mergelfazies.

Die Lias-Fleckenmergel. — Die Basis des fast ganz auf die AllgäuDecke beschränkten Mergeljuras ist, an zwei Stellen nachweisbar (LainGraben, Schmied-Laine), die "Tuberculatus-Zone". Im Lain-Graben treffen
wir sie als Fortsetzung des S. 22 beschriebenen Profils rd. 50 m unterhalb
des von Norden her einmündenden Baches auf der linken Seite im
Hangenden der Kössener Schichten, von denen sie sich in der Gesteinsausbildung in keiner Weise unterscheidet. Um so eigenartiger ist das
plötzliche Auftreten einer ganz anderen Tierwelt (Fig. 6, Tafel 3).

Über den in 2 m Mächtigkeit aufgeschlossenen obersten Kössener Kalken liegt hier im Lain-Graben etwa 1,50 m Tuberculatus-Kalk von vollkommen gleicher Beschaffenheit (die Bänke sind vielleicht etwas weniger mächtig), aber mit einer reichen Versteinerungsführung, die hauptsächlich besteht aus: Pentacrinus tuberculatus MILL. seltener; Plicatula hettangiensis Terq. massenhaft!; Lima; Pecten; Pinna cf. hartmanni Zieten (soweit dem Schrifttum zu entnehmen — in den bayerischen Alpen zum ersten Male gefunden); Bryozoen.

Schröder (1925, S. 216) gibt eine Zusammenstellung der Fundpunkte dieser "häufig dunklen, meist sandig-mergeligen Kalke mit einer charakteristischen Lamellibranchiaten-Brachiopodenfauna", welche den tiefsten Zonen des Lias-a entsprechen — Hettangien — ("Grestener Fazies").

Diese wäre also um die Funde im Lain-Graben zu erweitern, während der Fundort in der Schmied-Laine angegeben ist, da schon Rothpletz (1894, S. 107) aus den "untersten Liasmergeln und Kalken", die hier südwärts auf die nördlichsten Kössener Schichten folgen, beschreibt:

"Rhynchonella plicatissima und gryphitica; Terebratula cf. punctata."

Ich konnte außerdem noch finden:

Plicatula hettangiensis Terq.; Lima sp.; Ostrea sp.; Bryozoen. Auch nördlich derselben Kössener Kalke wurden, ebenso wie im Lain-Graben, auf die oben beschriebene Tuberculatus-Zone folgend, wieder die grauen, feinsandigen Kalke mit Rhynchonella plicatissima Qu. gefunden.

Die in der Schmied-Laine nördlich und südlich darauf folgenden Schichten bestehen aus sehr sandigen, dunkelgrau-bräunlichen Mergeln, die völlig versteinerungsfrei sind und

im Dünnschliff durch eine der an der Basis derselben vorkommenden 0,30 m mächtigen Mergelkalkbänke zweifelhafte Foraminiferen- und Radiolarienreste, Schwamm-

nadeln, Quarzkörnchen und Muskovitblättchen sowie Pyrit in einer stellenweise marmorisierten Kalksubstanz zeigen.

Nach etwa 50 m folgen darauf südlich der Kössener Schichten plötzlich hellgraue-bläuliche Fleckenkalke und Mergel mit einer vorwiegend aus Ammoniten bestehenden Lias-Fauna.

Die recht zahlreichen Versteinerungen verraten sich häufig schon durch die Brauneisenverwitterung ihrer ehemals mit Pyrit ausgefüllten Hohlräume, während der sie umgebende helle, harte Kalk eisenarm ist. Rothpletz (1894, S. 110) erwähnt von hier:

"Arieten, Phylloceraten, Lytoceraten, Avicula sinemuriensis."

Meine Funde sind:

Inoceramus falgeri Mer.; Oxytoma inaequivalve Sow. und andere Zweischaler; Uptonia cf. jamesoni Sow.; Grammoceras cf. normannianum d'Orb.; Grammoceras sp.; Phylloceras cf. anonyum Haas; Phylloceras sp.; Psiloceras sp.; Lytoceras cf. articulatum Sow.; Belemnites sp. und andere unbestimmbare Versteinerungen.

Auf diese etwa 50 m mächtigen, vorwiegend kalkigen Schichten folgen wieder sehr sandige, meist schwarze Mergel und dunkelbraune Mergelkalke, stellenweise auch spätige oder kieselige Sandkalke. Die ganze Folge ist wiederum völlig versteinerungsleer (makroskopisch), ihre Altersstellung daher unsicher. Wahrscheinlich handelt es sich wieder um Unteren Lias, der infolge starker Spezialfaltung eine große Mächtigkeit vortäuscht. Die außerordentlich starke Versandung ist sehr bezeichnend für diesen nördlichen, landnahen Faziesbereich. Vor Verwechslungen mit Cenoman muß man sich vor allem bei den nördlich der Kössener Schichten gelegenen, sandigen Mergeln hüten. Gegen Westen kehrt diese nördlichste Fazies nirgends wieder.

Bei der Einmündung des Schaftls-Grabens liegt, auf die schmalen Kössener Schichten folgend (Abb. 23), wieder ein kleines Lias-Vorkommen von einer etwas anderen Fazies. Es sind dunkelblaue, kieselige Sandkalke, die gegen Westen, wo sie überall am nördlichen Cenoman liegen, mit sehr dunklen, sandigen Mergeln wechsellagern. Die Sandkalke führen häufig Hornsteine, vor allem im Pessen-Bach, wo sie außerdem an der Südgrenze gegen das Cenoman des Schmiedlaine-Zuges sehr dickbankig sind. Crinoidenreste geben ihnen ein spätiges Aussehen. Andere Bänke enthalten Quarzkörnchen und Pyrit und sind feinbreschig. Am Dachsen-Berg wurde Arieticeras cf. fucinii del Camp gefunden.

Noch weiter gegen Westen liegen sehr schöne Aufschlüsse im unteren Saulach-Graben, wo dunkelgraue, Pflanzenhäcksel-führende Mergel mit sehr dunklen Sandkalken von ausgezeichneter, bis 1 m mächtiger Bankung wechsellagern. Bezeichnend sind wieder schwarze Hornsteine und reichlich fein verteilter Glimmer sowie das Fehlen von Versteinerungen. Das Hangende dieser Zone scheinen die N. vom Gipsbruch tektonisch



gegen den Hauptdolomit grenzenden schwarzgrünen, kieseligen Manganschiefer der weiter unten beschriebenen Kohlstatt-Fazies zu sein, so daß also auch der Obere Lias hier sandig entwickelt wäre.

Westlich vom Kochel-See liegen die Aufschlüsse derselben versteinerungsfreien Lias-Zone in der Kohl-Laine.

Ein gutes Profil durch die südlichere, kaum noch sandige Fazies der Fleckenmergel, wie des Mergeljura überhaupt, bietet die Haselries-Laine. Nur ganz örtlich sind noch schwache Anklänge an die nördliche, sandige Fazies vorhanden (Abb. 7). Sonst kommen aber alle Arten von

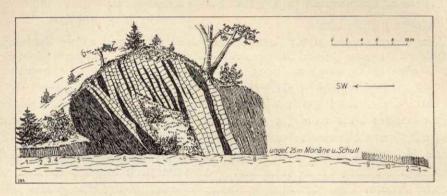


Abb. 7 Lias-Aufschluß im großen Südostbogen der Haselries-Laine, westliche Bachseite.

1 = Normale Lias-Fleckenmergel und -Kalke; 2 = kieselige Lias-Fleckenkalke; 3 = Lias-Fleckenkalke, außen fast weiß, innen grünlich-grau, fleckig, wie Neokom; 4 = roter Lias-Kalk; 5 = helle Lias-Fleckenmergel und -Kalke; 6 = fast schwarze Lias-Fleckenmergel; 7 = hell-dunkelgraue Lias-Fleckenkalke und -Mergel, etwas geflasert; 8 = hellgraue Lias-Fleckenmergel; 9 = schwarz-grünlich-rötliche Radiolarite; 10 = rote Radiolarite und bräunliche Hornsteinkalke.

Fleckenmergeln- und Kalken vor, von sehr hellen, oft neokomähnlichen, bis zu schwarzen, die im Gegensatz zu ersteren keine Versteinerungen geliefert haben.

Aus den nördlichsten Fleckenmergeln "am Eingang in die Haselries-Laine" gibt Knauer (1906), der sie für wahrscheinlichen Dogger hält, an: "Pecten, Macrodon, Posidonomyen und Ammoniten (evtl. Ludwigia murchisonae Sow.)." Posidonien konnte ich nicht darin finden (wenn Knauer dieselbe Fundstelle auf dem westlichen Bachufer meint). Auch sprechen die zahlreichen Versteinerungen, die ich dort sammeln konnte, für Mittleren Lias. Die schmutzig-grauen Fleckenmergel, denen echte Kalkbänke hier völlig fehlen, enthalten (die Ammoniten sind auffälligerweise vorwiegend Jugendformen):

Rhacophyllites sp.; Harpoceras sp. und eine Menge anderer unbestimmbarer Formen; Belemnites sp.; Pentacrinus sp. (sehr häufig); Oxytoma inaequivalve Sow.

Von anderen Stellen im Gebiet der Haselries-Laine stammen: Amaltheus margaritatus Mantf.; Oxynoticeras sp.

KNAUER (1906) führt an aus Haselries-Laine, "Nasse Hölle" und Schmalwinkel:1)

"Lytoceras fimbriatum Sow.; Phylloceras capitanei Catullo; Harpoceras cf. normannianum d'Orb.; Harpoceras reiseri Böse; Aegoceras sp. ind.; Peronoceras sp. ind.; Phylloceras sp. nov.; Harpoceras sp. ind."

Herr Oberstleutnant a. D. Heineck sammelte am "Südosthang des Schmal-Winkel (Wegeinschnitt dicht W. eines Trockenrisses W. der Schichtlinienzahl 700)" aus einer 30 cm mächtigen Bank zahlreiche Lias-Versteinerungen, unter denen Amblycoceras capricornum Schloth. (= Aegoceras maculatum Quenst.) am häufigsten war. Er bezeichnet daher die Bank als Capricorner Lager und stellt sie, gestützt auf seine weiteren Funde, z. B. von Arieticeras algovianum Opp., Phylloceras sp., Grammoceras cf. aalense Ziet., Inoceramus falgeri Mer. und Belemnites sublavatus Voltz in den Lias-γ/δ.

Es sollen demnach die Lias-Stufen (β), γ-ξ vertreten sein.

Die Mächtigkeit dieses südlichen Lias-Zuges, der in seiner Ostfortsetzung nur noch versteinerungsarm und stark vermindert ist (außer S. vom Schwarzenberg-Kopf, wo infolge Verschuppung wieder größere Mächtigkeiten erreicht werden), beträgt höchstens 150 m, im Rabenkopf-Graben, wo ein *Harpoceras* sp. gefunden wurde, nur noch 75 m und an den übrigen Stellen noch weniger.

Im westlichen Nebenbach der Haselries-Laine und auf dem Weg westlich von diesem tritt als unterstes Anstehendes ein roter, bzw. rot-fleckiger Kalk auf, in dem reichlich Belemniten gefunden wurden. Nach Süden geht er in gelbgraue bis hellgrünliche Fleckenkalke und Mergel über, die weiter bachauf dunkler und versteinerungsreich werden (Harpoceraten, z. B. Harpoceras reiseri Böse u. a). Dieser Rote Lias-Kalk zeigt nach Lage und Aussehen Anklänge an die Adnether Fazies der östlicheren Alpen und an die bunten Lias-Kalke der Allgäuer (Schröder 1925, S. 219: "rote, z. T. auch graue, spärlich Ammoniten führende Kalke vom Typus der bunten Cephalopodenkalke mit gelegentlichen Anklängen an die Hierlatzfazies") und Lechtaler Alpen (s. Fig. 7, Taf. 4).

Zwei weitere Vorkommen etwas anderer Beschaffenheit liegen in der Haselries-Laine selbst (Abb. 7) und oberhalb von Abb. 7. Letzteres (Abb. 7) besteht aus einem 4 m mächtigen, dünnbankig-flasrigen,

<sup>1)</sup> Eine Zusammenstellung der zwischen Ohlstadt und der "Nassen Hölle" gemachten Funde gibt Schröder (1925, S. 253).

roten Kalk, der mehrere Ammoniten enthält, die wegen ihres schlechten Erhaltungszustandes nicht bestimmt werden konnten.

Ein Dünnschliff zeigt rotbraunes Fossilmehl mit kleinen Schalenresten, Echinodermen-Bruchstücken, vereinzelten Radiolarien und Foraminiferen (Cristellaria sp.).

Die Mächtigkeit des roten Kalkes beträgt im Höchstfall 4 m.

Die Dogger-Fleckenmergel. — Diese waren nur an zwei Stellen in der Haselries-Laine durch *Posidonia alpina* Gras. nachzuweisen. Das nördliche Vorkommen (= unterstes Anstehendes auf dem östlichen Bachufer) unterscheidet sich in keiner Weise von den Lias-Fleckenmergeln. Die sehr dürftig erhaltenen, aber häufigen Posidonien-Bruchstücke sind die einzigen Versteinerungen.

Die zweite, südlichere Fundstelle liegt S. des Bianconekalk-Felsens. Posidonia alpina Gras. kam hier in dunklen blaugrauen Fleckenkalken vor mit:

Harpoceras cf. aalense Wright (Harpoceras mactra Dum.); Harpoceras radians Bronn; Harpoceras sp.

Unter- und überlagert werden diese von einer etwa 30 m mächtigen Folge hellgrauer, teilweise sehr harter, dichter Fleckenkalke, die bis 0,50 m dicke Bänke, muscheligen Bruch und reichen Versteinerungsinhalt haben und mit grünlichgrauen, sowie weinroten, bis 0,50 m mächtigen Fleckenmergeln wechsellagern. Es wurden hier (außer in den rötlichen Mergeln) Harpoceraten und eine Menge unbestimmbare Versteinerungen gefunden.

Ein Dünnschliff läßt außer sehr wenigen schlecht erhaltenen Radiolarien keine Versteinerungsspuren weiter erkennen, dafür reichlich Pyrit.

Der Enträtselung der Flecken und sonstigen problematischen Gebilde in den Fleckenmergeln ist bis heute schon ein umfangreiches Schrifttum gewidmet worden. Ich möchte nur auf eine Beobachtung in den grünlichen, dünnplattigen Mergelkalken von oben hinweisen. Es handelt sich um eine fast schwarze, zopfartige, schmale Spur auf der Oberfläche, die in einem Brauneisensteinkorn endigt, in das Gestein hinein aber als breitere, dunkle Partie sich fortsetzt.

Durch einen Fund von Hammatoceras cf. gonionotum bestimmte Knauer (1906) ebenfalls das Dogger-Alter eines Teiles der Fleckenmergel in der Haselries-Laine. Heute müssen wir aber annehmen, daß in allen Profilen die obersten Fleckenmergel unter den Radiolariten (bzw. Kieselmalm) schon zum Dogger gehören, auch wenn sie nicht durch Versteinerungen als solcher gekennzeichnet sind.

Die Kohlstatt-Fazies. — Kaum beobachtet und beschrieben ist bisher der Dogger in einer Ausbildung, die ich "Kohlstatt-Fazies" nennen möchte, da sie im Kohlstatt-Graben am besten und leichtesten zugänglich auf-

geschlossen ist (Abb. 24). Sie war Aigner (1912, S. 367) zwar schon von dort bekannt, seine Beschreibung ist aber mangelhaft und die Altersangabe unrichtig. Er schreibt: "— sie gehören nach Gümbel zur oberen Kreide". Boden (1915, S. 212 u. 213), der dasselbe Vorkommen einer eingehenderen Besprechung würdigt und eine gute Gesteinsbeschreibung gibt, hält Neokom-Alter für sehr wahrscheinlich. Nach beiden transgrediert Cenoman darüber, während die tektonische Lage in Wirklichkeit viel verwickelter ist und S. 65 besprochen wird. Außerdem beschreibt noch Dacqué (1912) dieselbe Fazies aus den Tegernseer Bergen, wo die "auf rötliche bis graugelbe Wetzsteinschiefer" folgenden "roten und grünen Radiolarite" örtlich durch "schwärzlich-grüne Manganschiefer" ersetzt werden. Auch H. Krauss (1913) erwähnt sie aus dem Gebiet zwischen Reichenhall und Melleck. Im Brunstkogel-Gebiet sollen sie nach Gümbel (1861) im 18. Jahrhundert infolge ihres Eisenreichtums abgebaut, aber erfolglos verhüttet worden sein.

Im Kohlstatt-Graben und unteren Saulach-Graben, wo sie ebenfalls gut aufgeschlossen ist, setzt sich diese Fazies zusammen aus: hervorragend dünngebankten, schwarzgrünen oder schwarzblauen, kieseligen Tonschiefern von ziemlich großer Härte, muscheligem Bruch und geringem Kalkgehalt. Das Gestein zerfällt leicht zu rhomboedrischen, glatten Formen, die wiederum griffelig zerbröckeln. Heller Glimmer ist in winzigen Schüppchen häufig auf den Schichtflächen angereichert. Als Zwischenlagen treten bisweilen sandige Mergel von grünlicher Farbe auf.

Außer diesen beiden liegen weitere Fundstellen noch im Bach O. P. 790 (W. vom Stein-Graben), im Bach W. vom Saulach-Graben, N. vom Gipsbruch am Weg nach Kochel, sowie sehr spärliche Reste beim Zusammenfluß der beiden Bäche N. vom Kreuz-Graben (Abb. 11).

Im Dünnschliff zeigt dieses Gestein (aus dem Kohlstatt-Graben): eine feinstgeschichtete Grundmasse aus Ton mit viel SiO<sub>2</sub>, Pyrit und Quarzkörnchen. Die zahlreichen Radiolarien sind nur noch selten verkieselt, sondern in Brauneisen umgewandelt. Dieser Erhaltungszustand läßt alle Feinheiten ihres Baues erkennen.

Das dunkelgrüne, radiolaritartige Übergangsgestein unweit der Basis der echten, roten Radiolarite (aus dem Kohlstatt-Graben) zeigt im Dünnschliff: eine ungeschichtete, fast nur aus Radiolarien (*Cenosphaera* sp., *Nassellaria* sp., *Dictyomitra* sp.) bestehende Grundmasse mit wenig Pyrit.

Aus ihrer Lage an der Basis der Radiolarite, die selbst schon dem Mittleren und Oberen Dogger angehören, ergibt sich ein Unterdogger-Alter der Kohlstatt-Fazies und zugleich ihre vermittelnde Stellung zwischen dem mergelig-sandigen, nördlichen Lias und den Radiolariten.

Die relative Mächtigkeit (das Liegende ist nirgends aufgeschlossen) beträgt im Kohlstatt-Graben etwa 20 m.

Im Hangenden läßt sich also ein deutlicher Übergang zu den Radiolariten feststellen, indem die Kieselsäure mehr und mehr zu dunkelgrünen Hornsteinlagen angereichert ist, die schließlich über dunkelrote, fast schwarze Farben das bezeichnende Rot der Radiolarite annehmen. Im Kohlstatt-Graben und SO. vom Dachsen-Berg (Abb. 8) ist aber zwischen Kohlstatt-Fazies und Radiolarite ein eigentümliches Konglomerat eingeschaltet, das bisher nur in den Tegernseer Bergen ein im Sommer 1935 von M. Richter gefundenes Äquivalent zu haben scheint. In den meisten Schrifttumsangaben ist leider keine genaue Lagerungsbeschreibung gegeben worden, so daß Vergleiche kaum anzustellen sind. Cadisch (1934, S. 169) beschreibt aus der Schweiz Konglomerate der dortigen "Radiolarittransgression (Meraner Breccie)", Osswald (1929) solche aus dem Dogger der Wendelstein-Gruppe, Reiser (1920) einen roten Sandstein aus der Radiolaritbasis des Aggenstein-Gebietes bei Pfronten, Trusheim (1930) eine Hornsteinbresche - allerdings höherer Lage (Tithon) -, die der vom Rofan schon länger bekannten entsprechen soll. Einwandfrei parallelisieren läßt sich unser Konglomerat vorläufig nur mit dem schon erwähnten, das M. RICHTER im Brunstkogel-Gebiet und NO. des Auracher Köpfls fand, dem schon einige rote Hornsteinschnüre eingelagert sind, die auf die sofort darüber einsetzende Radiolarit-Fazies hinweisen.

Im Kohlstatt-Graben (Abb. 24 und 25) liegen die Gerölle in einer schwarzgrünen, zerquetschten Tonschiefermasse und bestehen scheinbar nur aus Kössener Kalken mit reichlich Thecosmilia sp. und Muschelresten. Die wenig abgerollten Bestandteile sind durchschnittlich faustgroß (das größte 30×25 cm). Nach wenigen Metern keilt das gut aufgeschlossene Konglomerat gegen Westen stratigraphisch aus, nachdem die Gerölle nur noch Sandgröße haben und sich ein wenige Millimeter dünnes, von Pyritstreifen umsäumtes Glanzkohlenbänkchen eingestellt hat. Nach Süden folgt nach kurzem Übergang die einheitliche Radiolaritreihe.

Südöstlich vom Dachsen-Berg ist in einem engen Durchstich, der früher als Zugang zu dem unter P. 1067 gelegenen, auflässigen Wetzsteinbruch gedient haben wird, das Konglomerat noch einmal aufgeschlossen (Abb. 8). Es liegt hier in einem Sattel der mächtigen Radiolaritreihe und hat genau die gleiche stratigraphische Stellung, wie im Kohlstatt-Graben, unterscheidet sich aber diesem gegenüber in seiner Zusammensetzung erheblich. Über grünroten Hornsteinen der Basis liegen in der schwarzen Tonschiefergrundmasse kleine Gerölle, die hauptsächlich aus Lias-Fleckenkalken, roten Kalken und Dogger-Kieselkalken bestehen. Nach Süden folgt eine dünne Lage schwarzroter Hornsteine und darauf eine mächtige, grobe Bresche, die vorwiegend aus

Hauptdolomit zusammengesetzt ist. Das Material muß aus nächster Nähe von einer Schwelle stammen. Die rotweißen Malm-Kalke des Sattelsüdflügels dürften herangeschuppt sein.

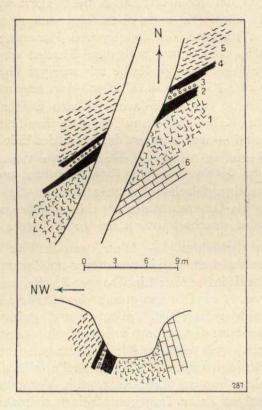


Abb. 8

Konglomerate zwischen Kohlstatt-Fazies und Radiolariten. Hohlweg N. vom Kreuz-Graben (oben Kartenskizze, unten Profil).

1 = Grobe Bresche, vorwiegend Hauptdolomit; 2 = schwarze-rote Hornsteine; 3 = kleine Gerölle von Lias-Fleckenmergel; 4 = dunkelgrüne-rote Hornsteine; 5 = rote Radiolarite; 6 = rot-weißer Malm-Kalk.

Die Radiolarite. — Über den Fleckenmergeln bzw. der Kohlstatt-Fazies folgt, sich scharf vom Liegenden abhebend, die Radiolarit-Reihe, deren Entstehung noch immer umstritten ist, d. h. die Frage, ob es sich um Tiefseeablagerungen oder solche weniger tiefen Wassers handelt. Vieles scheint heute für die letztere Annahme zu sprechen, nicht zuletzt das beschriebene Konglomerat an ihrer Basis.

Am mächtigsten und besten aufgeschlossen ist die Radiolarit-Reihe im Pessen-Bach und um P. 1067 O. vom Dachsen-Berg, wo sie dem Land-

schaftsbild durch ihre stark rote Färbung ein eigentümliches Gepräge verleiht. An der Basis des Aufschlusses im Pessen-Bach liegen noch glasige, schwarze, dunkel-lauchgrüne und dunkelrote Hornsteine, die wahrscheinlich von der Kohlstatt-Fazies unterlagert wären, verdeckten die Schotter nicht alles. Die nach oben folgenden roten, dünnbankigen Radiolarite zeigen starke Kleinfältelung und Flaserung. Nach wenigen Metern stellen sich aber schon hellgrüne Flecken ein, bis schließlich nur noch rotgrüne, ebenbankige Kalke mit weniger hohem Kieselgehalt vorliegen, die ich zum Kieselmalm zähle und dort beschreibe.

Die obere Grenze der Radiolarite ist also unscharf. Meist folgen wenige Meter roter Kalke und darauf die Aptychen-Schichten. Die übrigen Aufschlüsse sind — außer denen der Haselries-Laine — weniger gut.

Die Radiolarite selbst wurden frei von makroskopischen Versteinerungen gefunden. Im Schliff zeigt das Gestein seine wahre Zusammensetzung aus Radiolarien.

Nach der stratigraphischen Stellung müssen die Radiolarite dem Mittleren Dogger bis Unteren Malm angehören. Die stark schwankende Mächtigkeit wird durchschnittlich bei 10 m liegen.

Die Aptychen-Schichten. — Diese werden hier noch unter der "Mergelfazies" beschrieben, da sie mit dieser im Zusammenhang stehen, deren normales Profil immer ist: Lias-Dogger-Fleckenmergel, Radiolarite, Aptychen-Schichten. Der Übergang aus den Radiolariten besteht aus 1—2 m dünnbankig-geflaserten, hellroten und grüngefleckten reinen Kalken, auf welche dann der weiße Biancone-Kalk (= Aptychen-Schichten) folgt. Wahrscheinlich geht auch der Kiesel-Malm gelegentlich im Streichen in die Aptychen-Schichten über. An keiner Stelle fehlen diese aber stratigraphisch über dem bunten Malm-Kalk, d. h. der oben beschriebenen dünnbankig, gefleckten Reihe. Dagegen scheinen sie manchmal die Radiolarite vertreten zu können.

Als Aptychen-Schichten i. e. S. sollen die in den Südalpen Biancone-Kalke genannten weißen Kalke des Oberen Malm bezeichnet
werden. An der Basis sind sie meist noch grau und fleckig, an helle
Lias-Kalke erinnernd, darüber aber rein weiß, porzellanartig dicht, dünnbankig. Mergel führen sie nur in ganz dünnen Häutchen und Zwischenlagen, die vor allem bei tektonischer Flaserung deutlich werden. In der
Haselries-Laine kommen kurz unterhalb des Bianconekalk-Felsens, dessen
weiße Kalke stellenweise kleine Würfelchen von Brauneisenstein-Pseudomorphosen nach Pyrit führen, in mehreren Metern Entfernung von den
Radiolariten mitten im Bachbett noch rote, seltener schwarze Hornsteinschnüre in lichtroten und außerdem noch in rein weißen Kalken vor.

An einer anderen Stelle in der Haselries-Laine zeigt die Basis des Biancone-Kalkes schon Anklänge an die Fazies des Malm-Kieselkalkes. Der grünliche, kieselige Kalk ist hier feinkonglomeratisch und führt zusammengeschwemmte Aptychen-Bruchstücke, Echinodermen-Stacheln, Chloritschiefer-Stückchen und Glimmer.

Hellgraue, sehr große Hornsteine sind im Gemskopf-Gebiet nicht besonders selten inmitten des Biancone-Kalkes. Von dort stammt auch ein völlig verkieselter Aptychus cf. punctatus Voltz.

Die Mächtigkeit überschreitet selten mehr als 30 m. Infolge tektonischer Reduktion schwankt sie namentlich in den Bächen O. von Kochel ganz beträchtlich. Auffällig ist es aber, daß trotzdem immer das ganze Juraprofil noch erhalten ist, wenn auch manche Schichtglieder oft nur in Spuren.

#### Die Kalkfazies.

Der Hierlatz-Kalk. — Diese Kalkfazies des Lias' tritt nur in rd. 30 m Mächtigkeit beiderseits der Röthelstein-Laine im Gebiet der Lechtal-Decke, nach Osten und Westen stratigraphisch auskeilend, auf, um erst im Röthel-Stein außerhalb der Karte zu größerer Entfaltung zu kommen. Der Kontakt mit dem Hauptdolomit scheint weniger transgressiv, als tektonisch zu sein, da die aufgeschlossene Grenzfläche aus glatten Harnischen besteht und auch Knauer's (1906) außerhalb meines Gebietes gemachten Beobachtungen damit übereinstimmen.

Der Kalk ist vorwiegend weiß und zuckerkörnig umkristallisiert, daneben hellorange bis hellrot-fleckig, im Hangenden auch grau-feinoolithisch und marmorartig-breschig. Aus manchen Stücken sind weiße Hornsteinfetzen herausgewittert und auf Harnischen bisweilen asbestartige Fasern. Das Hangende zeigt bessere Bankung und die einzigen Versteinerungen, eine ganze Ansammlung, die durch die Umkristallisation aber stark gelitten hat und in den übrigen Teilen deswegen wohl auch heute fehlt.

Es konnten nur bestimmt werden: Rhynchonella sp., Terebratula sp. und Avicula sp.

Östlich der Röthelstein-Laine wird der Hierlatz-Kalk einige Meter unter dem Lias-Kieselkalk hellgrau und spätig-oolithisch mit bräunlichen Hornsteinen. Westlich, außerhalb des Kartenblattes, ist er noch weiter verbreitet, als Knauer's Karte (1906) zeigt, z. B. O. der Fest-Kapelle.

Der rote Dogger-Kalk. — Südlich vom Schwarzenberg-Kopf liegt an der Basis der Radiolarite ein wenige Meter mächtiger, dünnbankigflaseriger Kalk von hellroter, hellbrauner oder grauer, stellenweise fast weißer Farbe, meist fleckig und selten etwas spätig. Seine Mächtigkeit kann, z. B. NW. vom Gems-Kopf, auf Kosten der Radiolarite zunehmen, überschreitet aber nie 5 m.

Makroskopisch sind nur Crinoiden-Stielglieder und Terebratula sp. zu erkennen, im Dünnschliff dagegen eine Fülle verschiedenartigster Foraminiferen, Echinodermenund Muschelreste; Radiolarien aber nur ganz vereinzelt. Als Grundmasse Fossilmehl. Nach freundlicher Bestimmung von Herrn Brand-Frankfurt a. M. kommen u. a. vor: Glandulina sp. und ? Dentalina sp. Eine weitere Bestimmung ließ der Erhaltungszustand der Foraminiferen nicht zu.

Der rote Malm-Kalk. — Unter den "Aptychen-Schichten" ist die Kalkfazies des Malm schon zum größten Teil beschrieben worden. Sie ist, ebenso wie der rote Dogger-Kalk, mit dem Mergeljura engstens verknüpft. Dort, wo die Radiolarite und Biancone-Kalke weitgehend durch rote Kalke ersetzt werden, könnte man von einem Roten Malm-Kalk sprechen, z. B. bei einem dickbankigen, roten Kalk in der oberen Haselries-Laine an der westlichen Kartengrenze, der an Dogger-Kieselkalk herangeschuppt worden ist (Abb. 14).

Ich möchte aber hierzu vor allem den "Marmor" von Großweil rechnen, die "Transversarius-Schichten" Knauer's, der eingehend zur Altersfrage dieses merkwürdigen Vorkommens Stellung genommen hat (1906, S. 19 u. 20). Es handelt sich um einen weinroten, breschigen Kalk mit dünnen Tonlamellen und hellgefleckten Teilen, über dessen tektonische Stellung S. 74 berichtet wird. Durch die von Knauer angeführten Funde von Versteinerungen:

"Perisphinctes polygyratus Rein. und andere Perisph., Peltoceras transversarium und Phylloceras tortisulcatum D'ORB."

scheint das Malm-Alter dieses Kalkes sichergestellt zu sein. Ich konnte nur einen Belemnites sp. finden.

Im Dünnschliff zeigt dieser Kalk eine dichte Grundmasse mit zahlreichen Globigerinen, sowie vereinzelten Calpionellen und Radiolarien, Ammoniten-Embryonen und zahlreichen anderen, unbestimmbaren Fossilresten. Im Widerspruch zum Malm-Alter scheinen die Globigerinen und Calpionellen zu stehen. Vielleicht hat also ein Teil des Kalkes sogar schon Neokom-Alter.

In diesem Zusammenhang sind die Untersuchungsergebnisse von Herrn Oberstleutnant a. D. Heineck, die er mir liebenswürdigerweise mitteilte, von großer Bedeutung. Er führte in dem Marmorbruch umfangreiche Grabungen aus und fand dabei eine reiche Ammoniten-Fauna<sup>1</sup>). Perisphinctes chloroolithicus, -plicatilis, -martelli "beweisen das Vorhandensein der tiefsten Malm-Stufe (Unter-Oxford)". Weiterhin ist nach Knauer (1906) Ober-Oxford (Malm-β) vertreten. Der Fund eines Aspidoceras bispinosum Ziet. erbrachte (nach Heineck) den "sicheren Beweis für das Vorhandensein der Acanthicus-Zone (Malm-γ und -δ). Schließlich ist durch den Fund von Haploceras ellimatum Opp. sogar noch das Vorhandensein der obersten Malm-Stufe, des Tithon, unzweifelhaft

<sup>1)</sup> Die vorläufige Bestimmung und Weiterbearbeitung des von Herrn Oberstleutnant a. D. Heineck gesammelten Materials übernahm Herr Dr. Weber-München.

geworden. Es steht somit fest, daß das Großweiler Vorkommen die Schichten des gesamten Malm, vom Unter-Oxford bis zum Tithon (Malm-α-ξ), umfaßt".

#### Die Kieselfazies.

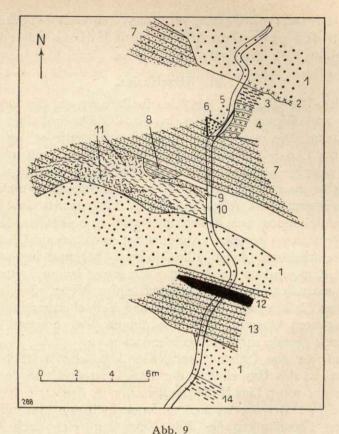
Der Lias-Kieselkalk. — Die Kieselkalke sind auf die Lechtal-Decke beschränkt und führen, besonders in der Röthelstein-Laine, sehr reichlich Hornsteine. Die wenig mächtigen Übergangsglieder, die vom Hierlatz-Kalk zum Lias-Kieselkalk überleiten, sind dunkelgrau und enthalten viele, aber sehr kleine Hornsteine oder bestehen in manchen Teilen fast nur aus Schwammnadeln, deren wirres Geflecht schon makroskopisch deutlich zu erkennen ist. Rhynchonella cf. latifrons Stur. ist die einzige größere Versteinerung aus diesen untersten Kieselkalken. Diese liegen in der Ostfortsetzung derselben Mulde sonst nur noch auf Oberrhät-Kalk, aus dem sie wiederum durch allmählichen Übergang hervorgehen, indem sich in dem dunkler werdenden Kalk zuerst braune, dann schwarze Hornsteine einstellen, im Südflügel auch einige Meter eines graublauen, dünnbankigen Kalkes ohne Hornsteine und Versteinerungen, der stellenweise den ganzen Oberräth-Kalk verdrängen oder ersetzen kann, also vielleicht noch gerade zur Trias gehören mag.

Am Aufstieg von Ohlstadt zur Käser-Alm, also westlich außerhalb des Gebietes, ist das Umgekehrte der Fall. Dort greift an der Basis der Kieselkalke ein roter Lias-Kalk taschenartig in den Oberrhät-Kalk ein, von dem vielleicht der oberste Teil schon deshalb zum Lias gehören wird.

Auf den Kieselkalken des Raut-Ecks liegt eine nach Osten aushebende Mulde mit — an der Basis dunkelblauen, nach oben heller und fleckiger werdenden — Kalken und Mergeln ohne Hornsteine und nennenswerte Ammonitenführung.

Recht interessante Aufschlüsse dieser über den Kieselkalken folgenden Mergelfazies liegen im Nordflügel der Cenoman-Mulde in der Röthelstein-Laine (Abb. 9). Die Außenfläche des obersten Kieselkalkes, der massenhaft schwarzbraune Hornsteine führt, sieht durch etwa faustgroße, etwas hervorstehende Nester einer graubraunen, spätigen Echinodermenbresche konglomeratisch aus. Nach Süden folgen darauf 10 m sehr schwarze, sandige Mergel und dunkelblau-graue, sandige Kalke, dann 20 m spätiger, blauer Kalk mit 0,20 m dicken Bänken ohne Mergel und Hornsteine, aber mit zahlreichen Terebratula sp., Ostrea sp. und Crinoiden-Stielgliedern. Darauf folgen 5 m mächtige dunkelblaue Lias-Kieselkalke mit Mergeln, wenig Hornsteinen und schließlich die S. 38 als Dogger-Kieselkalke beschriebenen Bänke.

Die Mächtigkeit des Lias-Kieselkalkes beträgt durchschnittlich etwas mehr als 100 m.



Kartenskizze eines Abschnittes der Röthelstein-Laine.

1 = Lias-Kieselkalk; 2 = hellgrauer Spatkalk in Knollen; 3 = sandige, schwarze Mergel und Kalke; 4 = blaugraue, 30 cm mächtige Spatkalk-Bänke mit reicher Versteinerungsführung; 5 = dunkelblauer Lias-Kieselkalk, wenig Hornsteine; 6 = graubrauner Dogger-Kieselkalk; 7 = Cenoman-Sandstein, feinkonglomeratisch, kalkig; 8 = Kössener Kalk; 9 = gelber, kalkiger Dolomit (Liegendes der Kössener Schichten); 10 = Cenoman-Mergel, grüngrau, sandig; 11 = Konglomerat, vorwiegend aus Hauptdolomit bestehend; 12 = braune und schwarze Hornsteine des Dogger- und Lias-Kieselkalkes; 13 = Cenoman-Sandstein, sehr feinkörnig; 14 = Lias-Fleckenkalk.

Der Dogger-Kieselkalk. — Sein nachweisbares Vorkommen ist auf drei Stellen beschränkt: Im Gebiet der Allgäu-Decke auf der linken Seite der Haselries-Laine kurz unterhalb der Einmündung der Röthelstein-Laine und oberhalb davon an der Kartengrenze in sehr spärlichen, wenige Meter mächtigen Aufschlüssen an der Stirn der Lechtal-Decke (Abb. 14). Es sind in beiden Fällen gelbbraune, dichte Kalke mit geringer, brauner Hornsteinführung und einzelnen Schalenbruchstücken von Posidonia cf. alpina Gras.

Im Dünnschliff: In grauer Kalkgrundmasse sehr viele Radiolarien und Echinodermen-, sowie andere Versteinerungsreste.

Sehr ähnlich, aber mit größerem Hornsteingehalt und dunkleren, ins Graue überspielenden Farben ist das Vorkommen S. vom Schwarzenberg-Kopf, auf der Westseite des Grates.

Die mangelhaft anstehenden Kalke, die deswegen wahrscheinlich nicht in ihrer vollen Erstreckung auskartiert worden sind, zeigen im Dünnschliff eine sehr kieselige Grundmasse mit verschiedenen Arten von Radiolarien, wie *Rhopalastrum* sp. und andere.

Im Bereich der Lechtal-Decke transgrediert in der Röthelstein-Laine das Cenoman im Nordflügel der Mulde über dürftige Reste von Dogger-Kieselkalk, der sich als solcher durch seine braunen Hornsteine im Gegensatz zu den schwarzen des Lias verrät. Der hellgraue bis graubraune, sehr kieselige Kalk (Abb. 9) enthielt einen kleinen Saurierzahn. Im Cenoman-Konglomerat stecken sehr viele braune Hornsteine dieses damals schon bis auf etwa 2 m abgetragenen Gesteins.

Der Malm-Kieselkalk. — Die Schichten zwischen den Fleckenmergeln und dem Biancone-Kalk (Aptychen-Schichten) wurden als Radiolarite beschrieben. Fehlen die Aptychenkalke über den Radiolariten, so treffen wir die Kieselfazies durchgehend bis zum obersten Malm.

Über den Radiolariten folgt im Pessen-Bach nach kurzem Übergang durch Zunahme des Kalkgehaltes, Zurücktreten der Hornsteinlagen und Auftreten hellgrüner Flecken eine Reihe von rotgrün gefleckten, sehr dünn -und ebenbankigen Kalken mit feinverteiltem, geringem Kieselsäuregehalt und wenigen Aptychen. In dem heute auflässigen, kleinen Wetzsteinbruch wurden folgende Aptychen gefunden<sup>1</sup>):

Lamellaptychus rectecostatus (Pet.) Trth.; Lamellaptychus beyrichi (Opp.) Trth.

Ein Dünnschliff von einem Kalk aus diesem Steinbruch zeigt: Dichteste, ungeschichtete Grundmasse aus Verfilzung von CaCO<sub>3</sub> und SiO<sub>2</sub>, häufig Cenosphaera sp. und ganz vereinzelt andere, sehr kleine Radiolarien. Die Mehrzahl der Radiolarien, die früher massenhaft im Gestein gewesen sein müssen, ist also zu amorpher Kieselsäure aufgelöst worden.

In der O. vom Dachsen-Berg liegenden Fortsetzung sind noch höhere Teile aufgeschlossen. Der Kieselgehalt ist weiter zurückgegangen, die Farbe noch heller geworden, so daß fast weiße, nur wenig rotgefleckte oder hellgrüne Kalke vorkommen, die schon sehr den Biancone-Kalken gleichen.

Bedeutend reicher an Aptychen, vor allem an Riesen-Formen, ist dieselbe Zone im Bach W. vom Stein-Graben, wo sie aber schon von rein

<sup>1)</sup> Deren Bestimmung übernahm liebenswürdiger Weise Herr Professor Твалтн-Wien, dem ich dafür zu großem Dank verpflichtet bin. Die Altersangaben wurden — auch im Folgenden — jeweils von Herrn Professor Твалтн hinzugefügt.

weißen Biancone-Kalken überlagert wird, also eher zu den Radiolariten gerechnet werden müßte. Außer den beiden schon oben genannten Aptychen kommen hier bis 5×3 cm große Stücke von Punctaptychus punctatus (Voltz) f. typ. vor.

Aus einem ähnlichen Kalk der Haselries-Laine, eines allerdings etwas südlicheren Bereiches, kann ich anführen: Lamellaptychus undatus (Guemb.) "besonders Tithon u. Neokom"; Lamellaptychus submortilleti Trth. "Tithon und Neokom"; ?Lamellaptychus lamellosus (Park.) var. gracilicostata (Gieb.) "besonders Tithon"; ?Lamellaptychus thoro (Opp.) "Malm-Neokom"; Lamellaptychus f. ind.; Lamellaptychus beyrichi (Opp.) Trth. "?Kimmeridge-Tithon"; Lammellaptychus rectecostatus (Peth.) Trth. "Kimmeridge-Tithon"; Lamellaptychus cf. lamellosus (Park.) Trth.

Nordwestlich vom Gems-Kopf wurde gefunden: Lamellaptychus cf. thoro (OPP.);

Belemnites sp.

Weiter im Westen (Kockel-Richter-Steinmann 1931) tritt der Kieselmalm nur noch sehr spärlich und einzig und allein in der Lechtal-Decke auf, während die soeben aufgezählten Vorkommen alle im Gebiet der Allgäu-Decke liegen.

Die Mächtigkeit beträgt O. vom Dachsen-Berg mindestens 50 m, ohne daß die Obergrenze berücksichtigt werden konnte.

### Zusammenfassung des Juras.

Nach der Beschreibung der mannigfaltigen Jurafazies' läßt sich nun eine etwas genauere paläogeographische Beschreibung geben, die zur Ergänzung der S. 26 dargestellten Skizze (Abb. 6) dienen möge. — Die sandige Fazies des nördlichsten Lias' weist deutlich auf die Nähe der ostalpinen Geoantiklinale hin, ebenso das Fehlen von Versteinerungen und das Vorkommen kohliger Einschwemmungen in diesen, dem Flysch oder dem nördlichen Cenoman ähnlichen Sedimenten. Nur im Lias  $\gamma$ — $\delta$  wird diese Reihe durch eine Einlagerung versteinerungsreicher Kalke und Mergel unterbrochen (Schmied-Laine). Der etwas südlicher auftretende Lias, der von der Kohlstatt-Fazies überlagert wird und (außer in der Schmied-Laine) das nördliche Rand-Cenoman als eigene Schuppe ständig begleitet, ist nur etwas kieseliger, hat aber sonst dieselben landnahen Merkmale.

Der nördliche Dogger ist teilweise in der tonig-kieseligen Kohlstatt-Fazies entwickelt, die wahrscheinlich in tieferen Meeresräumen zum Absatz kam. Auf örtliche Einschwemmungen aus höher gelegenen Teilen oder vom Land her deuten die Konglomerate an der Basis der darauf folgenden Radiolarit-Reihe hin, mit der für Norden und Süden nun die gleichen Ablagerungsverhältnisse einsetzen.

Etwas südlicher (im Süden der Schwarzenberg-Schuppe) treffen wir Lias und Dogger in bezeichnender Mergel-Fazies mit noch schwachen Anklängen an die sandige Fazies (vereinzelte Sandkalkbänke) und reicher Versteinerungsführung. Faziell recht vielseitig ist der Dogger: Fleckenmergel, Kieselkalke, rote Kalke, Kohlstatt-Fazies und Radiolarite — alles so verzahnt, daß eine genaue Gliederung unmöglich ist, wenn auch die erfolgte Aufzählung ungefähr die zeitlichen Unterschiede berücksichtigt.

Noch südlicher, in der Lechtal-Decke, herrscht die Kieselkalk-Fazies ohne nennenswerte sandige Einschwemmungen vor. An die nördliche Hauptdolomitschwelle lagert sich nach Süden der Hierlatz-Kalk an, aber nicht als einheitlicher Kranz, sondern in Verzahnung mit dem Kieselkalk. Die Kiesel-Fazies greift mit den Radiolariten und dem Malm-Kieselkalk (untergeordnet auch dem Dogger-Kieselkalk) weit auf die Allgäu-Decke über.

Die Kalk-Fazies herrscht nirgends allein vor, sondern ist immer an eine der anderen Fazies geknüpft.

### 3. Die Kreide.

#### Das Neokom.

Zwischen oberstem Jura und unterster Kreide besteht im Kartierungsgebiet nirgends eine Lücke, so daß es bei dem unscharfen Übergang des Biancone-Kalkes in die Neokom-Aptychenschichten unmöglich ist, im Gelände eine genaue Grenze zu ziehen. Ich habe es dort getan, wo die weißen Kalke graue, gelbliche und vor allem grünliche Farbtöne bekommen und fleckig werden. Sie ähneln dann an der Basis häufig manchen hellgrauen Lias-Fleckenkalken. Außerdem sind sie sehr dünnbankig und — besonders vor der Stirn der Lechtal-Decke — mergelführend. Diese Mergel sind grünlichgrau und sandig, im Ober-Neokom, das in der Haselries-Laine an zwei Stellen vorkommt, jedoch schwarz und mit dunkelblauen Fleckenkalken, die manchem Lias-Gestein gleichen, sich aber durch den Fund eines Aptychus angulicostatus als Neokom erwiesen, vergesellschaftet.

Der Wetzstein-Horizont fehlt im Gegensatz zum Ammergau überall.

An makroskopischen Versteinerungen wurden vorwiegend Aptychen gefunden<sup>1</sup>:

Lamellaptychus seranonis (Coqu.) f. typ. besonders häufig; Lamellaptychus seranonis (Coqu.) var. n. fratocostata Trth., 1 Stück aus der Haselries-Laine; Lamellaptychus mortilleti (Pict. & Lor.) f. typ., 1 Stück aus dem Kalm-Bach. Weitaus seltener sind andere Versteinerungen. Südlich vom "Grauen Bären" konnte die Jugendform eines Ammoniten und auf dem Wege vom Felsenkeller zum Joch-Fleck (Abb. 1) ein Belemnit und eine Anzahl unbestimmbarer Versteinerungsreste gefunden werden.

Eine genaue Mächtigkeitsangabe ist unmöglich, da das Neokom — bis auf ein Vorkommen in der Haselries-Laine — immer als

<sup>1)</sup> Die Bestimmung derselben verdanke ich wiederum Herrn Prof. TRAUTH.

Unterlage der Lechtal-Decke dient und daher tektonisch stark vermindert sein wird. Mit starker Verschuppung oder Faltung ist N. vom Gems-Kopf zu rechnen, wo es die größte "Mächtigkeit" mit über 200 m erreicht. Im südlichen Rabenkopf-Graben sind es nur 60 m und auf dem oben genannten Wege zum Joch-Fleck 30 m.

### Das Cenoman.

Ein gänzlich anderes, viel lebhafteres Bild beginnt mit dem Cenoman. Keine Formation spiegelt so deutlich in ihren Ablagerungen ihre Geschichte wider. Für das Cenoman war sie reich an tektonischen Umgestaltungen, deren erste schwache Vorläufer wir schon im Jura kennenlernten. Die großen Transgressionen greifen auch auf weite Teile der Lechtal-Decke über, die durch die vorhergehende Faltung landfest geworden waren.

In der Allgäu-Decke, die zunächst betrachtet werden soll, scheint die Transgression in der Hauptsache über Neokom erfolgt zu sein. Es besteht also nur eine geringe Schichtlücke. Auffällig ist der Flysch-Charakter des nördlichsten, an der Flyschgrenze liegenden Cenomans, dessen Sandsteine denen der Reiselsberger Schichten sehr ähnlich sind. Die Zusammensetzung der Cenoman-Sandsteine beruht aber hauptsächlich auf kalkalpinen Bestandteilen im Gegensatz zu den weitgehend kristallinen der Reiselsberger Sandsteine.

Vorherrschend sind bei Sandsteinen und Mergeln hellgraue und bläuliche Farben, die bei starker Verwitterung ins Hellbraune überspielen (wie bei allen glaukonitischen Ablagerungen), bei den Sandsteinen außerdem eine ausgesprochene Feinkörnigkeit, geringer Kalkgehalt und häufige Pflanzenhäckselführung (besonders in der Schmied-Laine). Auf den Schichtflächen befinden sich oftmals — für Flachwasserablagerungen — bezeichnende Wülste, die als Kriechspuren oder Wurmbauten gedeutet worden sind. Die besten Aufschlüsse in den Sandsteinen liegen in der Schmied-Laine und an der östlichen Kartengrenze in der Kot-Laine.

Südlich vom Kalm-Bach und in den Gärten am Ostufer des Kochel-Sees haben die feinkörnigen Sandsteine einige konglomeratische, festverkittete Bänke, in denen Quarzgerölle häufig sind. Zur Entwicklung reiner, hellgrauer Kalkbänke kommt es nur ganz selten, dagegen sehr oft zu solcher von Sandkalken, die — ebenso wie die Mergel — sehr glimmerreich sind.

Die grauen Mergel sind immer sandig, weniger dagegen die der bunten Cenoman-Reihe, die im Kalm-Bach und Pessen-Bach unter, in der Schmied-Laine und an der östlichen Kartengrenze deutlich über den Sandsteinen liegt. Sie besteht aus roten und grüngrauen, tonigen Mergeln, metallisch grünglänzenden oder dunkelblauen, dünnbankigen, glimmerigen Sandsteinen und Sandkalken mit Kriechspuren und Pflanzenhäcksel.

In der Haselries-Laine kurz unterhalb der Abzweigung der Röthelstein-Laine liegt an der Stirn der Lechtal-Decke nicht — wie üblich — das Neokom, sondern ein merkwürdiges Cenoman-Vorkommen: Auf das Neokom folgt ein drei Meter mächtiger, grauer, sehr kalkiger, konglomeratischer Sandstein mit vorwiegend kristallinen Geröllen, darunter reichlich Quarz. Es folgen etwa 5 m dunkelgraue, sandige Mergel, die

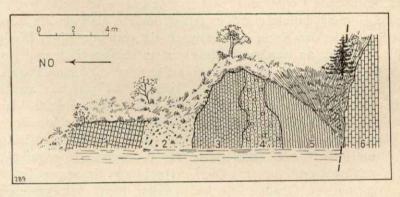


Abb. 10 Cenoman an der Deckengrenze in der Haselries-Laine.

1 = hellgraue Neokom-Aptychenkalke; 2 = Gehängeschutt; 3 = hellbrauner, kalkiger Cenoman-Sandstein; 4 = dunkelgraue Cenoman-Mergel mit Geröllen; 5 = schmutzig-grünschwarze Cenoman-Mergel; 6 = Partnach-Kalk der Basis der Lechtal-Decke.

nach Süden schmutziggrünlich werden und vereinzelte, hervorragend gerundete Gerölle aus farblosem und rotem Quarz, rotem und schwarzem Quarzporphyr mit grünlichen Einsprenglingen und winzige Schalenreste von Zweischalern führen. Die Gerölle überschreiten nicht Hühnereigröße.

Die übrigen Cenoman-Vorkommen der Allgäu-Decke sind dagegen makroskopisch völlig versteinerungsfrei. Ihre Mächtigkeiten lassen sich nur relativ angeben, da sie an der Deckenbasis liegen und tektonisch wieder vermindert sind. Sie betragen im Kalm-Bach etwa 60 m, in der Schmied-Laine, wo die Sandsteinzone aus bis 2 m mächtigen Bänken besteht, 30 m. Ebenso mächtig sind die hier darauf folgenden Mergel.

Lithologisch sehr verschieden davon sind die Cenoman-Ablagerungen im Bereich der Lechtal-Decke. Die breite Cenoman-Mulde N. vom Heimgarten und Oelrain greift von Westen her gerade noch mit zwei Zipfeln auf das Kartenblatt über, während östlich davon wegen der höheren axialen Lage der Mulden heute nirgends mehr Cenoman im Lechtaldecken-Gebiet erhalten geblieben ist.

Nur der zur Lechtal-Decke gehörende Schmiedlaine-Zug ist hier im Norden in die Allgäu-Decke eingemuldet und beweist die ehemals sehr weite Verbreitung des Cenomans. Als Rest der Lechtal-Decke erwies sich dieses Cenoman samt seiner Hauptdolomitunterlage nur infolge dieser Transgression über die Norische Stufe, was noch niemals in der Allgäu-Decke beobachtet werden konnte. In der Schmied-Laine sind die Aufschlüsse besonders günstig (Abb. 23): An dem breschigen Hauptdolomit klebt zuunterst, kaum von ihm zu unterscheiden, eine fast nur aus diesem Gestein bestehende Cenoman-Bresche, über der — teilweise weniger fest verkittete — meist hühnereigroße, gut gerundete Kalkgerölle liegen. An einigen Stellen ist das Konglomerat durch ein graumergeliges Bindemittel schwach verkittet, an wenigen anderen ist es feinklastisch und fest. Das in Abb. 24 auf das nördliche Vorkommen der Kohlstatt-Fazies nach Süden folgende Konglomerat besteht zuerst etwa 5 m nur aus Hauptdolomit, dann treten dazu: Kössener Kalk und (?) Plattenkalk, blaugraue Hornsteine und verschiedene unbestimmbare Kalke. Das tektonisch eigenartig eingequetschte kleine Vorkommen beim südlichsten Wasserfall (Abb. 24 und Fig. 8 auf Tafel 4) enthält u. a. ganze Mergelkalkbänke des Lias' mit Ammonitenresten. Die Verfrachtung dieser, an den Kanten wenig abgerundeten Großgerölle kann daher nicht weit gewesen sein.

Im Pessen-Bach zeigt der Schmiedlaine-Zug eine etwas abweichende Ausbildung. Er beginnt am Kontakt gegen den nördlichen Lias mit ungerundeten, groben Geröllen von sehr versteinerungsreichem, grüngrauem Kössener Kalk, (untergeordnet) Lias-Fleckenkalken mit Belemniten und anderen Bestandteilen. Nach etwa 7 m folgt gegen Süden eine 30 cm dicke, als Rippe hervortretende Bank aus besonders grobklastischer Dolomitbresche. Im zweiten Bach W. vom Kreuz-Graben, wo dasselbe Cenoman noch vollständiger aufgeschlossen ist (Abb. 11), treten noch Mergel, Sandsteine usw. hinzu.

Die übrigen Vorkommen liegen weiter im Westen im Saulach-Graben und im Bach westlich davon, wo an beiden Stellen die Gerölle aus Hauptdolomit, daneben Lias-Fleckenkalk und anderen — auch schwarzen — Kalken bestehen. Von dort sind sie mit Unterbrechungen bis zur Kesselberg-Straße zu verfolgen. An der Stelle, wo NW. vom Gipsbruch ein kleiner Weg abzweigt, ist ein kleiner Aufschluß in diesem Cenoman, das wieder nur aus einer feinklastischen Hauptdolomitbresche mit einigen sehr groben Geröllen besteht.

In dem verhältnismäßig kleinen untersuchten Muldenanteil N. vom Herzogstand transgrediert das Cenoman schon über ganz verschiedene Formationen, was mithin auf ein reich gegliedertes vorcenomanes Relief schließen läßt. In der nördlichen Teilmulde geht die Transgression über Lias- bzw. Dogger-Kieselkalke (Abb. 9), die dementsprechend das Material für das Konglomerat hauptsächlich liefern. Östlich der Röthelstein-Laine keilt das Cenoman aus. Auf dem Wege ist es noch 22 m mächtig und besteht hier aus einer hellen, sehr kalkigen Feinbresche, deren Bestandteile braune Hornsteine und Quarze sind.

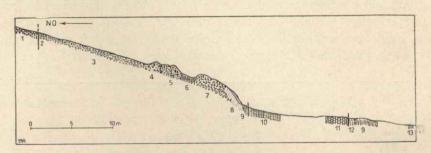


Abb. 11

Cenoman-Profil im Nebenbach des Pessen-Baches, N. vom Kreuz-Graben.

1 = dunkelgraue und schwarze Lias-Fleckenmergel der Allgäu-Decke; 2 = Mylonit von Lias-Fleckenmergel und Cenoman-Bresche; 3 = eckiges Cenoman-Konglomerat; 4 = feinkörnige, graue, sandige Bresche mit Pflanzenhäcksel; 5 = bunte Mergel; 6 = grünlichgraue Mergel mit Sandkalkbänkchen; 7 = grobes Konglomerat; 8 = hellbrauner Sandstein; 9 = dunkelgrüngraue Mergel; 10 = dunkelblau-grauer, dichter Kalk (wie Kössener) mit schwarzen Mergellagen des Lias; 11 = dunkelgrün-graue Mergel, außen manganisch glänzend = Kohlstatt-Fazies; 12 = dichtes, dunkelbraunes, mittelkörniges, kalkiges Konglomerat des Cenomans; 13 = dunkelgrüne Mergel.

In der südlichen Teilmulde transgrediert das Cenoman über Kössener Schichten, Plattenkalk und Hauptdolomit. Entgegen der Erwartung liegen nur an wenigen Stellen an der Transgressionsbasis grobe Gerölle. Die besten Aufschlüsse befinden sich NO. vom Rauteck-Kopf, wo über fast saiger stehendem Plattenkalk und Dolomit ein etwa 10 m mächtiges unverkittetes Konglomerat liegt (Abb. 12).

Das Konglomerat besteht aus schön gerundeten, bis kopfgroßen Geröllen von hellbraunen Kalken (Plattenkalk?), sehr viel Lias-Fleckenkalken, Neokom-Aptychenkalken(?), Oberrhät-Kalken, schwarzen und braunen Hornsteinen, aber selten Hauptdolomit, der erst gegen Westen so überhand nimmt, daß bei 1310 m das ganze Konglomerat fast nur noch aus ihm und Plattenkalk besteht. Gegen Osten und Westen keilt dieses grobe Konglomerat aus, bzw. geht es in Feinbreschenkalk über. Die Gerölle sind teilweise tektonisch stark zerdrückt, ohne aber dabei zerbrochen zu sein und zeigen die Eindrücke anderer Gerölle.

Ein zweites grobes Konglomerat liegt NO. der Hirten-Hütte und wird von dem Wege gequert. Es transgrediert über Kössener Schichten, besteht an der Basis aus einem hellbräunlich-grauen, feinkristallinischen Kalk, der wohl zum Cenoman selbst gehört, aber durch sandiges Zwischenmittel und grobklastische Außenflächen einen konglomeratischen Eindruck macht. Unter den darüber folgenden Geröllen sind sepiafarbene Kalke, kalkige, braune Dolomite und Hierlatz-Kalke (?) die häufigsten, daneben kommen u. a. noch rote Lias (?)-Kalke und als Bindemittel grünlich-sandige Mergel vor. Nach oben geht das Konglomerat wieder in den Feinbreschenkalk über, der weite Verbreitung hat und neben den hellbraunen und grauen Mergeln, die mit ihm gern wechsellagern, allein

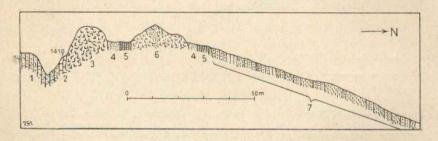


Abb. 12

Profil durch die Cenoman-Reihe N. vom Rauteck-Kopf von 1410-1280 m.

1 = Hauptdolomit; 2 = Plattenkalk; 3 = sehr grobes Konglomerat mit verdrückten Geröllen; 4 = feiner, bräunlicher Sandstein; 5 = hellgrau-blauer, sandiger Kalk; 6 = Bresche nur aus Hauptdolomit-Bestandteilen, in der Mitte Sandsteinbank; 7 = hellblauer Feinbreschenkalk, Sandkalk, feinstkörniger Sandstein und gelb-braune Mergel wechsellagernd, (Feinbreschenkalk und Mergel versteinerungsführend).

versteinerungsführend ist. Mit "Feinbreschenkalk" möchte ich den blaugrauen Kalk bezeichnen, der, angewittert, auf seiner bräunlichen Außenfläche kleine harte Splitter und Gerölle erkennen läßt, die GÜMBEL (1861) und KNAUER (1906) veranlaßt haben, ihn "spitzsplitterigen Hornsteinkalk" bzw. "Kieselkalk" zu nennen, während es sich in Wirklichkeit weniger um Hornsteinsplitter, als vielmehr um alle möglichen härteren Kalke, Dolomite usw. handelt.

An Versteinerungen kommen darin N. vom Rauteck-Kopf vor: Ostrea diluviana Lam.; Ostrea cf. hippopodium Nils.; Goniomya sp.; Solarium sp.; Orbitolina concava Lam. (besonders in hellgrauen, sandigen Kalken); mehrere Korallen.

In den Mergeln ebenda: Serpula rotula Goldf. (häufig); Orbitolina concava Lam. (häufig); kleine Korallenstöcke.

Erwähnen möchte ich noch das etwa 10 m mächtige Cenoman-Vorkommen W. vom Rauteckkopf-Gipfel, das an der Basis aus aufgearbeitetem Hauptdolomit besteht und sich durch einige schwarze Hornsteingerölle als Cenoman erwies, überlagert von kalkarmen, gelblich-grauen Mergeln mit dürftigen Versteinerungsandeutungen. (KNAUER [1906] hat fälschlicherweise das Cenoman einheitlich bis nahe zum Rauteckkopf-Gipfel durchgezeichnet).

#### Die vorcenomane Tektonik.

(dazu Abb. 13).

Wie bei der Mehrzahl aller bisher besprochenen Formationen, so läßt sich auch im Cenoman wieder ein deutlicher Fazieswechsel von Norden gegen Süden beobachten. Dem vorwiegend sandigen, höchst gleichförmigen Cenoman der Allgäu-Decke mit flyschartiger Fazies, das über Neokom transgrediert und in der Nähe einer nördlichen Schwelle aus kristallinen Gesteinen abgelagert wurde, steht die Vielgestaltigkeit des südlicheren der Lechtal-Decke gegenüber. Wieder liegt, wie im Lias, ziemlich weit im Norden eine Schwelle, hier aber von noch größerer stratigraphischer Bedeutung, da sie zur Faziesscheide zwischen dem Cenoman der beiden Decken wird. Der Schmiedlaine-Zug trägt deutlich diesen Schwellencharakter, indem die Transgression gleichmäßig bis auf den Hauptdolomit hinabging, der vielleicht schon vielfach bloßgelegen haben wird, ehe die Transgression erfolgte, also ähnlich wie im untersten Lias.

So ist auch die tektonisch wichtige Frage: wohin gehört das Cenoman des Schmiedlaine-Zuges samt seiner meist gerade noch erhaltenen Haupt-dolomit-Unterlage(?) nur stratigraphisch zu beantworten, nämlich einfach durch die Beobachtung, daß in der Allgäu-Decke nirgends die

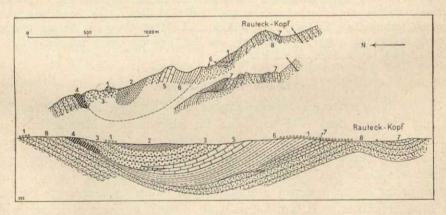


Abb. 13 Heutiges Profil N. vom Herzogstand (oben). Vorcenomanes Idealprofil (unten).

1 = heutige Cenoman-Verbreitung; 2 = Lias-Fleckenkalke und -Mergel; 3 = Lias-Dogger Kieselkalk; 4 = Hierlatz-Kalk; 5 = Oberrhät-Kalk; 6 = Kössener Schichten; 7 = Plattenkalk 8 = Hauptdolomit.

Cenoman-Transgression bis auf den Hauptdolomit hinabgeht, ja, im Gegensatz zum Ammergau (Kockel-Richtre-Steinmann 1931) nicht einmal bis unter das Neokom. Es ist also in der Allgäu-Decke nicht einmal eine schwache Faltung des Cenoman-Untergrundes nachzuweisen, wenn man nicht die sicher nur ganz geringen Unebenheiten, die auf einer unregelmäßigen Mächtigkeit des Neokoms beruhen können, schon hierzu rechnen will.

Auf diese Schwelle mit dem Schmiedlaine-Cenoman folgt der große Muldenzug, in dem die Transgression über Lias im Osten und Oberrhät-Kalk, Kössener Schichten und Hauptdolomit im Westen erfolgte. Im Süden dagegen kündet sich eine neue Schwelle an, da das Cenoman erst über Kössener und Plattenkalk, schließlich über Hauptdolomit lagert.

Die junge Tektonik hat eigentümlicherweise bis heute wenig an den Grundzügen des vorcenomanen Reliefs zu ändern vermocht. Sättel und Mulden sind daher vor- und nachcenoman zugleich. Allerdings ist über den Schwellen das Cenoman vollständig abgetragen (Herzogstand) und nur, örtlich, stärker eingefaltet, an den Flanken erhalten geblieben (N. vom Rauteck-Kopf). Diese große Schwelle im Süden läßt sich von den Vilser Alpen bis weit nach Osten über unser Gebiet hinaus verfolgen, wo O. vom Kochel-See nur das Achsensteigen zu steil ist, als daß Cenoman-Reste hätten erhalten bleiben können.

### II. Tektonischer Teil.

Zur Ergänzung der tektonischen Abschnitte mögen die beigegebenen vergrößerten Kartenausschnitte, die tektonische Karte und Profiltafel dienen. Die Bezeichnungen der einzelnen tektonischen Einheiten halten sich nach Möglichkeit an die von Kockel-Richter-Steinmann (1931) gebrauchten, um den Zusammenhang mit dem Nachbargebiet leichter verständlich zu machen.

### 1. Die Lechtal-Decke.

Sie ist die oberste tektonische Einheit im Kartengebiet. An ihrer Stirn beginnt sie mit dem Ältesten, also im allgemeinen Muschelkalk und Partnach-Schichten, die tektonisch verschieden stark abgescheert sind, z. B. an der westlichen Kartengrenze. Schließlich fehlen sie sogar samt Wetterstein-Kalk und Raibler Schichten (außerhalb der Karte). Umso erstaunlicher ist an anderen Stellen die oft kaum nennenswerte Störung des Muschelkalkes, z. B. am Gems-Kopf. Damit beginnt gleichzeitig der Nordflügel des Großen Muldenzuges.

Der große Muldenzug. — Wir haben dieses bedeutsame tektonische Bauelement schon bei der Erörterung der vorcenomanen Tektonik kennen gelernt. Dieses Zusammenfallen alter und junger Faltung, bzw. die Erhaltung so alter Strukturen, ist eine der merkwürdigsten Erscheinungen

im alpinen Bau. Das tektonische Auskeilen des Wettersteinkalk-Nordflügels gegen Westen kam gerade noch auf der Karte und Abb. 14 zur Darstellung. Aber ganz fehlt er von hier bis Ohlstadt — im Gegensatz zu Knauer's Karte (1906) — nicht, sondern er tritt z. B. O. der Festkapelle u. a. O. wieder — aus Partnach-Schichten, Wetterstein-Dolomit und Kalk bestehend — als schmaler Zug auf.

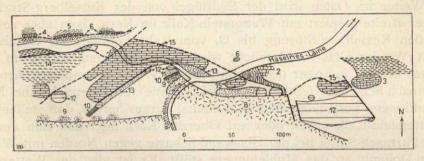


Abb. 14

Vergrößerte Kartenskizze der oberen Haselries-Laine am Westrand des Positionsblattes Kochel.

1 = dunkelgraue Geröllmergel und bräunlich-grauer Cenoman-Sandstein; 2 = Neokom-Aptychenkalk; 3 = Malm-Aptychenschichten; 4 = roter Malm-Kalk; 5 = Radiolarit; 6 = Dogger-Kieselkalk; 7 = Lias-Fleckenmergel; 8 = Hauptdolomit; 9 = Rauchwacke der Raibler Schichten; 10 = Mergel der Raibler Schichten; 11 = Sandstein der Raibler Schichten; 12 = Wetterstein-Kalk; 13 = Wetterstein-Dolomit; 14 = Mergel der Partnach-Schichten; 15 = Kalk der Partnach-Schichten (zwischen 3 und 7 Radiolarit).

Am Stein ist der Nordflügel gedoppelt durch Verschuppung mit Raibler Schichten, die am Westufer des Sees in 700 m Höhe ausstreichen. Boden (1930, S. 236) hält diesen verschuppten Flügel für die Fortsetzung der Benediktenwand-Mulde, obwohl Hahn (1914, S. 125) die Zusammenhänge schon richtig erkannt hatte. Wenn es sich um eine normal gebaute Teilmulde handeln würde, so müßte sie wenigstens bei Joch in ihrer östlichen Fortsetzung durch größere Mächtigkeit des Wetterstein-Kalkes noch angedeutet sein. Vom Säg-Bühel an liegt aber wieder ein geschlossener Nordflügel vor, der gegen Osten durch eine große Anzahl von Störungen zerhackt und schließlich flexurartig aus seinem normalen OW.- bis in NO.-Streichen gedreht wird und erst im Glaswand-Gebiet wieder größere Mächtigkeiten erreicht. Hier fällt er teilweise sehr flach nach Süden ein (Verkarstung und Vererzung).

Der Südflügel des großen Muldenzuges besteht im Westen zwischen der Hochplatte im Ammergau und dem Südostufer des Kochel-Sees (etwa 36 km Zwischenraum) nicht aus Wetterstein-Kalk, sondern jüngeren Schichten (meist Hauptdolomit). Im Heimgarten—Herzogstand-Gebiet

verläuft er vom nordüberkippten Sattel S. der Kaltwasser-Laine (S. 99 beschrieben) über den Käser-Berg (beide Örtlichkeiten westlich außerhalb der Karte) bis N. vom Rauteckkopf-Cenoman. Er riegelt also die oben genannte südliche junge Cenoman-Mulde schief zu derem Streichen gegen die altangelegte nördliche ab. Verschiedene Oberrhätkalk-Felsen deuten den Verlauf dieser Sattelzone unter der Cenoman-Bedeckung an.

Weiter im Osten wird der Südflügel von der Kesselberg-Straße in voller Breite gequert mit Wetterstein-Kalk im Kern, dann aber von der großen Kesselberg-Störung bis O. vom Rabenkopf-Graben verschoben. Erst W. der Glas-Wand taucht wieder der Wetterstein-Kalk im Südflügel heraus, ja sogar dessen Sattelkenn N. der Glaswand-Scharte mit Partnach-Schichten (Abb. 19). Dabei ist eine recht beträchtliche Nordüberkippung vorhanden. Das geht einmal daraus hervor, daß stellenweise Wetterstein-Kalk neben oder auf Oberrhät-Kalk liegt und zum anderen der Partnach-Sattel bei der Glaswand-Scharte gegen Norden mit Wetterstein-Dolomit an das Muldeninnere stößt. Es ist also der Wetterstein-Kalk stark vermindert.

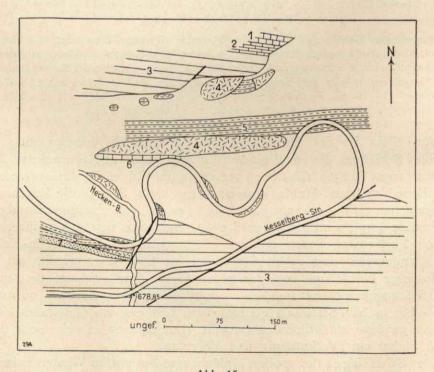


Abb. 15 Vergrößerte Kartenskizze der unteren Kesselberg-Straße.

1 = Muschelkalk; 2 = Partnach-Schichten; 3 = Wetterstein-Kalk; 4 = Hauptdolomit; 5 = Kössener Schichten; 6 = Plattenkalk; 7 = Gehänge- und Verwitterungsschutt.

An diesen beiden einzigen Stellen im Gebiet, wo der Südflügel des großen Muldenzuges aus Wetterstein-Kalk besteht, ist dieser steil hochgepreßt worden, wobei die Raibler Schichten abgescheert in der Tiefe zurückblieben, bzw. fetzenweise mitgeschleift wurden.

Den Kern des großen Muldenzuges bildet im Westen Cenoman, dann bei östlichem Achsensteigen dessen Unterlage, der Lias- und Dogger-Kieselkalk und schließlich der Oberrhät-Kalk. Ein leidlich vollständiges Profil durch die Mulde (bis auf das Fehlen der nördlichen Kössener Schichten) bietet sich nur S. von "Am Stein". Allerdings ist infolge tiefer Achsenlage der Wettersteinkalk-Südflügel von jüngeren Formationen bedeckt.

Die Schichtverminderungen zeichnen vor allem die vollständigen Mulden, d. h. die mit hochgepreßtem Südflügel aus Wetterstein-Kalk, aus. Einen Einblick in einen solchen Muldenbau gewinnen wir an der unteren Kesselberg-Straße (Abb. 15). Im Südflügel liegen Kössener Schichten, Hauptdolomit und Wetterstein-Kalk in überkippter Lagerung (Abb. 16 und Fig. 9 auf Tafel 5). Am Kien-Stein tritt der Oberrhät-Kalk unmittelbar an den Wetterstein-Kalk, dessen vererzte, also unversehrte Oberfläche kaum derartige Verminderungen der darüber folgenden Schichtglieder ahnen läßt.

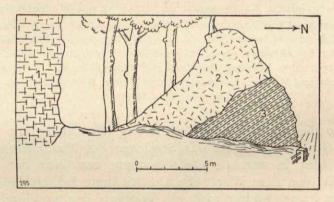


Abb. 16

Profil am Südflügel der Wettersteinkalk-Mulde an der unteren Kesselberg Straße.

1 = Wetterstein-Kalk; 2 = Hauptdolomit; 3 = Kössener Kalk.

Sehr verwickelt sind die Verhältnisse beim Laingraben-Fall:

Ein Durcheinander von verschiedenen Schichten (Partnach-Kalk bis Oberrhät-Kalk) auf engem Raum bezeichnet diese Stelle, an der Blattverschiebungen mit dem Stirnrand der Lechtal-Decke zusammentreffen. Auch im Saulach-Graben ist diese Zone noch reichlich gestört.

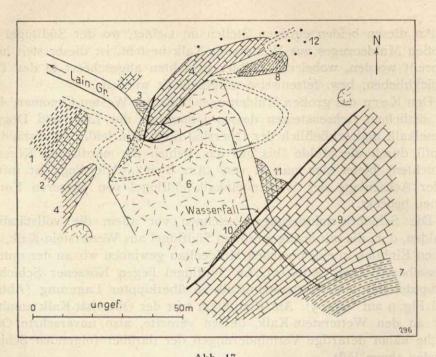


Abb. 17 Vergrößerte Kartenskizze der Laingraben-Wasserfälle.

1 = Lias-Fleckenmergel und Radiolarite; 2 = Neokom-Aptychenkalke; 3 = Partnach-Mergel; 4 = Partnach-Kalk; 5 = Wetterstein-Dolomit; 6 = hellgelber-grauer(?) Hauptdolomit; 7 = Kössener Schichten; 8 = hellblauer, dünnbankiger Kössener oder Raibler Kalk; 9 = Oberrhät-Kalk; 10 = zerquetschte Kössener Schichten und Hauptdolomit; 11 = Quetschzone mit: Kössener Kalken und Mergeln, Hauptdolomit und Raibler Dolomit mit Gips- und Anhydrit-Bändern; 12 = Moräne.

Dort, wo die große Kesselberg-Störung den Muldenzug verläßt, im Rabenkopf-Graben, schwenkt das Streichen des Muldenkerns aus SW. bis NO. wieder in normale OW.-Richtung um. Nur der Nordflügel behält bis W. von "Am Wurf" die alte Richtung bei, so daß die Mulde gegen Osten immer breiter wird, ein Vorgang, der nur durch ein nordgerichtetes Vorwandern der Deckenstirn gedacht werden kann, worauf Hahn (1914, S. 124) schon hingewiesen hat. Damit stehen auch die tektonisch verwickelten Verhältnisse im Rabenkopf-Graben (Abb. 18) im Zusammenhang.

Bis zum Stein-Graben ist der Bau der Deckenstirn dann wieder normal. Schließlich geht aber auf deren (Muschelkalk und Partnach-Schichten) und der Allgäu-Decke Kosten die Ausdehnung des Muldenkerns samt Nordflügel nach Norden. Die Allgäu-Decke wird dabei bis zu den Kössener Schichten der Schwarzenberg-Schuppe überfahren. Der Wettersteinkalk-Nordflügel ist etwa 600 m vorgewandert, bzw. liegt W. vom Pessen-Bach um diesen Betrag weiter im Norden, als östlich. Leider läßt sich das flexurartige Zurückschwenken infolge mangelnder Aufschlüsse nicht unmittelbar beobachten. Immerhin kann durch die Kössener Schichten und den Hauptdolomit an der Ostflanke dieser Vorschleifungszone mit einiger Sicherheit darauf geschlossen werden. Mit dieser ganzen nach Norden gerichteten Vorschleifung hängt zweifellos die den Glaswand-Sattel nach Süden und Südwesten begrenzende Störung zusammen. Ebenso auch die vielleicht dabei erfolgte steile Gipfelschuppung (Abb. 21).

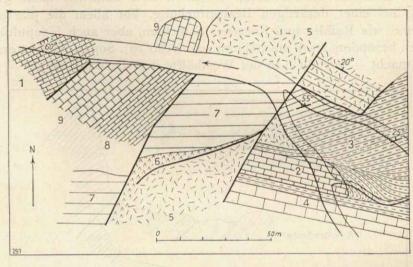


Abb. 18

Vergrößerte Kartenskizze des Rabenkopf-Grabens von 860-950 m.

1 = Neokom-Aptychenschichten;
 2 = Oberrhät-Kalk;
 3 = Kössener Schichten;
 4 = Plattenkalk;
 5 = Hauptdolomit;
 6 = Raibler Dolomit usw.;
 7 = Wetterstein-Kalk;
 8 = Partnach-Schichten;
 9 = Muschelkalk.

Der Südflügel der Mulde wird von dieser Bewegung nicht ergriffen. Er streicht vom Rabenkopf-Graben an fast geradlinig durch gegen Osten. Oberrhät-Kalk, Kössener Schichten, Hauptdolomit und etwas Raibler Schichten bilden die Muldenfüllung an der Glas-Wand. Die schon erwähnten Reduktionen erreichen hier ihren Höhepunkt.

Die Lösung der Raumfrage bietet ganz allgemein innerhalb der Mulden manche theoretische Schwierigkeiten, vor allem, wenn man bedenkt, daß so mächtige Formationen, wie der Hauptdolomit, bis auf Bruchteile ihrer ursprünglichen Mächtigkeit ausgedünnt wurden. Schließlich können sich die Mulden nach der Tiefe zu nicht so stark verbreitern,

daß die fehlenden Gesteinsmassen dort zu suchen wären! Die Tiefe und Beschaffenheit des Muldenbodens entzieht sich leider völlig unserer Kenntnis. Vielleicht erreichen hier an der Umbiegung die Schichten ihre normale oder sogar noch größere Mächtigkeit, falls der Muldenboden nicht überhaupt abgescheert ist, womit wohl in vielen Fällen zu rechnen ist.

Die einfachste, aber nicht völlig befriedigende Erklärung für diese Reduktionen liegt in der Annahme einer starken Dehnung und Ausdünnung der Schichten bei der Faltung. Je enger und spitzwinkliger diese ist, umso größer wird die Spannung und Reduktion sein.

Die einzelnen Gesteinsarten verhalten sich natürlich nicht gleichmäßig bei einer derartigen Beanspruchung. Vor allem die plastischen Gesteine, wie Raibler und Kössener Schichten, aber auch Hauptdolomit, können besonders stark ausgedünnt sein (Abb. 19). Sogar der Wetterstein-Kalk macht — vor allem in der Westhälfte der Glaswand-Mulde — diese

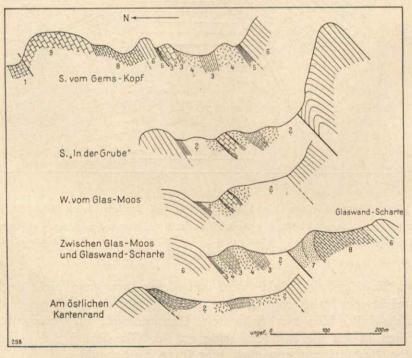


Abb. 19
Fünf Profile durch die Glaswand-Mulde.
(Etwas schematisiert).

1 = Neokom-Aptychenkalk; 2 = Oberrhät-Kalk; 3 = Kössener Schichten; 4 = Hauptdolomit; 5 = Raibler Sandstein, Kalk und Schmiere; 6 = Wetterstein-Kalk; 7 = Wetterstein-Dolomit; 8 = Partnach-Schichten; 9 = Muschelkalk.

Verminderung mit, wenn auch nicht in dem Ausmaße wie die Schichten innerhalb der Mulde.

Sehr deutlich ist zu beobachten, daß die Reduktionen nur in den vollständigen Mulden, d. h. in denen mit hochgepreßtem Südflügel, beträchtlich sind, während sie, wie wir schon sahen, in den Halbmulden, z. B. W. vom Kochel-See, nur eine untergeordnete Rolle spielen. Sie sind also zweifellos abhängig von einer sehr engen, steilen Faltung. Diese Beobachtung ist von Wichtigkeit, wenn im folgenden auf die Hypothese Hahn's eingegangen wird. Er weist (1914, S. 123) auf die Verschiedenheit der Fazies zwischen der Benediktenwand-Glaswand-Mulde und den angrenzenden Gebieten (südliche Allgäu-Decke und Fenster SO. der Benedikten-Wand) hin und faßt den Kern der "Zentralmulde" als Teil einer Überschiebungsmasse auf, die er gegen Westen in Verbindung mit der oben beschriebenen Nordvorschleifung N. vom Raben-Kopf bringt. Mit dieser Annahme glaubt er vor allem die Schichtverminderungen in der Mulde durch "Schubverschleifung" erklären zu können. Der Überschiebung selbst, die auf dem Wetterstein-Kalk als Unterlage abscheerend vor sich ging, spricht er kein allzu großes Ausmaß zu.

Die Vorstellung einer abgescheerten und über den steil stehenden Südflügel hinweggeschobenen oberen Schichtenfolge der Muldenfüllung erklärt die Schichtreduktionen entschieden besser, als die einer durch steile Faltung verursachten Dehnung und Ausdünnung.

Für den Fall N. des Raben-Kopfes ist diese an und für sich geniale Lösung denkbar, nicht aber für die Zentralmulde, sahen wir doch, daß deren Anlage schon vorcenoman war. Eine spätere Überschiebung ist also undenkbar. Außerdem wüßte ich nicht, wo W. vom Kochel-See in der normal gebauten Halbmulde die Überschiebung hinzuverlegen wäre, zumal hier auch keine starken Verminderungen mehr vorhanden sind.

Das südliche Hauptdolomit-Plattenkalk-Gebiet. — Es entwickelt sich aus dem großen Muldenzug dort sichtbar heraus, wo dieser als Halbmulde ausgebildet ist. Wo aber der Wetterstein-Kalk im Südflügel hochgepreßt ist, folgt es unmittelbar auf diesen, wenn nicht ganz dürftige Fetzen von Raibler Schichten dazwischenliegen. Bei diesem Vorgang blieb der Wetterstein-Kalk an seiner Südseite unversehrt, wie es schon am Kien-Stein gezeigt wurde. Ein weiteres Beispiel liegt O. von Joch, wo der Wetterstein-Kalk, den die Kesselberg-Straße quert (Abb. 15), vererzt und altverkarstet ist, obwohl ihm der Hauptdolomit tektonisch unmittelbar auflagert. Dabei ist dieses auf tektonische Beanspruchung sonst so empfindlich reagierende Gestein auf Kosten der Raibler Schichten kaum gestört. Andernorts dagegen ist es, wenn oft gar kein äußerlich sichtbarer Grund vorzuliegen scheint, auf weite Strecken mylonitisiert.

(Derartige Stellen sind auf der Karte durch längeres Fehlen von Fallzeichen zu erkennen).

Nördlich vom Herzogstand liegt nur ein Plattenkalkzug (vielleicht ein zweiter unter dem Cenoman), der W. vom Stollen an einer Verwerfung beträchtlich gehoben ist und über dem Kessel-Berg fehlt, wobei nicht zu entscheiden ist, ob aus tektonischen (Achsensteigen) oder stratigraphischen Gründen, da die nördlichste Plattenkalk-Fazies ja sehr unbeständig ist. Die topographische Höhenlage ist außerdem annähernd dieselbe, wie weiter im Westen.

Während die Entfernung vom Heckenbach-Sattel bis zu diesem Plattenkalkzug etwa 550 m beträgt, liegen O. vom Kochel-See 2000 bis 2350 m dazwischen. Der Faltung stand hier also ein viel größerer Raum schon präcenoman zur Verfügung, denn nur durch die Kombination vorcenomaner mit tertiärer Tektonik läßt sich hier die Raumfrage lösen. So kommt es zur Einmuldung von zwei weiteren, südlicheren Plattenkalkzügen, in denen einmal das Rabenkopf-Gebiet und zum anderen Sonnen-Spitz, Bergels-Kopf und die Almen S. der Glas-Wand liegen.

Der Heckenbach - Sattel. — Zwischen Gras-Eck und Joch-Berg verläuft eine Sattelzone, die im Hecken-Bach sehr gut aufgeschlossen ist (Fig. 3, Tafel 2). Es handelt sich um einen durchschnittlich etwa 15 m breiten, heftig gestörten Zug aus Raibler Sandsteinen, Mergeln, Dolomiten, Rauchwacken und Kalken, der im Sattelkern aufgeschleift worden ist (Abb. 20). Westlich von P. 886 kommt sogar sehr verquetschter Wettersteinkalk vor, der als solcher noch an seiner Vererzung zu erkennen ist. Der Bach fließt O. von P. 886 eine längere Strecke genau in dieser Aufschleifungszone. Ganz im Osten, an der Kartengrenze, sind die schwarzen

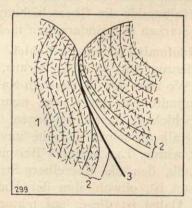


Abb. 20

Schematisches Profil durch den Heckenbach-Sattel.

1 = Hauptdolomit; 2 = Raibler Dolomit, Kalk, Rauchwacke, schwarze Mergel und Sandstein; 3 = Wetterstein-Kalk.

Raibler Kalke weniger gestört. Man könnte denken, der Sattel wäre hier geringer, vielleicht gar nicht mehr hochgeschleift, wenn nicht die oberen Teile der Raibler Schichten gänzlich fehlen würden.

Südlich vom Lausberg-Kopf liegt unter dem Bach, um rd. 1,1 km zurückversetzt, die Fortsetzung des Sattels, die beim Bau des Walchensee-Stollens angefahren wurde. Wiederum an einer Loisach-Störung zurückversetzt, wird sie im Hammerbach-Tale liegen. Dann zieht sie unter den Nordabstürzen des Herzogstandes entlang, um sich zwischen Rauteck-Kopf und dem Grat im Gebiet des Heimgartens fortzusetzen. Hier sind trotz der gewaltigen Ausdünnung des Nordflügels nirgends mehr Raibler Schichten aufgeschlossen. Die Aufschleifung im Sattelkern gibt sich im Gelände aber deutlich an dem beträchtlich mylonitisierten Hauptdolomit der unteren Hälfte der Nordwand zu erkennen. Außerdem liegt wenig nördlich schon wieder der Plattenkalk des Rauteck-Kopfes.

Schon Hahn (1914, S. 125) ist diese "Bewegungsbahn unter dem Scheitel des Herzogstandes" aufgefallen. Er bringt allerdings das Cenoman-Konglomerat W. vom Rauteck-Kopf, das er für eine Verwerfungsbresche hält, damit in Zusammenhang.

Nach Westen ist diese Sattel-Aufschleifung noch bis S. von Ohlstadt zu verfolgen (Hahn, S. 142). Sie findet ihre Fortsetzung aber nicht im Oberauer Sattel, wie man zuerst annehmen möchte. Dieser liegt vielmehr weiter nördlich (nach Niedermayer [1936] im Eschenlaine-Tal).

Die Jochberg-Martinskopf-Mulde. — Herzogstand und Joch-Berg bilden mit ihren Nord- bzw. Nordwest-Abstürzen den Südflügel des Heckenbach-Sattels und gleichzeitig auch den Nordflügel einer großen Mulde von Plattenkalk-Kössener Schichten. Sie beginnt W. vom Martins-Kopf und verbreitert sich deutlich gegen Osten, hebt aber an der Reißen-Wand in 980—1050 m Höhe aus, da das Achsenfallen mit etwa 100 gegen Osten doch bedeutend sanfter ist, als die Hangneigung. Die östliche Fortsetzung der Mulde jenseits des Sees zeigt demgegenüber ein westliches Achsengefälle von mindestens 170. Dabei ist zu berücksichtigen, daß dieser Winkel nur einen Mittelwert darstellt, denn die Muldenachse liegt bei den Kössener Schichten der Herzogstandhäuser am tiefsten, steigt aber gegen Osten wieder etwas an, wie da- umlaufende Streichen des Plattenkalkes N. und S. der Reißen-Wand zeigt. Die Mulde ist hier also etwas aufgebogen. Am Seeufer sind allerdings Schicht- und Achsenfallen schon wieder nach Osten gerichtet. Östlich der Kesselberg-Störung ist dieser Teil erheblich abgesunken, wie aus der außergewöhnlichen Breite der Mulde und den zahlreichen Vorkommen von Kössener Schichten hervorgeht.

Diese Jochberg-Mulde wird S. von Urfeld, vielleicht in der Mitte der

Bucht, ausheben. Die Tiefenkarte des Walchen-Sees von Fels (1928) läßt dies vermuten (Urfelder Berg!). Sie kann in hervorragendem Maße zur Ergänzung der Tektonik dienen, wie wir noch im folgenden sehen werden.

An der Kesselberg-Störung ist das Streichen an der Westseite des Joch-Berges auf etwa N. 55°O. gedreht, an der Nordseite dagegen schon wieder normal W—O.

Die Blattverschiebungen bewirken im Falle der Loisach-Störungen eine Absenkung des südöstlichen Teiles gegenüber dem nordwestlich der Störung gelegenen, eine Erscheinung, die gerade am Beispiel der Jochberg-Martinskopf-Mulde ausgezeichnet zu beobachten ist. Westlich der Reißen-Wand ist der Plattenkalk entlang der ihn nach Norden abschneidenden Loisach-Störung beträchtlich eingekippt und zwar im Norden mehr als im Süden. Der Winkel läßt sich sogar ungefähr ermitteln: N. der Reißen-Wand liegt die Untergrenze bei 980 m und S. bei 1050 m. das entspricht einem Winkel von rd. 50. Entlang der Störung ist auch eine Mulde von Kössener Schichten abgesunken und in einem schmalen Streifen erhalten geblieben. Auf ihr liegt das Joch mit den Herzogstand-Häusern. An ihrem nordöstlichen Ende keilt sie zwischen Plattenkalk und Hauptdolomit aus. Gegen Südwesten hebt dagegen die Störung aus. Durch diese Einkippung<sup>1</sup>) gegen Nordwesten reicht die Nordgrenze des Plattenkalkes beiderseits vom See fast gleich weit nach Norden, so daß der Versatz der Kesselberg-Störung kaum zum Ausdruck kommt. Erst beim Vergleich der beiden Kössener Mulden, die einander entsprechen (bei den Herzogstand-Häusern und bei der Jocher Alpe), ergibt sich ein Versatz der östlichen von rd. 1,5 km gegen Nordosten.

Mit der allgemeinen flexurartigen Drehung der östlichen Muldenhälfte vom Dessel-Kopf bis zur Jochberg-Spitze ist auch die Achsenrichtung der Jocheralp-Mulde festgelegt. Bei westlichem Achsenfallen zieht sie in der dargestellten Weise den Dessel-Graben bis unter 1200 m abwärts. Es ergibt sich daraus wieder ein Achsengefälle von etwa 100. Der Südflügel der Mulde ist nach Norden überkippt. Die südlich folgende Aufsattelung entspricht dem Fahrenberg-Kopf. Die nächste Mulde mit Kössener Schichten liegt erst 200 m tiefer. Sie hebt nach Westen am Schlegel-Filz bei 1200 m aus, ihr Achsenfallen ist bereits deutlich nach Osten gerichtet. In dieser Richtung gliedern sich immer neue Teilmulden an.

Die Rothwand-Verwerfung. — Südlich vom Sattel des Mitter-Berges liegt die nächst größere Mulde von Kössener Schichten, ebenso wieder

<sup>1)</sup> des östlich der Loisach-Störung gelegenen Teiles.

S. vom Pfeng-Berg. Dieser vierte Kössener Zug steht weiter westlich nicht mehr in gewöhnlichem Kontakt mit dem Plattenkalk, sondern ist an einer Verwerfung gegen diesen abgesunken. Der Plattenkalk fällt N. vom Sachenbacher Tal, abgesehen von der Kartenostgrenze, steil und N./vom Futterplatz sehr flach gegen Norden und streicht auf lange Strecken spitzwinklig auf die Kössener Schichten zu. Bei P. 805 überschreiten die Kössener Schichten, nur noch wenige Meter breit, den Weg Urfeld-Sachenbach. Der Südflügel dieser Mulde ist normal gebaut. Südlich der Rothwand läßt die nach ihr von Niedermayer (1936) so benannte Verwerfung Plattenkalk und Kössener Schichten an Hauptdolomit grenzen. Sie streicht hier die letzte Strecke W. vom Walchen-See schon genau W.-O. (wie O. vom See). Beim Dorf Walchensee grenzt sie an die Kesselberg-Störung, durch welche sie etwa 1,25 km nach NNO. bis in ungefähre Höhe der Reißen-Wand versetzt wird. Ob die Verwerfung, wie Niedermayer angibt, nach Norden einfällt, war im Kartengebiet nicht festzustellen.

Blattverschiebungen. — Für den tektonischen Bau des Alpenrandes, besonders aber des Kochelsee-Gebietes, sind die Blattverschiebungen von großer Bedeutung. Sie sind gleichzustellen den Loisach- und Ammer-Störungen Kockel-Richter-Steinmann's (1931). Für unser Gebiet ist aber nur das erste System von Wichtigkeit. Es ist seit Gümbel (1861) wiederholt Gegenstand eingehender Untersuchungen gewesen, nicht zuletzt im Zusammenhang mit der Erbauung des Walchensee-Kraftwerkes, dessen Druckstollen gerade durch ein ganz besonders gestörtes Gebiet geführt werden mußte. Es ist das Verdienst von Knauer (1906, 1910, 1924), diese Störungen im wesentlichen richtig erkannt zu haben. In das Schrifttum sind sie seitdem vielfach als "Kesselbergstörungen" eingegangen.

Sie verlaufen mehr oder weniger steil von SW. nach NO. und verschieben die östlich von ihnen liegende Gebirgshälfte gegen NO. bei gleichzeitiger Einkippung derselben gegen W. Das Höchstmaß der Absenkung liegt also an der Störung selbst.

Am bedeutendsten ist die große Loisach-Störung, die heute von Wamberg bis Tölz, also über rd. 40 km, verfolgt werden kann. Sie verläuft davon allein 13 km durch unser Gebiet, nachdem im Süden die Krottenkopf-Mulde von ihr um 1300 m verschoben worden ist. Ähnliche Verschiebungsbeträge erreicht sie auch im Kochel-Walchensee-Gebiet. So sahen wir schon, daß die Rothwand-Störung 1,25 km, die Jochberg-Martinskopf-Mulde rd. 1,5 km und der Heckenbach-Sattel etwa 1,1 km nach Nordosten verschoben worden sind. Auf ihr beruht die Steilheit des westlichen Walchensee-Ufers. Sie fällt (genau mit diesem zusammen) etwa 45° (nach Fels [1928] am Kirchel) gegen Osten ein.

Die tektonische Karte zeigt, daß nicht etwa wie bei KNAUER (1910 und 1924), zwei parallele Störungen von Urfeld an unser Gebiet durchziehen, sondern nur eine große, die allein in Zukunft als Kesselberg-Störung bezeichnet werden möge. Es ist demnach auch die von KNAUER südlich des Hauptdolomites der Schwarzenberg-Schuppe gezeichnete nicht vorhanden. Die Kesselberg-Störung streicht N. 270 O. bis N. vom Kessel-Berg, dreht dann aber mehr und mehr nach Osten und verläuft mit N. 500 O. am südlichen Hauptdolomit-Plattenkalkgebiet entlang, wobei sie eine große Anzahl steiler verlaufender Blattverschiebungen in den dadurch sehr zerstückelten Kern des großen Muldenzuges entsendet (siehe tektonische Karte!). Sie ähneln täuschend den Fiederklüften (CLOOS 1929), haben aber nicht deren Funktion. Sie endigen vom Südufer des Kochel-Sees bis zum Rabenkopf-Graben immer genau an der Stirn der Lechtal-Decke, die selbst noch mit versetzt wird, richten dagegen in der Allgäu-Decke kein Unheil an. Die Kesselberg-Störung tritt sodann zwischen Raben-Kopf und Stein-Graben in das Gebiet der Allgäu-Decke ein und, N. der Kohlstatt steiler werdend, in den Flysch, dem sie solange ausgewichen war. Im Mark-Graben zieht sie zwischen Zementmergeln und Gault in den Reiselsberger Schichten entlang und verläßt unser Gebiet schließlich. Von hier an gegen Osten ist sie von Boden (1925) kartiert worden.

Für die zweite große Loisach-Störung, die Boden S. der Kohlstatt und durch den Zusammenfluß von Schmied-Laine mit Schaftls-Graben verlaufen läßt, bestehen in unserem Gebiet keine Anhaltspunkte. Vielleicht versetzt sie den Hauptdolomit des Schwarzen-Berges etwas nach Nordosten und geht sie zwischen diesem und den dazu gehörigen Raibler Schichten beim obersten Wasserfall der Schmied-Laine hindurch, vielleicht auch in der Kot-Laine an der Stirn der Allgäu-Decke, also zwischen Cenoman und Flysch, entlang. Einwandfrei ist sie dann aber durch den Versatz dieser Grenze bis nördlich vom Vogel-Kopf nachzuweisen.

Die übrigen Loisach-Störungen erreichen weniger große Bedeutung. Südlich vom Martins-Kopf beginnt eine N. 60° O. verlaufende, die sich wahrscheinlich S. vom Lausberg-Kopf mit der Kesselberg-Störung vereinigt, falls sie nicht blind endigt. Auf die beträchtliche Absenkung östlich dieser Störung wurde schon an anderer Stelle hingewiesen.

Im Flysch-Gebiet konnten Blattverschiebungen nur ganz selten beobachtet werden.

Das zweite System, das der Ammer-Störungen, kommt — sicher nachweisbar — nur SW. vom Kochel-See einige Male im Wetterstein-Kalk vor, erlangt also gar keine Bedeutung für den tektonischen Gesamtbau des Gebietes.

Sichere Anhaltspunkte für das Alter der Blattverschiebungen sind:

- 1. Nach mechanischen Versuchen von CLoos (1929, 1930) müssen sie als Äußerungen der Dehnung im Verlauf der Alpenfaltung aufgefaßt werden, mithin also gleiches Alter wie diese haben. Dabei sind sie etwas jünger als manche Verwerfungen, z. B. die Rothwand-Verwerfung, da sie diese versetzen.
- 2. Die bekannten Altflächen sind auf beiden Seiten der Störung gleich hoch, waren also zur Zeit der Blattverschiebungen noch nicht vorhanden, zumindest noch nicht zur Zeit des altpliocänen oberen Eckenberg-Niveaus, das sich nach Niedermaver (1936) zwischen Krotten-Kopf und Simmets-Berg gleichmäßig über eine große Loisach-Störung hinweg ausbreitet. In unserem Gebiet liegen auch für die jüngeren Altflächen genügend, aber nicht so schöne Beispiele vor.

Der Einwand, daß die Störungen nicht fast geradlinig über weite Strecken verlaufen könnten, wenn sie altangelegt wären, also die jüngere Tektonik des Alpenkörpers schon mitgemacht hätten, wird sofort entkräftet, wenn man sich letztere vor Augen hält. Es zeigt sich nämlich, daß sie nicht eigentlich orogen ist, sondern sich in epirogenen Verbiegungen, Hebungen usw. äußert. Damit steht gut im Einklang der ja auch nicht so völlig diagonal-geradlinige Verlauf der Blattverschiebungen, der schon auf ihre Anlage, aber auch ebensogut auf spätere Verbiegungen zurückgehen kann.

Die im Kohlenflöz von Großweil beobachteten kleinen Verwerfungen mit Blattverschiebungen großen Ausmaßes in Beziehung zu bringen (KNAUER 1922, S. 52), halte ich für unmöglich.

Gipfelschuppen, Scheerflächen und Verwerfungen. — In nach Norden überkippten Sätteln, vor allem des Wetterstein-Kalkes, gehört die Gipfelschuppung ganz allgemein zu den bekanntesten Erscheinungen. In unserem Gebiet ist sie allerdings nur auf die Südseite der Glas-Wand beschränkt. Leider sind die Aufschlüsse hier recht mangelhaft. Man durchquert diese Zone am besten auf dem Weg von der Glaswand-Scharte zur Peterer Alm (und Jachenau). Auf den hangenden Wetterstein-Kalk, der weiter westlich vererzt und von grauen, wahrscheinlich Raibler-Dolomiten überlagert ist, folgt die erste Schuppe mit Wetterstein-Dolomit an der Stirn. Sie taucht nach Westen unter die Raibler Schichten ein. Es folgt dann eine zweite mit Partnach-Schichten (helle Hornsteinkalke), Wetterstein-Dolomit und -Kalk, die sehr unregelmäßig verteilt sind und damit auf weitere Verschuppungen schließen lassen. Die Zone endigt im Süden, an einer Ammer-Störung etwas zurückversetzt, mit Wettersteinkalk-Schubfetzen und Raibler Schichten (Abb. 21).

An der Jochberg-WNW.-Seite fallen schon von weitem dunkle, bewachsene, mit etwa 45° nach NW. einfallende Bänder auf, welche die Schichtköpfe spitzwinklig abschneiden und den ganzen Berg gestaffelt erscheinen lassen (Fig. 10, Tafel 5). Auch an der Nordwand des Herzogstandes begegnet uns wieder dieselbe Erscheinung, allerdings ohne deutliche Staffelung. Auch hier bilden die wieder von Latschen bestandenen und daher sehr gut aus der kahlen Wand hervortretenden Flächen mit der Schichtung des Hauptdolomites einen Winkel von rd. 65°, fallen also ebenfalls wieder mit rd. 45° nach Norden ein.

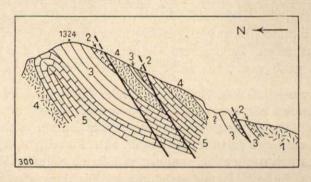


Abb. 21

Schematisches Profil der Gipfelschuppung S. der Glaswand-Scharte.

1 = Hauptdolomit; 2 = Raibler Schichten; 3 = Wetterstein-Kalk; 4 = Wetterstein-Dolomit; 5 = Partnach-Schichten.

In beiden Fällen handelt es sich um Scherflächen, durch welche die Mächtigkeit des Hauptdolomites wahrscheinlich tektonisch nicht unbeträchtlich vermehrt worden ist. Neuerdings wurde dieselbe Erscheinung auch von Kockel—Schmidt-Thomé—Custodis (1936, S. 173) vom Pfrontener Kien-Berg beschrieben.

Von größeren Verwerfungen treten nur zwei im Gebiet auf. Die Rothwand-Verwerfung wurde schon S. 58 beschrieben. Eine andere liegt S. vom Joch-Bach und bringt die östliche Fortsetzung des Plattenkalkes in höhere Lage. Sie streicht genau in Richtung der Loisach-Störungen, hat aber einen umgekehrten Versatz, als diese. Dennoch scheint aus ihr eine Blattverschiebung hervorzugehen, die an der Straße vom Walchensee-Kraftwerk zum Gasthof "Kesselberg" entlangstreicht (tektonische Karte!).

# 2. Die Allgäu-Decke mit dem Schmiedlaine-Zug.

Auf das Gebiet der Allgäu-Decke entfällt ein W. vom Kochel-See nur 1,5 und O. davon 0,5—2,15 km breiter Streifen. Und doch ist dieser schmale Raum viel verschiedenartiger gebaut, als der mächtige Raum der Lechtal-Decke. Für diese waren Faltung und Blattverschiebungen bezeichnend, in der Allgäu-Decke sind es Schuppungsvorgänge. Die Steilstellung der Schichten, die an der Stirn der Lechtal-Decke schon auffiel, setzt sich auch hier fort.

Die Cenoman-Randschuppe. — Auf die Eigentümlichkeiten an der Flysch-Grenze, die teilweise flyschähnliche Fazies des Randcenomans und seine gleichmäßige Lage über weite Strecken des bayrischen Alpenrandes wurde schon oben hingewiesen. Während die Decken normalerweise mit dem Ältesten an ihrer Stirn beginnen, ist es hier umgekehrt. Im Kalm-Bach finden wir das Cenoman unterbrochen durch einen schmalen, nordüberkippten Neokom-Sattel.

Die Lias-Schuppen. — In der Schmied-Laine folgt auf dieses Cenoman gegen Süden eine 550 m breite Schuppe, die gegen Westen nicht wiederkehrt, mit Lias und einem steil nordüberkippten Kössener Sattel.

Wenige Meter Hauptdolomit und Kössener Schichten sind, ebenfalls nur in der Schmied-Laine aufgeschlossen (Abb. 23 und 24), das Liegende der nächstfolgenden Dachsenberg-Schuppe. Während in der Schmied-Laine bei der Einmündung des Schaftls-Grabens gerade noch 1 m dieses Lias' ansteht, erreicht er am Dachsen-Berg eine Breite von 250 m und zieht gegen Westen über den Saulach-Graben und Rothen-Berg bis SW. von Schlehdorf, wo er überall kaum noch 100 m Breite erreicht. Auch außerhalb des Gebietes ist er gegen Westen und Osten ein ziemlich beständiges Bauelement dieser Schuppe. Hauptdolomit und Kössener Schichten kehren allerdings gegen Westen an der Basis dieser Schuppe nicht wieder. Eingemuldet ist auf längere Erstreckung der unten beschriebene Schmiedlaine-Zug als Rest der Lechtal-Decke.

Die Schwarzenberg-Schuppe. — Sie ist als nächstfolgende auf den Lias selbst oder, wie im Gipsbruch und O. davon, sowie im Saulach-Graben, N. vom Kreuz-Graben und in der Schmied-Laine, auf sein Hangendes (Kieselmalm bzw. Aptychen-Schichten) aufgeschoben. Die Basis ist eine — W. vom Kochel-See fast 450 m breite — Rauchwacken-Folge, in der auf der gegenüberliegenden Seeseite das Gipsvorkommen liegt. Dieses wird zusammen mit Rauchwacken und Dolomiten gegen Osten vorübergehend abgescheert, ist gerade noch im Saulach-Graben zu erkennen, während weiterhin bis zur Diensthütte N. vom Schwarzenberg-Kopf, wo wieder Rauchwacken anstehen, die Aufschlüsse fehlen. Nördlich vom Rabenkopf-Graben scheint sogar der Hauptdolomit weggescheert zu sein, so daß nur die Kössener Schichten an der Schuppenbasis erhalten geblieben sind. Das nächste und östlichste Vorkommen in unserem Gebiet liegt unter dem dritten Wasserfall der Schmied-Laine (Abb. 24 und 25).

Gegen Osten reichen diese Raibler Schichten mit den dazu gehörigen jüngeren Formationen der Schuppe N. der Benedikten-Wand bis zur Isar und über diese hinaus bis unter den Focken-Stein.

Der südlich folgende Hauptdolomit fällt am Schmalwinkel gegen die Raibler Schichten ein, ist also südlich rücküberkippt. Die Kössener Schichten sind nirgends aufgeschlossen, fehlen vielleicht überhaupt. In der Haselries-Laine folgt sofort der Jura. Hier und S. vom Schwarzenberg-Kopf nimmt die Schwarzenberg-Schuppe einen rd. 650 m breiten Raum ein im Gegensatz zur dazwischenliegenden Zone, wie am Bomben-Holz, im Lain-Graben usw., wo sie stark ausgedünnt und flexurartig gedreht worden ist. Von der Dehnung und Reduktion des dazwischenliegenden Gebietes werden Jura und Neokom besonders stark betroffen. Es ist höchst merkwürdig, daß trotzdem in allen Profilen noch alle Schichtglieder, wenn auch nur in Bruchteilen ihrer ursprünglichen Mächtigkeiten, vorhanden sind.

In der Haselries-Laine kommt es außer starker Verfaltung noch zu nordgerichteten Überschiebungen von Lias über Neokom sowie umgekehrt usw., kurz, zu einer lebhaften Verschuppung der einzelnen Horizonte (Abb. 14). Bemerkenswert ist das S.43 beschriebene Cenoman-Vorkommen, das nur einmalig hier an der Basis der Lechtal-Decke als Schubfetzen erhalten blieb (Abb. 10).

Genau so breit wie S. vom Schmalwinkel ist die Schuppe auch S. vom Schwarzenberg-Kopf. Hier ist aber nur eine flach südfallende Aufschiebung nachzuweisen und zwar von Lias auf Lias bzw. Radiolarit. Außerdem wurden hellgelbe, sandige Hauptdolomitfetzen von 5 und 10 m Länge zusammen mit Spänen von hellroten und weißen geflaserten Kalken (Dogger und Malm?) herausgeschuppt. Infolge mangelhafter Aufschlüsse ist wieder nicht zu entscheiden, wie die Überschiebungsbahn außerhalb der beiden Bäche, in denen der Hauptdolomit ansteht, aussieht. Gegen Süden folgt dann starke Spezialfaltung, vor allem des Neokoms, auf dem eine kleine Klippe von Muschelkalk der Lechtal-Decke am Gems-Kopf schwimmt.

In viel großartigerer Form treffen wir eine ähnliche Erscheinung im Schmiedlaine-Zug.

Der Schmiedlaine-Zug. — Er ist der Allgäu-Decke als ein Stück aus dem Nordflügel des großen Muldenzuges der Lechtal-Decke aufgelagert und eingemuldet. Wir sahen weiter oben (S. 47) schon, daß der große Muldenzug auf eine präcenomane Anlage zurückgeht, mithin die Transgression des Cenomans sowohl auf dem Nord- wie auf dem Südflügel über Hauptdolomit erfolgte. Im Schmiedlaine-Zug, einem Teil des Nordflügels, ist daher der Kontakt des Cenomans mit dem heute nördlich

davor liegenden Hauptdolomit, der nur in kümmerlichen Resten erhalten blieb, einwandfrei transgressiv.

Ein ähnlicher Fall liegt beim Falkenstein-Zug im Allgäu vor (Kockel-Schmidt-Thomé-Custodis, 1936). Nach Meinung der Verfasser (S. 190, Fußnote) gibt es dort, wo vor- und nachcenomaner Muldenbau zusammenfallen, keinen Falkenstein-Zug. Dem widerspricht das Auftreten des Schmiedlaine-Zuges, also des Gegenstückes zum Falkenstein-Zug, N. vom Heimgarten am Simmersberg (siehe S. 98) über Neokom und Malmaptychen-Schichten der Allgäu-Decke.

Im Ammergau (Kockel-Richter-Steinmann, 1931) fehlt der Falkenstein-Zug oder sein Gegenstück. Erst O. von Ohlstadt kommt, wie oben beschrieben, bis zum Simmers-Berg wieder Hauptdolomit der Lechtal-Decke, eingemuldet in die Allgäu-Decke, vor (scheinbar ohne Cenoman). Dann fehlt etwas Ähnliches bis zum Ostufer des Kochel-Sees und erst an der Straße N. vom Gipsbruch befindet sich ein kleiner Aufschluß in einer Cenomanbresche, die vorwiegend aus Hauptdolomit besteht. Der basale Hauptdolomit liegt dagegen erst südlich der Lias-Schuppe der Allgäu-Decke am Abkürzer nach Kochel im Heckert'schen Garten zwischen Kohlstatt-Fazies und Radiolariten. Bis zum Saulach-Graben sind die Aufschlüsse mäßig, dort aber ausgezeichnet. Die Lage von Bresche und dazugehörigem Hauptdolomit ist dieselbe geblieben (zwischen Lias und Kohlstatt-Fazies). Die Bresche steht senkrecht. Der Dolomit ist bis auf einen kleinen Rest weggeschuppt worden (Abb. 22).

Im Pessen-Bach und einem nördlichen Nebenbach ist wieder das Cenoman aufgeschlossen (Abb. 11), allerdings ohne den basalen Hauptdolomit, dafür aber in nicht wiederkehrender, wechselnder Ausbildung (Abb. 11) und im Kontakt mit dem Lias. Am besten jedoch in der Schmied-Laine (Abb. 23–25). Hier ist es eng verfaltet mit der Kohlstatt-Fazies und dem Malm in Kiesel-Fazies. Der dazugehörige Hauptdolomit

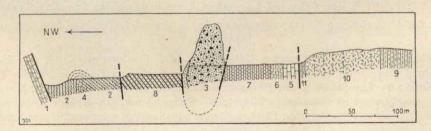


Abb. 22

Schematisiertes Profil durch den unteren Saulach-Graben.

1 = Zementmergel; 2 = Randcenoman; 3 = Cenoman-Bresche des Schmiedlaine-Zuges; 4 = Neokom-Aptychenschichten; 5 = Aptychen-Schichten; 6 = Radiolarit; 7 = Kohlstatt-Fazies; 8 = Lias-Sandkalk; 9 = Kössener Schichten; 10 = Hauptdolomit; 11 = Raibler Schichten.

des Nordflügels der Deckenmulde ist am Nordkontakt mit der Lias-Schuppe gerade noch erhalten (Abb. 23), ebenso der des Südflügels am Kontakt gegen die Raibler Schichten der Schwarzenberg-Schuppe, hier allerdings in etwas größerer Mächtigkeit (Abb. 24 und 25). Ein kleiner

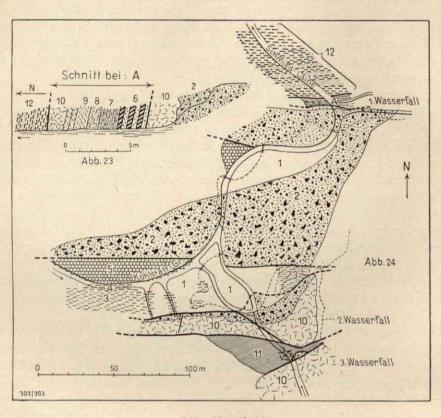


Abb. 23 und 24

Abb. 23: Profil in der Schmied-Laine bei Einmündung des Schaftls-Grabens. Abb. 24: Vergrößerte Kartenskizze aus der Schmied-Laine mit dem Schmiedlaine-Zug.

1 = Diluviale Schotter; 2 = Cenoman-Konglomerat (und Feinbreschen-Kalk); 3 = Kiesel-Malm und Radiolarite; 4 = dunkelgrüne Radiolarite und schwarze Geröllmergel; 5 = Kohlstatt-Fazies; 6 = Lias-Sandkalk mit Hornsteinen und Mergeln; 7 = Kössener Kalk; 8 = gelbgraue Dolomitmergel; 9 = lauchgrüne Mergel; 10 = Hauptdolomit; 11 = Raibler Sandstein und Mergel, Dolomit und Rauchwacke; 12 = Lias-Mergel und -Sandkalke der nördlichsten Schuppe.

Cenomankonglomerat-Zwickel folgt dann noch einmal zwischen diesen Raibler Schichten und dem südlich angrenzenden Hauptdolomit, also mitten im Bereich der Schwarzenberg-Schuppe, unter dem dritten Wasserfall der Schmied-Laine (Abb. 25).

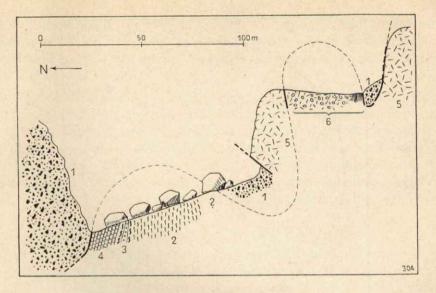


Abb. 25

Profil durch einen Teil der Allgäu-Decke mit dem eingemuldeten Schmiedlaine-Zug (Schmied-Laine bis zur Einmündung des Kohlstatt-Grabens).

1 = Cenoman-Konglomerat; 2 = Radiolarite und Kiesel-Malm; 3 = Konglomerat; 4 = Kohlstatt-Fazies; 5 = Hauptdolomit; 6 = Raibler Sandmergel und Rauchwacken.

Kleintektonik. — Die abgebildete Kugelprojektion soll die Anordnung der Klüfte wiedergeben. Es wurden nur größere Harnische vermessen, die in den Kalken und Dolomiten des Gebietes häufig sind. Deutlich tritt das Streichen in Richtung der Loisach-, auffälligerweise aber noch zahlreicher der Ammer-Störungen, und das steile Einfallen hervor. Die Striemung, die nicht zur Darstellung gebracht wurde, ist dagegen durchschnittlich flach gegen Osten oder Westen geneigt bis waagrecht. Nur zu einem geringen Teil dürfen diese Klüfte als Fiederspalten zu den großen Blattverschiebungen aufgefaßt werden. Es ist aber ebenso verfehlt, sie zur genauen Festlegung derselben heranziehen zu wollen, wie es Knauer (1910) getan hat. Es wird vielmehr ein ganzer Schwarm solcher Verschiebungs- oder "Rutschflächen", je nach der Gesteinsart, die großen Blattverschiebungen in mehr oder weniger weiten Abständen begleiten, sich untereinander ablösen oder von diesen abspalten. Interessant ist die Beobachtung Knauer's (1910), daß die Striemung zu 75 v. H. mit 10-150 nach NO. einfällt. Dies stimmt sehr gut mit der in dieser Richtung erfolgten Schrägstellung der an den Loisach-Störungen nach NO. verschobenen Teile überein.

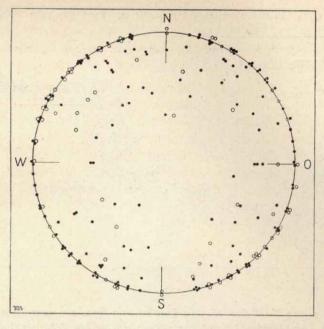


Abb. 26

Kugelprojektion der vermessenen Verschiebungsflächen (Harnische).

- bei W.-O. Generalstreichen und
- o bei SW.-NO. Generalstreichen der Schichten.

Faltenachsen konnten nur in geringer Zahl vermessen werden, die Mehrzahl davon im Flysch (Lain-Bach!) und Plattenkalk. Ihre Darstellung erfolgte auf der tektonischen Karte.

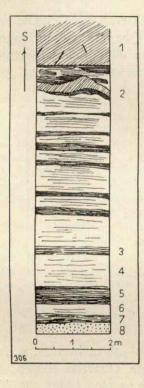
# B. Der Flysch.

## I. Stratigraphischer Teil.

Da im Laufe der letzten Jahre die Flysch-Stratigraphie durch eine Anzahl wertvoller Arbeiten im wesentlichen bekannt und geklärt worden ist und im Gebiet der bayrischen Alpen keine besonderen Probleme mehr bietet, soll hiermit auf diese Arbeiten von M. Richter, Kraus, Blüher, Custodis, Schmidt-Thomé u. a. hingewiesen werden, wenn im folgenden von einer speziellen Betrachtung der einzelnen Horizonte Abstand genommen worden ist.

Bei Kochel selbst ist die Flysch-Zone infolge der erosiven Entfernung der meisten Schichtglieder nur auf die Leimern-Schichten beschränkt. Erst von Pessenbach an stellen sich gegen Osten die darauf folgenden Horizonte wieder ein, ebenso am westlichen Kartenrand. Die Aufschlüsse sind von Pessenbach bis zum Lain-Bach in den senkrecht zum Schichtstreichen verlaufenden Bächen sehr gut. Das schönste Profil durch den gesamten Flysch sowie einen Einblick in seine Tektonik bietet das Lainbach-Tal bei Gschwendt.

Die Tristel-Schichten — Dickbankige, dunkle Sandkalke mit welliger, brauner Außenfläche und schwarze bis grüne Mergel sowie helle, dem kalkalpinen Neokom teilweise sehr ähnliche Kalke und Mergel sind die sich immer wiederholenden und doch verhältnismäßig mannigfaltig entwickelten beiden Fazies' der Tristel-Schichten. Sandkalke und Tonschiefer zeigen einen reichen Mineralbestand, z. B. Glimmer und Glaukonit, denen nicht selten kohlige Substanz beigemengt ist.



#### Abb. 27

Profil der Übergangsschichten Tristel-Schichten — Gault im Mühlgraben O. von Pfisterberg.

- 1 = Echter Gault-Ölquarzit;
- 2 = Ölquarzit in stark gestörter Lagerung;
- 3 = schwarze-graue Mergelschiefer;
- 4 = oliv-grüne, fette Mergelschiefer;
- 5 = schwarze, manganisch glänzende Mergelschiefer;
- 6 = olivgrüne, fette Mergelschiefer;
- 7 = hellgraue Mergelschiefer:
- 8 = hellblauer Kieselkalk.

Bezeichnend für die Tristel-Schichten sind vereinzelte Bänke eines Echinodermen-Spatkalkes, der "Tristel-Bresche", von meist dunkelblauer Farbe mit Kristallkörnchen (Quarz, Glimmer, Feldspat usw.), Echinodermen-Resten und Zweischaler-Bruchstücken. Auf diese Bresche allein ist die makroskopische Versteinerungsführung des gesamten Flysches im Kartierungsgebiet beschränkt, wenn man nicht noch die problematischen, aber zweifellos organischen, aus tonig-kohliger Substanz bestehenden,

zopf- und astartigen Gebilde in den Tristel-Kalken und Zementmergeln dazurechnet.

Die geschilderte Neokom-Fazies der Tristel-Schichten, die neben anderen Anhaltspunkten tatsächlich auch für Neokom-Alter derselben spricht, tritt nur im oberen Teil derselben auf.

Die Mächtigkeit der ganzen Formation beträgt 100 + x m. Das Liegende der Tristel-Schichten ist unbekannt. Im Hangenden ist ein allmählicher Übergang zum Gault zu beobachten, indem die Kalke vor allem kieseliger und härter werden und grünliche Farben auftreten. An der Grenze Tristel-Gault wurde meist eine 6—7 m mächtige, aus wechsellagernden grünen und schwarzen Tonschiefern bestehende Übergangszone gefunden (Abb. 27).

**Der Gault.** — Der Flysch-Gault fällt überall im Gelände sofort auf. Seine harten, dunkelgrünen bis schwarzen Quarzite trotzen lange der Verwitterung und zerfallen in eckige Scherben oder bimssteinartige Stücke. Sehr bezeichnend ist die auf diesem sehr sauren Boden gedeihende Pflanzenwelt (Farne usw.).

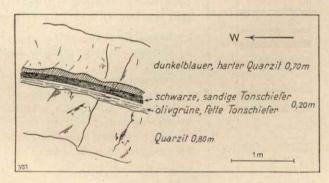


Abb. 28
Bezeichnendes Teilprofil im Oberen Gault.

Der Gault beginnt überall mit einer 20—40 m breiten, schwarz-olivgrünen Tonschieferreihe, auf die mächtige Quarzite folgen, in denen Tonschiefer nur eine untergeordnete Rolle spielen (Abb. 28). Verwittert ähneln die Quarzite häufig den Reiselsberger Sandsteinen. Sie sind dann chromgrün und sandig. Glasige Ölquarzite sind häufig.

Gelegentlich, besonders O. vom Lain-Bach, wurden auch feinbreschige Quarzitbänke mit fremden Bestandteilen gefunden. Noch weiter im Osten, außerhalb des Gebietes, werden sie häufiger und grobklastischer.

Eigenartig ist die in einem Tobel NO. von Pessenbach gefundene, 2,5 m mächtige, graue Mergelfolge, die innerhalb der grünen und schwarzen Tonschiefer des Unteren Gault auftritt und große Fetzen des grünen Gault-Tonschiefers, sowie kleine Kalkgerölle, anscheinend des neokomähnlichen Tristel-Kalkes, enthält.

Im Lain-Bach kommen in den unteren schwarzen Tonschiefern und Mergeln des nördlichen Gault, ebenfalls im Mühl-Graben bei 680 m, bis hühnereigroße, gerundete Pyritknollen vor.

Die Mächtigkeit des Gault beträgt bis 150 m.

Die Unteren Bunten Mergel. — Die "Unteren Bunten Mergel" treten überall an der Grenze Gault-Reiselsberger Sandstein als konkordante Zwischenlagen auf und erleichtern die ohnehin nicht schwere Trennung der beiden Abteilungen. Wie das nachstehende Profil zeigt, sind es vorwiegend Tonschiefer. Ihre Eingliederung in den Gault wird durch die Einschaltung dünner Quarzitbänke gerechtfertigt, die sogar noch bis über die bunte Serie hinaufgehen können.

Die Mächtigkeit beträgt 5-10 m.

## Profil durch die Unteren Bunten Mergel im Mühl-Graben bei Pfisterberg.

| Von oben nach unten.                                    |         |
|---|---------|
| Reiselsberger Sandsteine;                               |         |
| hellbraune, sandige Quarzite;                           |         |
| graue Tonschiefer und blaue Quarzite wechsellagernd;    |         |
| grünliche Tonschiefer                                   |         |
| graue Tonschiefer \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ | 50 m;   |
| schwach rötliche Tonschiefer                            |         |
| grünliche Tonschiefer                                   |         |
|   | 30 m;   |
| veilfarbige Tonschiefer                                 |         |
|   | ,00 m;  |
|   | 20 m;   |
|   | 15 m;   |
| blaugraue, fette Tonschiefer                            | 75 m;   |
| gruniche, rottieckige Tonschiefer)                      | ,,, ,,, |
|   | ,40 m;  |
|   | 20 m;   |
|   | ,07 m;  |
|   | 50 m;   |
|   | ,15 m;  |
|   | ,05 m;  |
| #####################################                   | ,30 m;  |
| Tonschiefer und Quarzite des Gault wechsellagernd.      |         |

Der Reiselsberger Sandstein. — Ein Transgressionsgestein wie das ostalpine Cenoman ist der Reiselsberger Sandstein gleichen Alters und ähnlichen Aussehens wie das Cenoman der Allgäu-Decke. Zur Unterscheidung kann vor allem seine Zusammensetzung, die im Gegensatz zum Cenoman hauptsächlich auf exotischen Bestandteilen beruht, und die viel

beträchtlichere Glimmerführung dienen. Bläulichgrau und grünlich sind die frischen, bräunlich die angewitterten, feinkörnigen Sandsteine, die, wie das ostalpine Cenoman, gelegentlich gröbere Gerölle und kohlige Substanz führen. Außerdem sind sie ständig etwas kalkig. Namentlich in den oberen Teilen kommen sandige Kalkbänke vor. Es treten außerdem alle Übergänge der Sandsteine zu den untergeordneten, gleichfarbigen Mergeln auf.

Die Mächtigkeit der Sandsteinbänke kann bis über 1 m betragen, die der gesamten Reiselsberger Schichten 20-150 m.

Die Oberen Bunten Mergel. — Die "Oberen Bunten Mergel" leiten den Übergang zu den Zementmergeln ein. Wieder handelt es sich um vorwiegend Tonschiefer mit ähnlichen Farben, wie bei den Unteren Bunten Mergeln. Bisweilen setzt die rote Farbe erst nach einer bis 15 m mächtigen Folge von wechsellagernden, dünnen Sandstein- und hellen Kalkbänken mit grünlichen Tonschieferlagen ein, so daß noch vereinzelte Sandsteinbänke 15 m über den echten Reiselsberger Sandsteinen gefunden werden. Bezeichnender ist aber das nachfolgend dargestellte Profil.

Die Mächtigkeit beträgt 10-20 m.

### Profil durch die Oberen Bunten Mergel.

Von oben nach unten. Zementmergel; langsamer Übergang in die Zementmergel durch sich einstellende Sandkalke usw.; graue Mergel, wechsellagernd mit feingeschichtetem, dunkelgrauem Kalk grüne Tonschiefer . . 8,00-10,00 m; blaugrüner Kalksandstein grünlichgraue und hellgraue Kalke grünlich-rote Tonschiefer (rote und grüne wechselnd) rote Tonschiefer und Mergel mit hellgrauen, dichten Kalken wechsellagernd dunkelgraue Mergel und Kalke . . . dunkelblauer, quarzitischer Sandstein . dunkelgrauer Reiselsberger Sandstein

Die Zementmergel. — Der obersten Kreide (Turon und wahrscheinlich Senon) gehören die Zementmergel (Fazies der grauen Leimern-Schichten) an, welche an Verbreitung und Mächtigkeit alle anderen Flysch-Formationen des Kartierungsgebietes übertreffen. Mit ihren grauen Mergeln und Sandkalken ähneln sie derselben Fazies des Lias' sehr. Allerdings sind die Zementmergel meist noch dünnschiefriger und reicher an Fucoiden, labyrinthischen Gängen usw., wie sie auch schon aus den Tristel-Schichten der gleichen Fazies beschrieben wurden.

Gelegentlich können die Sandkalke, z.B. die oberste Bank in der Kot-Laine, durch starken Kieselgehalt zu glasigen, hellgrauen Kieselkalken werden. Kalkbänke selbst sind dagegen selten.

An nur wenigen Stellen ist etwa 70 m über der Basis der Zementmergel die 10-40 m mächtige Rötenbach-Serie aufgeschlossen: bunte Mergel und Kalke, die sich kaum von denen der Oberen Bunten Mergel unterscheiden.

Die Mächtigkeit der Zementmergel beträgt scheinbar über 400 m. Die Faltung ist aber so stark, daß eine genauere Ermittlung nicht möglich ist.

### II. Tektonischer Teil.

Der Flysch bildet in ganz Bayern vom Wertacher Hörnl an (Schmidt-Тномы 1936, Custodis 1936) eine tektonische Einheit. Wenn dennoch auf eine so kurze Erstreckung, wie auf dem Kartenblatt, der 2,1 km breiten Flysch-Zone W. vom Kochel-See eine 5,6 km breite östliche gegenübersteht, so sind die Ursachen nicht allein tektonischer Natur. Leider ist NW. von Schlehdorf nicht mehr der nördlichste Flysch aufgeschlossen, dagegen sind sämtliche südlichen Schichtglieder vorhanden, die Zementmergel sogar noch stärker verfaltet, als O. von Kochel. Die geringe Gesamtbreite dieser Zone kann also nicht auf schwächere Faltung zurückgeführt werden, sondern beruht auf der frühen erosiven Entfernung der nördlichen Horizonte, d. h. der gesamten nördlichen großen Flysch-Mulde im Verlaufe der Deckenüberschiebung, worauf schon Boden (1922) hingewiesen hat. Erst im Hörnle-Gebiet erreicht die Flysch-Zone gegen Westen wieder ihre alte Breite.

Ähnlich wie die Molasse, so unterscheidet sich auch der Flysch vom Oberostalpin tektonisch durch seinen gleichmäßigeren Faltenbau. Dabei ist die Faltung im Großen wie im Kleinen sehr stark (Fig. 11 und 12 auf Taf. 6). Einen Einblick verschafft der Lain-Bach, in dem gleich das unterste Anstehende, ein Teil der Oberen Bunten Mergel-Serie der nördlichen Flysch-Mulde, unmittelbar am Weg enge Spezialfaltung zeigt. Im ganzen ist der Faltenbau nur durch wenige steil NNO. verlaufende Blattverschiebungen mit geringfügigen Versätzen gestört. Auch die durchstreichende große Kesselberg-Störung hinterläßt keine beachtenswerten Wirkungen, ja, ihr gegenüber verhält sich der Flysch sogar hemmend, wodurch sie aus ihrer NO. in ONO.-Richtung abgelenkt wird, bevor sie selbst den Flysch erreicht.

Das Streichen ist westlich vom Kochel-See W.—O., östlich dagegen SW.—NO. gerichtet und wird erst gegen Osten wieder normal W.—O. Diese Abweichung muß mit der flexurartigen Dehnung der im ganzen zähplastisch reagierenden Flysch-Masse und der dieselbe Erscheinung

zeigenden Allgäu-Decke in Zusammenhang gebracht werden. Daher durchläuft die Kesselberg-Störung die vordersten Teile der Lechtal-Decke, die dadurch arg zerschlagen werden.

Wie fast am gesamten bayerischen Alpenrand, so fällt die Kontaktfläche des Flysches mit dem Ostalpin, die im Kalm-Bach, Pessen-Bach, sowie in der Schmied- und Kot-Laine aufgeschlossen ist, steil nach Süden ein. Diese Beobachtung, die ebenfalls bemerkenswerte Ungestörtheit weiter Strecken dieses Kontaktes und die ständige Angrenzung an ostalpines Cenoman der Allgäu-Decke von Flysch-Fazies sind Tatsachen, die in gewissem Widerspruch zur Deckentheorie in ihrer alten Fassung stehen und neue, von diesen Gesichtspunkten ausgehende Untersuchungen notwendig machen.

Die Achsen des Faltenbaues fallen, wie vor allem im Lain-Graben wiederholt zu beobachten ist, flach nach Osten ein, eine Tatsache, die wiederum im Einklang mit der Überschiebung des gesamten Flysches und Helvets über die Murnauer Molasse steht.

Die schmale Helvetische Zone ist nirgends im Kartierungsgebiet aufgeschlossen. Sie muß unter dem Tagebau von Großweil liegen, ist aber in diesem nicht angefahren worden. Der nächste Aufschluß befindet sich an der Straße Großweil—Schwaiganger und wurde von Knauer (1906) irrtümlich als Flysch kartiert. Der kleine Steinbruch hat von N. nach S. aufgeschlossen:

3 m Albien (Twirren-Schichten?), 1,5 m Durchschlägi-Schicht?, 7 m Brisi-Sandstein und 1 m Schrattenkalk.

Mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit muß der "Marmor" von Großweil als ostalpiner Schubfetzen zwischen Flysch und Helvetikum aufgefaßt werden. In letzter Zeit ist diese Annahme durch die von Herrn Oberstleutnant a.D. Heineck angestellten, außerordentlich gründlichen Untersuchungen (S. 36) bestätigt worden. Er stellte eine aufgeschlossene "Länge von 88 m, Breite von 15 m und Tiefe von 7 m" fest. "Die Schichten streichen nahezu von O. nach W. und sind etwas nach N. überkippt. Ich habe nun weiterhin festgestellt, daß genau in der Fortsetzung des Streichens der Schichten nach W. gegen die Hauptstraße hin eine Reihe von Felsblöcken des gleichen Jura-Vorkommens plötzlich aus der Wiese in der Nähe der Hauptstraße auftauchen. Allem Anschein nach handelt es sich um gewachsenen Fels. Man kann daher mit großer Sicherheit annehmen, daß das Vorkommen eine Länge von mindestens 180 m hat und daß es das Liegende des glaukonitischen Sandsteins der unteren Helvetischen Kreide bilden muß, die in knapp 2 km Entfernung an der Straße nach Ohlstadt aufgeschlossen ist. Dieses und andere Helvet-Vorkommen zeigen die gleichen tektonischen Merkmale wie der Großweiler Marmor. Aus diesem Grunde und allein schon wegen dessen großer Ausdehnung ist es ganz ausgeschlossen, daß es sich bei diesem um einen erratischen Block handelt" (briefliche Mitteilung).

#### C. Die Molasse.

## I. Stratigraphischer Teil.

Von der Molasse ist nur ein kleiner, südöstlicher Anteil der Murnauer Mulde kartiert worden. Er umfaßt die unteren drei in der bayerischen Molasse bekannten Stufen. Die Beschreibung beschränkt sich wieder nur auf das Wesentlichste, Gerölluntersuchungen sind daher nicht angeführt worden.

Das Älteste, die Deutenhausener Serie, ist nirgends aufgeschlossen. Wahrscheinlich wurde sie aber in der Braunkohlengrube von Großweil "unter dem Höllersberg am Ausgehenden des Flözes angefahren" (nach Knauer in "Die jüngeren Braunkohlen" 1922, S. 55), denn die Tonmergel-Stufe wird nicht bis hierher reichen. Außerdem soll die "Molasse aus dem schottererfüllten Untergrund in Form eines Hügelrückens auftauchen", was ebenfalls gegen die Tonmergel-Stufe spricht.

Die Tonmergel-Stufe. — In den feinsandigen, weichen Mergeln herrschen gelbe und graue Farbtöne vor. Aufschlüsse befinden sich nur an zwei Stellen: Im Bach S. von P. 736 und im Bach zwischen Zell und Pölten unterhalb des Steinbruches. Westlich vom Hasel-See ist sie gerade noch zu erraten.

Die Versteinerungsführung ist auf wenige Bänke beschränkt, in diesen aber sehr reich. Aus den obersten Teilen, die schon ziemlich sandig und fest sind, stammen:

Cardium heeri May.-Eym.; Cyprina rotundata A. Braun.; Pleurotomaria sp.

Die aufgeschlossene Mächtigkeit beträgt rd. 100 m.

Die Baustein-Zone. — Der ganz allmähliche Übergang der marinen Tonmergel-Stufe in die brackische Baustein-Zone ist ebenfalls an den beiden oben genannten Stellen sehr gut zu beobachten. An der Basis sind die feinen, gelben oder grauen Sandsteine noch recht mergelig, zeigen Pflanzenhäcksel, kleine Tonfetzen, Kreuzschichtung und subaquatische Rutschungen (Fließgefüge).

Etwa 50 m über der Basis beginnen die ersten Nagelfluh-Bänke, die mit hellgrauen Tonmergeln und Sandsteinen wechsellagern und viel Quarzgerölle, nicht selten auch solche von Glimmerschiefern führen.

20 m über der Basis steht im Bach S. von P. 736 inmitten grauer Mergelsandsteine eine äußerst versteinerungsreiche, blaugraue Sandkalkbank an mit:

einzelnen schwarzen Dolomitgeröllen; Cardium cf. heeri; Cyrena sp.; verschiedenen Gastropoden, darunter Aporrhais cf. speciosa Schloth.

Die Mächtigkeit beträgt etwa 300 m.

Die Weissach-Schichten (Nesselburg-Schichten).— Mit dem ersten Auftreten rötlicher, stark glimmerführender Mergel wurde die Grenze gegen die unteren Weissach-Schichten gezogen. Auf dem Wege N. von Pölten liegen gute Aufschlüsse in dieser Übergangszone. In den untersten Teilen treten Sandsteinbänke auf, die Ähnlichkeit mit den Reiselsberger Sandsteinen haben. Die erste Nagelfluhbank hat ziemlich grobe Gerölle, darunter viel Quarz. In der übrigen Schichtfolge wechseln bunte Mergel mit z. T. mehr als 3 m mächtigen Nagelfluh-Bänken und Sandsteinen ab.

Versteinerungen wurden nicht gefunden. Wie in der Baustein-Zone, so treten auch hier besonders harte Nagelfluh-Bänke als Rücken oder Steilstufen im Gelände in Erscheinung.

Die Mächtigkeit beträgt 500 + x m.

#### II. Tektonischer Teil.

Auf der Karte ist nur ein kleiner Ausschnitt der Murnauer Molasse-Mulde zur Darstellung gebracht worden. Er läßt aber schon mit aller Deutlichkeit durch Topographie und Schichtfallen den Muldenbau und das Umlaufen des Streichens an der Ostseite erkennen. Während hier also ein denkbar einfacher, ungestörter Muldenbau zutage tritt, harren die Verhältnisse gegen Osten ihrer völligen Klärung, da dort jegliche Aufschlüsse fehlen. Mit großer Wahrscheinlichkeit ist mit dem Abtauchen der Molasse unter Helvetikum und Flysch zu rechnen, also mit einem Sattel W. von Ried-Benediktbeuren und steilem Untertauchen dessen Ostflügels, Gänzlich unberührt davon bleibt die Penzberger Mulde weiter im Norden, die bei gleichbleibender Breite ihr gleichmäßiges OW .-Streichen beibehält. Troll (1926) hat ganz richtig die irrige Meinung Lebling's zurückgewiesen, die Molasse hätte den Flysch usw. überfahren, würde also heute in die Luft ausstreichen, erklärt aber den Ausfall der Mulde O. vom Kochelsee-Moos mit einer Loisach-Störung, an welcher der Flysch gegen Nordosten vorgerückt sei und dabei den Raum der Molasse eingenommen habe, so daß er hier östlich vom See um soviel breiter wäre, als westlich. Einmal ist aber aus dieser Darstellung nicht ersichtlich, was nun eigentlich mit der Molasse geschieht, ob sie z. B. überfahren wird. Zum anderen ist sie aus dem einfachen Grunde unmöglich, weil die Kesselberg-Störungen aus früher erwähnten Gründen nicht das von Troll angenommene junge Alter besitzen.

Ich möchte zwar auch mit einem im Norden stärkeren, N. gerichteten Vorstoß von Flysch und Helvetikum rechnen, aber nicht entlang einer Loisach-Störung. Das Helvetikum W. von Großweil ist mit dem des Fuchs-Bühels W. von Bichl auch ohne deren Zuhilfenahme, sondern durch einfache flexurartige Dehnung in nordöstlicher Richtung in Zusammenhang zu bringen.

#### D. Das Diluvium.

Um Mißverständnisse zu verhüten, sei betont, daß hier alle Ablagerungen vom Beginn der Vereisung bis zu ihrem Höhepunkt, also der Haupt-Würmeiszeit, zusammengefaßt werden, während die darauf folgenden Rückzugsstadien (bis δ-Stadium) zur Nacheiszeit gerechnet werden.

Die Ausbreitung der eiszeitlichen Ablagerungen ist besonders im Ostteil des Kartenblattes recht bedeutend. Eine einwandfreie zeitliche Gliederung ist bisher allen Bearbeitern nicht möglich gewesen. Es kann angenommen werden, daß die Geschiebe alle der letzten Vereisung angehören, bzw. durch diese ihre heutige Lage in den Moränen-Aufschlüssen erfahren haben, daß also die älteren Eiszeiten durchwegs umgearbeitet worden sind. Diese Annahme stützt sich nicht zuletzt auf die nur wenige Meter betragende Mächtigkeit der Moräne. Anders als im Gebirge sind die Verhältnisse natürlich im Alpenvorland. Da sein im bearbeiteten Gebiet liegender Anteil zu gering ist, kann darauf nur sehr kurz eingegangen werden.

In dem zur Darstellung gebrachten Gebiet wird die Aufklärung der Diluvialstratigraphie erschwert durch mangelhafte Aufschlüsse und Übergänge jeder Art, z. B. zwischen Moräne und Schottern, Fern- und Nah-

moräne usw.

Die letzte Zwischeneiszeit. — Nur draußen im Vorland konnten ältere Diluvialablagerungen eine darüber hinwegschreitende neue Vergletscherung überstehen, ohne dabei abgeschürft zu werden. Nur dort konnten sich in den wärmeren Interglazialzeiten Torfmoore bilden, deren zu Kohle gewordene Substanz an einigen Stellen abbauwürdige Mächtigkeiten erreicht, wie in den Schieferkohlen von Imberg (Allgäu), NW. von Buching (Kockel-Richter-Steinmann, 1931, S. 114), Ohlstadt, Hechendorf, Großweil und Wasserburg.

Die im Kartierungsgebiet vorkommende Kohle liegt westlich von Großweil auf einer etwa 30 m hohen Terrasse. Die heute nicht mehr abgebaute Lagerstätte wurde von Knauer in den "Jüngeren Braunkohlen" (1922) beschrieben. Sie stammt aus dem Riß-Würm-Interglazial, als die Oberfläche der westlichen Kochelsee-Umrandung etwa 30 m höher lag als heute. Murnauer und Kochelsee-Becken waren demnach offen mit-

einander verbunden.

Die gutgeschichtete Kohle ist verhältnismäßig rein. Im allgemeinen sind nur zwei graue Lettenbänke zwischengelagert, die auf kurze Überschwemmungen des Torfmoores hinweisen. Durch das riesige Gewicht des später darüber hinweggeschrittenen Würm-Gletschers soll das ursprünglich 20—30 m mächtige Torflager zu seiner jetzigen 2—3, stellenweise auch 4 m betragenden Mächtigkeit zusammengepreßt worden sein

und die Kohle ihre heutige Härte und Schieferung bekommen haben, die dort, wo sie unmittelbar über dem ansteigenden Gebirge (Molasse) liegt, sehr beträchtlich sein sollen. Ich glaube auch, daß die von Knauer beschriebenen zahlreichen Blattverschiebungen und Verwerfungen in der Kohle eher damit zusammenhängen, als etwa mit den von ihm angenommenen, jungen, großtektonischen Bewegungen, einfach aus dem Grunde, weil sie älter als diluvial sind. Durch den Druck wurden auch die größeren Pflanzenreste zerknickt. Kleinere Äste, Wurzeln usw. sind dagegen in manchmal kaum verkohlten Zustand zu finden.

Das Profil durch die Lagerstätte von Großweil ist nach KNAUER folgendes:

Jungmoräne des Bühl-Stadiums (nach Penck) oder Rückzugsmoräne der Würm-Eiszeit. "Murnauer Schotter" (nach Rothpletz) mit Lettenschicht, Beginn der Würm-Eiszeit.

Kohle { Koniferen, Torfmoos vorwiegend Birken o,40 m Sumpfpflanzen (Schilf) } dazwischen einige Lettenschichten.

Lettenschicht.

Schotter und Moräne älterer Vereisung.

Am Weststoß des Tagebaues konnte ich im Sommer 1935 folgendes Profil aufnehmen:

3 m Moräne;

1 m fest verkittete Nagelfluh;

1 m verkitteter Sand;

3 m gut gebankte, durch Huminsäuren lagenweise geschwärzte, kaum verkittete Kiese, schwach nach Osten einfallend;

? m Kohle.

Neue, beim Bau des Bades von Großweil geschaffene Aufschlüsse, an der Nordseite des Tälchens SO. vom Tagebau, zeigten 3 m feine, in den oberen Teilen verfestigte Sande mit eigenartigen Tonfetzen, die aus einem aufgearbeiteten Untergrund stammen müssen. Die Kohle ist hier dagegen schon ausgekeilt, da sie bei ihrer waagrechten Lagerung in dieser Höhe angeschnitten sein müßte.<sup>1</sup>)

Westlich außerhalb der Karte liegt an der Straße Großweil—Schwaiganger ein kleiner Steinbruch in der Helvetischen Kreide. In kleinen Vertiefungen der Oberfläche des helvetischen Sandkalkes liegen noch Reste verkitteter, gelbgefärbter Schotter. Darüber breitet sich Moräne aus.

<sup>1)</sup> Herr Oberstleutnant a. D. Heineck teilte mir liebenswürdigerweise brieflich mit, daß im Sommer 1936 nahe dem Braunkohlenwerk von Großweil zwischen blauem Seeton und Schieferkohle Gebißreste eines Waldelefanten (Elephas antiquus) gefunden worden seien. Diese für den Alpenrand erstmalige Entdeckung ist von R. Dehm in den "Bayerischen Vorgeschichtsblättern", 14, (1937) beschrieben worden. Zusammen mit den in der Kohle vorkommenden Pflanzen: Eibe, Fichte, Föhre, Haselnuß, Birke, Fieberklee u. a. weist der Fund des Waldelefanten auf ein dem heutigen ähnliches Klima während der letzten Zwischeneiszeit hin.

Demselben Interglazial (zwischen Riß- und Würm-Eiszeit) gehört höchstwahrscheinlich auch die Nagelfluh der zwei kleinen 1,70 m und 4 m hohen Hügel SW. von Ried, zwischen Bahn und Landstraße, an, die eine große Ähnlichkeit mit der von Kockel-Richter-Steinmann (1931) vom Wahr-Bühel bei Oberammergau beschriebenen hat. Die Hügel liegen als Härtlinge in der heutigen Loisach-Niederung in 615 m ü. NN., also etwas tiefer als das Großweiler Interglazial. Die Gerölle, von denen nur wenige Wallnußgröße erreichen, sind durch ein hellgelbes kalkigdolomitisches Bindemittel fest verkittet. Das Material ist ausnahmslos kalkalpin und setzt sich aus Gesteinen scheinbar sämtlicher Formationen zusammen, einen ziemlich hohen Anteil stellt der Flysch. Die Gerölle sind alle wohlgerundet, aber niemals gekritzt.

Breschen unbestimmten Alters. — Zeitlich nicht einzuordnen sind Breschen bedeutend eintönigerer und gröberer Zusammensetzung, die sich auf dem Grat SW. vom Mäh-Moos und vor allem O. vom "Ursprung" der Schmied-Laine befinden. An letzter Stelle in großer Verbreitung von 1040—1100 m und vielleicht auch ziemlich großer Mächtigkeit. Scheinbar kommt diese Bresche auch hin und wieder in der Moräne vor. An den beiden genannten Stellen besteht sie nur aus Wetterstein-, Partnach- und Muschelkalken, vereinzelt auch aus Raibler Rauchwacken, jedoch niemals aus Kristallin. Wahrscheinlich ist sie an Ort und Stelle entstanden. Es könnte sich aber auch um eine von der Vergletscherung mitgeschlepte Interglazial- oder Gehängebresche handeln. Auffällig ist die fast gleichbleibende Höhenlage um 1050 m herum, was auch für die außerhalb des Kartierungsgebietes liegenden Vorkommen zuzutreffen scheint.¹)

Die Fernmoräne. — Es wurde oben schon darauf hingewiesen, daß die Fernmoräne, wie sie heute vorliegt, nur der Würm-Eiszeit angehört, im Gegensatz zum Alpenvorland, wo wir schon im Kochelsee-Becken ältere Moränen- und Schotterreste, z. B. unter der Kohle von Großweil, finden.

Von den Zentralalpen aus strömte das Eis gegen Norden, zuerst in den großen Quer- und Längstälern, schließlich — bei weiterem Anwachsen — auch über Pässe und Berge. Für unser Gebiet waren Isarund Loisach-Tal sowie der enge Paß des Kessel-Berges, auf dem die Eisoberfläche nur etwa 2,5 km breit war, die Ausfallpforten ins Alpenvorland. Den über den Kessel-Berg herabströmenden Seitenarm des

<sup>1)</sup> Zum Beispiel W. der Eibelsfleck-Alm bei 1070 m, in der H. SÄRCHINGER-Leipzig (nach freundlicher Mitteilung) ein Kristallingeröll fand, was den Gedanken nahelegt, daß die Bresche über Moräne und Schottern abgelagert wurde, also vielleicht schon dem Postglazial zugehört.



Isar-Gletschers bezeichnete v. Klebelsberg (1914), dem wir ausführliche Diluvialstudien unseres Gebietes verdanken, als Walchensee-Gletscher. Die Gruppen von Herzogstand (1730 m) — Heimgarten (1790 m) auf der einen und Joch-Berg (1567 m) — Benedikten-Wand (1801 m) auf der anderen Seite zeichneten ihm außerdem seine Bahn vor, da er diese Berge auch bei Höchststand nicht überschreiten konnte. Auch Hirschhörnl-Kopf (1515 m), Raben-Kopf (1559 m), Glas-Wand (1497 m) und Windpassel-Kopf (1145 m) ragten alle Zeiten über die Ferneisströme gerade noch heraus und trugen teilweise ihre eigenen Firnkappen.

Noch an der Am-Spitze bei Mittenwald erreichte das Eis beim Höchststand bis über 2000 m himauf, wie dort gefundene Kristallingeschiebe beweisen. Bis zum Walchen-See senkte sich die Oberfläche bis auf 1450 bis 1500 m (nach Niedermayer, 1934), die Eisdicke hätte hier also über dem See, den ein Toteiskörper ausfüllte, samt diesem rund 800 m betragen. Bei der Jocher Alm liegen in 1380 m Höhe noch kristalline Geschiebe und N. vom Herzogstand, im Hammersbach-Tal, noch bei 1170 m. Gegen Norden wird sich die Eisoberfläche sehr rasch zum Vorland hin bis auf 1200—1300 m abgesenkt haben. Es muß berücksichtigt werden, daß alle diese Angaben eigentlich nur Mindestwerte sind, da die Oberfläche im Gebirge selbst sicher noch höher gelegen haben wird, wenn man alle Umstände berücksichtigt, die zur Ablagerung und Erhaltung von Moränen notwendig waren.

Vom Vorland her stülpten sich kleinere Gletscherarme in die Täler rückwärts ein, rollten sie gleichsam von unten her auf, wobei ständig vor ihrer Stirn Seen aufgestaut wurden. Trafen Fern- und Lokaleismassen nicht zusammen, so bildeten sich häufig Stauseen in dem eisfreien Zwischengebiet. Daher sind manche Beobachtungen infolge dieser vielgestaltigen Übergänge, dem zeitlichen Neben- und Nacheinander verschiedener Verhältnisse, nicht ohne weiteres zu deuten.

Die höchsten Fernmoränen-Vorkommen liegen — außer auf der Jocher Alm (1380 m) — am Breit-Eck, wo sie bis 1400 m hinaufreichen (Kochler Oberalpe). Hier sind auch die einzigen, mit Sicherheit nachweisbaren Uferwälle der Haupt-Würm-Eiszeit. Nach Norden und Osten war dem Eis durch den Raben-Kopf Halt geboten, an dem es, wie — allerdings seltene — Kristallingeschiebe in 1270 m Höhe auf dem Weg von der Kochler Alm zur Staffel-Alm beweisen, mindestens so weit hinaufreichte. Das Zungenbecken bei der Kochler Alm ist heute durch junge Erosion zwar versteilt, aber noch zu erkennen.

Die v. Klebelsberg'schen Auffassungen (1914, Karte!) weichen hier sehr stark ab. Die Höhenkurve von 1400 m der Gletscheroberfläche zur Zeit des Höchststandes muß also viel weiter nach Norden reichen, nämlich bis zum Bergels-Kopf. Der Abfall des Eises zum Kochel-See wird also bedeutend steiler gewesen sein, wenn die angegebene Eishöhe von 1300-1200 m nicht überhaupt etwas zu niedrig ist. Weiterhin darf nicht eine derartig starke Einsenkung der Eisoberfläche gegen die Jachenau und den Südrand der Benediktenwand-Lokalvereisung angenommen werden, wie es auf der v. Klebelsberg'schen Karte geschieht. Stellt man sich mit ihm vor, daß bei der Rappin-Alm in rd. 980 m ein von Westen in das Tal eingedrungener Gletscherarm geendigt habe und sich weiter östlich ein anderer von der Jachenau her bis zur Lainl-Alm (906 m) vorgestülpt hätte, so müßte in 2,2 km Entfernung nordwestlich davon das Eis noch bis 1400 m (Bergels-Kopf) hinaufgereicht, also die Oberfläche ein südöstliches Gefälle von fast 150 gehabt haben. Ich nehme statt dessen an, daß die Eisoberfläche in der Haupt-Würmeiszeit in der Jachenau in mindestens 1400 m Höhe gelegen hat. Die zahlreichen Verbauungserscheinungen S. der Benedikten-Wand gehören schon dem Rückzug an.

Irgendwelchen Stadien der Haupt-Würm-Eiszeit entstammen wahrscheinlich auch die Wälle S. von "Am Wurf" beim oberen Pessen-Bach in rd. 1050 m, die allerdings scheinbar kein Kristallin führen und schon ziemlich verwaschen sind. Etwas später, als das Ferneis nicht mehr das Joch überschreiten konnte, entstand vielleicht der kleine Wall bei der Pessenbacher Alm (1219 m). Für die Erklärung durch Nahvereisung fehlt das dazugehörige Einzugsgebiet.

Kristalline Geschiebe stellen, vor allem in den tieferen Lagen am Alpenrand, einen reichen, ja sogar örtlich überwiegenden Anteil der Fernmoränen-Geschiebe. Hauptsächlich sind es Gneise, darunter schöne granatführende, außerdem Glimmerschiefer, sehr viele Amphibolite und eine Reihe anderer kristalliner Gesteine. Granite sind sehr selten. Häufigkeit und Größe der Geschiebe nehmen nach oben hin ab. So treten sie z. B. am Wanderweg von Gschwendt zur Tutzinger Hütte bis etwa 900 m Höhe massenhaft auf, von da ab aber nur noch ganz vereinzelt. Bis "auf der Rast" und dem Wall nördlich davon besteht dann die Moräne scheinbar nur aus weniger groben kalkalpinen Gesteinen des südlichen Hinterlandes. Häufig sind kristalline Geschiebe erst wieder O. der oberen Schmied-Laine. Im oberen Teil des Kot-Baches ist die Moräne nur aus örtlichem Gesteinsmaterial zusammengesetzt, aber trotzdem ihrer Entstehung nach keine Lokalmoräne. Reichlich Kristallin findet sich auf dem Weg N. von P. 904, im Gebiet zwischen Sachenbach, Fieber-Kapelle und Filz-Graben, sehr kleines auch O. vom Schlegel-Filz. Auf den Verebenungen des Kessel-Berges, vor allem SW. vom Lausberg-Kopf, ist nur ein oberflächlicher Fernmoränenschleier zurückgeblieben. Das Gebiet zwischen Roßfüll-Laine und "Am Stein" ist auffällig arm an Moräne, wahrscheinlich weil hier Toteis in den Talzügen lag.

Diese eigenartigen Unterschiede müssen auf die verschiedenartige Materialzufuhr der Gletscher zurückgeführt werden. Die unteren und mittleren Teile derselben brachten in der Hauptsache Geschiebe von weither, während die oberen und randlichen ständig Zufuhr aus der Umgebung bekamen und daher vorwiegend ortsnahe Geschiebe ablagerten. Diese Zufuhr von ortsnahem Gesteinsmaterial hielt in abgeschwächtem Maße auch noch beim Rückzug des Gletschers an, als der Nachschub von weither gebrachtem Material schon nachgelassen hatte oder völlig versiegt war. Außerdem muß auch das Eis, das zuerst am Alpenrand entlangströmte und, von hier aus rückwärtsschreitend, die Täler verbaute, viel reicher an Kristallingeschieben gewesen sein, als das später unmittelbar von Süden, aus dem Karwendel und den großen Hauptdolomitgebieten kommende, das reich mit kalkalpinen Geschieben beladen war.

Durch Umschwemmung ist die Moräne manchmal geschichtet. Schliff-Formen beschreibt v. Klebelsberg (1914) von der Oberfläche des Plattenkalkes bei der Fieber-Kapelle O. von Sachenbach.

Mit der Frage nach dem Maße der erodierenden Fähigkeit der Gletscher würden wir eine sehr grundsätzliche anschneiden, deren Beantwortung, wie die so vieler anderer, aus einem einzigen Kartierungsgebiet heraus nicht gegeben werden kann. In dem betrachteten mit seiner durchschnittlich mittleren Steilheit muß eher mit einer mehr erhaltenden und aufschüttenden Tätigkeit gerechnet werden, als mit einer erosiven. Die Entstehung des Kochel-Sees hat demnach auch nichts mit Eiskorrasion zu tun.

Die Nahmoräne. — Oben wurde schon darauf hingewiesen, daß die Moränen der großen aus den Zentralalpen kommenden Gletscher in manchen Teilen nahezu nur aus Geschieben der nächsten Umgebung zusammengesetzt sind. Da solche Ablagerungen im Kartengebiet, vor allem in seinen südlichen, höher gelegenen Teilen, recht verbreitet sind und noch dazu das Material in der Hauptsache aus dem für derartige Untersuchungen höchst ungeeigneten Hauptdolomit besteht, so ist eine einwandfreie Entscheidung, was jeweils vorliegt, ob Fern- oder Nahmoräne, oft schwierig. Außerdem sind in Mischgebieten oder solchen, die erst von Lokal- und später von Fernvereisung oder umgekehrt heimgesucht wurden, alle Übergänge möglich.

Zu allen Zeiten frei von Ferneis waren ganz sicher nur: 1. Herzogstand—Heimgarten samt allen über 1450 m gelegenen Erhebungen, 2. Joch-Berg, 3. Hirschhörnl-Kopf, 4. Raben-Kopf samt Schwarz-Eck

und Feuer-Eck, 5. Glas-Wand und Bauernwurf, sowie schließlich noch 6. Windpassel-Kopf schon draußen im Flysch-Gebiet. Die größte Ausdehnung hatte die Lokaleismasse von 5. Zwischen 3 und 4 soll nach v. Klebelsberg (1914) ein Zusammenhang im Rappin-Bach bestanden haben, was ich, zumindest für den von ihm dargestellten Höchststand, für sehr unwahrscheinlich halte. Örtlich vergletschert waren außer 5 nur noch I (Herzogstand-Heimgarten) und vielleicht 3 (Hirschhörnl-Kopf), während für die übrigen das Einzugsgebiet gefehlt haben wird. Der Raben-Kopf könnte höchstens an seiner Ostseite eine Art Firn gehabt haben, nicht aber im Gipfelbereich selbst. v. Klebelsberg's Nahmoräne an der Südseite des Berges entbehrt also der Grundlage. Trotzdem kann der Schutt z. T. diluvial sein (Lawinen usw.). Wenn hier betont wird, daß in Gebieten, wie dem Raben-Kopf, zur Zeit des Höchststandes eine örtliche Vergletscherung wegen seiner zu wenig über das Ferneis aufragenden Oberfläche nicht denkbar ist (oder am Joch-Berg wegen seiner Steilheit), so müssen wir nach einer Erklärung für den Gletscher des ebenso steilen Herzogstandes suchen. Diese liegt weniger in der größeren Gesamthöhe des Herzogstandes, als in dem Vorhandensein einiger Kare, in denen sich das Eis sammelte. Sie fehlen dem Joch-Berg gänzlich.

Sehr mannigfaltig sind die von der örtlichen Vereisung hinterlassenen Formen N. der Glas-Wand (Wälle, sumpfige Kessel usw.). Lokalfirn im Schatten der Wand wird sie noch lange angefüllt haben, so daß die Kessel noch heute fast frei von Blöcken sind, die statt dessen über den Eiskörper hinwegglitten und sich wallartig am Fuße des Eises auftürmten. Auch die großen Blöcke, die sich unterhalb des nördlichsten Walles bei "In der Grube" noch weit den Hang hinabziehen, vielleicht sogar die Schuttmassen bis zum "Ursprung", werden auf dieselbe Weise dorthin gelangt sein, da heute dort waltende Kräfte dies niemals bewerkstelligen könnten.

Aus der Höhenlage der Wälle N. der Glas-Wand, bezogen auf das Nährgebiet des Eises, ergibt sich eine damalige Schneegrenze bei rd. 1300 m. Das spricht bei einem Vergleich mit den Nachbargebieten einwandfrei für Hauptwürm-Alter.

Der Wall NO. vom Schwarzenberg-Kopf besteht in der Hauptsache aus Geschieben des südlichen Hinterlandes (Wetterstein-Kalk, Muschelkalk usw.), unter denen auch die S. 79 beschriebene Bresche wieder vorkommt, und muß demnach als Nahmoränenwall gedeutet werden. Das :- kadle Nährgebiet dieses Gletscherarmes lag etwa zwischen Bauernwurf und Eibels-Kopf NW. der Benedikten-Wand, war also groß genug, um diesen beträchtlich weit nach Norden reichenden Vorstoß herbeizuführen. Der

Wall wird allerdings nicht vollständig aus Nahmoräne bestehen, sondern als Hauptdolomit-Rippe schon vorgezeichnet gewesen sein.

Beim langsamen Rückzug dieses Gletscherarmes staute sich zwischen ihm und seinem Endmoränenwall ein See auf, dessen Bändertone heute im Lang-Moos und um P. 980 vorliegen. Der von Norden nachdrängende Ferngletscher legte sodann über alles seine Geschiebe. Die Gegend um Lang-Moos und "Ursprung" macht noch heute deutlich den Eindruck eines Zungenbeckens.

Bändertone und Schotter. — Überall dort, wo hinter dem vorrückenden Eis in den Tälern das Wasser aufgestaut wurde, kamen in den Seen Ablagerungen des ruhigen und fließenden Wassers zum Absatz (Bändertone und Schotter), die dann — wenigstens anscheinend überall in dem behandelten Gebiet — von dem weiter vorrückenden Eis überschritten wurden, im Hangenden also Moräne tragen. Auch in den Gebieten zwischen örtlicher Vereisung und den großen Ferngletschern wurden dergleichen Sedimente abgelagert. Dieser Vorgang ist nicht umkehrbar, d. h. der Gletscher konnte nur beim Vorrücken infolge seiner mächtigen Stirn derartige Seen aufstauen. Beim Rückzug dagegen sackte er ein und zerfiel in Toteiskörper, die nach und nach wegtauten, aber kaum mehr als Staudämme wirken konnten. Außerdem waren auch schon die Täler mit Schottern und Moräne zugefüllt, so daß also mit dem Einsacken des Ferneises die Erosion bereits einsetzte. Aus dieser Zeit sind daher Stausee-Ablagerungen selten und nur geringmächtig.

Nach Beobachtungen in anderen Gebieten scheint dieser Verbauungszyklus mit einer mehr oder weniger mächtigen Bänderton-Folge zu beginnen (z. B. Kockel-Richter-Steinmann, 1931). Mit Sicherheit läßt sich dies für das Kartierungsgebiet jedoch nicht nachweisen. Vielleicht ist im Pessen-Bach N. P. 826 dieser Fall verwirklicht, da das Anstehende nicht sehr tief darunter liegen kann. Im Gegensatz dazu hat die Mehrzahl der übrigen Vorkommen eine einheitliche Höhenlage von 980-1030 m, z. B. die Moore N. der Glas-Wand, wie Roth-Moos und Mäh-Moos, das ebene Gelände um die Kohlstatt sowie eine Anzahl kleinerer, sumpfiger Verebenungen, die wahrscheinlich alle auf Bändertonen liegen. Sehr schön ist im Kreuz-Graben, Kohlstatt-Graben, in der Schmied-Laine um P. 980 m, außerhalb des Kartenblattes im Schaftls-Graben und in den südlichen Nebenbächen der Kot-Laine zu erkennen, wie die mächtigen Verbauungsschotter genau bis 1000 m hinaufreichen und die tief in sie eingeschnittenen Tobel von da an in fast ebene Talböden auslaufen, die sich in einigen Fällen zu den oben erwähnten Mooren erweitern.

Die Bändertone vom Lang-Moos und P. 980 der Schmied-Laine wurden in einem See abgelagert, der sich zwischen dem Lokalendmoränenwall

NO. vom Schwarzenberg-Kopf und dem zurückweichenden Gletscher aufstaute.

Alle Bändertone sind ausschließlich von weißer, hellgelber bis grauer Färbung und feinschichtig, zuweilen auch mit kleinen Geröllen gespickt, die schließlich überhandnehmen und durch das tonige Bindemittel zu einer Art Nagelfluh verkittet sein können. Die Mächtigkeiten überschreiten selten wenige Dezimeter. Vor allem sind die, welche in allen möglichen Horizonten den Schottern zwischengelagert sind, nur sehr geringmächtig. Einen bezeichnenden Aufschluß in solchen zeigt Abb. 29. Die Verfestigung ist hier rezent. Nicht selten sind kleine zentralalpine Gerölle.

Schichtung und weniger grobes Material sind die kennzeichnendsten Merkmale der Schotter gegenüber den Moränen. Im Kartierungsgebiet ist allerdings infolge schneller Verstürzung der Aufschlüsse die Schichtung nur selten klar zu erkennen. In den meisten Fällen war daher die Bändertonführung zur Erkennung der Schotter ausschlaggebend.

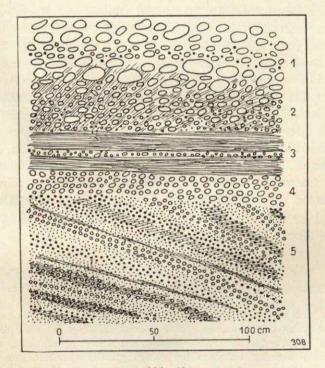


Abb. 29

Profil durch Schotter und Bändertone in einem südlichen Nebenbach der Kot-Laine.

1 = geschichtete Moräne; 2 = verkittete Schotter und Moräne; 3 = hellgelber, geschichteter Ton; 4 = gröbere Gerölle (mit Kristallin); 5 = feine Gerölle, z.T. verkittet, 15—30° nach NW. einfallend.

Zentralalpine Geschiebe können dazu nicht dienen, da sie — was allerdings auffällig selten verwirklicht ist— vom Gletscherrand her in die Schotter gelangen konnten.

Die mächtigsten Verbauungen zeigen die Täler vom Pessen-Bach nebst Kreuz-Graben, Schmied-Laine, Schaftls- und Kohlstatt-Graben. Im Pessen-Bach führen die Schotter, die äußerlich nur andeutungsweise Schichtung erkennen lassen, einzelne große Blöcke, die von oben her aus der Moräne durchgesaigert sein werden.

Nach v. Klebelsberg liegen auch in der Gegend um den "Ursprung" der Schmied-Laine Verbauungsschotter. Der Bach entquillt hier mit beträchtlicher Stärke einer mächtigen Schuttanhäufung, deren Deutung als Schotter aber angezweifelt werden kann. Eine wahrscheinlichere Erklärung wurde schon S. 83 gegeben.

Sehr interessant sind die Verhältnisse bei der Rappin-Alm, die in der südöstlichen Verlängerung des Rappin-Baches bei 990 m schon außerhalb der Karte liegt. v. Klebelsberg läßt von Westen her einen schmalen Gletscherarm dem Tal des südlichen Nebenbaches vom Rappin-Bach folgen bis kurz unterhalb der Rappin-Alm. Dort sollen die Naheismassen des Hirschhörnl- und Glaswand-Gebietes von beiden Seiten zusammentreffen. Weiter unterhalb soll ein aus der Jachenau vorgestülpter Gletscherarm das Tal verriegeln, so daß oberhalb ein Stausee entsteht. Zur Zeit des Eishöchststandes, für den v. Klebelsberg diese Verhältnisse annimmt, hat aber sicher Ferneis in diesen geringen Höhen gelegen (zumal wenig nördlich davon in 1400 m noch am Breit-Eck Fernmoräne gefunden wurde). Es blieb also gar kein Raum für Verbauungsschotter. Diese müssen also erst dem Rückzug des Eises gefolgt sein. Dieselben Bedenken kamen v. Klebelsberg selbst schon im Falle der Kleinen Laine.

Aus derselben Zeit stammen auch die Stausee-Ablagerungen um Raut-Mösl, Geisel-Moos, Eschenfleck usw. südöstlich außerhalb der Karte.

## E. Die Nacheiszeit.

Hier sollen nur die Ablagerungen vom ersten großen Rückzugsstadium bis zum vollständigen Rückzug des Eises, also vom Würm-Stadium-a bis einschließlich Würm-Stadium-b, dem Beginn des Alluviums, beschrieben werden. Außerdem sind an dieser Stelle nur die aufbauenden Faktoren berücksichtigt, die gleichaltrigen und jüngeren Abtragungsformen (Terrassen, Täler und Seen) dagegen erst im Abschnitt "Morphologie".

Mit Sicherheit nachweisbar sind im Gebiete weder Moränen des α- noch des β-Stadiums. Nur die Endmoräne NW. der Kot-Alm kann vielleicht dem α-Stadium zugegliedert werden, da wir in diesem mit einer Eishöhe in 1100 m über dem Kochel-See rechnen müssen. v. Klebelsberg's

Annahme (1914, S. 251) zwei sich NW. der Kot-Alm treffender, von Westen und Norden kommender Gletscherarme muß, zumindest für die Höchstvereisung, abgelehnt werden, da infolge der viel zu mächtigen Eisdecke hier damals keine Endmoränen entstehen konnten. Außerdem wird der Rückzug des Eises nicht nach Norden oder Westen, sondern nach Süden erfolgt sein, so daß der breite Talboden der Kot-Alm sehr gut als Zungenbecken erklärt werden könnte.

Unterhalb P. 904 zeigt das Tal der Kleinen Laine eine Verflachung, die v. Klebelsberg (1914, S. 250) auf Verbauung durch einen aus der Jachenau, also aus südöstlicher Richtung, vorgestülpten Gletscherarm zurückführt. Dieser Vorgang kann sich nicht zur Zeit des Eishöchststandes abgespielt haben, wo die Eisoberfläche in der Jachenau in etwa 1400 m Höhe lag, sondern beim Vorrücken oder Rückzug des Eises.

Wir sahen schon am Beispiel der Glas-Wand, wie nach dem Rückzug des Eises noch an geschützten Stellen (im Nordschatten senkrechter Felswände) jährlich längere Zeiten hindurch örtliche Firnflecken liegen blieben, an deren Fuß sich häufig der Wandschutt wallartig anhäufte. Dafür können noch weitere Beispiele gebracht werden. So führt z. B. W. vom Stutzen-Stein (892 m) der innere Wall neben zentralalpinen Geschieben hauptsächlich Wettersteinkalk-Blöcke, ein äußerer dagegen echte Fernmoräne. Dazwischen liegt eine sumpfige Verebenung. Auch O. vom Kien-Stein sind um 800 m Wälle aus örtlichem Hauptdolomit-Schutt aufgebaut. Ein ebenes Quellgebiet dahinter läßt vermuten, daß am Fuß der Hauptdolomitwand zeitweise ein Firnfleck gelegen hat. Dasselbe begegnet uns auch an der Kaltwasser-Wand und an anderen Stellen. Kare und karähnliche Hohlformen werden ebenfalls durch solche Firnflecken lange Zeit vor der Zuschüttung geschützt worden sein (zum Beispiel Am Alple, Schlehdorfer Alpel, Neu-Alm usw.).

Eine Menge morphologisch eigenartiger Formen, deren Entstehung ähnlich der oben geschilderten gewesen sein muß, beherbergt der Orterer Wald (Wälle, karähnliche Gebilde, Verebenungen usw.).

Weite Verbreitung und landschaftsbildende Bedeutung besitzen die Formen, die dem Eiszerfall zugeschrieben werden müssen: Gehört doch der Kochel-See selbst dazu. Denn ein Toteiskörper muß während der ganzen Nacheiszeit diese schon vor dem Diluvium vorhandene Hohlform ausgefüllt und vor der Zuschüttung bewahrt haben. Dasselbe gilt sicher auch für die Depressionen in dem Gebiet zwischen Jochbach und "Am Stein".

Die zahlreichen Wälle, die rings in der Umrandung des Kochelsee-Beckens von der Ebene bis etwa 890 m Höhe vorkommen, müssen ebenfalls dem Eiszerfall zugeschrieben werden. In der Bohn-Leite liegen allein sieben in Abständen von 20—40 m übereinander, die alle aus Fernmoränenmaterial bestehen. Zwei große Wälle von selten frischer Form liegen O. von Kochel am Fuße der Flysch-Berge. Westlich vom Kochel-See kommt nur einer in 850 m Höhe vor, die übrigen befinden sich dagegen alle fast unmittelbar am Gebirgsrand. Vielfach ist bei diesen aber nicht zu entscheiden, ob es sich um Aufschüttungsformen oder aus dem Anstehenden herausgearbeitete Hügel handelt. Das trifft noch mehr für die teilweise sehr steilen Rücken O. von Ried und Gschwendt zu, die fast im Streichen des Flysches verlaufen, so daß hier der Verdacht besonders nahe liegt, es handele sich nur um herausmodellierte härtere Teile. Einzelne kleine Aufschlüsse und Schürfe ließen zwar Geschiebe erkennen, die aber nicht die ganzen Wälle aufzubauen brauchen. Die schönsten Beispiele dafür bietet das Molasse-Gebiet, welches durch solche — genau im Schichtstreichen liegende — Rücken aus härteren und Täler aus weicheren Gesteinen bis über 700 m hinauf reich gegliedert ist.

Sämtliche Wälle laufen dem Gebirgsrand annähernd parallel bis auf geringe Abweichungen, die vielleicht durch junge Erosion verursacht wurden. Gesetzmäßigkeiten in den Höhenlagen bestehen nur für solche. die unmittelbar am Fuß des Gebirges unter 700 m und andere, die in rd. 830 m Höhe liegen. Sie entsprechen jeweils Randlagen, d. h. der fortschreitenden Abschmelzung des Toteiskörpers. Schmelzwässer werden hier am Eisrand eine große Rolle gespielt haben. Ihnen ist vor allem die Herausarbeitung der harten und weniger widerstandsfähigen Schichten zu Rücken und Tälern zuzuschreiben, aber nicht nur dies allein, sondern auch eine - wenn auch heute nicht mehr sehr deutliche -Terrassierung des Alpenrandes. Sie ist SW. von Großweil in verschiedenen Höhenlagen verbreitet, dann SW. von Schlehdorf auf den Raibler Schichten bei 700 m und am Schmal-Winkel um 800 m als versumpfte Verebenung. Pölten und Stern liegen in 690 m und Pfisterberg in 700 m ebenfalls auf einer solchen. Auch das breite Hochtal der Kohl-Leite dürfte ähnlicher Entstehung sein.

Nacheiszeitliche Schotter lassen sich nur S. von Pölten nachweisen. Dort sind in der Kiesgrube auf dem Hügel feinklastische, gut geschichtete Kiese und Sande aufgeschlossen. Auch die tonig-kiesigen Ablagerungen in dem von Westen kommenden Bach werden gleichen Alters sein. Ich möchte sogar auch den auffälligen Tongehalt der "Moräne" dieses und anderer weniger hoch gelegener Gebiete auf ähnliche Ursachen zurückführen, nämlich auf Schmelzwasserabsätze, bzw. eine durch solche in Rinnen entlang dem Eisrande umgelagerte Moräne.

Zur Nacheiszeit werden auch die Schotter S. vom Rappin-Bach gehören, worauf schon S. 86 hingewiesen wurde. Ihnen sind etwa 5 cm dicke hellbraune Bändertone zwischengelagert. Sie fallen mit 200 nach Norden ein.

Den großen, flachen Schuttfächer, auf dem Klein- und Großweil, Zell und Unterau liegen, hat von W. her die nacheiszeitliche Loisach in das Kochelsee-Becken vorgeschüttet.<sup>1</sup>)

Manche Stellen, z. B. W. vom Stein-Graben oder O. vom Rabenkopf-Graben, würden uns hinsichtlich ihrer riesigen Blockschuttanhäufungen vor ein Rätsel stellen, wenn sie nicht als eiszeitlich oder noch eher als nacheiszeitlich gedeutet werden könnten. Gegen rezenten Bergsturz spricht einmal die zu geringe Steilheit des Gehänges oberhalb von ihnen, zum anderen aber die verhältnismäßig große Steilheit des Hanges, auf dem sie heute liegen (z. B. SW. vom Stein-Graben), aber früher nie liegen geblieben wären. Sie werden also einer Zeit entstammen, in welcher der im Kochelsee-Becken liegende Eiskörper noch diese Höhe hatte und an seinen Rändern hier und dort die herabgleitenden Blöcke aufhalten konnte.

Mit der Beschreibung dieser Kleinformen nähern wir uns indessen schon dem Alluvium.

#### F. Das Alluvium.

Bei den übrigen Blockanhäufungen ist nämlich nicht mehr zu entscheiden, welches Alter sie ungefähr haben könnten. Sie liegen allenthalben am Fuße steiler Felswände, vornehmlich der massigen Riffkalke, z. B. in den Gebieten um Glas-Wand, Orterer Wald, Kien-Stein, Nase, Joch-Bach usw. Einem katastrophalen Bergsturz am ähnlichsten ist der Blockstrom an der Östseite des Falter-Schrofens, wenn auch die weniger große Steilheit einer einwandfreien Deutung Schwierigkeiten macht. Knauer (1923, S. 56) erwähnt einen größeren Felssturz an der Reißen-Wand, der sich im Jahre 1755 zur Zeit des Erdbebens von Lissabon ereignet haben soll.

Im Hauptdolomit-Gebiet fehlen solche Erscheinungen entsprechend dem dazu weniger geeigneten Gestein. Dafür liegen hier mächtige Wandschuttfächer, die, z. B. am Joch-Berg, recht bedeutend sind (Fig. 13, Tafel 7), aber auch in Kalken (Reißen-Wand, Glas-Wand) häufig beobachtet werden konnten.

Mächtige Bachschuttkegel münden aus dem Gebirge in die Kochelsee-Niederung. Sie sind heute fast alle mehr oder weniger fossil.

<sup>1)</sup> TROLL gibt diesen Schottern ein höheres Alter. Er läßt sie von den Schmelzwässern des Ammersee-Gletschers vorschütten. (Stellungnahme dazu auf S. 93). Auf die übrigen, das Gebiet betreffenden Ausführungen TROLL'S (Geolog. Rundschau, 1937, Heft 8) konnte nicht mehr eingegangen werden, da der vorliegende Text Ende 1936 abgeschlossen wurde.

Nur der Lain-Graben baut regelmäßig bei starken Regenfällen einen kleinen Schuttkegel in den See. Die übrigen überschütten nur hin und wieder Teile ihres alten Schuttkegels und richten meist mehr Unheil durch die Wassermassen als durch die mitgeführten Gerölle an. Dieses verhältnismäßig harmlose Verhalten ist allerdings wohl vorwiegend eine Folge der künstlichen Bachverbauungen.

Der große Schwemmkegel der Loisach, auf dem Groß- und Kleinweil, Zell und Unterau liegen, wurde schon erwähnt.

Ebenso befinden sich die meisten Moore durch Drainagegräben nicht mehr in ihrem natürlichen Zustand. Auf diese Weise wird auch das Verlanden des Kochel-Sees beschleunigt. Zu der bisherigen Torfstecherei und Wiesenwirtschaft tritt so immer mehr der Ackerbau. Die übrigen Moore befinden sich im Gebirge und beruhen im Ostteil des Gebietes auf Bändertonen. Nur Glas-Moos und Längen-Tal liegen auf Kössener Schichten, das Moos O. vom Jochfleck dagegen auf Raibler Schichten. Anmoorige Böden sind meist auf mergelige Gesteine oder Verwitterungsböden, vielleicht stellenweise auch auf tektonisch mylonitisierte Gesteine (Hauptdolomit) beschränkt.

Fast überall ist auf ebenem Gelände und flacher Böschung das Anstehende durch Verwitterungs- und Gehängeschutt verdeckt. Seine Auskartierung wurde möglichst sorgfältig durchgeführt, um falsche Mutmaßungen über den verhüllten Untergrund auszuschalten.

Zu den jüngsten Bildungen gehören die recht verbreiteten Versinterungen, die besonders häufig im Flysch-Gebiet sowie in den Bächen mit Verbauungsschottern vorkommen, nirgends aber landschaftsgestaltende Bedeutung erlangen.

## G. Morphologie.

Die scheinbar regellose Anordnung der Höhenlagen von Gipfeln, Graten und Verebenungen löst sich bei eingehenderer Betrachtung in ein stufenförmiges Stockwerk mit bestimmten Gesetzmäßigkeiten auf. Steigen wir dieses hinab, so durchmessen wir gleichsam die Geschichte der Alpen bei ihrem Werdegang zum Hochgebirge. Jede einzelne dieser Flächen stellt einen bestimmten Abschnitt dieser Entwicklung dar, die obersten als älteste, die untersten als jüngste Zeugen. Die jungen tektonischen Verbiegungen und die Überhöhung des Alpenrandes (Richter, 1932) setzen allerdings der zeitlichen Einordnung und Gleichstellung von Gipfelfluren und Altflächen einige Schwierigkeiten entgegen. Deren Erhaltung ist außerdem gerade am Alpenrand durch die tiefgelegene Erosionsbasis und die dadurch gesteigerte Abtragung oft sehr mangel-

haft. Daher wird ein Durchverfolgen oder Wiederfinden der südlich weit ausgedehnten nach Norden hin oft sehr erschwert.

So läßt sich nur ein Bruchteil der Gipfelfluren am Alpenrand irgendwelchen Altflächen einordnen, wenn sie nicht in höhere, echte Verebenungen übergehen, aus denen sie allmählich herausgeschnitten wurden. Der höchsten Gipfelflur, die wahrscheinlich aus der höheren Mitteltertiären Gebirgsoberfläche hervorgegangen ist, gehören nur an: Herzogstand (1730 m), Martins-Kopf (1674 m) und Fahrenberg-Kopf (1627 m), der tieferen Mitteltertiären Gebirgsoberfläche: Joch-Berg (1567 m), Raben-Kopf (1559 m), Schwarz-Eck (1528 m) und die Pyramide des Hirschhörnl-Kopfes (1515 m).

Die Glas-Wand (1460—1497 m) gehört vielleicht zur Neugläger Fläche (Niedermayer's 1936).

Die nun folgenden Niveaus sind nicht mehr Gipfelfluren, sondern Altflächen. Rosengarten-Fläche: außerhalb der Karte Bärenhaupt-Alm (1400 m), Bärenhaupt (1370 m), sowie O. der Großen Laine die Verebenungen um die Laichhansen-Alm (1368 m). Dazu gehören in unserem Gebiet selbst: Schlehdorfer Alpel (1410 m) nebst Rauch-Kopf (1429 m) und P. 1351, sowie Jocher Alpe (1382 m) und die Altflächen südlich von ihr um 1400 m.

Am verbreitetsten ist die Klausenkopf-Stufe, zu der die Verebenungen N. vom Sachenbacher Tal von 1190-1240 m (Mitterberg usw.) gehören, ferner SO. der Staffel-Alm (bei 1250-1280 m), O. der Kaltwasser-Wand (1240-1250 m), der Schwarzenberg-Kopf (1232 m), die verkarstete Wettersteinkalk-Oberfläche beim Bauernwurf in 1250-1290 m und vielleicht der Windpassel-Kopf (bis 1200 m). Zu noch größerer Verbreitung gelangt die Klausenkopf-Fläche in der bezeichnenden Mittelgebirgslandschaft zwischen Walchen-See bzw. Jachenau und Isar-Längstal, die zwar kaum mehr auf der Karte liegt, aber dennoch verdient, hier erwähnt zu werden, da sie von verschiedenen Punkten aus glänzend überblickt werden kann (Fig. 14, Tafel 7) und weil aus ihr auch die Klausenkopf-Fläche in unser Gebiet unmittelbar überleitet. Im Flysch-Gebiet nordöstlich außerhalb der Karte gehören dazu: Enzenauer Kopf (1201 m), Enzenanger (1262 m), Stallauer Eck (1216 m), Fahrt-Kopf (1203 m), Heigel-Kopf (1205 m), Verebenungen um das Blomberg-Haus (1180 bis 1220 m und eine Anzahl anderer.

Weitere Verebenungen, die keiner der bekannten Flächen einzuordnen sind, begegnen uns N. vom Hammers-Bach (1100—1141 m), W. davon eine etwas höhere (1160—1180 m), in kleinen Resten am westlichen Kartenrand (1130—1150 m), am Pfeng-Berg (1070—1163 m), in dem sanft geneigten Gelände zwischen Talfleck und Kochler Alm (1130 bis

1200 m), NW. der Kot-Alm (um P. 1171) — einer breiten Talform, die nicht allein vom Eis geschaffen wurde, sondern schon vor dessem Einzug bestanden haben wird — und am Rieder Vorberg (1030—1070 m).

Die Ergebnisse sind also folgende:

Gipfelfluren um 1800 m: nur außerhalb des Gebietes, z. B. Heimgarten (1790 m), Benedikten-Wand (1801 m).

Gipfelfluren um 1650—1700 m: (aus der höheren Mitteltertiären Gebirgsoberfläche).

Gipfelfluren um 1550 m: (aus der tieferen Mitteltertiären Gebirgsoberfläche).

Neugläger Fläche?: um 1500 m.

Rosengarten-Fläche: um 1400 m (Alt-Pliozän). Klausenkopf-Fläche: um 1200 m (Mittel-Pliozän).

Jüngere Verebenungen.

Die Entwicklung der Talsysteme. - Die Mehrzahl der übrigen, tiefer gelegenen Verebenungen ist nun alten, aber noch rekonstruierbaren Talsystemen zuzurechnen, falls nicht ihre Einordnung infolge eiszeitlicher Umformung gänzlich unmöglich ist. Am interessantesten ist der Kessel-Berg, über den nach F. Leyden (1922) schon in der Garmischer Phase (= Rosengarten-Fläche) die Loisach und Eschen-Laine den Alpenrand erreicht haben sollen, was bereits Niedermayer (1936) widerlegt hat. Hahn (1914) wies als erster darauf hin, daß die Quertäler der Alpen jeweils mit Achsenmulden (Einwalmungen) zusammenfallen. Das gilt außer für Isar- und Loisach-Tal auch für das Becken des Walchen-Sees. Für den Kessel-Berg ist es nicht mehr nachzuweisen, jedoch ebenfalls wahrscheinlich. Mit Penck (1922) können wir behaupten, daß die Isar ursprünglich über den Walchen-See und Kessel-Berg nach Norden entwässerte (Fig. 15. und 16, Tafel 8). Durch tektonische Vorgänge wurde in der Voreiszeit (nach Leyden schon von der Reichenhaller Phase an) ihr Lauf zur Jachenau und schließlich in ihr heutiges Tal abgelenkt, der Kessel-Berg damit also nicht mehr als Talausgang benutzt.

Leyden (1922) verlegt die tektonischen "Aufsattelungsbewegungen und Zerreißungen" (Blattverschiebungen) bis in das Alt-Quartär hinein (trambilenische Phase). Auf die voreiszeitlichen, "longitudinalen" Bewegungen läßt er also im Alt-Quartär Querfalten folgen. Ein Zusammenhang zwischen diesen und den Quertälern wird also von ihm scheinbar nicht angenommen, da ja letztere älter sind als altquartär. Damit hat Leyden aber nicht erklärt, warum zur Garmischer Phase die Entwässerung zum Alpenrand vorwiegend in Quertälern erfolgte. Nach seiner Hypothese bestanden solche ja noch gar nicht.

Die verkarsteten Verebenungen des Kessel-Berges liegen heute zwi-

schen 920—950 m. Jüngere befinden sich außerdem zwischen 770—830 m und W. von Urfeld in 870 m. Zum Kesselberg-Niveau gehören vielleicht auch die Höhen um 800—900 m zwischen Joch-Bach und Felsenkeller. Auch der alte, tektonisch vorgezeichnete Talboden des Hammers-Baches (Heckenbach-Sattel im Untergrund) war auf den Kessel-Berg eingestellt, indem er früher in nordöstlicher Richtung entlang dem Bach W. vom Reitweg und über den Kessel-Berg geführt haben wird. Heute liegt seine Hängetalmündung zum Walchen-See, d. h. die Stelle, wo der Bach das alte Tal verläßt, um auf kürzestem Wege dem Walchen-See zuzustreben, bei 1000 m.

Ein alter Talboden ist auch derjenige der Roßfüll-Laine in 750 bis 790 m Höhe, der heute über eine 110 m hohe epigenetische Stufe in den Kochel-See mündet. Sein Lauf ist, wie der vieler anderer Bäche, stratigraphisch durch die Kössener Mergel vorgezeichnet.

Das Tal von Sachenbach wird früher sicher einmal in umgekehrter Richtung entwässert haben. Heute liegt die Wasserscheide bei der Fieber-

Kapelle (872 m).

Im Gebirge sind Terrassen recht selten. Vielleicht liegt die Maier-Alm auf einer solchen. Sehr jung sind die Terrassen im Heckenbach-Tal gleich O. der Kesselberg-Straße. Die einzigen deutlichen Terrassen größeren Ausmaßes liegen auf der Karte an der Mündung des Loisach-Tales ins Kochler Moos. Die Hänge SW. und N. von Großweil sind - zum Teil allerdings kaum erkennbar - schwach gestuft, jedoch können nur die unteren, weniger verwaschenen, dem Terrassensystem der Loisach zugerechnet werden. Die oberen entstammen jeweiligen Eisrandlagen. Nach Penck (1909) sollen schon in 750-800 m Höhe "rechts und links" vom See "mehrerer Stufenmündungen ein altes Talniveau andeuten". Vielleicht gehört hierher auch die Pfisterberger Verebenung in 700 m. Penck erwähnt dann eine bis auf 640 m ansteigende Terrasse am Höllers-Berg W. von Großweil, das selbst, wie auch Kleinweil und Zell, auf einer etwa 20 m tieferen Loisach-Terrasse liegt. Sie gehört zu den wenigen, die einen noch scharf ausgeprägten Rand haben. Dasselbe gilt für die rd. 10 m darunter folgende zweite Terrasse.

Mühl-Moos und Karpf-See sind alte, teilweise zugeschüttete Schlingen der früheren Loisach.¹)

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup>) Troll (Geolog, Rundschau, 1937, Heft 8) deutet sie als Toteislöcher, die beiden erwähnten Terrassen als Randterrassen des im Kochelsee-Becken zurückgebliebenen Eiskörpers.

Abgesehen von der gleichen Höhenlage der Terrasse nördlich der heutigen Loisach und derjenigen, auf der Großweil liegt, die zweifellos keine Randterrasse ist, wurde schon auf S. 89 festgestellt, daß der Schuttfächer, der natürlich älter ist, als die in ihn eingestuften Terrassen, nicht von den Schmelzwässern des Ammersee-Gletschers, sondern

Bei den übrigen Tälern, wie Lain-Bach, Schmied-Laine, Pessen-Bach nebst Kreuz-Graben, Lain-Graben, Kot-Bach (unterer Teil), Walch- und Filz-Graben, läßt sich nur feststellen, daß sie während der Eiszeit, ja vielleicht schon zu Beginn derselben, bestanden haben, da sie mit mächtigen Schotterablagerungen oder Moräne angefüllt wurden, die heute teilweise bis zur Sohle wieder ausgeräumt sind. Der Pessen-Bach ist im Unterlauf epigenetisch in den Felsuntergrund eingeschnitten, die Schmied-Laine vom obersten Wasserfall abwärts. Der Lain-Graben entwässert noch nicht allzu lange gegen Südwesten zum Kochel-See, sondern floß früher durch eine enge Pforte im Hauptdolomit O. vom Bomben-Holz nach Nordosten in Richtung Kalmbach. Auch nach der Verbauung dieses Ausganges durch Moräne hat er ihn noch zu benutzen vermocht, bis er von Südwesten her angezapft wurde. Seitdem hat er sich über 10 m eingetieft, aber immer noch nicht ganz die Sohle dieses alten, etwa 40 m breiten Durchbruches erreicht. Durch die Moränenverbauung ist der Bach in den anstehenden Fels gedrängt worden und hat sich in diesen kurz vor dem versperrten Ausgang epigenetisch eingetieft. KNAUER (1923, S. 56) berichtet, daß die Laufverlegung in geschichtlicher Zeit erfolgt sei. Im Mittelalter soll das Bachbett weiter unten zum Kochel-See hin künstlich vertieft worden sein, um die Hochwassergefahr, unter der Kochel ständig durch das Überlaufen des Lain-Grabens an diesem alten Ausgang zu leiden hatte, abzuwenden.

Die Kleinformen. — Dem durchschnittlich weniger widerstandsfähigen Flysch-Gestein entsprechen seine mäßig steilen, niedrigen und bewaldeten Berge von Mittelgebirgscharakter. Eine Übergangsstellung zum eigentlichen Hochgebirge nimmt die Allgäu-Decke ein, die nur am Schwarzenberg-Kopf (1232 m) größere Höhen erreicht. Die wirklichen Steilformen beginnen schließlich erst mit den Felsen des Wetterstein-Kalkes oder noch häufiger mit dem südlichen Hauptdolomit-Plattenkalkgebiet. Beispiele dafür sind die beherrschenden Berge des Gebietes selbst, wie Herzogstand und Joch-Berg. Hier kommt außerdem sehr schön zum Ausdruck, daß die Steilheit nicht allein abhängig ist von der Nordlage, also zur tiefsten Erosionbasis, sondern auch von der Schichtung des Gesteins. Am Herzogstand: normales W.—O.-Streichen und Südfallen,

von der Loisach selbst vorgeschüttet wurde. Das wäre nicht möglich gewesen, wenn am Westrand des Kochelsee-Beckens noch Eis gelegen hätte.

Nach meiner Auffassung schreibt also Troll den betrachteten Erscheinungen ein zu hohes Alter zu.

Den Os-Rücken bei Achrain mit den Kleinweiler Loisach-Terrassen in Verbindung zu bringen, ist meines Erachtens ebenfalls nicht möglich, da beide die gleiche Höhenlage haben, für die Strecke aber — wie bei jeder Terrasse und besonders hier bei der riesigen Schotter-Verfrachtung und Vorschüttung — ein Gefälle verlangt werden müßte.

daher Steilabsturz an der Nordseite. Am Joch-Berg: SW.—NO.-Streichen und Südfallen, daher Steilabsturz an der Westnordwestseite.

Die Gliederung des Landschaftsbildes hängt also gleichermaßen von der Lage am Alpenrand, d. h. besonders vom Stand der von diesem ausgehenden rückschreitenden Erosion, wie von der Gesteinsbeschaffenheit und tektonischen Umgestaltung ab, indem z. B. das lithologisch und tektonisch wechselvollste Gebiet der nördlichsten Teile der Lechtal-Decke auch landschaftlich am reichsten gegliedert ist.

Entsprechend diesen Umständen und der geringen Steilheit verlaufen die Täler dort in der Hauptsache in W.—O.- bzw. SW.—NO.-Richtung, bei steilerem Gefälle dagegen, trotz desselben Streichens der Schichten fast senkrecht dazu N.—S.

Die Kochelsee-Niederung, als tiefe Kerbe im Alpenrand, wirkt sich natürlich im Landschaftsbild sehr stark aus, indem z.B. die Flysch-Berge erst in einiger Entfernung davon wieder ihre gewöhnlichen Höhen erreichen.

Von den Gesteinen sind für die Gestaltung des Landschaftsbildes am wichtigsten: Wetterstein- und Oberrhät-Kalk, Hauptdolomit und Plattenkalk auf der einen Seite und die weichen Mergelgesteine der verschiedensten Formationen auf der anderen. Die Dolomit-Landschaft ist von ganz besonderer Eigenart mit ihren tief eingeschnittenen Tobeln, die meist nur zeitweilig stärkere Bäche führen, mit der Trockenheit und Unfruchtbarkeit des Dolomitbodens und der von diesen Merkmalen abhängigen Pflanzenwelt.

Es sollen schließlich noch kurz die Kare erwähnt werden, von denen allerdings nur zwei echte im Gebiet nachweisbar sind. Das eine liegt am Herzogstand S. der Neu-Alm um 1400 m und ist ein dürftiges Gegenstück zu dem großartigen an der Heimgarten-Nordseite um 1500 m (wahrscheinlich zur Rosengarten-Fläche als alter Talhintergrund gehörig). Ein weiteres, das gesteinsbedingt ist, ist die Glaswand-Nordseite um 1300 m. Dieses und die übrigen karähnlichen Hohlformen, die alle tiefer liegen, wie "Am Alple", bei dem Schlehdorfer Alpel, bei der Orterer Alm und am Fuße einiger Felswände, müssen während der Eiszeit durch Toteiskörper erhalten worden sein.

Verkarstung ist namentlich auf der Oberfläche des Wetterstein-Kalkes sehr häufig zu beobachten. In sehr vielen Fällen handelt es sich aber nicht um rezente, sondern zweifellos fossile (spätladinische). Besonders gut erhaltene Dolinen liegen im Glaswand-Gebiet. Auch auf Oberrhät- und Plattenkalk ist diese Erscheinung hin und wieder zu beobachten, ebenso auf Hauptdolomit, z. B. auf dem Kessel-Berg. Wahrscheinlich werden im Dolomit tektonisch gestörte Zonen bevorzugt. In der Ver-

längerung des Gipsbruches befinden sich in dem Trockental zwischen Rothen-Berg und Bomben-Holz ebenfalls einige Dolinen.

## H. Hydrologie.

Der Kochel-See. — Im Gegensatz zum Walchen-See, dessen tektonische Anlage heute wohl als gesichert betrachtet werden darf, sind die Ansichten über die Entstehung des Kochel-Sees noch recht geteilt. Des Rätsels Lösung wird hier weniger im tektonischen Bau, als in der landschaftlichen Gestaltungsgeschichte dieses Teiles der Alpenrandzone liegen. Eines ist aber scheinbar bisher viel zu wenig bedacht worden, was dem Problem gleich von vornherein einen Teil seiner Schwierigkeit nimmt: Gerade in Anbetracht des benachbarten tiefen Walchen-Sees mache man sich eine Vorstellung von der äußerst geringen Tiefe des Kochel-Sees, die unter 67 m nicht hinabgeht. So wird man eher finden, daß diese Einsenkung im Alpenrand gar keine bedeutendere ist, als etwa die Füssener Bucht oder das Murnauer Becken, die nur zufällig nicht mehr von Wasser erfüllt sind.

Ein steiles Relief weist nur das Südende des Sees, vor allem durch die unter Wasser fortsetzenden Wettersteinkalk-Felsen auf. Ich möchte daher das Becken eher für erosiv, als für tektonisch entstanden, halten. Eine ursprüngliche tektonische Anlage war sicher trotzdem vorhanden.

Knauer (1924, S. 54 und 55) hält die Entstehung des Sees dagegen für rein tektonisch durch Absinken des Gebirges gegen das Vorland, sowie durch Zerrungsvorgänge und Einsturz des Beckens westlich einer Blattverschiebung. Zur Zeit der Entstehung der Kohle von Großweil soll der Seespiegel 25—30 m über dem heutigen gelegen haben. Die Anlage des Beckens ist aber wohl nur insofern tektonisch, als der Aufstau des Sees durch die jüngere Aufwölbung der Molasse im Norden erfolgte. Nichts spricht indessen für Einwalmung des Beckens, wie etwa am Walchen-See oder für einen Zusammenhang mit den Loisach-Störungen, von denen keine den See durchkreuzt.

Auch als eine Art Einsturztrichter über ausgelaugten Raibler Gipsen ist der Kochel-See erklärt worden. Im kleinen mögen am Ostufer beim Gipsbruch solche Stellen vorkommen, für den gesamten See ist diese Vorstellung aber unmöglich.

Zur Übertiefung und Versteilung des Südufers wird vielleicht die Loisach beigetragen haben, die zwar zuerst wohl unmittelbar nach Nordosten am Rand der Molasse entlang floß, dann aber eine Zeitlang ganz nach Süden umbog (Karpf-See, Rinne im See S. von Schlehdorf!). Ganz wesentlich wird aber vorher schon die über den Kessel-Berg kommende Isar an der Ausgestaltung des gesamten Beckens gearbeitet haben.

So, wie der Walchen-See während der Eiszeiten durch Toteis erhalten blieb und auch in den darauf folgenden Zeiten infolge zu geringer Zuflüsse vor Zuschüttung bewahrt wurde, so auch der Kochel-See. Immerhin finden wir, wie beschrieben, eiszeitliche Ablagerungen (Moräne, Schotter, Kohle) im Bereich des Beckens, aber vorwiegend in seinen nördlichen Teilen. Der geschütztere Südwinkel dagegen blieb einmal länger mit totem Eis angefüllt und wurde zum anderen ständig, anscheinend auch, wenn dieses weggeschmolzen war, also in den Zwischeneiszeiten und später, von größeren Zuflüssen verschont.

Am Südufer fehlen diese Zuflüsse noch heute. Nur an der West- und Ostseite des Beckens haben sich früher einige Bachschuttkegel in dieses vorgebaut. Von Nordwesten her bedroht als einziger wichtigerer Zufluß die Loisach mit ihrem breiten, aber sehr flachen Schotterkegel den Fortbestand des ganz nach Süden abgedrängten Sees, während die natürliche und künstliche Verlandung von Norden her rasch fortschreitet und schon ein gutes Stück Arbeit geleistet hat, wenn man bedenkt, daß sich der See ursprünglich bis zur Penzberger Molasse erstreckt hat.

Die Quellen. — Bekannt ist die Wasserarmut der Hauptdolomit-Plattenkalk-Gebiete, in denen Bäche und Tobel häufig nur zeitweilig Wasser führen und die Quellen vorwiegend an Störungszonen gebunden sind. Ein Beispiel dafür ist die Quelle des Kesselberg-Baches, die wegen ihrer mächtigen Schüttung bekannt ist und Anlaß zu Untersuchungen über die Herkunft ihres Wassers gegeben hat. Die Annahme, daß es sich um einen natürlichen, mit Kluftwasser gemischten Abfluß des Walchen-Sees handele, hat sich durch Farbversuche, die im Jahre 1902 angestellt wurden, als richtig erwiesen.¹) Schwager (1898) wies auf die verschiedene Zusammensetzung der Wässer von Walchen-See und Kesselberg-Quelle hin, vor allem auf den bedeutenderen Schwefelsäuregehalt der letzteren und machte schon die richtige Annahme, daß im Untergrund ein Gips-Vorkommen sein müßte, von dem das Wasser auf seinem Wege vom Walchen-See bis zur Quelle durchflossen würde.

Ebenfalls mächtige Schüttung hat der in grobem Schutt liegende "Ursprung" der Schmied-Laine. Die meisten Quellhorizonte führen die Kössener Schichten. An einer Störung zwischen ihnen und Hauptdolomit entspringt NO. der Herzogstand-Häuser deren Quelle.

Fast völlig in Vergessenheit geraten sind heute die Mineralquellen von Kochel und Pfisterberg, die 1846 entdeckt wurden und Kochel zeitweilig zu einem scheinbar gern besuchten Heilbad erblühen ließen. Die Kochler Marien-Quelle auf dem Dessauer Schloß tritt in den Zementmergeln zutage, entstammt aber wahrscheinlich der Molasse. Sie ist reich

7

<sup>1)</sup> Nach freundlicher Mitteilung von Herrn Dr. Freiherr von und zu Aufsess.

an Soda, ebenso die Pfisterberger Quelle, die aber außerdem nach neueren Analysen<sup>1</sup>) Jod enthält (0,123 mg bzw. 2,4 mg im Liter nach zwei Analysen).

## J. Tektonische Zusammenhänge mit der weiteren Umgebung.

Auf mehreren Begehungen, die der Weiterverfolgung der tektonischen Einheiten vor allem gegen Westen dienten, konnte die Karte KNAUER'S (1906) auch weiterhin noch in verschiedenen Punkten berichtigt werden.

Auf der Allgäu-Decke liegt — eingemuldet — der Schmiedlaine-Zug mit Hauptdolomit, aber scheinbar ohne das transgredierende Cenoman, am Simmers-Berg und SW. davon, unweit der Wetzstein-Brüche, auf Neokom- und Malmaptychen-Schichten. Gegen Osten kehrt er erst am Gipsbruch bei Neujoch und gegen Westen in einem Gegenstück, dem Falkenstein-Zug, bei Füssen (Kockel—Schmidt-Thomé—Custodis, 1936) wieder.

Die Verhältnisse an der Stirn der Lechtal-Decke sind völlig anders, als sie Knauer gezeichnet hat. Das Cenoman des großen Muldenzuges transgrediert nicht über Lias oder "Oberjura" der Allgäu-Decke, sondern über Hauptdolomit bzw. Hierlatz-Kalk der Lechtal-Decke. Es ist einige 100 m NO. des Fest-Kreuzes folgendes Profil von Norden nach Süden aufgeschlossen: Malmaptychen-Schichten (Allgäu-Decke), hellgelbbräunliche Partnach-Kalke mit Mergeln, Wetterstein-Dolomit und -Kalk (stark vermindert), etwa 100 m heller Hauptdolomit und schließlich gegen Westen auskeilender Hierlatz-Kalk, darüber transgredierend das Cenoman. Der Nordflügel des großen Muldenzuges, der an unserer westlichen Kartengrenze tektonisch fast ganz verschuppt war, ist also wieder annähernd vollständig erhalten, wenn auch in verminderter Mächtigkeit. Noch etwas tiefer ist am Weg Ohlstadt—Fest-Kapelle der Hauptdolomit des Nordflügels vorhanden.

Das Cenoman-Konglomerat der Umgebung des Fest-Kreuzes besteht vorwiegend aus Hauptdolomit, Hierlatz-Kalk und vereinzelten glaukonitischen Sandsteinen und Mergeln des Cenomans selbst.

Die Schwelle des Käser-Berges gliedert das Cenoman in zwei Mulden und streicht auf den Südflügel des großen Muldenzuges zu, wie aus den vereinzelten Oberrhätkalk-Felsen zu ersehen ist, um sich mit ihm NW. vom Rau-Eck zu vereinigen. Es liegt hier also ein deutliches NO.—SW. gerichtetes vorcenomanes Streichen der Muldenachse neben dem W.—O.-Generalstreichen des großen Muldenzuges vor. Diese südliche Cenoman-Mulde finden wir auch gegen Westen wieder (Kockel—

<sup>1)</sup> Die freundliche Überlassung derselben verdanke ich Herrn Dr. HECKERT-Kochel,

RICHTER—STEINMANN, 1931). Ihr entspricht vielleicht die Mulde am Vest-Bühel, bestimmt aber diejenige N. vom Mühl-Berg, die sich wiederum W. von Ettal mit der des großen Muldenzuges selbst vereinigt (wie am Käser-Berg) und die Mulde vom Letten-Wald.

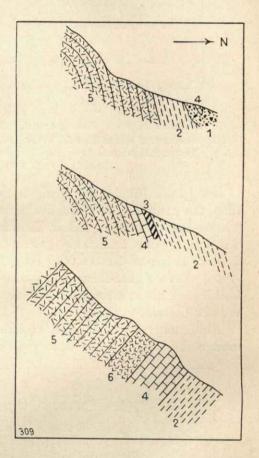
Auch vom Südflügel des großen Muldenzuges gibt KNAUER'S Karte ein nicht zutreffendes Bild. In Wirklichkeit<sup>1</sup>) schließen die Tobel NW. vom Rau-Eck von Norden nach Süden folgendes auf (Abb. 30):

Abb. 30

Ansichtsskizze der Tobel NW. vom Rau-Eck.

(Südflügel des großen Muldenzuges bezw. Heckenbach-Sattel, außerhalb des Kartenbereiches).

- 1 = Cenoman-Konglomerat (vorherrschend Fleckenkalk, daneben Oberrhät-Kalk und roter Lias-Kalk, sehr große Blöcke und Gerölle; im obersten Profil großer Oberrhätkalk-Block);
- 2 = Lias Fleckenmergel und Kalke mit Avicula sp.;
- 3 = roter Lias-Kalk (2 m);
- 4 = Oberrhät-Kalk;
- 5 = Hauptdolomit;
- 6 = mylonitisierter Dolomit.



Cenoman, das über Lias-Fleckenmergel transgrediert, bunten Lias-Kalk, Oberrhät-Kalk und Hauptdolomit des Heckenbachsattel-Nordflügels, der sehr stark vermindert und nach Osten zu mehr und mehr nordüberkippt ist.

<sup>1)</sup> Nach freundlicher Mitteilung von Professor RICHTER und Professor KOCKEL, nach deren Angaben auch die schematisierten Profile (Abb. 30 und 31) gezeichnet wurden.

Das Cenoman-Vorkommen W. vom Rauch-Köpfl (Abb. 31) wird ein Gegenstück zu dem W. vom Rauteckkopf-Gipfel sein, in dem auch Lias-Hornsteine gefunden wurden.

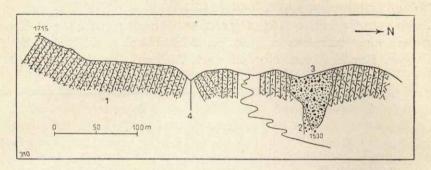


Abb. 31

Ansichtsskizze N. vom Heimgarten, auf dem Wege O. vom Schwarzen Rain. 1 = Hauptdolomit; 2 = Lias-Kieselkalk mit Linsen eines dichten, rötlichen oder grauweißen Kalkes (Übergang Hierlatz-Kalk — Lias-Kieselkalk) 2—3 m; 3 = grobes Cenoman-Konglomerat (Radiolarit-reich); 4 = Heckenbach-Sattel.

Der große Muldenzug wird im Loisach-Tal durch eine Blattverschiebung um etwa 1,3 km zurückversetzt und gegen Westen in Laber- und Ammer-Mulde zweigegliedert. Entlang der Loisach-Störung findet eine Schleppung der Schichten gegen Nordosten statt (siehe Karte von Kockel-Richter-Steinmann, 1931), die auch auf der Karte Knauer's (1906) O. vom Heu-Berg zum Ausdruck kommt. Mit einer flexurartigen Verbiegung allein kann man indessen nicht die verschiedene Lage O. und W. der Loisach erklären.

Abbildung 32 gibt die tatsächlichen Verhältnisse W. vom Heimgarten wieder. Die Jochberg-Martinskopf-Mulde setzt sich also nach

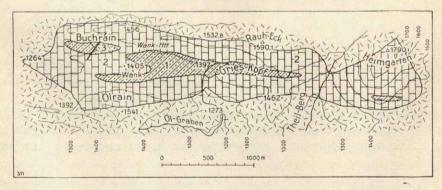


Abb. 32

Richtigstellung der geologischen Verhältnisse W. von Heimgarten. 1 = Kössener Schichten; 2 = Plattenkalk; 3 = Hauptdolomit. etwa 1200 m breiter, erosiver Unterbrechung geradlinig am Heimgarten fort bei westlichem Achsengefälle. Sie muß dem unter der Ammergauer Gipfelschuppe, die sich vom Ochsensitz bis zur Kieneck-Alm (Kockel-Richter-Steinmann) hinzieht, gelegenen Plattenkalk und den dortigen Kössener Schichten entsprechen.

Der Heckenbach-Sattel setzt sich also nicht im Oberauer Sattel fort, sondern muß zwischen der oben beschriebenen Mulde und dem großen Muldenzug liegen. Damit steht im Einklang, daß das Cenoman sowohl im Ammergau, wie zwischen Herzogstand—Heimgarten bis auf den Hauptdolomit im Nordflügel dieses Sattels hinab transgrediert.

## Zusammenfassung.

Es würde hier zu weit führen, sämtliche Ergebnisse der Neukartierung des behandelten Gebietes noch einmal aufzuzählen. Mit Hilfe der klareren tektonischen Vorstellungen, die wir heute gegen früher haben, konnten auch solche Stellen enträtselt werden, die stratigraphisch wenig eindeutig, für den Gesamtbau aber von Wichtigkeit waren, so z. B. die von Knauer völlig anders gedeuteten Verhältnisse an der unteren Kesselberg-Straße. Durch dieses Mißverständnis war es auch möglich, daß Richter (1929) hierhin den Stirnrand der Inntal-Decke verlegen konnte. Diejenigen Formationen (vorwiegend Kalke), die weder gesteinskundlich noch durch Versteinerungen einwandfrei bestimmt werden konnten und von Knauer meist als Raibler Schichten kartiert worden waren, ließen sich auf tektonischem Wege richtig einordnen. Aber auch ein Beispiel für den umgekehrten Fall: Die allein stratigraphisch erkundete tektonische Stellung des Schmiedlaine-Zuges.

In der Stratigraphie wurde Wert gelegt auf eine möglichst feine fazielle und stratigraphische Gliederung aller Formationen des Oberostalpins. Bisher unbekannt war z. B. die "Kohlstatt-Fazies" des Doggers mit ihrem Konglomerat. Höchst reizvoll war das Studium der präcenomanen Tektonik mit ihren eigentümlichen Beziehungen zur tertiären, d. h. dem Zusammenfallen alter und junger Faltenelemente, einer Erscheinung, die in ihren Anfängen bis auf den Jura zurückgeht. Auch der Nachweis der spätladinischen Regression mit ihren Folgeerscheinungen (Vererzung und Verkarstung) wurde eingehend beschrieben. Flysch und Molasse boten stratigraphisch nichts wesentlich Neues.

In der Diluvialstratigraphie wurden neue Breschen-Vorkommen beschrieben, konnten die früheren Angaben über die Eishöhen berichtigt werden und Verbauungsschotter, Nah- und Fernmoränen usw. genauer getrennt und auskartiert werden. Besonders interessante Verhältnisse rief der Eiszerfall im Kochelsee-Becken hervor. Gipfelfluren und Altflächen wurden untersucht. Am verbreitetsten ist die Klausenkopf-Fläche. Die Isar floß ursprünglich bis zur Präglazialzeit über Walchen-See und Kessel-Berg in das Vorland. Das Kochelsee-Becken ist nicht als Einsturztrichter oder durch junge Kesselberg-Störungen entstanden. Es ist als alter Talboden, der nach Norden durch die Hebung der Molasse abgeriegelt wurde, zu deuten.

Ein kurzer Abschnitt über das Gebiet N. vom Heimgarten stellt die Verbindung mit der W. der Loisach gelegenen Alpenrandzone her.

An tektonischen Einheiten treten in dem behandelten Gebiet Lechtalund Allgäu-Decke, Flysch und Molasse auf. (Das Helvetikum ist nicht aufgeschlossen.) Der "Marmor" von Großweil wurde mit Vorbehalt als Schubfetzen zwischen Flysch und Helvetikum erklärt.

Von regionaler Bedeutung ist der "große Muldenzug" an der Stirn der Lechtal-Decke. Die Schichten im Muldenkern sind ausgezeichnet durch z. T. sehr bedeutende Reduktionen ihrer Mächtigkeit, die durch Abscheerung beim Vorgleiten über den steil gestellten Südflügel, weniger durch Dehnung während der Faltung gedeutet wurden.

Außerdem stehen diese Verminderungen in deutlichem Zusammenhang mit der Hochpressung des Muldenzug-Südflügels. Dagegen erfolgt N. vom Raben-Kopf eine Dehnung und "Vorschleifung" des Muldenkerns nach Norden auf Kosten des Nordflügels und der Allgäu-Decke. Es liegt hier also die Andeutung einer Reliefüberschiebung vor.

Das "südliche Hauptdolomit-Plattenkalkgebiet" ist SW. vom Kochel-See viel enger gefaltet, als östlich — wiederum durch die Verknüpfung alter und junger Tektonik. Der Jochberg-Mulde entspricht S. vom Herzogstand die von Martins-Kopf—Reißen-Wand, nur, daß sie östlich an der Kesselberg-Störung beträchtlich abgesunken ist. Dasselbe trifft für die kleine Kössener Mulde der Herzogstand-Häuser zu. Infolge Schrägstellung (Kippung) war das Absinken unmittelbar an der Störung am größten.

Das ganze Gebiet wird in W.-O.-Richtung vom "Heckenbach-Sattel" durchzogen, dessen Kern mit Raibler Schichten und Wettersteinkalk-Fetzen O. vom Kochel-See hochgeschleift ist; W. dagegen ist der Hauptdolomit nur mylonitisiert und im Nordflügel stark vermindert.

Die von Niedermayer (1936) beschriebene "Rothwand-Verwerfung" wurde O. vom Walchen-See wiedergefunden, an der Kesselberg-Störung um 1,25 km nach NO. versetzt. Der Verlauf beider kommt auch in der Gestaltung des Walchensee-Bodens deutlich zum Ausdruck. Dadurch konnte das östliche Einfallen der Kesselberg-Störung mit etwa 450 berechnet werden. Ihr gesamter rd. 40 km langer Verlauf ist nun heute von Wamberg bis Tölz genauestens bekannt. Die Versatzbeträge schwanken

zwischen 1 und 1,5 km im Kartierungsgebiet. Bei ihrem Eintritt in den großen Muldenzug gabeln sich zahlreiche kleinere, Fiederkluft-ähnliche

Blattverschiebungen ab.

Die Allgäu-Decke verhält sich diesem Vorgang gegenüber passiv, d. h. sie wird auch längsgedehnt, dagegen nicht so zerstückelt und nur flexurartig nach NO. gebogen. Ähnlich verhält sich der Flysch. Nordgerichteter Schuppenbau ist kennzeichnend für die Allgäu-Decke: Im Norden die Cenoman-Randschuppe mit ihrer eigentümlichen, bisher nicht völlig geklärten Beziehung zum Flysch, dann die Lias-Schuppen, z. T. mit Kössener Schichten (und Hauptdolomit) an der Basis und schließlich – als vollständigste – die Schwarzenberg-Schuppe mit einer Schichtenfolge von den Raibler Schichten bis zum Cenoman (Haselries-Laine), die in sich wiederum verschuppt ist.

Eingemuldet in die Allgäu-Decke ist der "Schmiedlaine-Zug" als ein Rest aus dem Nordflügel des großen Muldenzuges der Lechtal-Decke. Ein vollständigeres Gegenstück dazu ist der Falkenstein-Zug bei Füssen

(Kockel-Schmidt-Thomé-Custodis, 1936).

Im Kochelsee-Becken taucht die Murnauer Molasse-Mulde unter Flysch und Helvetikum hinab. Westlich vom Kochel-See wurde im Verlauf der Deckenüberschiebung die nördlichste Flysch-Mulde erosiv entfernt. Die Flysch-Zone ist daher im O., wo sie zudem auf Kosten der Molasse vorgewandert ist, viel breiter.

Gipfelschuppen, Scheerflächen und andere, meist weniger bedeutungsvolle kleintektonische Erscheinungen runden schließlich das tektonische

Gesamtbild ab.

### Schrifttum.

- AIGNER, D.: Das Benediktenwandgebirge. Geologische Neuaufnahme der Lenggrieser Berge vom Isartal bis hinüber zu den Bergen bei Kochel. Mitt. Geogr. Ges. München, 7, München 1912.
- Ammon, L. von: Geognostische Beobachtungen aus den bayrischen Alpen. A. Die Aufschlüsse an der Kesselbergstraße. Geogn. Jh., 7, München 1894.
- Andrée, K.: Geologie des Meeresbodens. II. Leipzig 1920.
- BAYERISCHES OBERBERGAMT: Die mineralischen Rohstoffe Bayerns und ihre Wirtschaft.

  I. Die jüngeren Braunkohlen. München und Berlin 1922.
- BITTNER, A.: Lamellibranchiaten der alpinen Trias. Wien 1895.
- Blüher, H.-J.: Molasse und Flysch am bayerischen Alpenrand zwischen Ammer und Murnauer Moos. Abh. d. Geol. Landesunters. a. Bayer. Oberbergamt, 16, München 1935.
- Boden, K.: Geologische Aufnahme der Tegernseer Berge im Westen der Weißach. Geogn. Jh., 27, München 1915.
  - Geologische Untersuchungen am Geigerstein und Fockenstein bei Lengries mit Berücksichtigung der Beziehungen zu den benachbarten Teilen der oberbayerischen Alpen. — Geogn. Jh., 28, München 1915.
- Tektonische Fragen im oberbayerischen Voralpengebiet. Centralbl. f. Min. usw., Stuttgart 1922.
- Das Flyschgebiet zwischen Isar und Loisach bei Tölz in Oberbayern. Geogn. Jh., 38, München 1925.
- Geologisches Wanderbuch für die Bayerischen Alpen. Stuttgart 1930.
- Cadisch, J.: Geologie der Schweizer Alpen. Zürich 1934.
- CLOOS, H.: Zur Mechanik der Randzonen von Gletschern, Schollen und Plutonen. Geolog. Rdsch., 20, H. 1, Berlin 1929.
  - Zur experimentellen Tektonik. Die Naturwissenschaften, 18, Berlin 1930.
  - Einführung in die Geologie. Berlin 1936.
- Custodis, A.: Geologie des Alpenrandes zwischen Hindelang und der Wertach im Allgäu. Dissertation. Bonn 1936.
- Dacqué, E.: Geologische Aufnahme des Gebietes um den Schliersee und Spitzingsee in den oberbayrischen Alpen. Mitt. Geogr. Ges. München, 7, München 1912.
- Fels, E.: Vermessung und Morphologie des Walchensee-Beckens. Arch. f. Hydrobiologie, 6, Stuttgart 1928.
- GÜMBEL, C. W.: Geognostische Beschreibung des bayerischen Alpengebirges und seines Vorlandes. Gotha 1861.
- HABER, G.: Vorläufige Mitteilung über die Ergebnisse einer Neuaufnahme des Kramer-Not-Frieder-Gebietes (Farchanter Alpen). — Centralbl. f. Min. usw., Abt. B, Stuttgart 1927.

- Hahn, F.: Ergebnisse neuer Spezialforschungen in den deutschen Alpen. 3. Die Kalkalpen Südbayerns. Geol. Rundsch., 5, Berlin 1914.
- KLEBELSBERG, R. von: Glazialgeologische Notizen vom bayrischen Alpenrande. IV. Die Voralpen zwischen Loisach und Isar. Zeitschr. f. Gletscherkunde, 8, Berlin 1914.
  - Die Hauptflächensysteme der Ostalpen. Verh. Geol. Bundesanst., Wien 1922.
- KNAUER, J.: Geologische Monographie des Herzogstand-Heimgarten-Gebietes. Dissertation. München 1906.
- Die tektonischen Störungslinien des Kesselbergs. Landeskundl. Forsch., 9,
   München 1910.
- Die geologischen Verhältnisse und Aufschlüsse des Walchenseekraftwerkes. Geogn. Jh., 37, München 1924.
- KOCKEL, C. W., RICHTER, M. & STEINMANN, H. G.: Geologie der Bayrischen Berge zwischen Lech und Loisach. Wiss. Veröff. d. D. u. Oe. Alpenv., 10, Innsbruck 1931.
- Kockel, C. W., Schmidt-Thomé, P. & Custodis, A.: Der Falkensteinzug im östlichen Allgäu. N. Jahrb. f. Min. usw., B.-B. 76, Abt. B, Stuttgart 1936.
- Kraus, E.: Der bayrisch-österreichische Flysch. Abh. d. Geol. Landesunters. a. Bayer. Oberbergamt, 8, München 1932.
- Krauss, H.: Geologische Aufnahme des Gebietes zwischen Reichenhall und Melleck. → Geogn. Jh., 26, München 1913.
- LETHAEA GEOGNOSTICA. II. Teil. Das Mesozoikum, 1. Bd. Trias. Stuttgart 1905.
- Leuchs, K.: Sphaerocodium im nordalpinen Plattenkalk. Centralbl. f. Min. usw., Abt. B, Stuttgart 1925.
  - Sedimentationsverhältnisse im Mesozoikum der nördlichen Kalkalpen. Geol. Rdsch.,
     17, Berlin 1926.
  - Geologie von Bayern. II. Teil: Bayrische Alpen. Berlin 1927.
  - Beiträge zur Lithogenesis kalkalpiner Sedimente. I. Teil: Beobachtungen an Riffgesteinen der nordalpinen Trias. II. Teil: Gesteinsausbildung und Fossilien in der bayrisch-nordtiroler Fazies der norischen Trias. N. Jahrb. f. Min. usw., B.-B. 59, Abt. B, Stuttgart 1928.
- LEVY, F.: Diluviale Talgeschichte des Werdenfelser Landes und seiner Nachbargebiete. Ostalpine Formenstudien. Abt. I, H. 1, Berlin 1920.
- LEYDEN, F.: Die Entwicklung der Alpen zum Hochgebirge. Geol. Rdsch., 13, Berlin 1922.
  - Grundfragen alpiner Formenkunde. Geol. Rdsch., 15, Berlin 1924.
  - Gliederung des altbayerischen Spätglazials. Geol. Rdsch., 16, Berlin 1925.
- Meigen, W.: Neuere Arbeiten über die Entstehung des Dolomits. Geol. Rdsch., 1, Berlin 1910.
- Минеім, Р. F.: Subalpine Molassezone im östlichen Vorarlberg. Eclogae geologicae Helvetiae, 27, Nr. 1, Zürich 1934.
- MÜLLER-DEILE, G.: Die spätladinische Hebung und Vererzung in den bayrischen Alpen.

   Centralbl. f. Min. usw., Abt. B, Nr. 2, Stuttgart 1937.
- NIEDERMAYER, J.: Geologie der bayrischen Alpen zwischen Loisach, Isar und Walchensee. N. Jahrb. f. Min. usw., B.-B. 76, Abt. B, Stuttgart 1936.

- Osswald, K.: Geologische Karte und Geschichte der Wendelsteingruppe. München 1929.
- Über einige Rhätfossilien aus dem Risserkogelgebiet (südlich Tegernsee).
   Jahrb. d. Preuß. Geol. Landesanst., 50, Teil II, Berlin 1929.
- Penck, A. & Brückner, E.: Die Alpen im Eiszeitalter. I. Bd. Die Eiszeiten in den nördlichen Ostalpen. Leipzig 1909.
- Penck, A.: Ablagerungen und Schichtstörungen der letzten Interglazialzeit in den nördlichen Alpen. Sitzungsber. d. Preuß. Ak. d. Wiss., 19—20, Berlin 1922.
- Reiser, K.: Geologie der Hindelanger und Pfrontener Berge im Allgäu. Geogn. Jh., 33, 35, 37, München 1920, 1922, 1924.
- REULING, H. Th.: Dolomitstudien im Devon der Eifel. Senckenberg, 13, Frankfurt 1931.
  - Der Sitz der Dolomitisierung. Abh. d. Senck. Naturf. Ges., 428, Frankfurt 1934.
- RICHTER, M.: Die Struktur der nördlichen Kalkalpen zwischen Rhein und Inn. N. Jahrb. f. Min. usw., B.-B. 63, Abt. B, Stuttgart 1929.
  - Der Nordrand der oberostalpinen Geosynklinale. Zschr. Deutsch. Geol. Ges., 75, Berlin 1923.
  - Der ostalpine Deckenbogen. Eine neue Synthese zum alpinen Deckenbau.
     Jahrb. d. Geol. Bundesanst., 80, H. 3 und 4, Wien 1930.
  - Zur Altersfrage der oberbayrischen Oligocänmolasse. Centralbl. f. Min. usw.,
     Abt. B, Nr. 9, Stuttgart 1932.
  - Alter und Stellung der südbayrischen Flyschzone. Centralbl. f. Min. usw.,
     Abt. B, Nr. 9, Stuttgart 1933.
- ROTHPLETZ, A.: Geologisch-paläontologische Monographie der Vilser Alpen. Palaeontographica, 33, Stuttgart 1886, 1887.
- Ein geologischer Querschnitt durch die Ostalpen. Stuttgart 1894.
- Schmidt-Тномé, P: Geologie der Alpenrandzone zwischen der Wertach und Pfronten im Allgäu. Dissertation. Bonn 1936.
- Schröder, J.: Die jurassischen Fleckenmergel der bayrischen Alpen. N. Jahrb. f. Min. usw. B.-B. 52, Abt. B, Stuttgart 1925.
- Die Ammonsten der jurassischen Fleckenmergel in den bayrischen Alpen.
   Palaeontographica, 68, Stuttgart 1927.
- Schwager, A.: Hydrochemische Untersuchungen oberbayerischer Seen. Geogn. Jh., 10, München 1897.
- Troll, K.: Über Bau und Entstehung des bayrischen Alpenrandes. Zschr. Deutsch. Geol. Ges., 78, Berlin 1926.
- TRUSHEIM, F.: Die Mittenwalder Karwendelmulde. Beiträge zur Lithogenesis und Tektonik der nördlichen Kalkalpen. Wiss. Veröff. d. D. u. Oe. Alpenver., 7, Innsbruck 1930.

# Abhandlungen der Geologischen Landesuntersuchung am Bayer. Oberbergamt.

#### Schriftleitung: Dr. Heinrich Arndt.

### Bisher erschienen und zu beziehen durch das Bayer. Oberbergamt, München 34:

- Heft 1: Adolf Wurm, Die Nürnberger Tiefbohrungen, ihre wissenschaftliche und praktische Bedeutung. Wolfram Fink, Oberbergdirektor Dr. Otto M. Reis (zu seinem Übertritt in den Ruhestand). 1929, 50 S., Preis 2.40 RM.
- Heft 2: Georg Priehäußer, Die Eiszeit im Bayerischen Wald. 1930, 47 S., Preis 3.— RM.
- Heft 3: Mattheus Schuster, Die "Engelsquelle" in Rothenburg o. d. Tauber. Ludwig Simon, Die Gegend von Tölz in der Nacheiszeit. 1. Die Sonderstellung des Tölzer Isar-Sees. Hans Nathan, Eine zwischeneiszeitliche Mollusken-Fauna aus Südbayern. 1931, 41 S., Preis 3.50 RM.
- Heft 4: Karl Boden, Beschaffenheit, Herkunft und Bedeutung des ostalpinen Molasse-Schuttes. — Ludwig Simon, Die Gegend von Tölz in der Nacheiszeit. 2. Die Beziehungen zwischen Kirch-See, Ellbach-Moor und Tölzer Becken. 1931, 43 S., Preis 3.— RM.
- Heft 5: P. Magnus Deml, Gesteinskundliche Untersuchungen im Vorspessart südlich der Aschaff. 1931, 47 S., Preis 3.— RM.
- Heft 6: Adolf Wurm, Das Fichtelgebirger Algonkium und seine Beziehungen zum Algonkium Mitteleuropas. Paul Dorn, Untersuchungen über fränkische Schwammriffe. 1932, 44 S., Preis 3.— RM.
- Heft 7: Mattheus Schuster, Die Gliederung des Unterfränkischen Buntsandsteins.

  I. Der Untere und Mittlere Buntsandstein. 1932, 62 S., Preis 3.— RM.
- Heft 8: Ernst Kraus, Der bayerisch-österreichische Flysch. 1932, 82 S., Preis 3.50 RM.
- Heft 9: Mattheus Schuster, Die Gliederung des Unterfränkischen Buntsandsteins. II. Der Obere Buntsandstein oder das Röt. a. Die Grenzschichten zwischen Mittlerem und Oberem Buntsandstein. 1933, 58 S., Preis 3.— RM.
- Heft 10: Eduard Hartmann, Geologie der Reichenhaller Solequellen. Josef Knauer, Die geologischen Ergebnisse beim Bau der Bayerischen Zugspitzbahn. Adolf Wurm, Junge Krustenbewegungen im Weidener Becken. 1933, 52 S., Preis 3.— RM.
- Heft 11: Friedrich Hegemann und Albert Maucher, Die Bildungsgeschichte der Kieslagerstätte im Silber-Berg bei Bodenmais. Fritz Heim, Gliederung und Faziesentwicklung des Oberen Buntsandsteins im nördlichen Oberfranken. Josef Knauer, Die Gehängerutsche (Blattanbrüche) bei Garmisch-Partenkirchen. (Ein Beispiel für die erodierende Kraft des Hagels.) 1933, 56 S., Preis 3.— RM.
- Heft 12: Alfred Kirchner, Die saxonische Tektonik Unterfrankens und ihre Einwirkung auf die Morphologie und Flußgeschichte des Mains. 1934, 50 S. Preis 3.— RM.
- Heft 13: Oskar Kuhn, Die Tier- und Pflanzenreste der Schlotheimia-Stufe (Lias-α, bei Bamberg. 1934, 52 S., Preis 3.— RM.

- Heft 14: Albert Schad, Stratigraphische Untersuchungen im Wellengebirge der Pfalz und des östlichen Saargebietes. 1934, 84 S., Preis 3.— RM.
- Heft 15: Mattheus Schuster, Die Gliederung des Unterfränkischen Buntsandsteins. II. Der Obere Buntsandstein oder das Röt. b. Das Untere Röt oder die Stufe des Plattensandsteins. 1934, 64 S., Preis 3.— RM.
- Heft 16: Mattheus Schuster, Dr. phil. Otto Maria Reis, Oberbergdirektor a. D. †.— Hans-Joachim Blüher, Molasse und Flysch am bayerischen Alpenrand zwischen Ammer und Murnauer Moos. 1935, 55 S., Preis 3.— RM.
- Heft 17: Mattheus Schuster, Dr. Franz Münichsdorfer, Regierungsgeologe I. Kl. †. Karl Boden, Die geologische Aufnahme des Roßstein- und Buchstein- Gebietes zwischen der Isar und dem Schwarzen-Bach. I. Teil. Joseph Knauer, Überzählige Schichtablagerung und Scheintektonik. 1935, 55 S., Preis 3.— RM.
- Heft 18: Karl Boden, Die geologische Aufnahme des Roßstein- und Buchstein-Gebietes zwischen der Isar und dem Schwarzen-Bach. II. Teil. — Hans Nathan, Quarz mit Anhydriteinschlüssen im unterfränkischen Keuper. — Ludwig Simon, Kleine Beobachtungen am Laufen-Schotter des Salzachgletscher-Gebietes. Ein Beitrag zur Frage der Nagelfluhbildung. 1935, 57 S., Preis 3.— RM.
- Heft 19: Hans Nathan, Geologische Untersuchungen im Ries: Das Gebiet des Blattes Ederheim. 1935, 42 S., Preis 3.— RM.
- Heft 20: Clemens Lebling zusammen mit G. Haber, N. Hoffmann, L. Kühnel und E. Wirth, Geologische Verhältnisse des Gebirges um den Königs-See. 1935, 46 S., Preis 3.— RM.
- Heft 21: Joseph Knauer, Die Ablagerungen der älteren Würm-Eiszeit (Vorrückungs-Phase) im süddeutschen und norddeutschen Vereisungsgebiet. 1935, 65 S., Preis 3.— RM.
- Heft22: Mattheus Schuster, Die Gliederung des Unterfränkischen Buntsandsteins. II. Der Obere Buntsandstein oder das Röt. c. Das Obere Röt oder die Stufe der Röt-Tone. (1. Die Unteren Röt-Tone und der Röt-Quarzit). 1935, 67 S., Preis 3.— RM.
- Heft 23: Mattheus Schuster, Die Gliederung des Unterfränkischen Buntsandsteins. II. Der Obere Buntsandstein oder das Röt. c. Das Obere Röt oder die Stufe der Röt-Tone. (2. Die Oberen Röt-Tone mit den Myophorien-Schichten). Anhang: Die Buntsandstein-Bohrprofile von Mellrichstadt v. d. Rhön und von Gräfendorf a. d. Saale. 1936, 53 S., Preis 3.— RM.
- Heft 24: Erich Bader, Zur Stratigraphie und Bildungsgeschichte des Unteren Keupers zwischen Ostwürttemberg und Unterfranken. 1936, 72 S., Preis 3.— RM.
- Heft25: Irene Wappenschmitt, Zur Geologie der Oberpfälzer Braunkohle. 1936, 68 S., Preis 3.30 RM.
- Heft 26: Friedrich Birzer, Die Monotis-Bank in den Posidonien-Schiefern, besonders Frankens. Otto Joos, Zur Geologie der Ehrenbürg (Walberla) bei Forchheim. 1936, 46 S., Preis 3.30 RM.
- Heft 27: Rudolf Hundt, Über Schwimm- oder Schwebeblasenfunde von Graptolithen im Alaunschiefer des Ober-Silurs Oberfrankens und Ost-Thüringens. Moritz Abend, Neuere geologische Beobachtungen in der näheren und weiteren Umgebung von Lichtenfels am Main. Erich Bergmann, Die Lagerung der Trias- und Jura-Schichten im Vorland der nördlichen Frankenalb. 1937, 49 S., Preis 3 RM.

- Heft 28: Rudolf Schüttig, Lithogenesis des Rotliegenden im Nordostteil der Rheinpfalz. 1938, 68 S., Preis 3.— RM.
- Heft 29: Werner Bitter, Lithogenesis des Ober-Karbons und Unter-Perms im Nordwestteil der Rheinpfalz. Joseph Knauer, Die Mindel-Eiszeit, die Zeit größter diluvialer Vergletscherung in Süddeutschland. Hans Nathan, Mitteilungen aus der geologischen Aufnahme: 1. Die Beziehungen zwischen Gips und Grenzdolomit bei Sulzheim am Steigerwald. 2. Ein neues Nephelinbasalt-Vorkommen bei Ober-Spiesheim am Steigerwald. 1938, 50 S., Preis 3.— RM.
- Heft 30: Joseph Knauer, Die Herkunft der Blei- und Zinkerze im Rauschenberg-Gebiet bei Inzell. — Mattheus Schuster, Geologische Beobachtungen im Diluvium zwischen Eichenau und Puchheim. — Eduard Hartmann, Geologie der Peißenberger Pechkohlen-Mulde. 1938, 46 S., Preis 3.— RM.
- Heft 31/32: Ernst Kraus, Baugeschichte und Erdölfrage im Tertiär Niederbayerns. 1938, 70 S., Preis 3.— RM.
- Heft 33: Joseph Knauer, Über das Alter der Moränen der Zürich-Phase im Linthgletscher-Gebiet. — Eduard Hartmann, Geologie der fränkischen Dogger-Erze. 1938, 44 S., Preis 3.— RM.

## Mitteilungen der Reichsstelle für Bodenforschung

Zweigstelle München

(bisher Abhandlungen der Geologischen Landesuntersuchung am Bayerischen Oberbergamt)

Heft 34: Gotthold Müller-Deile, Geologie der Alpenrandzone beiderseits vom Kochel-See in Oberbayern. 1940, 106 S.



Aufn. von G. Müller-Deile

Fig. 1 Spätladinische Karrentasche im Wettersteinkalk, gefüllt mit Raibler Mergeln. Kesselberg-Straße südlich P. 678,85.



Aufn. von G. MULLER-DEILE

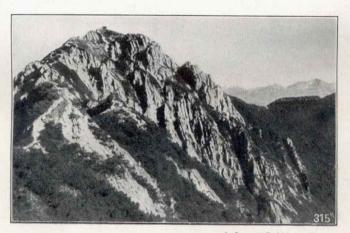
Fig. 2
Von rechts nach links: Hauptdolomit und Raibler Schichten vom Jochfleck, Wettersteinkalk-Felsen, Vorberge mit Allgäu-Decke und Flysch, links hinten Molasse-Berge, dahinter Würm-See.





Aufn. von G. Müller-Deile

Fig. 3 Heckenbach-Sattel. Links Dolomite und Mergel der Raibler Schichten, rechts Hauptdolomit, beide sehr gestört.



Aufn. von G. Müller-Deile

Fig. 4 Südabfall des Herzogstandes (steil südfallender Hauptdolomit).

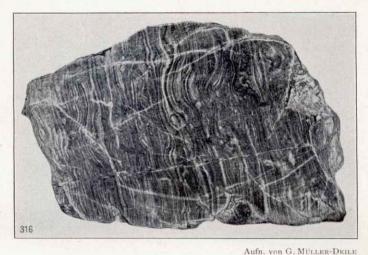
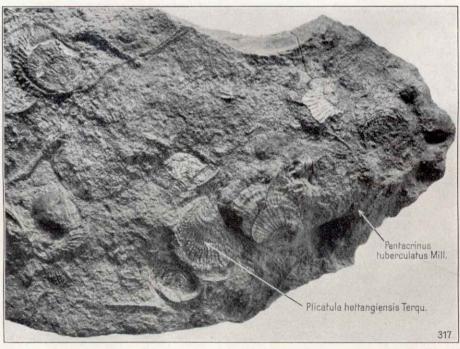


Fig. 5
Fließfaltung in einer Dolomitbank des Plattenkalkes. Reißen-Wand.



Aufn. von G. MÜLLER-DEILE

Fig. 6

Tuberculatus-Bank (unterster Lias) mit Pentacrinus tuberculatus MILL.
und Plicatula hettangiensis TERQU. Lain-Graben.

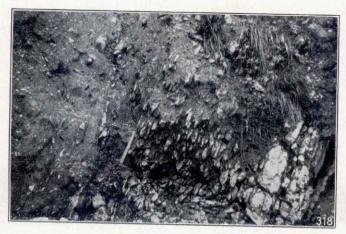


Fig. 7

Übergang von rotem Lias-Kalk in grüngraue Lias-Fleckenmergel. Haselries-Laine.



Aufn. von G. MÜLLER-DEILE

Fig. 8

Cenoman-Konglomerat mit ganzen Bänken von Lias-Fleckenmergeln (rechts).

Am obersten Wasserfall der Schmied-Laine.



Aufn. von G. MÜLLER-DEILE

Fig, 9 Nach Norden überkippter Südflügel des großen Muldenzuges mit Hauptdolomit über Kössener Kalk. Unteres Ende der Kesselberg-Straße.

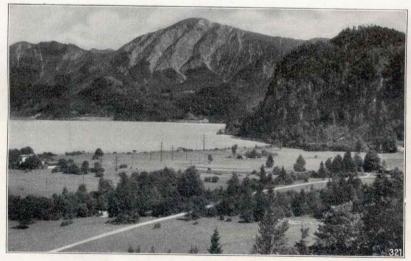


Fig. 10 Nach käuflicher Ansichtskarte
Joch-Berg mit Scheerflächen. Vorne rechts Wettersteinkalk "Am Stein",
davor Schuttfächer der Haselries-Laine.

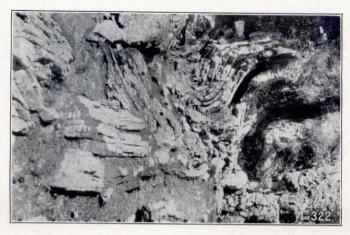
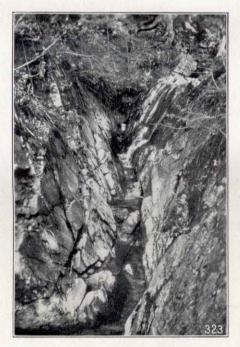


Fig. 11

Aufn, von G. Müller-Deile
Gefaltete Tristel-Schichten im Lain-Bach.



Aufn. von G. MÜLLER-DEILE

Fig. 12 Mulde in den Tristel-Schichten bei Pfisterberg.



Fig. 13

Aufn. von G. Müller-Deile
Fig. 13

Wandschutt aus Hauptdolomit am Fuß des Joch-Berges.



Fig. 14 Aufn, von G. Müller-Deile

Blick von P. 1279 nördlich der Pessenbacher-Alm auf die Mittelgebirgslandschaft südlich der Benedikten-Wand mit den Altflächen der Achala-Alm, 1250 m (links), und der Tanner-Alm, 1340 m (rechts dahinter).

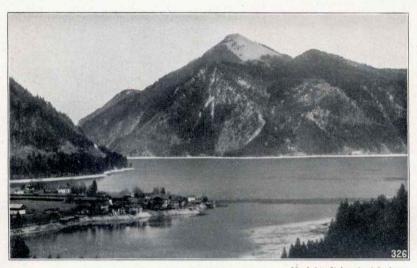


Fig. 15

Nach käuflicher Ansichtskarte

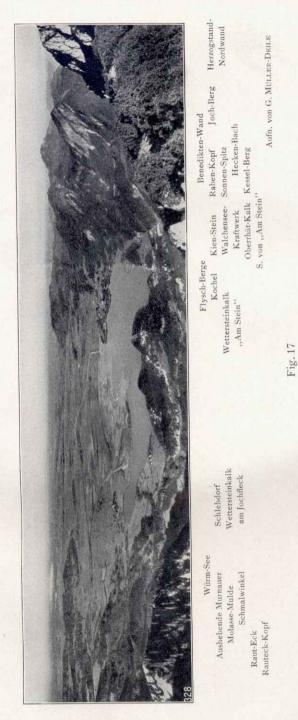
Walchen-See mit ehemaligem Ausweg der Ur-Isar über den Kessel-Berg zum Kochel-See (links hinten). Mitte: Joch-Berg (Hauptdolomit, Plattenkalk und Kössener Mulde).



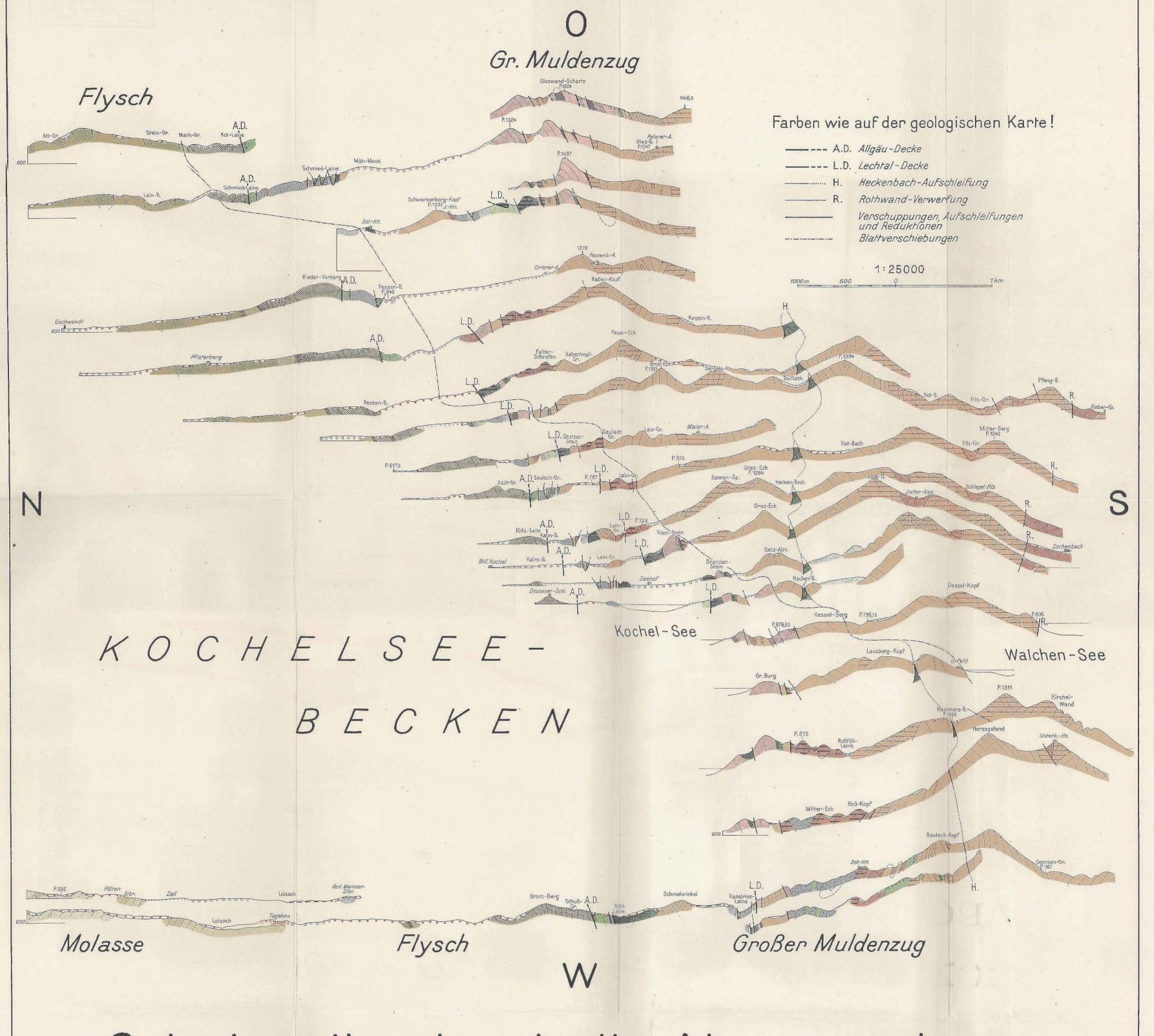
Fig. 16

Nach käuflicher Ansichtskarte

Walchen-See und Kochel-See, dazwischen der Kessel-Berg, über den die Ur-Isar in das Vorland floß.



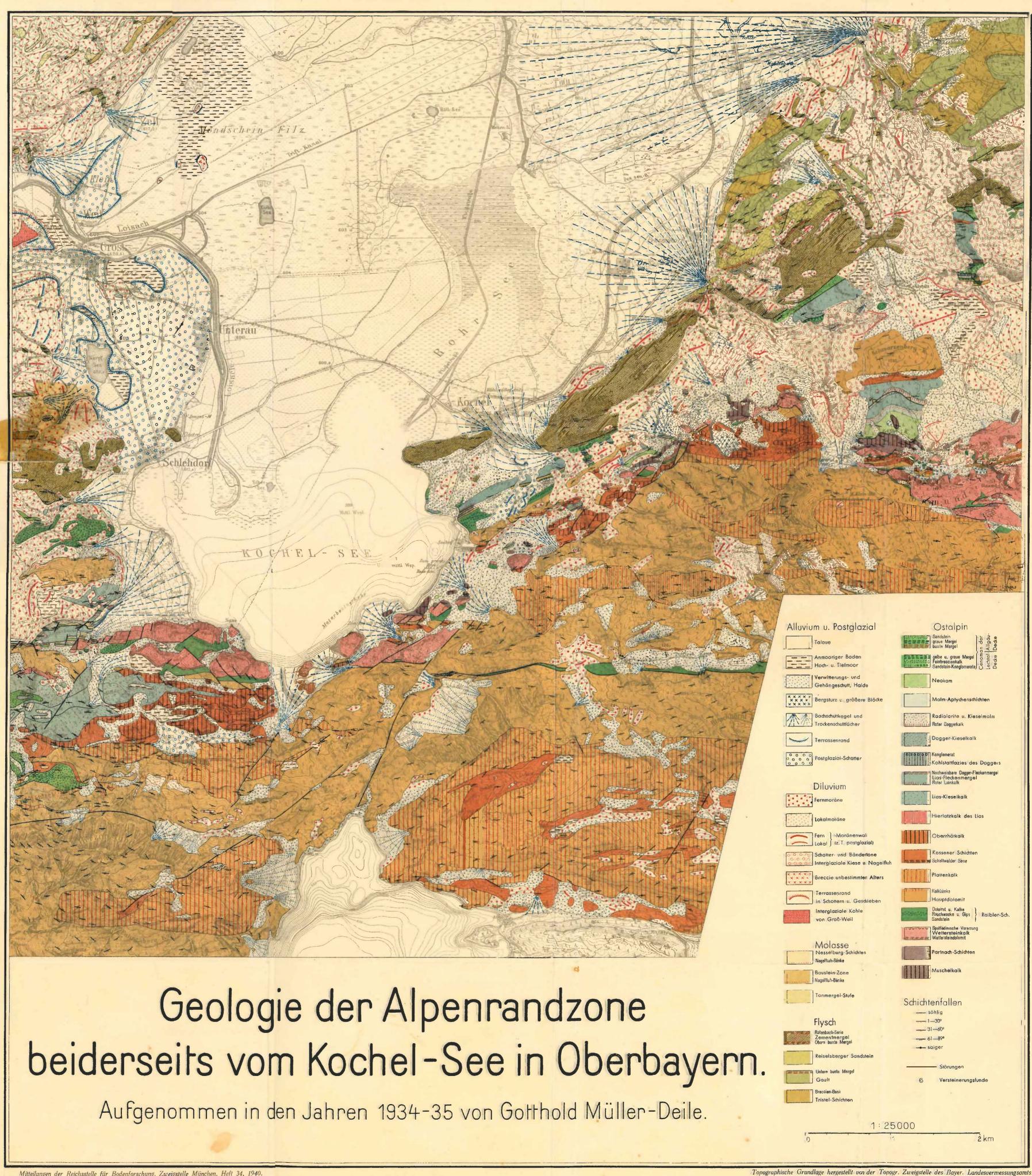
Vom Herzogstand-Heimgarten-Grat gegen Nordosten (Umrahmung des Kochel-Sees).



Schnittreihe durch die Alpenrandzone beiderseits vom Kochel-See in Oberbayern.

Mitteilungen der Reichsstelle für Bodenforschung, Zweigstelle München, Heft 34, 1940.

Büchert Bayerisn' 133 Caolo Candesant Munchen



Bücherei
Inv.No. 24.1

R.4 Jahr. 1949

