

ERLÄUTERUNGEN  
ZUR GEOLOGISCHEN KARTE  
VON BAYERN

1:25000

BLATT IMMENSTADT

Nr. 856

Bearbeitet von Dr. ERNST KRAUS (Universität Riga)  
und Dr. O. M. REIS



Herausgegeben  
von der Geologischen Landesuntersuchung  
des Bayerischen Oberbergamtes.

MÜNCHEN 1929

Im Verlag des Bayerischen Oberbergamtes

Bücherei  
Bayrisches Geologisches  
Landesamt  
München

**Bücherverzeichnis**

Nr. 002 716-K (E-2)  
Rep. 20/2/1-5 - KF34(14-2)

## Blatt Immenstadt.

Bearbeitet von Prof. Dr. Ernst Kraus.<sup>1)</sup>

### Morphologische Übersicht über das Kartengebiet.

Blatt Immenstadt umfaßt jene nördliche Randzone der Allgäuer Alpen, in welcher sich die tertiäre Molasse als Glied des Alpenkörpers selbst zu den „Molasse-Alpen“<sup>2)</sup> erhebt, und davon jenen Abschnitt, in dem die Iller zwischen dem Grünten im Osten und dem Immenstädter Horn im Westen das Gebirge unter Ausnützung tiefer Einsenkungen verläßt. Damit benützt sie eine tektonisch durch lange Zeiten höchst wichtige Depression, die sich auch durch den orographischen Gegensatz zwischen dem westlichen und östlichen Rand des Gebirges kennzeichnet.

Ruhig und ebenmäßig streichen von SW. aus dem Bregenzer Wald herüber die drei orographisch den Molasse-Alpen zugehörigen Bergketten: die „Balderschwanger Kette“ im S. mit dem Siplinger (1746 m), die Hochgrat-Gunzesrieder-Kette in der Mitte (Hochgrat 1833 m, Rindalphorn 1822 m, Stuiben 1749 m), die mit dem Steineberg (1683,3 m) und dem Ettensberg (1442,3 m) nördlich der tiefen Furche des Gunzesrieder Aubachs (im Unterlauf auch „Schwarzenbach“) auf Blatt Immenstadt kulminiert, schließlich die Bühler-Kette im N. (V. PRODEL 1491,6 m), die sich mit dem Immenstädter Horn (1487 m) auf unserem Kartenblatt einstellt.

<sup>1)</sup> Verfasser verdankt die Möglichkeit der Bearbeitung dieses Blattes, welche (nach Vorarbeiten von 1915) in einigen Sommermonaten der Jahre 1921—23 erfolgte, der finanziellen Unterstützung durch das bayerische Oberbergamt. Herrn Oberbergdirektor Dr. REIS ist er für vielseitige Unterstützung dankbar.

<sup>2)</sup> C. W. GÜMBEL, Geologie von Bayern, 1894, S. 83.



Prof. Dr. Reuser  
Abt. III  
29 17

Ganz anders die rechte Illertalseite. Kein Rücken, sondern ein Stock ist der Grünten (1738 m), der sich hier als einziger zu vergleichbarer Höhe entwickelt, und an seinem Nordfuß verfließt die breite Talsenke von Stephans-Rettenburg—Kranzegg mit der ausgedehnten Moorniederung von Agathazell-Rauhenzell. Ein im Vergleich zu der mächtigen Bühlerkette schwächerer und schwächerer Molassezug setzt erst nördlich Rauhenzell ein; sein bewaldeter Kamm gewinnt erst gegen O. allmählich an Höhe und übersteigt in geschlossenem Zug am Falkenstein die 1100 m-Linie.

Hoch und geschlossen ist auch noch nördlich des tiefen Längstales Konstanzertal-Alpsee die Salmaser-Kette (Salmaser Höhe 1254 m) im W.; doch verliert sie zusehends an Höhe und entwickelt sich von Zaumberg an in das wellige Plateau im N. von Immenstadt, das wiederum gegen O. kein morphologisches Äquivalent besitzt.

Ganz plötzlich brechen die morphologischen Einheiten mit dem Illertal ab und finden im O. keine gleichwertige Fortsetzung.

Im einzelnen ist die Gestalt der Molasseketten in diesem nach Zusammensetzung und Bau weithin gleichartigen Gebiet außerordentlich charakteristisch. Die Zusammensetzung aus einem gleichmäßigen Wechsel von etwa 10—20 m mächtigen Nagelfluhplatten mit etwas mächtigeren Mergeln dazwischen, die zumeist unter mittleren Winkeln in südlicher Richtung geneigte Lagerung bedingt immer wieder die gleichen Bergformen: flacher dachen sie sich mit den Schichtflächen gegen S. ab, viel steiler brechen sie über die ausstreichenden Schichtköpfe gegen N. nieder. Wie große lange Schuppen erscheinen diese Kammzüge. Schon von weitem ist „der Molasseberg“ zu erkennen an der bezeichnenden Streifung, die jenem rythmischen Wechsel der Sedimentation entspricht, und der noch dadurch unterstrichen wird, daß die Mergel wertvolle Wiesenbänder und Senken bilden und die Nagelfluhbänke dazwischen felsige Mauern, die vielfach von ebenso schmalen Waldzeilen bestanden werden. Das macht den Molassetypus des gestreiften oder „gesimsten Berges“ aus. (Dafür ist in der Schweiz der Sammelname „Rigi“ in Gebrauch.<sup>1)</sup>

Völlig abweichend davon ist die Gestalt des vorwiegend aus Flysch-Sandstein bzw. Flysch-Kalkmergel zusammengesetzten

<sup>1)</sup> ALB. HEIM, Geologie der Schweiz I, S. 44.

Hüttenbergzuges ganz im S. des Blattes. Unregelmäßig felsig und bewaldet mit steileren Hängen erscheint der Sandstein, wenig bewaldet mit charakterlos verwaschenen Formen der Flysch-Mergel. Noch anders erhebt sich der Grüntenstock mit seiner, aus meist etwas bewaldeten Kalk-, Quarzit- und den von Wiesen überzogenen Mergelbändern von verschiedener Mächtigkeit bestehenden, elegant gefalteten Gesteinsserie. Die hellen, als Felsen hervortretenden Kalke gliedern die Gehänge und schmücken diesen Vorposten des großen Helvetischen Gebirges, der sich charaktervoll aus der unruhigen, bewaldeten Flyschlandschaft im S. und aus den niederen eintönigen Molassezügen an seinem Nordfuß hervorhebt.

Der Illertalsenke mit den unregelmäßig ihr angeschlossenen Verbreiterungen streben die Nebengewässer in meist übertieften Rinnen zu; von SW. her erreichen Schwarzenbach und Steigbach in klammartigen Schluchten die Senke; im SO. münden nach längerem Laufe Osterach und Starzlach. Das stark aufgelöste Gebirge im N. gestattet nur kleinere Tobel, und als sehr eigenartige Erscheinung sehen wir den Alpseeabfluß in breiter, gerader Fortsetzung eines Stückes Illerlauf gegen SO. hin abziehen.

### Einleitung.

Wenn B. STUDER <sup>1)</sup> bereits 1825 aussprach, daß „von einer vollständigen Monographie der Molasse die ganze Theorie des Alpengebirges abhängen könne“, und wenn diese Erkenntnis neuerdings in einer Äußerung O. AMPFERERS <sup>2)</sup> wieder so lebendigen Ausdruck finden konnte, so ist es fast zu verwundern, daß sich an der für solche Studien günstigen Stelle, in den Allgäuer Molassealpen, noch niemand eingehend mit der Aufhellung von Stratigraphie und Tektonik der Molasse beschäftigte. Erlaubt doch die Molasse, jener festländische Abtragungsschutt, mit dem die werdenden Alpen ihr versinkendes Vorland überschütteten, eine ganze Reihe von ausschlaggebenden Schlußfolgerungen. Denn als Zeitgenossin der Alpenbewegungen hat sie in ihrer Schichtenfolge nicht nur die Zeiten gesteigerter oder abflauender Gebirgs-erhebung aufgezeichnet; der Bestand der Nagelfluherölle ergibt

<sup>1)</sup> B. STUDER, „Beiträge zu einer Monographie der Molasse“, 1825.

<sup>2)</sup> O. AMPFERER, „Über das Verhältnis von Aufbau und Abtrag in den Alpen.“ Jahrbuch der geol. Bundesanstalt, Wien, 74 (1923), S. 121—137.

uns auch ein Bild der Einzugsgebiete jener Flüsse, welche diese Flußschotter jeweils ins Vorland wälzten und erzählt von der Existenz und dem Verschwinden von Deckenteilen, die kaum mehr in Klippenresten erhalten oder später durch weitere Schübe wieder verdeckt worden sind. Die Fragen, welche uns jüngste Schotterausstrahlungen bis an den Rand der böhmischen Masse in Niederbayern in dieser Hinsicht stellen, waren Anlaß für vorliegende Bearbeitung. Diese bezieht auch noch im S. und SO. des Blattes ein Stück des südlich anschließenden Kreide-Flyschgebirges mit dem Hüttenberg und dem Grünten ein; ausführlicher sind diese Bereiche, deren Stratigraphie und verwickelte Tektonik erst im Zusammenhang mit dem südlich bzw. östlich folgenden Anschlußgebiet verständlich werden, hier nicht zu berücksichtigen. Es wird dies — ebenso wie die zusammenfassende Darstellung des Diluviums — in den Erläuterungen zu dem Blatt Fischen und Hindelang geschehen.

Die tiefe Zerschneidung gab auf dem Blatt Immenstadt die Möglichkeit, durch genaue Aufnahmen zu einer Gliederung der Molasse zu kommen. Verschiedene Hindernisse lagen dabei vor. Wir haben in den Molassealpen eine überaus mächtige (5 km) Folge von Nagelfluh, Mergel und Sandstein, welche auf größere Mächtigkeiten hin einander durchaus ähnlich sind, und die daher petrographisch keine bestimmten Leithorizonte enthalten. Auch paläontologisch ist die eintönige Schichtenfolge im Felde nicht weiter zu gliedern, denn Versteinerungen sind große Seltenheiten, erscheinen in den vielfach durchbewegten Mergeln, sind zerbrochen oder überhaupt nur als konkretionär veränderte Steinkerne von charakterlosen Heliciden vorhanden. Überdies sind die Lagerungsverhältnisse nur scheinbar ziemlich einfach, in Wirklichkeit liegt auch in der Molasse ein radial gestörter Deckenbau vor. Bei dem Mangel an anderen Hilfsmitteln bleibt nichts übrig, als die Schichtenfolge eines jeden Tobels nach Zusammensetzung und Mächtigkeit im einzelnen festzustellen und durch schrittweise Kartierung der einzelnen Bänke ein Gesamtbild zu erzielen.

Als Leitlinien, die auch im Gelände schön verfolgbare sind, taten dabei die Nagelfluh-Mauern bzw. -Stufen ausgezeichnete Dienste. Wo sie fehlen, geht in mächtigeren Mergelgebieten der Einblick in die Einzeltektonik sofort verloren, doch spielte das keine erhebliche Rolle.

Bezüglich der Vorarbeiten sind zu nennen: GÜMBEL's geologische Übersichtskarte Blatt Immenstadt-Sonthofen 1:100 000<sup>1)</sup> und A. RÖSCH's<sup>2)</sup> Bearbeitung des südlicheren Kartenteils westlich der Iller bereits in 1:25 000, welche aber nicht als geologische Spezialkarte im modernen Sinn gelten kann, wie ein Vergleich mit der jetzt vorliegenden Karte bzw. mit dem Gelände zeigt. Neuerdings hat sich ARN. HEIM anhangsweise auf Grund verschiedener neuer Beobachtungen über das Gebiet geäußert.<sup>3)</sup> Eine kurze Darstellung der Tektonik unter Berücksichtigung der Nachbargebiete und eine paläogeographische Erörterung des Sedimentationsrhythmus in der Allgäu-Molasse wurde vom Verfasser 1923 gegeben.<sup>4)</sup> Eine nähere Bearbeitung der Molassetektonik,<sup>5)</sup> eine Mitteilung von M. RICHTER<sup>6)</sup> und hieran anschließende Erörterungen<sup>7)</sup> erschienen seit Niederschrift dieser „Erläuterungen“ (Ende 1925).

Welche Schichtglieder von Kreide, Tertiär und Quartär am Aufbau des Blattes teilnehmen, zeigt die Legende der geologischen Karte. Wir behandeln zunächst die einzelnen Formationen, dann

1) Auch C. W. GÜMBEL, „Geologie von Bayern“ 1894.

2) A. RÖSCH, „Der Kontakt zwischen dem Flysch und der Molasse im Allgäu.“ Mitt. der geographischen Ges. in München I, 1904/06, S. 313—354 mit Karte 1:25 000.

3) ARN. HEIM, „Zur Geologie des Grünten im Allgäu.“ Festschrift zum 70. Geburtstag von ALB. HEIM. Vierteljahrsschrift der naturf. Ges. Zürich, 64. Jahrg., 1919, S. 458—486.

4) E. KRAUS, „Sedimentationsrhythmus im Molassetrog des bayer. Allgäu.“ Abh. der naturf. Ges. zu Danzig I. Danzig 1923.

5) E. KRAUS, „Geol. Forschungen im Allgäu.“ I. Molasse. Geol. Archiv IV, R. Oldenbourg, München 1926. Im folgenden als „Allgäu I“ zitiert.

6) M. RICHTER, „Über die Untere Meeresmolasse zwischen Lech und Rhein.“ Zentralblatt f. Min. 1925, Abt. B, S. 309—314.

7) M. RICHTER, „Beiträge zur Stratigraphie und Tektonik der subalpinen Allgäuer Molasse.“ Steinmann-Festschrift der Geol. Rundschau **17 a** 1926, S. 317—362. E. KRAUS, „Neue Spezialforschungen im Allgäu (Molasse und Flysch).“ Geol. Rundschau **18**, 1927, S. 189—221, 263—298. M. RICHTER, „Neue Spezialforschungen im Allgäu.“ Ebenda **19**, 1928, S. 51—62. E. KRAUS, „Über Flysch und Molasse im Allgäu.“ Ebenda **20** 1929. Vergl. auch L. ERB, „Zur Stratigraphie und Tektonik der Allgäuer Molasse.“ Geognost. Jahreshfte München 1921. H. THOMAS, „Stratigraphie und Tektonik der Allgäuer Molasse nördlich vom Weissach- und Alpseeetal.“ N. Jahrb. f. Min. **55**. Beil. Band, 1926, B, S. 429—467.

ihren tektonischen Aufbau, ihr Relief und im angewandten Teil die unmittelbar für die Wirtschaft in Frage kommenden Gesichtspunkte.

## A. Das Gebiet links der Iller und im Nordwesten des Grünten.

### I. Formationsbeschreibung.

#### 1. Kreideformation.

**Kreide und Eozän links der Iller** (Hüttenberg, Sigishofen).

Links der Iller erscheint die Kreide an zwei Stellen in einem zwar zusammenhängenden, aber doch nur schmalen und fast ganz von Flysch umrahmten Zug, der vom vorderen Hüttenberg über das Hüttenberger Eck nordöstlich zum südlichen Teil von Bihlerdorf streicht und dessen geradlinige Fortsetzung den Grüntenstock zwischen Burgberg und dem Steinbruch Schanze trifft; dann noch ganz am Südrand des Blattes an dem Gehänge W. Sigishofen. Beide Kreidevorkommen werden von gelegentlichen Eozän-Aufschlüssen begleitet.

Ein Verständnis der Stratigraphie dieser nur auf verhältnismäßig kleinem Raum ausstreichenden Vorkommen kann nicht ohne Besprechung der Lagerungsverhältnisse vermittelt werden. Dies geschieht am besten durch Betrachtung der einzelnen Örtlichkeiten.

**Der Hüttenbergzug** (Profil F, Taf. I; Fig. 1).

Wir beginnen am Süden. Wo der Fußweg bei P. 1069 den vorderen Hüttenberg überschreitet, findet man östlich im Gebüsch am Kamm zahlreiche Blöcke, darunter glaukonitischen Quarzsandstein mit Resten einer Bivalve und von *Trochus sp.*, was man vielleicht mit A. RÖSCH (vergl. dessen Karte) auf Eozän beziehen kann. Daneben liegen aber Flyschkalke und -Sandsteine, die Blöcke einer Brekzie mit schwarzen Tonschieferstückchen, alles zertrümmert und von Kalzit durchadert. Südlich fallender Flyschsandstein folgt nahe südöstlich unterhalb, Flyschsandstein südwestlich in dem anstehenden Waldrücken und Flyschsandstein setzt auch den eigentlichen Kamm des Hüttenberges nordöstlich bis einschließlich Hüttenberger Eck zusammen. Nur gelegentlich findet man auch Flyschkalkschiefer.

## Geologie des Hüttenberges.

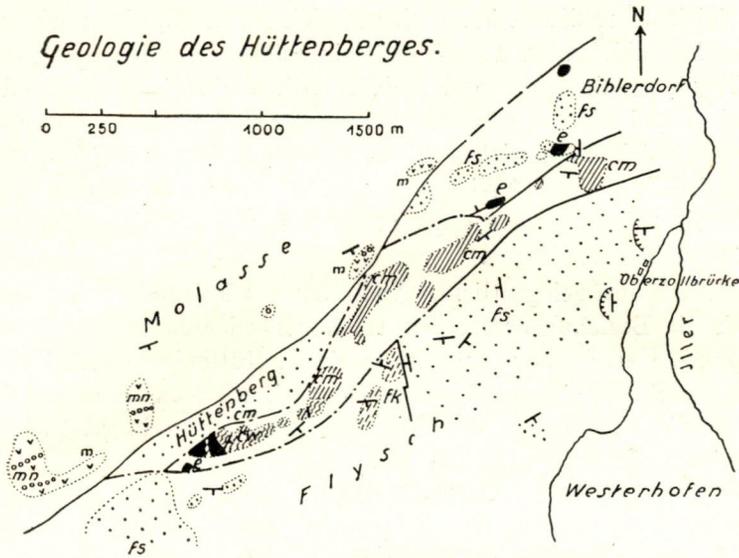


Fig. 1.

Geologie des Hüttenberges.

Fs = Flyschsandstein; Fk = Ofterschwanger Flyschkalkschiefer; cm = Leist-Leimern mergel; cw = Wang-Grünsandstein; e = Eozän; m = Molasse; mn = Molasse-Nagelfluh.

Von diesem Kamm fallen in vorwiegend SO.-Richtung verschiedene Schichtglieder ab, die wegen des raschen Wechsels im Streichen und der nur wenig befriedigenden Aufschlüsse in ihrer Aufeinanderfolge nicht ganz sicher gestellt werden können. Östlich P. 1069 erscheinen — offenbar anstehend — zunächst helle, ruppige, von Kalzit stark durchzogene Lithothamnienkalk mit Crinoidenresten, *Orbitoides sp.*, und zum Teil mit reichlich Glaukonit. Es ist offenbar Eozänkalk. Östlich unterhalb steht weißlich grau anwitternder, kalzitreicher Kalkmergel, vermutlich der Oberkreide, an (ähnlich den „Kreidefleckenmergeln“, Str. N. 25 O., f. 60° OSO.), auf den vermutlich noch einmal Lithothamnienkalk folgt (Verschuppung), bevor als ein über 30 m breites Band ein dunkelgrüner, sehr harter und glaukonitreicher Quarzsandstein, ohne Fossilien, erscheint. Wir haben sehr wahrscheinlich den oberseinen Oberstdorfer Grünsandstein vor uns, den ich aus verschiedenen Gründen mit den Wangschichten zusammen kartiere.

Orographisch über dem Ausstreichen dieser Wangsandsteine, das östlich noch bis südlich vom Hüttenberger Eck anhält, und

zugleich unter diesen hervor heben sich gegen N., also noch vor dem kammbildenden Flyschsandstein und nordöstlich hellgraue, schwach sandig-rauhe und kleinste Glimmerblättchen führende, uneben spaltende Mergelkalke heraus. Es sind Vertreter der Amdener Schichten, speziell wohl die senonen Leistmergel, d. h. also jene kalkig-tonigen Fazies von Emscher-Senon, die in der NO.-Schweiz zwischen dem turonen Seewerkalk und den Wangschichten (jüngste Kreide) liegen.

Nach dem gelegentlichen Auftreten von Belemniten u. a. sind auch die Beziehungen zu den Hachauerschichten in Südbayern gegeben. Unter dem Kamm des vorderen Hüttenberges fand sich (ob anstehend?) Seewerkalk. Nach NW. wird am Hüttenbergkamm diese gesamte Serie durch den Flyschsandstein glatt abgeschnitten, desgleichen gegen SO.

Die gegen NO., also im Liegenden unseres Kreidezuges am Hüttenberg folgenden Glieder gehören durchweg den Amdener Kalkmergeln an, die offenbar einige 100 m Mächtigkeit besitzen. Mit mittlerem SO.- bzw. S.-Fallen bilden sie den charaktervoll geformten Bergrücken, der unmittelbar südlich von Bihlerdorf die Illerniederung erreicht.

Gegen NW. folgt, offenbar jenseits einer Störung (vergl. Profil D), eine schmale Zone von Eozän, bezw. die wenigen Aufschlüsse, die hier zunächst folgen, zeigen alle Eozän. Südöstlich des Weilers Halden erscheinen unter den beiden kleinen Heuhütten unter Flyschsandsteinschutt eozäne Kalkbänke, die fast nur aus Nummuliten bestehen und am Bach zeigen Str. N.  $55^{\circ}$  O. f.  $45^{\circ}$  NW. Die nahe südöstlich benachbarte Kreide fällt dagegen gegen SO. ein.

Das zweite Eozän-Vorkommen liegt südlich bei Bihlerdorf dort, wo der von Halden herauskommende Bach sich anschickt, das enge Tal zu verlassen. Im Bachbett liegen verschiedene große Eozän-Kalkbänke. Nördlich am Weg und steil aufsteigenden Hang steht eozäner Assilinengrünsandstein (nach A. ROTHPLETZ,<sup>1)</sup> S. 149, f.  $45^{\circ}$  W.) an. Am steilen Wiesenhang nördlich darüber fand ich mehrere Kreidekalkmergel, als ob hier noch etwas Amdener Schichten anstünden (nach ARN. HEIM<sup>2)</sup> eozäne Stad-

<sup>1)</sup> Jahresber. u. Mitt. d. Oberrhein. geolog. Vereins **5**, 1915/16.

<sup>2)</sup> A. a. O., S. 480.

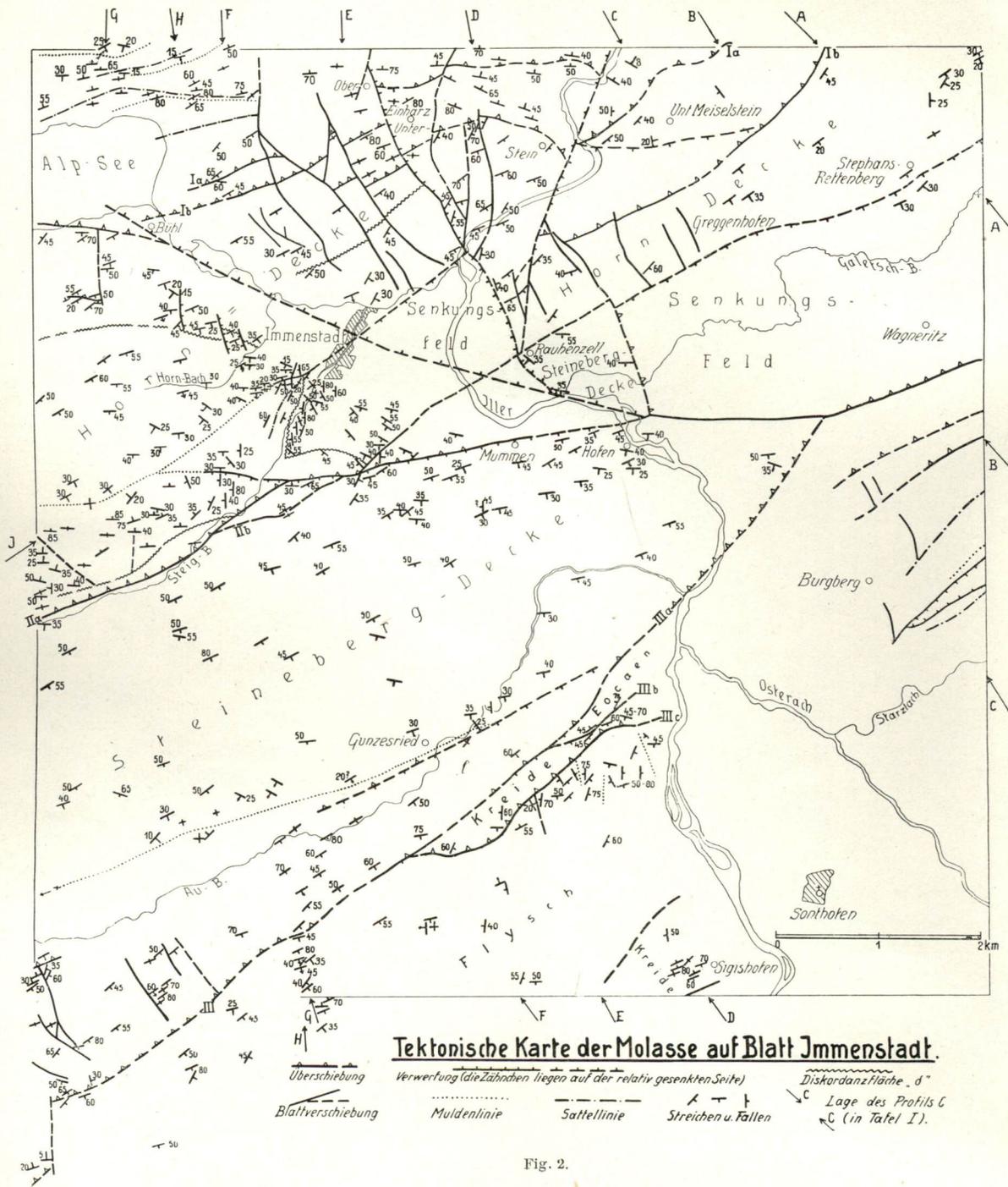


Fig. 2.

schiefer) und westlich davon im Lehm viel Flyschsandstein, der dann weiter gegen Bihlerdorf gegen NO. und auch gegen SW. zu den schuttbedeckten Rücken bildet.

Ein drittes, vielleicht aber nicht anstehendes Vorkommen von Eozänkalk, das jedenfalls in den letzten Jahren nicht aufgeschlossen ist, erwähnt A. RÖSCH vom Friedhof an der Seyfriedsberger Kirche.

**Kreide/Eozän von Sigishofen** (Profil D; Fig. 2, 3).

Auch hier kann es sich zunächst nur um Lokalbesprechung handeln; die meist schlechten Aufschlüsse sagen viel zu wenig, als daß man schon hier die Fragen der Oberkreide-Eozän-Stratigraphie aufrollen könnte, welche durch einen außerordentlich raschen Fazieswechsel und durch Bewegungsflächen, die sich hier an den Grenzen der verschieden mobilen Materialien ansammelten, recht verwickelt sind. Erst nach Fertigstellung von Blatt Fischen und nach Klärung der Einzelheiten der Grünten- und Klippen-Stratigraphie können die Beziehungen zu den Nachbargebieten besprochen und auch die weiter reichenden tektonischen Schlüsse gezogen werden. Als Schema genügt für das Gebiet von Sigishofen folgende Schichtenfolge<sup>1)</sup>:

4. Graue Kalkmergel? „Stadschiefer“ = Stocklettenschiefer: Eozän, von Fazies 1. nicht zu unterscheiden.
3. Eozäne nummulitenreiche Kalke  $\pm$  Glaukonit, Grünsandstein, mitunter eisenerzführend;  $\pm$  Lithothamnien- und Crinoideen-Reste „Mittel-Eozän“.
2. Glaukonitführende, dunkle, mergelige Kalke, sandige Kalke („Hachauer Schichten“)<sup>2)</sup> bis Quarzite, übergehend in dunkelgrüne, glaukonitreiche Quarzsandsteine („Oberstdorfer Sandstein“),<sup>3)</sup> in 2—3 Lagen graue, etwas sandige Kalkmergel eingeschaltet; hier als „Wangschichten“<sup>4)</sup> zusammengefaßt.
1. Graue sandig-glimmerige oder schwach sandige bis sandfreie Kalkmergel („Seewermergel“, „Leistmergel“, „Lei-

<sup>1)</sup> M. RICHTER, „Geolog. Führer d. d. Allgäuer Alpen zw. Iller u. Lech.“ Gebr. Bornträger, Berlin 1924, S. 18f.

<sup>2)</sup> O. M. REIS, „Erl. z. geol. Karte d. Voralpenzone zw. Bergen u. Teisendorf.“ Geogn. Jahreshfte 8, 1895, S. 6ff.

<sup>3)</sup> O. M. REIS, a. a. O., S. 8.

<sup>4)</sup> ALB. HEIM, Geologie der Schweiz, II, S. 318, 1921.

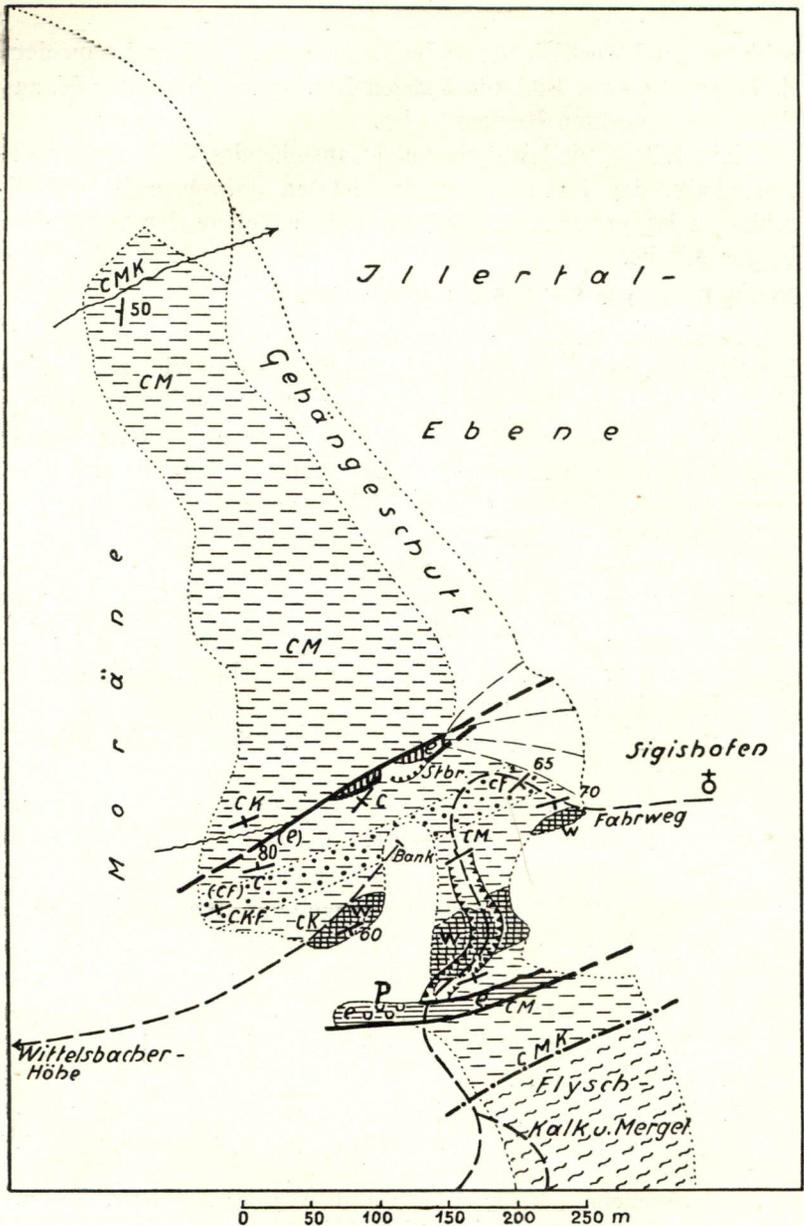


Fig. 3.

CM, CK, CF = Mergel, Mergelkalk, Fleckenmergel der oberen Kreide (Leimern-Leistmergel- bzw. Nierenthaler Sch.); W = Wangschichten (dunkle, sandige Glaukonit-Kalke bzw. Sandsteine); e = Eozän (schwarzer Kalk, quarzit. Glaukonitsandstein, eisenführend, mit Nummuliten, Crinoiden u. a.); P = Pingen (Erdfälle); dicke Striche = Störungen; strich- punktiert = Überschiebung der Sigiswanger Flyschdecke auf die helvetische Kreide.

menschichten“, „Nierenthaler bis Gerhardsreiter Schichten“ z. T., mergelige Kalke, gelegentlich mit dunklen Flecken (Fleckenmergel „Nierenthaler Schichten“ sogen. „ultrahelvetische Leimern-Mergel!“; hier insgesamt als „Nierenthaler Schichten“<sup>1)</sup> bezeichnet.

Untersucht man nacheinander die Aufschlüsse in dem bewaldeten Gehänge SSO. Westerhofen bis südwestlich Sigishofen, so durchschreitet man von N. nach S. diese Folge, die im allgemeinen WSW. bis ONO. streicht und ziemlich steil nach S. einfällt, bezw. senkrecht steht. Bis zum Tälchen westlich der Sigishofer Kirche finden sich nur die unter 1. als „Amdener Schichten“ bezeichneten grauen Senonkalkmergel (Seewermergel); die aber infolge eines mehr nördlichen Verlaufes der Streichrichtung im N. nicht so mächtig sind, als es ihre Ausstrichbreite vermuten ließe. Es handelt sich um dieselben Kreidemergel, die auch den Hauptteil des Hüttenberger Kreidezuges ausmachen; zwischen ihnen treten außerdem noch einige andere Faziesvarietäten auf. Die grauen, unebenschieferigen Mergel werden besonders nach oben hin kompakt und dicht (CK in Fig. 3); andererseits erhalten diese Mergelkalke dunkle Flecken. (s. Fig.). Sie zeigen die für die Nierenthaler Schichten im südlichen Oberbayern bezeichnende Oberkreide-Fleckenmergelentwicklung.

Die hangenden Glieder dieser „Amdener Schichten“ zeigen raschen petrographischen Habituswechsel und zwar eine zwei- bis dreimalige Einlagerung von glaukonitführenden, dunklen Bänken teils von unreinen Kalken, teils von harten Quarzsandsteinen. Erstere, die dunkle Kalkentwicklung, geht unter dem Namen „Wangschichten“ in der Schweiz (Maestricht-Dän. Stufe), letztere ist seit langem als „Oberstdorfer“ oder auch wohl „Burgberger“ Grünsandstein (Ober-Senon)<sup>2)</sup> bekannt. Entsprechend der weiteren Fassung des Begriffes in der Schweiz nennen wir diese ganze Abteilung „Wangschichten“.

<sup>1)</sup> ARN. HEIM und JOH. BÖHM, „Neue Untersuchungen über die Senonbildungen der östlichen Schweizer Alpen.“ Abh. d. Schweizer Pal. Ges. **36**, 1909. ARN. HEIM, „Geol. d. Kurfürsten-Mattstock-Gruppe.“ Beitr. z. Geol. Karte d. Schweiz, N. F., 20. Lief. Bern 1910, S. 150.

<sup>2)</sup> K. ZITTEL, „Pal. Notizen über Lias-, Jura- und Kreideschichten in den bayerischen und österreichischen Alpen.“ Jahrb. d. Geol. Reichsanstalt, Wien **18**, 1868, 599/610.

Steigt man das kleine Tal westnordwestlich Sigis-  
hofen (50 m nördlich der Wegbiegung westlich des Ortes) auf-  
wärts, so trifft man (vergl. Skizze 1:5000, Fig. 3) südlich am Aus-  
gang auf dunkelgrünen, sandigen, nummulitenreichen (Assilina,  
Orthophragma) Eozänkalk mit Crinoideenresten und auf der  
gleichen südlichen Talseite nach einem ganz verwachsenen kleinen  
Steinbruch wenig bachaufwärts eine angebrochene Felspartie von  
dunkelgrauem, sandigem, von kleinen grünen Glaukonitfetzen  
durchsetzten Kalk mit schlecht isolierbaren Muschelschalen. Er  
ist eisenreich (daher hier Versuchsbaue!) und geht rasch in sehr  
harten Sandstein über. Durch Glaukonit Aufnahme verbindet sich  
das Gestein petrographisch ohne Grenze einerseits mit den Glau-  
konitkalken, andererseits mit den grünen Sandsteinen am Hütten-  
berg. Das Gestein ist wirr zerklüftet, zerfällt in kompakte Poly-  
epide und zeigt horizontale Rutschstreifen.

Ein Meter südlich der Hauptwandfläche verläuft, annähernd  
parallel zu ihr, der tektonische Kontakt gegen einen bräunlich-  
grauen, weißlich anwitternden, etwas sandigen und wenig Glau-  
konit-führenden Kalk, den wir zur Fazies der Amdener Schichten  
zu stellen haben. Er ist in dünne Flatschen zerquetscht (die mehr  
als halb so dick sind, als in dem harten Kalksandstein) und streicht  
bei senkrechter Stellung in N. 40° O. Das Überwiegen der wag-  
rechten Bewegung beweisen auf den parallel mit der Grenze und  
senkrecht orientierten Flatschen die ziemlich wagrechten Rutsch-  
streifen.

Die Gehänge nördlich unseres Bachbettes zeigen durchweg  
nur Kalkmergel der Amdener Schichten, die sich oft kaum von  
eozänen Mergelschiefen unterscheiden; in sie ist auch oberhalb  
der nördliche Ast des Bächleins eingesenkt (blaugraue Kalke mit  
Kalzitadern liegen steil in Str. WSW.—ONO.). An der Sohle des  
südlichen Astes liegen dagegen sehr zahlreiche Nummuliten-Kalk-  
blöcke und harte, schwarze, quarzitisches Kalkblöcke (Wangschich-  
ten?), ohne daß es mir glückte, hier das Anstehende zu finden (e.).  
Wenig oberhalb folgen mit 80° NNW. einschließend bräunlich-  
graue Mergelkalke, dann an der Bachsohle einige bis cbm-große  
Blöcke von blaugrauen, splittrigharten Kalken, die dunkle Flecken  
zeigen („Nierenthaler Fazies“); schon vorher und oberhalb auch  
anstehend graue, Kalzit-durchsetzte Mergelkalke mit dunkel-  
grauen Flecken und Str. WSW.—ONO., senkrecht bis steil S. fallend.

Steigt man hier oben südöstlich aus dem Bachriß empor und wendet sich auf dem von der Wittelsbacher Höhe herabführenden Fußweg östlich nach der Bank abwärts (126 des Versch.-V.), so durchschreitet man die gleichen hellgrauen Mergelkalke (südlich unter Flyschwanderschutt verschwindend) und trifft bei 790 m NN. wieder auf (plattigen) schwarzen, quarzitischen Kalk bis Sandstein mit Str. N. 60° O. f. 60° SO. (Wang-Schichten). Dieses Vorkommen streicht bis auf die Höhe (805 m) und verschwindet dann. Auch nach ONO. finden wir es in dem Hohlweg nicht; erst dort, wo der Fahrweg westlich Kirche Sigishofen anzusteigen beginnt, liegen in der Fortsetzung vergleichbare schwarzgraue, foraminiferenführende Kalke mit gleichem Str. und 70° SSO.-Neigung. Im übrigen liegt der untere Teil dieses in einer Windung aufsteigenden Fahrweges in hellgrauen, den Amdener Schichten zuzurechnenden Mergelkalken, die bei beträchtlicher Beanspruchung zuerst das gleiche Einfallen zeigen (mit dunklen Flecken), dann aber (am Anfang des Hohlweg-Stückes) gegen NNW. einfallen. Sie werden wiederholt Wangschichten-artig.

Am Hohlweg WSW. Sigishofen weiter aufwärts haben wir dann bessere Aufschlüsse.

Hier sieht man auf eine Strecke die sehr unregelmäßigen Kontaktflächen des sehr harten Wangsandkalk-Komplexes (mit einzelnen Gastropoden) gegen die nördlich und südlich benachbarten Amdener Kalkmergel. Die Stellung ist steil oder senkrecht, das Str. bleibt WSW.—ONO. Nach dem Hangenden und Liegenden erscheinen die Wang-Schichten als diskordant abgegrenzt.

Als diskordant und zwar auch tektonisch diskordant eingelagert erweisen sich dann auch der mehrere Meter mächtige, schwarze, Crinoiden-führende Kalk und quarzitischer Sandstein, der in dem Talriß südlich der Hohlwegbiegung am Nordgehänge senkrecht ansteht und sich westlich über den Fahrweg fortsetzt. Am Weg sieht man gut die unregelmäßige tektonische Begrenzung gegen die gequälten Nachbar-Kreidemergel (nach S.). Die westliche Fortsetzung ist durch die hier angeordneten Pinggen (Abbau auf Eisenerz wie am Talausgang WNW. Kirche Sigishofen) angezeigt und durch das hier auch Nummuliten-führende Eozän-Kalkvorkommen am südlichen oberen Eck der hangaufwärts folgenden Waldlichtung.

Südlich von diesem Eozänzug ist nur bis zum nächsten Talriß

grauer MK. angerissen, den man seiner petrographischen Zusammensetzung nach (etwas dichter, bräunlichgrauer Mergelkalk) wieder den Amdener Schichten der Kreide zuzählen muß. Eozänmergel sind es wohl kaum.<sup>1)</sup> Südlich des Tälchens, auf seinem Südgehänge erscheinen dann aber, vermutlich abgetrennt durch eine im Tal verlaufenden Störung, die Kalkmergelschiefer des Ofterschwanger Flysches.

Betrachtet man die Lagerungsverhältnisse ohne Rücksicht auf kleinere, freilich zahlreiche Einzelbewegungen, so läßt sich wohl ein Sattel mit senkrechten Flügeln ableiten, in dessen Kern unregelmäßig verschoben und wohl auch schon primär rasch auskeilend, harte „Wangschichten“-Massen neben Amdener Schichten entwickelt sind, an dessen Hangendem und Liegendem je ein Zug von Eozän so ziemlich auch in der Fazies der Wangschichten und mit Eisenvorkommen auftritt. Sind die Mergel im N. und S. des Eozän nicht tertiär und treten Nummuliten nicht schon in der Kreidefazies der Amdener Schichten auf, so müssen wir den Sattel als beiderseits begrenzt auffassen durch eigenartige Störungsflächen. Die Möglichkeit stratigraphischer Wechsel und tektonischer Verwicklungen erlaubt kein völlig klares Bild.

## 2. Der Flysch.

Auch der Flysch kann erst im großen Zusammenhang mit dem S. und O. verstanden werden. Er stellt das mehr oder weniger deutbare Abbild der nach Zeit und Raum sehr wechselvollen, gewaltigen Bewegungsvorgänge der Tiefe dar, und wer ihn nach seiner zeitlichen und räumlichen Gliederung verstehen will, hat die schwierige, aber reizvolle Aufgabe, diese Flyschfazies auf den orogenen Mechanismus zu beziehen. Es zeigt sich dabei die Flyschfazies als sedimentäre Wiedergabe solcher Bewegungstendenzen der Tiefe, die dann im weiteren Verlauf der orogenen Aktion in Form von Schubflächen im gleichen Sediment auch ihre tektonische Abbildung liefern. Als die Etappen einer Gebirgsbildung aus einem sehr labilen Erdkrustenstreifen (Geosynklinale)<sup>2)</sup> kann man festhalten:

<sup>1)</sup> M. RICHTER beschreibt soeben die gleichen Aufschlüsse (Mitt. Geolog. Ges., Wien **17**, 1924, S. 4—6) und nimmt teilweise Stadschiefer an.

<sup>2)</sup> E. KRAUS, „Der orogene Zyklus und seine Stadien.“ Zentralbl. für Min. etc. Jahrg 1927, B, S. 216—233.

1. ein vorbereitendes, im allgemeinen marines Stadium fortschreitender Senkung mit mächtiger, jedoch im übrigen normaler Sedimentation;
2. ein Stadium der in der Tiefe vor sich gehenden, starken Gebirgsbildung, welche sich durch große Reliefunruhe, Erdbeben und im allgemeinen basischen Vulkanismus an der Erdoberfläche kund tut (Archipelstadium);
3. ein nachfolgend zu besprechendes Stadium der nun bis in die obersten Niveaus des betreffenden Gebietes vorgehenden Gebirgsbildung.

Danach ist das, was man als „Flysch“ bezeichnet, Sediment während des zweiten Stadiums. Er stellt daher ein sehr mächtiges, versteinungsarmes Sediment von äußerst wechselnder Zusammensetzung dar, das seinen Stempel eben diesen Bodenbewegungen verdankt.

Der Flysch zerfällt auf Blatt Immenstadt in zwei nach Ausdehnung sehr ungleiche Teile:

1. die Schubfetzen, welche unter der Kreide-Eozän-Schuppe des Hüttenberges liegen;
2. der gesamte übrige Flysch des Blattes, dem auch der Flysch bei Berghofen östlich der Iller anzuschließen ist.

Das basale Hüttenberg-Flysch-Vorkommen ist sehr klein und sehr wenig aufgeschlossen. Es bildet das Nordwestgehänge und teilweise den Kamm des vorderen Hüttenberges-Hüttenbergeck, sowie die moränenbedeckten niedrigen Teile südwestlich Bihlerdorf. Im wesentlichen handelt es sich um den bekannten glimmerigen, grauen Haupt-Flyschsandstein, doch wird er öfter recht grob brekziös, sehr quarzreich, auch Stückchen von Phyllit führend, und neigt zu einer Konglomeratbildung, wie sie der Wildflysch-Fazies eigen ist. Dies und der Umstand, daß in der gleichen geologischen Position im N. der Grüntenkreide ebenfalls Flysch und zwar mit noch unverkennbareren Wildflyschgesteinen als vermutliche Fortsetzung auftritt, ist der Hauptgrund für die hier angegebene Zweigliederung des Flysches, die zunächst insofern eine tektonische ist, als unser Hüttenberger Vorkommen sich zu einer gestörten Basalschuppe unter dem Eozän-Kreidebereich zusammenschließt. Als normales Hangendes der Hüttenbergserie können wir unseren Flysch nicht auffassen, weil erstere mit unverkennbarer Störung und zum großen Teil schräg gegen den

Flysch abstoßend im SO. angrenzt. Einige Kalkbänke scheinen dem Flyschsandstein eingeschaltet zu sein.

Die weitere Umschau hat ergeben, daß dieses Flyschvorkommen die Fortsetzung der Sigiswanger Flyschdecke ist, welche hier im N. unter die helvetische Säntisdecke (Grüntenfalten) eingewickelt wurde.<sup>1)</sup>

Alles übrige gliedert sich wiederum in zwei gleichwertigere Teile, einen liegenden „Ofterschwanger Flysch“ und einen hangenden Sandstein.

#### **Der Ofterschwanger Flysch.<sup>2)</sup>**

Die liegenden Flyschschichten bei Hüttenberg fassen wir unter vorstehender Bezeichnung zusammen, denn sie gehören zu der tektonischen und namentlich auch stratigraphischen Fazies, die bei Ofterschwang ganz besonders entwickelt ist und in der Kartierung von Blatt Fischen als ausgedehnte Flyschfazies erkannt wurde. Die Ofterschwanger Schichten bestehen überwiegend aus grauen Mergelschichten mit, in manchen Niveaus reichlich eingelagerten, harten, etwas glaukonitischen Sandkalk- und Sandstein-Bänken. Die typischen Mergel sind in der Trockenheit bläulichgrau, glatt, der Bruch zwar großmuschelig, aber im allgemeinen ziemlich parallel der Schichtung. Das Mikroskop zeigt zahlreiche Foraminiferen der Oberkreide. In den tieferen Horizonten am Ausgang der noch auf das Blatt reichenden Ofterschwanger Klamm herrschen die Ofterschwanger Mergelschiefer mit eingelagerten Kalken, Sandkalken, Sandsteinen.

In den höheren Niveaus liegen gewisse Gesteins-Übergänge gegen die jüngeren, im Hauptflyschbereich als „Piesenkopfkalk“ ausgeschiedenen Wechsellagerungen von Kalk- und Mergelbänken vor. Jedoch schiebt sich dazwischen der Hauptsandstein ein. Im Wiesholztobel nordwestlich Bettenried usw. wechsellagern Schiefer

<sup>1)</sup> Vgl. E. KRAUS, „Geol. Forschungen im Allgäu II: der nordalpine Kreideflysch“ 1929 und „Erläuterungen zu Blatt Oberstdorf der Karte des Deutschen Reiches 1:100 000.“ Beides im Druck.

<sup>2)</sup> „Ofterschwanger Mergel“, die M. RICHTER ausscheiden möchte, decken sich nicht mit unserer Bezeichnung „Ofterschwanger Flysch“ oder „Ofterschwanger Schichten“; die Mergel umfassen davon nur einen Teil, der zwar petrographisch recht bezeichnend ist, der aber in sehr verschiedenartigen tektonischen und stratigraphischen Einheiten auftritt, weshalb er nicht für sich allein ausgeschieden werden kann.

und Kalkbänke mit Fukoiden, desgleichen Kalk und Schiefer unterhalb im Haslachbachtobel, die aber nur in den Tobeln selbst zur Geltung kommen, während an den Gehängen Moräne bzw. der Flyschwanderschutt von oben mit überwiegend Sandstein im sandigen Lehm liegt. Soweit die Sandsteinmassen an den Hängen zwischen den verschiedenen Schiefertobeln Kuppen oder größere Gehängeabsätze bilden, wie etwa in 900 m NN. südwestlich Hüttenberg, handelt es sich wohl um größere, von dem höheren Sandstein herabgerutschte Gehängeschollen. Die Kartierung ist an solchen Hängen natürlich sehr erschwert.

Im Obergießbrückentobel sieht man (lückenhaft) Übergänge nach dem hangenden Sandstein. Bis 1150 m NN. herrschen noch dunkle, Fukoiden-führende Kalkmergelschiefer. Darüber treten wiederholt kräftige Sandsteinbänke auf (bei 1170, 1190 m NN.), daneben Kalkbänke, Mergelschiefer, etwas Kieselkalk. Nach mehr mergeligen Gesteinen setzt bei 1200 m, anscheinend in dem SO.-Flügel eines Sattels, mächtiger Sandstein ein, feinkörnig, glimmerig. Der Kamm liegt schon ganz im Sandstein. Wir haben hier vermutlich eine subkonkordante Überlagerung durch Jüngerer, die aber durch tektonisch differente Bewegungen disharmonisch geworden ist.

### **Der Hauptflyschsandstein.**

Dieser mächtige Sandsteinkomplex, der auf den Höhen westlich der Iller auf Blatt Fischen eine große Rolle spielt, sinkt mit den Ausläufern dieser Höhen gegen NO. auf Blatt Fischen ähnlich nieder, wie im N. die Molassestreifen, um bei der Oberzollbrücke an die Iller heranzutreten. In den beiden Steinbrüchen bei Oberzollbrücke haben wir dickbankigen, blaugrauen Quarzsandstein, fein-mittelkörnig, immer recht glimmerreich (heller und dunkler Glimmer), mit Kalksand, schwärzlichen Kalkstückchen, gelegentlich mit dmdicken, schwärzlichen Tonschiefer-Zwischenlagen, an deren Rand häufig der Sandstein etwas gröber wird, die Quarze bis cm-groß. Kohlerestchen und Blattstückchen finden sich, vereinzelt Wellenspurten (Täler meist handbreit, flach, im feinen, glimmerreichen Sandstein), eine Zwischenbank von hellbräunlichem Kalk. In den Schiefen fand Herr Pfarrer RAICH Fukoiden, weshalb AUGUST ROTHPLETZ diesen in mancher Hinsicht an Molassesandstein erinnernden und früher damit verwechselten Sandstein zuerst 1915

zum Flysch stellte. Diese braunanwitternden Sandsteine setzen den bewaldeten Rücken westlich der Steinbrüche zusammen, grenzen östlich vom Hüttenberger Eck mit einer NS.-Störung an den Ofterschwanger Kalkschiefer, um an Stelle der Kreide-Eozän-Gesteine weiter im SW. die breitrückig-steilere Kammbildung über die Eckalpe hinaus zu übernehmen. —

Die genetischen und tektonischen Verhältnisse sollen im Zusammenhang mit den ausgedehnten Fortsetzungen auf Blatt Fischen besprochen werden. Hier sei nur noch bemerkt, daß wir berechtigt sind als Liegendes der Ofterschwanger Schichten den offenbar dem Gault angehörenden Feuerstätter Sandstein, als Hangendes des Hauptsandsteins den noch oberstkretazischen Piesenkopfkalk anzusehen.

Tektonisch gehört das ganze der Sigiswanger Flyschdecke an, welche über der helvetischen Kreide und unter der Oberstdorfer Flyschdecke liegt.

### 3. Die Molasse.

Bei weitem den größten Raum des Blattes nimmt „Molasse“ ein. Das ist ein in engstem Zusammenhang mit demjenigen Akt der Gebirgsbildung abgelagertes Sediment, der als zweiter Hauptakt bei der Bildung der in den großen, besonders labilen Senkungsgürteln der Erdkruste („Geosynklinale“) geborenen Faltengebirge nach dem ersten (der Flyschbildung) zu unterscheiden ist. Betrifft erstere noch die Zeit des Ozeans, bezw. des Archipelstadiums, so wird „Molasse“ nach Verdrängung des großen, ursprünglichen Meeresteiles, sei es in vorübergehendem Flachmeer, sei es in Seen- oder Flußniederungen — immer aber nur in flachem Wasser von Festlandsgebieten und immer als gewaltiger, überwiegend grobterrigener Detritus abgelagert. Der Name hängt mit der Wurzel „mahlen“, lat. molere, zusammen, weil die in diesem Sediment auftretenden Sandsteine zum Teil sehr gute Mahlsteine abgeben.

Es handelt sich also um den mehr oder weniger weit transportierten und in den tektonisch sinkenden Vortiefen-Niederungen zur Ablagerung gelangten Abtragungsschutt des werdenden Gebirges, daher um ein sogen. „orogenes Sediment“ entsprechend der „Flyschfazies“ des älteren Bewegungsaktes. Weil erst nach Ablagerung der Hauptmenge der Molasse noch eine sehr starke Tan-

gential-(Decken-)Bewegung, die letzte große des alpinen Geschehens, die Gebirgsglieder annähernd an ihren heutigen Platz **geschafft** hat, und weil deshalb ein sehr großer Teil des ehemaligen **Abtragungsgebietes**, aus dem die Molasseflüsse in das Vorland strömten, zerstört und **überschoben** wurde, besteht die Molasse zum weitaus überwiegenden **Teil** aus Gesteinen, welche keineswegs mit dem Einzugsgebiet der **heutigen** Flüsse harmonisieren; es sind „exotische“ Bestandteile. Sie gehören ihrem Wesen nach durchaus zu den nicht fluvialen, sondern **tektonisch** durch Tangentialschub vor der letzten großen Schubbewegung transportierten exotischen Deckenstücke. Ein abschließendes **Studium** des Gesteinsinhalts der Molasse wird daher nur in engstem Zusammenhang mit demjenigen dieser tektonischen Exotika möglich sein. Exotika als Deckenstücke oder Sedimentbestandteile gehören zum integrierenden Bestandteil aller tangential beträchtlich bewegten Deckengebirge.

Der detritogene Gesteinsinhalt der Allgäumolasse entspricht weitgehend demjenigen des westalpinen Allgäuflysches, und es ist zu betonen, daß darin die Zusammensetzung der Nagelfluh nicht etwa als ein singuläres Problem dasteht, sondern daß es zusammenfällt mit der genau ebenso liegenden Frage nach der Herkunft der gewaltigen Sandmassen der Flysch- und Molasse-sandsteine und der noch größeren Schlickmengen der orogenen Mergel. Die merkwürdige Mischung in der Zusammensetzung vom Feinsten bis zum Größten, die Mengung von Kalk, Sandkalk, Dolomit, Sandstein, Quarzit, Hornstein einerseits, mit Gneis, Granit, Diabas, Glimmerschiefer oder Phyllit, Quarz, Feldspat, Glimmer andererseits ist sowohl geeignet, ein Licht auf die Ablagerungsbedingungen (Klima, Sedimentations-Geschwindigkeit) als auf die geologische Karte des nachträglich tangential eingeschrumpften und überschobenen Einzugsgebietes der Molasseflüsse zu werfen. Zu allgemeineren Grundsätzen werden wir durch den Vergleich mit den entsprechenden orogenen Sedimenten der anderen Gebirge, z. B. mit den verschiedenen Fazies des Kulm, mit den Grauwacken, Arkosen, Konglomeraten der subvariszischen Gebirgskette geführt.

Wir werden im Folgenden einstweilen<sup>1)</sup> nur diejenigen lo-

<sup>1)</sup> Die Auswertung des Materials erfolgt im dritten Teil meiner „Geologischen Forschungen im Allgäu“.

kalen Feststellungen über den Aufbau der Molasse geben, welche sich auf Blatt Immenstadt beziehen und verzichten auf den Ausbau der hier angedeuteten Kombinationen. Es sei nur erwähnt, daß die Zusammensetzung der Allgäumolasse sehr bedeutend von derjenigen des südlichen Oberbayerns, viel weniger von der schweizerischen abweicht.

Was den allgemeinen Aufbau betrifft, so kann man sagen, daß in dem Molasseprofil eine Zunahme des Landfestwerdens während der Gebirgsbildung feststellbar ist. Nach dem nicht orogenen, zumeist geosynkinalen Mesozoikum war der Flysch noch als Absatz eines wohl vielfach ziemlich tiefen Inselmeeres entstanden. Die tiefste Molassebildung ist noch marin; aber zum Teil nur noch flachmarin („untere Meeresmolasse“, Wagneritz-Mergel). Die nächst jüngere Molasseabteilung ist meist noch grau, jedoch bereits abgelagert in einer Flußschotterniederung (Steigbach-Schichten); die folgende zeigt auch Festlandsabsatz, der aber vielfach sehr grob ist, Wildbach-Charakter trägt und ein starkes Überhandnehmen der Verwitterung auf dem abgetragenen Land (Rotterdebildung) durch seine Rotfärbung anzeigt (Hochgratschichten).

Jüngere als diese, der chattischen und aquitanischen Stufe noch zuzurechnenden Schichten<sup>1)</sup> finden sich in den Molassealpen nicht auf Blatt Immenstadt, wohl aber südlich Nesselwang.<sup>2)</sup> Im Vorland haben wir die bunten Teufelslochmergel und -Sandsteine, dann eine mächtige graue Mergel-Sandsteinserie, die Blätter-Molasse, von der aber nur kleine Basalteile im NW. unseres Blattes entwickelt sind. Der Hauptteil, sowie die miozäne, obere Meeres- und Süßwasser-Molasse folgt erst weiter nördlich.

Wo in unserem jungoligozänen Profil die bedeutsame Grenze zwischen der chattischen Stufe (Kasseler Meeressande, in der Schweiz nach DOLLFUS und DEPÉRET wohl noch als „oberstampisch“

<sup>1)</sup> Wir rechnen das Aquitan (MAYER-EYMAR) als jüngste Stufe noch zum Oligozän. Die Grenze Oligozän/Miozän müßte nach dem marinen Faunengehalt wohl zwischen der Kasseler (DOLLFUS; „Chattischen“ TH. FUCHS) und der aquitanischen Stufe liegen, nach den Süßwasserfossilien, mit denen wir es zu tun haben, jedoch zwischen der aquitanischen und der nächst jüngeren, burdigalischen (Depéret) Stufe. Vergl. Referat OPPENHEIM zur Arbeit DOLLFUS im N. Jb. f. Min. 1925, S. 65; auch W. WENZ, „Zur Frage der Altersstellung des schwäb. Tertiärs“. Z. f. Min. 1921, S. 559 bis 563.

<sup>2)</sup> E. KRAUS, Allgäu I.

| Schweiz  |   |   | Mainzer Becken  | Südbayern                             |                                  |  |   |
|--|---|---|---|---------------------------------------|----------------------------------|--|---|
| Stufenbezeichnung                              |   | Ausbildung  |   | Stufenbezeichnung                     | Ausbildung                       |  |   |
| Pontisch                                       | obermioz.                                     | fehlt   |   | Pontische                             | Obere Süßw. Molasse              | Quarzschotter mit <i>Cepaea silvestrina</i>              |   |
| Sarmatisch                                     |   | Ob. Süßw.-Mol.  |   | Sarmatische                           |                                  | mit <i>Cepaea silvana</i> + brack. Kirchberger Schichten |   |
| Wiener (mittelmiozän, II. Mediterranstufe)     | teils limnisch, teils marin (St. Galler Sch.) | Transgression   |   | Tortonische                           |                                  |  |   |
| Burdigalisch (untermiozän, I. Mediterranstufe) | Muschelsandstein, Luzerner Sch.               | Transgression   | Landbildungen   | Helvetische s. str.                   |                                  |  | Obere Meeresmolasse mit <i>Ostrea crassissima</i> |
| Aquitanisch (oberoligozän)                     | Unt. Süßw. Molasse                            | mit <i>Cep. rugulosa</i> , <i>Helix Ramondi</i> , <i>Ostrea cyatula</i> | Hydrobienschichten<br>Corbiculaschichten<br>Cerithienschichten<br>— Transgression —<br>Hochheimer Landschneckenkalk + <i>C. rugulosa</i> u. <i>Pleb. Ramondi</i><br>Cyrenenmergel | Aquitanische (MEYER EYMAR u. DOLLFUS) | Unt. Süßw.-Mol. Rugulosaschicht. |  |   |
| Stampische obere (mitteloligozän) (DOLLFUS)    |   | ?   | Septarienton<br>Alzeyer Meeressand  | Stampische (DE LAPPARENT) (Rupel)     |                                  |  | ?   |
| unteroligozän                                  |   | Flysch  | Mergel und Salze<br>Melanienkalk (Oberelsaß)  | Lattorfer                             |                                  | Flysch?<br>unteroligozän                                 |   |

bezeichnet) und der aquitanischen Stufe (s. str. im Sinn von WENZ) liegt, ist erst durch weitere, gute Fossilfunde feststellbar. Die bisherigen Funde und das Auskeilen der Allgäuer Süßwasser-Molasse gegen O. in das nach seinen Versteinerungen recht einheitliche Niveau der unteren Meeresmolasse + Promberger Schichten + bräckische Cyrenenmergel-Vertretung beweist für unser Profil jedenfalls die Zugehörigkeit der wohl über 4000 m mächtigen limnischen Serie zu der chattischen und aquitanischen Stufe. Ihre Gliederung durch Fossilien ist in Schwaben W. WENZ gelungen. Wir übernehmen sie schon jetzt in das südbayerische Profil, das im Folgenden zum Vergleich mit einigen anderen Regionen gegeben wird.

Wie wir nachfolgend sehen werden, liegt auf Blatt Immenstadt keineswegs eine einzige, faziell mit allen Übergängen der Einzelniveaus versehene Profilsreihe der Molasse vor. Wir haben vielmehr verschiedene, sehr wohl voneinander unterscheidbare und tektonisch scharf getrennte Gesteinsserien vor uns, welche, wie der tektonische Teil uns zeigen wird, bestimmte Baueinheiten charakterisieren, die schuppenartig übereinander liegen. Wir haben zu unterscheiden:

1. die Steineberg-Decke (vorwiegend westlich der Iller und nordwestlich des Flyschgebietes bis zum Steigbach-Teufelsloch, Mummens-Rauhenzell nach N. reichend);
2. die Kammereck-Decke (nördlich der Grüntens-Kreide bis zu einer SW.-NO.-Linie durch St. Rettenberg, also östlich der Iller);
3. Die Immenstädter Horn-Decke (die gesamte Molasse nordwestlich 1. und 2. bis zur Linie Alpsee-Einharz, wo dann nach NW. über den Blattrand hinaus einsetzt);
4. das gefaltete Vorland.

Wir betrachten die einzelnen Niveaus in den verschiedenen tektonischen Einheiten.

**Die untere Meeresmolasse** („Wagneritz-Schichten“ und ihre nicht-marinen Äquivalente im W.: „Teufelsloch-Schichten“).

Nach C. W. von GÜMBEL und K. A. WEITHOFER setzt sich die untere Meeresmolasse des südlichen Oberbayerns zum mindesten petrographisch mit den gleichen Gesteinen über den Lech hinaus nach W. fort. Westlich der Pfrontener Niederung liegt sie aber

nur noch in dem südlichen Flügel der hier fortstreichenden Murnauer Mulde, die nun als „Kammereck-Decke“ — abgesichert von ihrer Unterlage — bei Kranzegg-Wagneritz am Nordfuß des Grünten beweisende Fossilien: *Natica crassatina*, *Cardium Heeri*, *Corbula gibba* geliefert hat. Verfasser fand am Galetschbach östlich bei St. Rettenberg, hart am Kartenrand eine Platte mit Steinkernen von *Corbula sp.*? Unter den spärlichen Fossilresten, die man in den bunten Schichten des Teufelslochs südlich Immenstadt findet, glaubt M. RICHTER neuerdings *Cardium sp.* erkennen zu können. Auf marine Bildung innerhalb der im übrigen weit überwiegend aus Süßwasser-Sedimenten bestehenden Immenstädter Molasse weist schließlich offenbar der bedeutende Glaukonitgehalt einiger Sandsteine hin, so südwestlich Immenstadt in etwa 1210 m NN. am Immenstädter Horn (westlich vom Hornweg) oder auf Blatt Fischen nahe dem Südwestende unseres Blattes am Ostertal-Gehänge südwestlich der Pulsalpe.

Die Fossilien der unteren Meeresmolasse liegen auf Blatt Immenstadt nicht etwa im gleichen Gestein. Am Nordfuß des Grünten, dessen Gipfel ja nordöstlich des Ortes Burgberg bereits auf das östliche Nachbarblatt („Hindelang“) fällt, schneiden die nicht sehr tiefen Tobel nördlich bis östlich Wagneritz unter Moräne und Gehängeschutt zwischen 770 und über 1000 m NN., in eine über 400 m mächtige Folge von grauen Mergeln ein, welche nördlich der Kalkofen-Sennhütte (Blatt „Hindelang“) bis über 1200 m emporreicht und im allgemeinen flach gelagert ist. Unten sind ihr einige glimmerführende, dünne Kalkbänkchen, weiter oben einzelne graue Sandsteinplatten eingeschaltet; eine solche (im Schutt) erwies sich bedeckt mit Steinkernen von *Corbula*? Wir bezeichnen diese grauen Mergel der unteren Meeresmolasse bei Wagneritz und die ihnen weiter im O. faziell und horizontmäßig entsprechenden als „Wagneritzschichten“.

Faziell vergleichbare Ablagerungen fehlen nach W. zu völlig. Hier liegen die „Teufelsloch-Schichten“, die im Teufelsloch, einem hohen, steilen Anriß unterhalb der Mitteralpe südlich Immenstadt, und darüber aufgeschlossenen roten und grauen Mergel mit reichlich eingelagerten, mehr oder weniger mergelreichen Sandsteinbänken, auch mit einigen kleingerölligen Nagelfluhbänken. Sie sind wegen ihrer spärlichen marinen Fossilreste wenigstens teilweise als Vertretung der unteren Meeresmolasse aufzufassen, aber sie

unterscheiden sich petrographisch und dementsprechend nach ihren Bildungsbedingungen deutlich von den Wagneritzschichten. Nur die aller obersten Wagneritzschichten am steilen Gehänge unter den Sandsteinfelsmauern des Westrandes der Kammereckalpe erinnern durch beginnende Rotfärbung und Einschaltung von unscharf begrenzten Feinsandbänken an die Teufelsloch-Schichten.

Das Profil von der Hochriedalpe südlich durch das Teufelsloch empor auf den Kamm des Ettensberges zeigt folgende Zusammensetzung der Teufelslochschichten:

(M = Mergel, S = Sandstein, N = Nagelfluhe, n = kleingeröllige Nagelfluh mit reichlich weißen Gangquarzgeröllen, die Zahlen sind Meterzahlen.)

Hangendes: 10 m rote N (tiefste Hochgratschichten)

Von oben nach unten: 25 M mit S-Zwischenlagen; 5 N; 8 N; 5 N; 6 M; 2 N; 8 M; 2 N (1275 m NN.); 1 S; 3 M; 5 S; 110 grüne und rote M mit einigen S-Bänken; 2 n oberste im Teufelsloch; 4 sand. M; 1 n; 10 S; 1,5 M grün; 3 M rot; 9 vorwiegend S; 4—8 M grün; 1,2 S; 1,5 M; 6 überwiegend S im Wechsel mit M; 1,3 M; 1,5 S; 4,5 bunter M; 3,5 S; 2 M rot; 2 M grün; 10 M;

— — — — — Störung am Nordrand des Teufelslochs,  
50 rote und grüne M mit etwas S

7 N Liegendes; Übergangszone wenig rot über Steigbachschichten.

Dieses Profil von etwa 300 m ist keineswegs auf größere Entfernung in allen seinen Gliedern aushaltend. Am besten scheinen noch die meist mittel- bis kleingerölligen Nagelfluhbänke durchzugehen, besonders jene, welche an der Oberkante des Teufelslochs durchstreichen. Bei den oft fehlenden Aufschlüssen mag in der Kartierung vielfach das Auskeilen einzelner Glieder nicht beobachtet worden sein. Die gesamte Mächtigkeit dürfte in dem angeführten Profil durch die Teufelslochstörung etwas beschnitten sein. Zwischen Mummern und Blaichach kann man (unter Annahme von 30° mittlerem Einfallen) rund 500 m Mindestmächtigkeit feststellen, doch steigt die Mächtigkeit auch über dem Niveau, welches durch das Teufelsloch durchstreicht, von 180 m weiter im W. (Tobelprofil s. Ornach) auf rund 300 m, südlich Almach auf

noch mehr Meter gegen WSW. zu. Im allgemeinen erhalten aber die Teufelslochsichten von der Iller am Steineberg-Nordhang bis weit über den westlichen Blattrand hinaus (mindestens durch das ganze Blatt Rindalhorn) ihren allgemeinen faziellen Charakter bei: von O. nach W. stärker rote, auch graue und grüne Mergel und Sandsteine im wesentlichen mit gelegentlich eingeschalteten klein- bis mittelgerölligen, Quarzkiesel-führenden (5—10 %) Nagelfluhbänken von höchstens einigen Metern Mächtigkeit. Nur die obersten rund 50 m zeigen mit ihrem Ersatz der Sandsteinbänke durch Nagelfluhen einen allmählichen Übergang nach der Fazies der hangenden Hochgratschichten. Sie schließen sich durch Verschwinden der Nagelfluhen faziell gegen SW. hin immer mehr dem Charakter der Mergel/Sandstein-Hauptserie an. Damit steht die Ausbildung der, der Steinebergdecke angehörenden Teufelslochsichten in sehr scharfem faziellen Gegensatz zu den vielleicht annähernd in gleicher Zeit sedimentierten marinen Wagneritz-Schichten im O. (Kammereckdecke), und es besteht nicht die Möglichkeit, beide Bildungen ohne weiteres als in der heutigen nahen Nachbarschaft nebeneinander sedimentiert anzusehen.

Wenn gleichwohl gewisse marine Zwischenlagen auch westlich der Iller auftreten, so handelt es sich um ein gelegentliches Übergreifen des östlichen Meeresgebietes in das flache, von maeandrierenden Flüssen und ausgedehnten, vielleicht teilweise brackischen Seen bedeckten Festlandsgebiet weiter südwestlich. Denn so müssen wir uns wohl die Entstehung dieser immer wieder zwischen Sand und Mergel abwechselnden Sedimentation denken, in der aber der Sand meist sehr mergelig ist und bei der nur gelegentlich Flüsse von offenbar geringer Strömungskraft kleingerölligen Schutt über die Niederung ausbreiteten. Die Rotfärbung haben wir uns als Einschwemmung von roten Verwitterungsprodukten eines ausgedehnten südöstlichen Festlandgebietes zu denken.

Deltaschichtung und Diagonalschichtung ist nicht selten gut zu beobachten, so in den Kalzit-durchsetzten (schöne Kristalle —  $\frac{1}{2}$  R) Sandsteinbänken des kleinen Steinbruchs bei Thannen (südöstlich Immenstadt), oder in dem Bruch zwischen Straße und Eisenbahnlinie bei Hofen; prächtige Kreuzschichtung südlich davon. Vielfach zeigen sich auf Schichtflächen kleine Rippen, Leisten oder Wülste; Wellenfurchen fanden sich in den faziell ähnlichen allerobersten Lagen der Wagneritz-Schichten unter dem

Kammereck-Alprand. Daß sich in der Fluß- und Seenniederung auch sumpfige Stellen bildeten mit Ansammlung von pflanzlicher, vertorfender und bald verkohlender Substanz, das ersieht man aus dem öfteren Vorkommen von kohligen Resten. Im Teufelsloch fand sich eine Bank von sandigem M. (5 cm), von kohligen Substanzen schwarz gefärbt. Am Wasserlauf 500 m westlich Mummen erweist sich der Mergel in zentimeterdicken Einlagerungen aus gleichem Grund blaugrün bis schwarz. Im Hofener Steinbruch liegen Kohlestücke im Sandstein, 200 m östlich Mummen reichlich Pflanzenreste und Kohleschmitzen. Daß man in dieser roten Faziesserie aber nicht Kohlen suchen wird, daß Sumpfbildungen nur untergeordnete Bedeutung hatten, das ist wohl aus der reichlich auftretenden Rotfärbung zu entnehmen. Sie deutet auf den Mangel einer so energischen Reduzierung und Enteisung hin, wie sie in torfbildenden Niederungen vorliegt (Humus als Schutzkolloid!), und welche ja auch im karbonisch-permischen Sediment ähnliche Fazies bewirkte. Kohleführende Schichten besitzen nur ganz ausnahmsweise einmal Rotfärbung.

Gerölle. Die Zusammensetzung der Nagelfluhen zeigt z. B. ein Aufschluß 200 m östlich Mummen: überwiegend weißer und grauer Kalk und Dolomit, zum Teil Hauptdolomit, zum Teil Fleckenmergel; teils entweder Muschelkalk oder untere helvetische Kreide, spärlich weißer Gangquarz; ein gut abgerolltes Nagelfluherölle aus dem gleichen Material. Im Steinbruch von Hofen: rote und schwarze Hornsteine nicht gerade selten, auch weiße Quarze (alles ungefähr hasel-wallnußgroß).

Die Gerölle<sup>1)</sup> der Teufelslochsichten scheinen bei sehr starker Mischung der Komponenten eine ziemlich gleichmäßige Zusammensetzung zu besitzen. Dies geht wohl recht gut aus dem im folgenden mitgeteilten Bestand eines nur doppelfaustgroßen (kleingerölligen) Nagelfluhstückes aus der Rinne über dem Stau-  
teich westlich der Steigbachklamm hervor.

---

<sup>1)</sup> Eine Untersuchung der Geröll Heimat der verschiedenen Niveaus der Allgäu-Molasse ist in Arbeit. Einige Andeutungen sind schon hier gegeben; soweit sie sich auf briefliche Mitteilungen von Bestimmungen durch Herrn Dr. J. CADISCH - Zürich beziehen, ist der Name „Cadisch“ beigefügt. Dem Genannten sei auch an dieser Stelle für seine freundliche Mithilfe bestens gedankt.

In ihm fanden sich (abgesehen von den grandig-sandigen Komponenten)

- 45 graue und schwärzliche Kalke, teils rostig anwitternd, teils bläulichgrau, teils dicht, teils fein kristallin (zumeist Trias und Jura);
- 20 bräunlichgraue Dolomite, weißlich anwitternd (Hauptdolomit), bräunlich ziemlich dicht, oder schwarz und dicht;
- 6 dicht-splitterige, graulich-bräunliche Kalke;
- 3 schwarze, bituminöse Kalke, die dünnen Splitter braun durchscheinend;
- 1 Fleckenmergel-Kalk, 1 bräunlicher, 1 stumpf weinroter (Jura), 1 dunkelolivfarbiger Kalk;
- 5 schwarze, kantenrunde, 2 weinrote, 1 olivgrüner Hornstein, mehrere weiße Gangquarze.

In der Gegend des Ortes Ettensberg bei Blaichach fand ich einen etwas spätigen, schwarzen Kalk mit Muschelquerschnitten: ostalpiner Muschelkalk oder Rhaet (Cadisch). Am östlichen Nagelfluhzug des Teufelsloch-Aufschlusses fand ich neben grauen Kalcken usw. und den 5% weißen Gangquarzen manche Lagen ganz erfüllt von roten (Jura?) Kalken. Insgesamt zeigen die Teufelsloch-Nagelfluhen kleines Korn (hasel- bis wallnußgroße Gerölle) mit einem wohl nie fehlenden, bis 5, ja vielleicht 8% steigenden Gehalt an weißem Gangquarz. Weit überwiegend die grauen Kalke (teilweise ähnlich dem Muschelkalk); nächst häufig graulich-bräunliche Dolomite, darunter sicher zahlreiche Hauptdolomite; etwas seltener graue, dichte Fleckenmergelkalke (Lias!), verschiedenfarbige Hornsteine, die strichweise fehlen. Im Sandstein unserer Schichten liegt sehr viel Kalk, Quarz, Feldspat, Glimmer.

Dagegen gibt es wenig oder kaum irgend typische (meist gelbbraun verwitternde) Sandkalke; keinen Flyschsandstein, keinen Granit, nur sehr selten einen ganz zersetzten Gneis. Dadurch, wie durch die wohl durchwegs graue Gesamtfärbung unterscheiden sich diese kleingerölligen Nagelfluhen sehr von den hangenderen.

Es ist klar, daß sich eine Festlandsfazies, wie sie die Teufelslochschichten im allgemeinen zeigen, an einem Ort nicht zu mehrere 100 m mächtigen Sedimenten anhäufen kann; denn mit der Aufhäufung werden alle Reliefverhältnisse geändert, was auch eine damit Hand in Hand gehende fortschreitende Änderung der Fazies des sich anhäufenden Gesteinsmaterials zur notwendigen

Folge hätte. Wir müssen annehmen, daß sich der Untergrund der Teufelslochsichten um den Betrag gesenkt hat, um den er bis zu einem gewissen Niveau aufgefüllt wurde. Daß diese Senkung, also diese Aufnahmefähigkeit für Sedimente in der Niederung nicht kontinuierlich, sondern ziemlich ruckartig vor sich ging, ist schon aus dem immer wieder neu einsetzenden Wechsel von Übersandung und dann von Übermergelung zu entnehmen. Es ist ein Vorgang, den wir in den jüngeren Nagelfluh-Serien mit noch viel mehr Präzision ausgeprägt wieder finden werden.

Im ganzen sehen wir schon bei den Teufelslochsichten, die in Blatt Immenstadt fast ganz auf die Steinebergdecke beschränkt sind, weitaus das Überwiegen von Festlandsaufschüttungen; nur gelegentlich griff das Meer von O. her entweder mit normalem Salzwasser oder mit randlichen Brackwasserlagunen über die Küstenebene vor (marine Fossilreste im Teufelsloch, Glaukonit-sand am Ostertal). Andererseits können wir das Verschieben einer deltaartigen Festlandsbildung in das flache Meeresbecken des O. nur für die allerobersten Teile der Wagneritz-Schichten in der Kammereckdecke annehmen.

Es wäre unrichtig zu glauben, daß dieses Ineinandergreifen der östlichen marinen und der westlichen Süßwasserbildungen damit zum Abschluß gekommen wäre und nur von lokaler Bedeutung sei. Es handelt sich hier nur um die Ausläufer eines viel größeren derartigen Ineinandergreifens, das im südlichen Oberbayern beobachtet ist. Die Fazies der brackischen, pechkohlenreichen Cyrenenschichten vermittelt im allgemeinen — aber nicht immer — zwischen dem Flachmeer der unteren Meeresmolasse im O. und dem immer neu und durch sehr viel Abtragungsschutt (Geröll, Sand, Schlamm) des werdenden Alpengebirges fast dauernd vollständig bis auf das Festlandsniveau aufgefüllten, subwestalpinen Senkungsbereich. Noch für die jüngeren Schichten werden wir gelegentlich Überflutungen des östlichen Meeres erkennen, und das von K. WEITHOFER entdeckte Auftreten der mächtigen marinen Promberger Schichten in Oberbayern beweist, daß noch bis ins Jung-Oligozän herein, also bis in die Zeit unserer jüngeren bunten Festlandsmolasse dieses Nebeneinander bestanden hat (vergl. Tabelle Seite 21).

Regionale, fazielle und paläontologische Überlegungen führen in gleicher Weise dazu, die drei Bildungen, untere Meeres-, untere

Brackwasser- und untere Süßwassermolasse als zur gleichen Zeit nebeneinander gebildete Fazies anzusehen, wenigstens wenn man das gesamte Bild der süddeutschen Vortiefe betrachtet. In vielen Bereichen, in welche jüngere marine oder brackische Übergriffe nicht eindringen oder wo solche noch nicht bekannt sind, erscheint freilich ein einziger basaler Meereskomplex, eine einzige höhere Brackwasser- oder Süßwasserbildung. Die paläontologische Untersuchung ist — zum mindesten zur Zeit — nicht imstande, die insgesamt mehrere 100 m mächtige, offenbar relativ rasch abgelagerte Sedimentfolge dem Alter nach zu zergliedern; eine Gliederung ist heute nur durch Untersuchung der petrographisch-faziellen Einheiten und schrittweise Verfolgung ihrer gegenseitigen Lagerungsverhältnisse möglich.

### Die Steigbachschichten.

Fast durch das ganze südliche Oberbayern und noch bis in die Kammereckdecke des Allgäu hinein, also hart bis zum östlichen Rand von Blatt Immenstadt reicht über der Hauptmasse der unteren Meeresmolasse die gröber ausgebildete Bausteinzone. Sie hört mit Blatt Immenstadt auf und a. a. O.<sup>1)</sup> wurden die Gründe erörtert, welche für eine annähernde Gleichstellung der grau gefärbten, tiefsten Schichten in der Horndecke mit dieser Bausteinzone sprechen. Es handelt sich bei ersteren um die westlich und nördlich von Immenstadt mächtig entwickelten, im engen unteren Steigbachtal bei Immenstadt besonders gut aufgeschlossenen „Steigbach-Schichten“.

Die Eigenart der Schichtenfolge kommt gut in folgendem Profil zum Ausdruck, welches von den Hügeln südöstlich von Immenstadt (Neumummen) südwestlich, dann im Steigbachtal aufwärts zieht. Weder das Liegende noch das Hangende der Steigbach-Schichten ist aber hier mit einbegriffen (Zeichenerklärung siehe Seite 24).

Hangendes bei 895 m NN. am Steigbach.

m

5 M ? (Schutt)

9 N

17 M ? (Schutt mit Blöcken)

2,5 N

---

<sup>1)</sup> Allgäu I.

**0,6 sand. M.**

- 1,2 S  
 4 N (biegt aus Str. NS. in Str. OW. um)  
 7 M etwas überschüttet  
 8 N überhängende Wand mit Erosions-Rinne  
 0,4—0,8 S, oben mergelig  
 3 N  
 2 Schuttrinne, wohl M  
 2,5 S  
 3 sand. M, Wasserriß  
 3 N  
 3 M in Wasserriß  
 8 N, oben etwas Sandstein; große Rippe  
 8—10 M in Schuttrinne  
 12 N, oben etwas Sandstein  
 12 M in Schuttrinne  
 6 N  
 12 M in Schuttrinne  
 7—8 N  
 4 toniger M in Schuttrinne  
 3 sandiger M mit Schneckenschalen  
 6 N, oben etwas S  
 3 s. oder t. M  
 4,5 N, oben  $\frac{1}{3}$  S  
 5 sand. M in Schuttrinne  
 20 N  
 6 lettiger M  
 2,5 N, oben etwas Sandstein  
 15 sandiger M mit einigen S-Bänken  
 4,7 Sandsteinbänke im Wechsel mit M  
 4 l. und s. M  
 20 lettiger M-Rinnen-Schutt, im Hangenden und  
 Liegenden je 1 m N  
 12 N  
 4 s. M im Rinnenschutt  
 12 N  
 20 s. M  
 15 N, oben S  
 1 s. M (Rinne)

- 15 N (Wand mit Tafel Kaiser Wilh. I.)  
 4 s. M. mit S-Bänkchen v. 5—15 cm wechs.  
 1 Schutt  
 5 Kalksandstein-Rippe  
 3 Schutt t. S oder M  
 1 S  
 5 N  
 20 Schutt, wahrsch. M und s. M  
 3 N  
 5 MS-s. M viel Pflanzenreste  
 3—4 Mitte N, oben und unten S  
 20 N  
 4 M  
 4 N  
 8 M und Schutt  
 8 N, streichende Störung  
 15 Schutt (wohl M)  
 3 S  
 3 N  
 30 M: 5 Schutt, 3 t. M, 3,5 MS, 0,4 S, 4 MS,  
 0,3 S, 0,8 MS, 12 Schutt, unten  
 12 N  
 15 M-Schutt  
 6 N  
 10 M  
 15 N  
 15 M, etwas S  
 40 N (P. 795)  
 5 M-Schutt  
 10 N  
 4 M  
 15 N  
 3 M  
 3 N

---

rd. 600 m

Dieses fast 600 m mächtige Profil liegt auf unbekanntem Liegenden und auch nach oben sind die Steigbasschichten normal mit ihm noch nicht abgeschlossen; eine nicht unbedeutende Störung

unterdrückt deren obere Partien, sodaß wir sicher wesentlich mehr als 600 m Mächtigkeit für sie veranschlagen müssen. Bezeichnend ist die fast durchaus graue oder grünliche Färbung, also der völlige Mangel von roten Farbtönen, das Zurücktreten der Sandsteine gegenüber dem stetigen hier sich 34 mal wiederholenden Wechsel der Nagelfluhen mit den Mergeln. Die durchschnittliche Schichtmächtigkeit dieser beiden Hauptkomponenten ist rund 17,5 m. Auch die normalen oberen Partien der Steigbachschichten, wie sie am nördlichen Sockel des Immenstädter Horns in den Tobeln zu studieren sind, zeigen noch den gleichen Charakter. So besitzt der lange Tobel südlich Bühl auf 386,5 m Schichtmächtigkeit nur 18,5 m Sandstein, dagegen 191 m N. und 177 m M.; letztere beiden wechseln hier 17 mal miteinander ab. Man wird wohl für die Gesamtheit der auf Blatt Immenstadt aufgeschlossenen Steigbachschichten einen mindestens 45fachen derartigen Wechsel und eine Schichtmächtigkeit von rund 800 m annehmen müssen.

Die Ausbildung sowohl der Mergel wie auch der Nagelfluhen ist trotz des häufigen Wechsels außerordentlich gleichmäßig und eintönig. Nur sehr selten wird die Geröllführung der Nagelfluhen spärlicher (beobachtet im Tobel südwestlich Schanzhäusl zwischen Immenstadt und Alpee bei 785 m NN.), nur am Gehänge zwischen Immenstadt und Bühl zeigt die Serie gegen oben zunächst weniger fest verbackene Nagelfluhen mit allgemein etwas weniger reichlichen und etwas kleineren Geröllen und die Farbe ist gelegentlich schon ein wenig rötlich.

Zwei bis drei Nagelfluhrippen unter der Oberkante zieht hier eine recht konstante Sandsteinbank durch, und mehrere Sandsteinbänke vertreten anscheinend südlich vom Alpee und nördlich Immenstadt zwischen den Mergeln die Nagelfluhen — ein Anzeichen vielleicht schon für etwas größere Entfernung von dem geröllliefernden Gebirgsland. Bei etwa 960 m NN. in einigen Tobeln in der Mitte zwischen Immenstadt und Bühl erscheint rund 20 m unter der Oberkante kleingeröllige Nagelfluh mit weißen Gangquarzen ganz ähnlich wie in den Teufelslochsichten und wie sie sich wohl auch in den Steigbachschichten im kleinen Tobel gegen Almagmach findet. Ein Sandigerwerden nach N. zu sieht man auch in den tieferen Schichten, z. B. im ersten Tobel westlich von Bühl. Dort steht **folgendes** Profil an:

- m (oben)
- 4 N
  - 4 Sandstein
  - 8 M
  - 3 N
  - 2—3 Sandstein
  - 15 M
  - 6 Sandstein
  - 24 M
  - 8 Sandstein
  - 25 M
  - 3 Sandstein
  - 5 Nagelfluh
- m (unten)

Dieses Profil ist teilweise überkippt. Im übrigen halten die Nagelfluh- und Mergelbänke auf einige Kilometer völlig aus, wie sich ja sehr leicht durch Beobachtung der als Mauer-Rippen hervortretenden Nagelfluhbänke im Gelände feststellen läßt. Nach oben hin findet im Bereich Alpsee-Immenstadt ein allmählicher Übergang in die durch gröberes Korn, kräftigeres Rot gekennzeichneten Hochgratschichten statt, während am Steigbach hier überall eine Diskordanz vorliegt.

Was die Einzelheiten betrifft, so sieht man in den Sandsteinen im allgemeinen Schrägschichtung, gelegentlich flache Wellenfurchen, kleine eingestreute Gerölle; die Gerölle der Nagelfluhen liegen ziemlich gleichmäßig dachziegelig; in den Mergeln fehlt meist eine Schichtung, außer wenn sie durch eingestreuten Sand betont ist. In dem gegen den SO.-Teil des Vorder-Sees herabziehenden Tobel zeigt mittelkörnige Nagelfluh ein ungefähr zwei kopfgroßes, graues M.-Geröll, daneben Sandstein, hier und in der tiefer folgenden Nagelfluh liegen Fetzen von Lignit-Pechkohle (965 m NN.), doch fehlen diese Kohlestücke schon wieder im Streichen in dem nächst östlichen Tobel. Kohlige Pflanzenreste zeigt außerdem der Sandstein westlich Schanzhäusl, der Tobel nördlich Teufelsloch (bei 910 m), wo auch Hieroglyphenwülste auf den Schichtflächen liegen. Am Steigbach trifft man öfters Kohlereste, so am Ausgang der Steigbachklamm einige zentimeterdicke Kohlestücke, die vielleicht GÜMBEL (G. v. B. II, S. 314) meint; in dem kleinen Tobel nördlich bei Almagmach liegen bei 1215 m NN. in



grauem Mergelsandstein zahlreiche Blätter (vielleicht die von A. RÖSCH ausgebeutete Blattschicht), desgleichen hier etwas höher schichtig eingelagerte Kohlschmitzen und Blätter in mildem, mergeligem Sandstein in großer Anzahl.

#### Die Gerölle.<sup>1)</sup>

Der grundlegende Gegensatz in der Geröllzusammensetzung, welcher zwischen der tieferen und höheren Molasse in den Molassealpen, aber auch im ganzen weiten Vorland, besteht, ist von denen noch nicht erkannt worden, die ohne Rücksicht auf die Gliederung und nur kurz sich bisher mit den Allgäuer Geröllen beschäftigt haben.<sup>2)</sup> Ohne horizontmäßige Aufsammlung ist jedoch kein befriedigender Fortschritt für das Geröllstudium zu erwarten.

Die Steigbachschichten sind durch folgende Typen ausgezeichnet:

A. Aus kristallinem Grundgebirge. In der Steigbachklamm, am Nordfuß des Immenstädter Horns und nördlich Immenstadt, also überall wo die Steigbachschichten zutage treten, fehlen kristalline Gesteine (Gneis, Granit), so gut wie vollständig. Nur in den Steigbachnagelfluhen am Staufener Tunnel und sonst bei Oberstaufen habe ich nicht selten Gneise (etwa faustgroß) beobachtet. Im übrigen kommen in den Steigbachschichten selten verstreut kleine, weiße Gangquarzgerölle vor; von diesen ist aber unklar, in welchem Gestein sie aufsetzten. Gelegentlich zeigen sie Phyllitreste, was auf schieferiges Nebengestein deutet.

<sup>1)</sup> Die mikroskopische Durcharbeitung des horizontmäßig gesammelten Materials von Blatt Immenstadt, Fischen, Wertach und Kempten und der Vergleich mit den entsprechenden Gesteinstypen des Anstehenden ist in Arbeit. Einstweilen werden nur makroskopische Vergleiche gebracht. Erst wenn das vollständige Material vorliegt, soll es theoretisch ausgewertet werden („Geologische Forschungen im Allgäu“ III).

<sup>2)</sup> J. J. FRÜH, „Beitrag zur Kenntnis der Nagelfluh der Schweiz.“ Neue Denkschriften der allgem. schweizer Ges. f. ges. Naturwissenschaft 30, 1890, S. 90, 91. A. RÖSCH a. a. O. Seine Beschreibung bezieht sich offenbar nur auf Hochgratschichten. H. P. CORNELIUS, „Beobachtungen über die Geröllführung der Molasse am Allgäuer Alpenrand.“ Verh. Geol. Bu. 1923, S. 183—191. Auch hier sind hauptsächlich die Hochgratschichten berücksichtigt. Eine makroskopische Durchsicht auf Gesteine hin, die etwa im ostschweizer Unterostalpin usw. typisch auftreten, hat Herr Dr. J. CADISCH freundlichst übernommen, wofür ihm bestens gedankt sei.

B. Trias: 1. Die Quarzsandsteine, Quarzite, Konglomerate des Verrucano und Buntsandsteins sind mir aus den Steigbachschichten noch unbekannt.

2. Eine sehr große Rolle spielen ziemlich dichte, graue bis schwärzliche Kalke mit Bitumen- und Tongehalt, teilweise reich an Foraminiferen. Sie sind sehr häufig und schwanken zwischen Haselnuß- und über ecm-Größe, meist etwa apfelgroß. Es handelt sich ohne Zweifel um verschiedenartige Glieder aus der Reihe des oberostalpinen Muschelkalkes, Rhäts und Lias, auch wohl aus unterostalpinem Gebiet. Das Mikroskop wird weitere Aufschlüsse geben.

3. Häufig sind helle Kalke (bräunlich, graulich-braun), welche wohl verschiedene Varietäten des Wettersteinkalks, Oberrhätalks u. a. Triaskalke repräsentieren. Ein kristallin-körniger Kalkstein dieser Färbung ist häufig und bis etwa zwei Faust-groß; öfter sieht man dichte blaßbräunliche Varietäten mit etwas Rostfärbung auf Calcitadern.

4. Typischer Hauptdolomit, bräunlich und grau, auch brecciös ist ziemlich häufig, meist unter-apfelgroß.

5. Sichere Vertreter des Rhät sind mir noch nicht bekannt.

C. Jura. 1. Lias stellt wohl ohne Zweifel das größte Kontingent unter den Gesteinen. Vorbehaltlich der mikroskopischen Ergänzung zählt hierher die große Anzahl der dichten, splittrigen und oft etwas tonigen Kalksteine von grauer, bräunlicher Färbung, die häufig die typischen grauen Flecken des Allgäu-Fleckenmergels zeigen. Dazu gehören auch wohl zahlreiche der häufigen grauen und bräunlich-grauen Hornsteine. Insgesamt vielleicht 50 % der Gerölle; bis drei Faust-groß.

2. Dogger-Malm. Zu der tiefmeerischen Fazies dieser Zeit können wir stellen die ziemlich große Zahl von roten, ziemlich harten und splitterigen Kalken (Aptychen-Schichten) und dazu die auch nicht seltenen weinroten und olivgrünen Radiolarite. Rote, daneben braune, grüne Hornsteinkörnchen neben dem Kalk, etwas Phyllit, Glimmer setzen verschiedene Zwischenlagen des Grobsandsteins der Steigbachschichten zusammen.

Auch graulich-bräunliche, etwas kristalline Kalksteine, die nach J. CADISCH vielleicht zum Malm gehören, treten häufig bis etwa zwei Faust-groß auf; vielleicht gehören hierher auch verschiedene der beim Lias aufgeführten dichten Kalke.

D. Kreide. Nur selten trifft man außer der vorgenannten Gerölle noch einige andere. In der von mir zu den Steigbachschichten gerechneten grauen Nagelfluh südlich Oberstauen fand ich einen hellbläulich-grünen glaukonitischen Quarzitsandstein, den ich von Typen des Brisi- und Feuerstättersandsteins, also der Helvetischen Kreide bezw. der Balderschwanger Klippen und Sigiswanger Decke nicht unterscheiden kann. Nach J. CADISCH vielleicht aus dem Wildflysch.

Die obersten Teile der Steigbachschichten haben einen etwas anderen Charakter. Wenn man an den Nordgehängen des Immenstädter Horns aufsteigt, wird das trotz der herrschenden Konkordanz deutlich: der Geröllverband ist etwas weniger fest; das sandige Zwischenmittel wird reichlicher und die Gerölle sind vor allen Dingen kleiner.

Überblickt man die ganze Gesellschaft, so kann man sagen, daß die Steigbachschichten auf Blatt Immenstadt so gut wie ausschließlich aus Geröllen bestehen, welche auf das ostalpine Mesozoikum von der anis. Stufe bis zum Malm zu beziehen sind. Die spärlichen kristallinen Gerölle, etwas reichlichere Gangquarze und der eine Glaukonitsandstein liegen alle weiter im W. bei Oberstauen.

Hier interessiert noch kurz die Frage, in welchem Verhältnis der Bestand der Steigbachserie zu jenem der grauen, gleichfalls überwiegend kalkigen, wenn auch viel feiner körnigen und Nagelfluh-ärmeren Vorlandmolasse (Blättermolasse) des Allgäu besteht. Letztere könnte ja unter Umständen als alpenfernerer Ausläufer der Steigbachschichten angesehen werden, denn beide liegen unter einer, nach Rotfärbung und Geröllbestand sehr ähnlichen jüngeren Schichtfolge.

Die kleinen Gerölle in der grauen Vorlandmolasse („Blättermolasse“), deren zeitliche Beziehungen zu der unteren Süßwassermolasse Oberbayerns noch nicht geklärt ist, sind von sehr verschiedener Zusammensetzung, so daß es voraussichtlich auf Grund sehr sorgfältiger Geröllvergleiche möglich sein wird eine gewisse Horizontierung und eine Verfolgung von Stromfäden in ihr durchzuführen. Sehr auffallend und zugleich grundlegend verschieden ist der Bestand eines offenbar in den obersten Niveaus gelegenen Konglomerats. Herr Dr. J. MÜLLER hat es in der Gegend von Oberdorf (an der Iller)-Gopprechts verfolgt und mir mitgeteilt,

daß diese Nagelfluh besteht aus rund 80 % grauen bis schwarzen Dolomiten, 15 % hellen Kalken, bis 5 % Milchquarzen, nichts Kristallinischem, in der durch Kalk verkitteten Grundmasse mit wenig Quarz. Damit ist einerseits sehr deutlich das Hereinreichen der oberbayerischen Dolomitgeröllströme von O.,<sup>1)</sup> andererseits — trotz der grauen Farbe und des Mangels an Kristallinem — kein direkter Vergleich mit der Steigbachnagelfluh möglich.<sup>2)</sup>

Betrachtet man die äußerlich sehr ähnliche kleingeröllige Nagelfluh in der tieferen Blättermolasse etwa am Südhang des Spießbeck, von wo Herr Rechtsrat KELLENBERGER freundlichst eine Aufsammlung lieferte, so liegt wieder ein ganz anderes Bild vor, das sich aber auch nicht deckt mit dem Geröllbestand der Steigbachschichten. Unter den grauen Geröllen, die mit etwa 70 % vertreten sind, findet sich noch ein erheblicher Prozentsatz an dunklen Dolomiten; die Liasgesteine spielen zwar auch eine ziemlich große Rolle, doch stellen hier überraschenderweise schon Sandkalke, teilweise mit grauen Hornsteinen, ein bedeutendes Kontingent, also Gesteine, die wohl zum Flysch gehören, die in den Steigbachschichten fehlen und in den Hochgratschichten dann stark überhandnehmen.

Versteinerungen. In den Steigbachschichten sind drei Fossilfundstellen bekannt: eine ältere, welche GÜMBEL im Tunnel beim Bahnhof Oberstaufen ausbeutete und deren Fossilien FR. SANDBERGER bestimmte als: *Helix rugulosa*, *H. lepidotricha*, *Clausilia Escheri*, *Cl. eckingensis*, *Glandina inflata*. Danach liegen Rugulosaschichten, nach SANDBERGER Horizont der *Helix Ramondi*, vor.

Der zweite, vom Verfasser am Brückchen über den unteren Steigbach (am Weg, der vom Steigbach nach der Hochriedalm zu abzweigt, am östlichen Gehänge) entdeckte Fundpunkt in grauen feinsandig-glimmerigen Mergeln lieferte (die Bestimmungen sind von W. WENZ ergänzt):

<sup>1)</sup> Vergl. K. BODEN, „Die Geröllführung der miocänen und oligocänen Molasseablagerungen im südbayerischen Alpenvorland zwischen Lech und Inn und ihre Bedeutung für die Gebirgsbildung.“ Mitt. geogr. Ges. München 18, 1925, S. 468.

<sup>2)</sup> Die genauen Listen können erst nach mikrosk. Untersuchung gegeben werden.

*Cepaea rugulosa* Zieten 17 verdrückte Ex., ein letzter Umgang mit drei braunen Farbbändern.

*Triptychia cf. antiqua* (Zieten); eine größere Anzahl Clausilien, vielleicht teilweise *Cl. Escheri*.

*Ericia bisulcata* Zieten 3 Ex., ein Deckel. Die für die Bestimmung wichtigen Anfangswindungen schlecht erhalten.

*Fruticicola (Leucochroopis) subapicalis* (Sdbg.).

Ein kohligler Zweigrest.

Eine weitere Fundstelle<sup>1)</sup> liegt am Fußweg von Immenstadt nach Bühl (Nordfuß des Immenstädter Horns in der Mergelrinne ziemlich genau südlich vom Schanzhäusl).

Das Anstehende habe ich trotz gründlicher Untersuchung nicht auffinden können; es ist offenbar zur Zeit verwachsen. Jedenfalls deutet das Vorkommen zahlreicher Stücke im Boden auf ein nahes Anstehendes. Es handelt sich um eine für die Steigbachsichten ungewöhnliche Ausbildung, die aber in den Cyrenen-Schichten überaus häufig mit allen Einzelheiten der Ausbildung wiederkehrt: hellbräunlicher Faulschlammkalk mit verdrückten, weißen Schälchen von *Planorbis*, *Limnaeus* und anscheinend Brackwasserresten (*Cyrena*).

Über die Stellung der näher bestimmbaren Fossilreste gibt folgende Tabelle Auskunft:

|  | Rugulosaschichten<br>(Unt. Süßwassermolasse) |  |
|--|--|--|
|  | Ramondischichten<br>(chattisch)              | Omphalosagdashichten<br>(unteraquitan) |
| <i>Cepaea rugulosa</i> Z. . . . .                    | +  | +                                      |
| <i>Trichia (Leucochroopis) leptoloma</i> . . . . .   | +  | —                                      |
| <i>Fruticicola (Leucochroopis) subapicalis</i> SDBG. | +  | +                                      |
| <i>Triptychia Escheri</i> . . . . .                  | +  | —                                      |
| <i>Triptychia cf. antiqua</i> . . . . .              | +  | +                                      |
| <i>Eualopia eckingensis</i> . . . . .                | —  | +                                      |
| <i>Poiretia (Palaeoglandina) inflata</i> . . . . .   | +  | +                                      |
| <i>Cyclostoma (Ericia) bisulcata</i> Z. . . . .      | —  | +                                      |

<sup>1)</sup> Aufgefunden von Herrn Dr. W. WENZ.

Es liegen ohne Zweifel Rugulosa-Schichten vor; die Entscheidung, ob der ältere Horizont, die chattischen Ramondischichten, oder der jüngere, die unteraquitane Omphalosagdashichten (Thalfinger Horizont) vertreten ist, kann zur Zeit nicht gegeben werden. Es ist nicht gewiß, ob die beiden von SANDBERGER als *Helix lepidotricha* und *Clausilia Escheri* und *Cl. Eckingensis* bestimmten Reste mit den in der Tabelle nach neuer Nomenklatur zu identifizierenden Formen übereinstimmen. Die beiden ersteren sprechen bestimmt für den älteren, die letztgenannte unbedingt für den jüngeren Horizont. Die *Cyclostoma* ist sehr wahrscheinlich (nach W. WENZ auch wegen des Deckels) eine *E. bisulcata*, das wäre unteraquitane. Andererseits sprechen andere geologische Gesichtspunkte — unter anderem zwei glaukonitische Zwischenlagen —, wie a. a. O.<sup>1)</sup> ausgeführt ist, für eine seitliche Verknüpfung mit dem Brackwasser- bzw. Meeresbecken der Cyrenenschichten, also für das chattische Oberoligozän s. str. . FR. SANDBERGER hat sich seiner Zeit gleichfalls für die (älteren) „Ramondischichten“ entschieden, wenn ihm auch die neuere Gliederung noch nicht bekannt war.

Was die Pflanzenreste betrifft, welche von A. RÖSCH in den Steigbachschichten gefunden und beschrieben wurden, so sind sie noch weniger geeignet für eine genaue Altersbestimmung zu dienen und allgemein „Oberoligozän“. RÖSCH bestimmte:

*Quercus furcinervis Roßmäßleri* (im Tobel der südlichen Steigbachquelle).

*Sabal major* (im Tobel der südlichen Steigbachquelle).

*Cinnamomum Roßmäßleri* (am Immenstädter Friedhof).

*Fagus feroniae* (am Immenstädter Friedhof).

*Cf. Rhamnus Roßmäßleri Ung.* (am Immenstädter Friedhof).

### Hochgratschichten.

Den allgemeinen Sedimentationscharakter behalten über den grauen Steigbachschichten auch die vorwiegend rot gefärbten Hochgratschichten bei. Es ist wohl nicht nötig ein Profil im einzelnen aufzuführen. In der Steinebergdecke, also südlich vom Steigbach, zählt man über den Teufelslochschichten der Nordgehänge bei Almagmach auf einem NW.—SO.-Profil über den westlichen Steineberg bis zu der Mulde am Rauhenberg im ganzen etwa

<sup>1)</sup> Allgäu I, 1926.

36 Nagelfluhbänke, die in ganz ähnlicher Weise immer wieder mit Mergelzwischenlagen abwechseln wie in den Steigbachschichten. Weiter östlich, auf dem NS.-Profil von der Gegend südlich Schwanden bis zum Gunzesrieder Muldenkern zählt man noch 28 Nagelfluhbänke. In der Horndecke im N. des Steigbachtals zählt man von der Spießhütte südlich über Immenstädter Horn bis zur Muldenmitte am oberen Wasserrißtobel auf 617 m Schichtmächtigkeit etwa 25 kräftige Nagelfluhplatten und ebensoviel damit abwechselnde Mergel, so daß im Durchschnitt alle 25 m der Mächtigkeit jeweils eine neue Überschotterung des Mergelschlickes erfolgte.

Wir haben also eine sehr schön ausgeprägte Fortsetzung des Sedimentationsrhythmus, der nach den aufgeschlossenen Profilen im Bereich des Steigbachs insgesamt mindestens 70 mal eine Überrollung von Mergelschlick durch Flußschotter in dem ruckweise sich senkenden Flußgebiet gebracht hat. Dies in einer mehr als 1200 m betragenden Gesamtschicht-Mächtigkeit (Steigbach-plus Hochgratschichten).

Auch die Einzelheiten der rhythmischen Vorgänge haben sich offenbar weitgehend wiederholt, wie die nähere Betrachtung der Sedimente zeigt. Auch jetzt ist die Geröllführung der Nagelfluhbänke im allgemeinen recht einheitlich; gleiche Geröllgrößen zwischen den Extremen gehen von unten bis oben durch und es sind auch hier an der Basis gröbere, nicht selten bis über kopfgroße Gerölle zu finden.

Diese Packung folgt scharf, unmittelbar und ohne Korngrößen-Übergang über den sandigen Mergelbänken, wobei die Nagelfluhunterfläche die auffällige Rinnenbildung wie bei den Steigbachschichten wiederholt. Es sind wieder unverkennbar die Furchen, welche das kräftig strömende, grobe Gerölle hereinbringende Gewässer jeweils in den weichen Mergel eingegraben hat. Die Rinnen sind nach unten schmal, die sie heute wie ein Steinkern ausfüllende Nagelfluhunterkante springt gegen die weiche Unterlage mit scharfen, etwas gebogenen Kämmen vor. Die größte Tiefe dieser Rinnen wurde westlich Immenstadt auf dem Weg nach Bühl bei 860 m NN. beobachtet: bei einer Entfernung von etwa 80 cm voneinander greifen sie 35 cm tief, am Schwarzenbach westlich Blaichach 50 cm unter die sonstige Nagelfluh-Unterseite in den Mergel ein. Die allgemeine Richtung dieser Rinnen ist in den verschie-

denen Aufschlüssen im allgemeinen die gleiche, so daß man daraus auf die Laufrichtung der überschotternden Wasserläufe schließen kann. Der Sinn der Abdachung ergibt sich dann aus der bekannten Tatsache, daß die plattigen Flußgerölle die Neigung haben sich im strömenden Wasser so übereinander zu legen, daß sie der Strömung den kleinsten Widerstand entgegensetzen, also dachziegelartig und wasseraufwärts geneigt sind.

So wurden z. B. die sehr groben und torrentiell aufgelagerten Schotter bei 1150/1200 m NN. am Horn aus südlicher Richtung aufgeschüttet; östlich vom Ettensberg ist bei 1120 m NN. die Fließrichtung gegen NO., an der Schwarzenbachmündung westlich Blaichach, wo parallele Längserstreckung vorliegt, streichen die Rippen in O.-W.; südöstlich bei der Oberberg Alp (nördlich Gunzesried) neigen sich die Rippen der Nagelfluh-Unterkante (Str. N.  $60^{\circ}$  O., f.  $50^{\circ}$  SO.) ziemlich parallel zueinander in SSO.-Richtung. In der Nagelfluh des Dachseckzuges kann man (nordnordöstlich Immenstadt) aus der Dachziegel-Lagerung wohl auf Strömungsrichtung aus SW. schließen.

Die ziemlich parallele Anordnung der plattigen Gerölle ist auch, beim Mangel eingelagerter Sandbänke oder Linsen, gut zur annähernden Bestimmung der Streich- und Fallrichtung der Nagelfluhbank zu verwenden. Bei einiger Übung läßt sich sehr oft erkennen, daß die Längsachsen der Gerölle annähernd parallel zueinander liegen, und mit einiger Vorsicht kann so wenigstens die ungefähre Streichrichtung angegeben werden. Es gibt freilich auch Nagelfluhbänke, in denen davon nichts zu sehen ist, und gerade solche, meist mächtige und besonders grobe Nagelfluhen sind in den Hochgratschichten häufiger als in der Steigbachserie. Das sind völlig torrentielle und offenbar sehr rasch aufgeschüttete Wildbachabsätze. Solche werden namentlich gegen das Hangende zu mächtig und verdrängen dazwischen gelagerte Mergel fast ganz, wie z. B. ein Teilprofil am Hörnl (Bergkante) südwestlich Immenstadt zeigt:

18 m Nagelfluh: sehr unregelmäßige Geröllpackung mit Grandschmitzen,

15—18 m blocküberstreutes Grasband,

19 m stark rote, sehr ungeordnete und grobe (über kopfgroße Gerölle) Wildbach-Aufschüttung, unten mit Grandschmitzen,

2 m lockere Nagelfluh,

1,5 m Sandstein,

0,4 m Nagelfluh mit Geröllen,

15 m grobe Nagelfluh, oben dreikopfgroße Kalkgerölle.

Ähnliche Ansammlungen von Geröllen, die sich auch am Nordgehänge und im Süden vom Immenstädter Horn (ähnlich wie etwa am Rigigehänge) entwickeln, deuten — nach den Übergängen zum normaleren Nagelfluh/Mergel-Rhythmus zu schließen — an, daß wir uns an solchen Stellen in Haupt-Stromstrichen befinden, welche fast dauernd von dem fließenden Wasser benützt wurden. Nur auf kurze Zeit einmal dazwischen konnte hier jene Mergel- und Sandbildung einsetzen, die in den weiten Niederungen daneben sich viel längere Zeit und viel ruhiger zu entwickeln vermochte, bis endlich eine neue Senkung erneute Überschotterung brachte. Nach genauer Kartierung großer Teile der Allgäu-Molasse werden sich voraussichtlich solche Unterschiede zwischen Haupt-Stromstrichen und anderen Niederungsgebieten, die jeweils nur kürzere Zeit überflutet waren, für gewisse Unterabteilungen darstellen lassen.

Demnach müssen sich von den Hauptstromstrichen gegen ihre Umgebung zu die Nagelfluhbänke im allgemeinen etwas ausdünnen, was man auch gelegentlich gut beobachten kann: südlich der Ingolstädter Hütte geht die Mächtigkeit z. B. rasch von 25 auf 9 m zurück; doch ist derartige nicht gerade häufig.

Gegen Ende der Hochgratschichten-Aufhäufung wurde offenbar der Hauptflußstrich immer mehr in unser Blattgebiet verlegt. Schon in den tieferen Schichten sieht man (z. B. bei Betrachtung der rund 18 Rippen am Steineberg-Nordgehänge) sehr deutlich die Zunahme der Nagelfluhen auf Kosten der Mergel nach oben hin. Und sowohl im SW. wie im NO. der Horndecke werden die (gneisreicheren) Nagelfluhen mächtiger. Freilich muß zugleich auch das Gebirgsrelief kräftiger geworden und mehr in die Nähe verlegt worden sein, denn erst dadurch erklärt sich die gleichzeitige Steigerung der Geröll-Durchmesser (maximal) auf 30 und 50 cm.

Ein völliges Auskeilen von Nagelfluhbänken kommt verhältnismäßig selten vor. Die Begehungen waren eng genug und das Nagelfluhrippen-Relief ist hinreichend übersichtlich, um das mit Sicherheit sagen zu können. Solche Stellen des Auskeilens wurden offenbar gelegentlich der Schotterüberflutungen nicht mehr erreicht (z. B.

östlich vom Ettensberg). Das Auskeilen trifft man namentlich basal gegen die Teufelsloch- sowie basal gegen die Steigbachschichten; auch im Norden der Horndecke über den Steigbachschichten. Hier erscheinen gleichzeitig starke Sandsteinbänke, so nördlich Immenstadt im Steinbruch südöstlich Königsgut, wo sich dann zahlreiche Kohlestückchen (aus Holzstämmen), Blätter, Fließwülste, kleine Mergelgerölle vorfinden. Ganz ähnlich auch im Tobel südlich Bühl. Es liegt hier wohl eine beginnende Verzahnung mit geröllärmeren oder geröllfreien Äquivalenten weiter draußen im Vorland vor, doch ist sehr wahrscheinlich, daß der Übergang heute unaufgeschlossen im N. in größerer Tiefe liegt, obwohl die Sandsteine denen in den nördlichen Teufelslochsichten und der Blättermolasse dem Ansehen nach schon weitgehend gleichen.

So bemerkt man auch beispielsweise im oberen Sandsteinbruch südöstlich Königsgut oder an der Straße westlich Buchwald (nordöstlich Immenstadt) die Schichtflächen stark gewellt, so daß wiederholte und zwar primäre Rutschungsbewegungen während der Sedimentation in gleicher Weise anzunehmen sind, wie für die jüngeren Sandsteine weiter nördlich.<sup>1)</sup> Es wird sich nicht um Faltung handeln, wohl aber um Rutschungsbewegungen, die sich im Sediment nach dem Hangenden und Liegenden bald wieder ausgleichen und deswegen den Sandschlamm ergriffen haben, weil das Relief infolge von subaquatischen Bodenbewegungen zu steil geworden war.

Südlich vom Dachseck-Nagelfluhzug scheinen einige Nagelfluhen auszukeilen, bzw. in Sandstein überzugehen. Gleichzeitig werden hier die orographischen Mulden breiter, die Käme liegen entfernter. Es dürfte sich jedoch nicht um ein Auslaufen der primären Geröllführung in der Richtung gegen den Flußunterlauf zu handeln; dann müßten die Gerölle kleiner werden, was nicht der Fall ist. Wahrscheinlich sind es seitliche Endigungen der schmaler werdenden Fluß-Schotterzüge, die hier, wie schon gesagt, aus SW. her geflossen kamen. Ein normaleres, wenn auch ungewöhnlich plötzliches Auskeilen in NO.-Richtung zeigt der Nagelfluhzug nordöstlich Hub, vielleicht auch jener, schon sandsteinreich gewordene, westlich Obereinharz.

<sup>1)</sup> Die Schichtflächen verbiegen sich auf 60—120 cm im Fallen um 20—40 cm.

**Die Gerölle.**

Ähnlich wie in den übrigen Molasseschichten treten dem, der sich eingehender mit den Molassegeröllen beschäftigt, im allgemeinen immer wieder die gleichen Gesteinstypen entgegen. Es wird daher zunächst eine Übersicht zu rascher Verständigung gegeben, darauf sollen die einzelnen Gruppen besprochen werden.

**Geröllschema nach Herkunft:****A. Kristallines Grundgebirge. Daraus:**

1. Gneis,
2. Granit,
3. Gangquarz, Milchquarz.

**B. Trias (mit etwas Paläozoikum). Daraus:**

1. Verrucano und Buntsandstein (weißliche, rötliche Quarzite, Sandsteine, Quarzkonglomerate);
2. schwarze, bituminöse Kalke (Muschelkalk, Rhät, ev. Lias);
- 2' schwarze und dunkelgraue Dolomite, zuckerkörnig oder dicht;
3. helle Kalke, besonders Wettersteinkalk;
4. Hauptdolomit und Plattenkalk;
5. Kössener Kalk;
6. Oberrhätkalk.

**C. Jura. Daraus:**

1. Lias: Fleckenmergelkalke; rote, zoogene Kalke; graue Hornsteine;
2. Dogger/Malm: dichte, helle und rötliche Kalke; rote und grüne Radiolarien-Hornsteine.

**D. Kreide. Daraus:**

1. Neokom: grünliche Mergelkalke, Kieselkalke;
2. Schrätenkalk;
3. Grünsandsteine aus Gault, Senon;
4. Seewenkalk.

**E. Flysch. Daraus:**

1. „Wildflysch“: Ölquarzit, polygene Brekzien, Konglomerate;
2. Sandkalke, auch mit Hornsteinen (Eozän? Gosau?);
3. Glimmersandsteine;
4. Fukoidenkalke;

5. Feuerstätter Sandstein;
6. Bunte, pelagische Kalke und Hornsteine.

F. Eozän:

1. Nummulitenkalke;
2. Lithothamnienkalke;
3. Sandig-spätige Kalke mit Nummuliten.

G. Verschiedene Eruptivgesteine:

1. Granitporphyr;
2. Quarz- und Felsitporphyr;
3. Diabas-Diorit-Gabbro. Serpentin.

Das angeführte Schema umfaßt bei weitem die meisten Geröllvorkommen der Molasse, auch für die Schweiz, was J. FRÜH bereits früher gezeigt hat. Es handelt sich nun erstens um den jeweiligen Prozentgehalt in den einzelnen Molasse-Horizonten und zweitens um eine möglichst genaue Einordnung der Funde in vorstehende Gruppen, die danach weiter zu gliedern wären. Wir versuchen dies einstweilen auf Grund makroskopischer Vergleiche für die Hochgratschichten.

ad A. Weit überwiegend sind es gröbere, helle, mehr oder weniger rot infiltrierte Zweiglimmer-Orthogneise, die auch glimmerärmer, porphyrisch (Augengneis), flasrig und gequetscht sein können. Daneben seltener glimmerreichere Gneise. Nicht häufig sind feinkörnige Biotitgneise und Granite fast ohne Paralleltexur. Die Mehrzahl der Gesteine, die zwischen Apfel- bis Zweidrittel-Kopfgröße besitzen (bei 1200 m NN. ost-südöstlich Wildengundalp ein flasriges Gneisgeröll von drei Kopfgröße), trifft man ganz ebenso im Silvretta-Kristallin, wie mir Herr Dr. J. CADISCH bestätigte. Auch ist die Übereinstimmung mit den „exotischen“ Gneisblöcken und Geröllen im Flysch der Feuerstätterdecke (Balderschwanger Klippen) sowie mit deren südlich benachbartem Herkunftsgebiet sehr groß. Amphibolite fehlen anscheinend völlig.

Erst in den höheren Hochgratschichten stellt sich diese Geröllgruppe A. in gesteigerter Menge ein. So zählt man beispielsweise bei 850 m NN. nordnordwestlich St. Rettenberg auf 1 m<sup>2</sup> rd. acht helle Gneisgerölle, dazu kleine Gangquarze; etwas weiter im Hangenden schon über 25 (quer zur Schichtung). In den obersten Lagen erreicht der Gneis wohl je 10—15 % des Gesamtbestandes.

Die ganz abweichende Angabe von H. P. CORNELIUS, der nur am Nordfuß des Grüntes Gneisgerölle erkannte, erklärt sich wohl daraus, daß er den höheren Hauptteil der Hochgratschichten westlich der Iller nicht zu Gesicht bekommen hat.

Gangquarze, öfter mit phyllitischen Einschlüssen, werden meist nicht über apfelgroß, finden sich überall spärlich eingestreut, nehmen nach oben auch etwas zu. Vom Ettensberg erwähnt H. P. CORNELIUS als Ausnahme ein doppelfaustgroßes Quarzgeröll. Ein gleiches fand ich am Schwarzenbach.

Es ist eine wichtige Tatsache, daß ich Granite, namentlich solche mit weißlich grauem Quarz und rotem Feldspat, wie man sie so häufig in der Ostschweiz bis über die Luzerner Gegend hinaus findet, im Allgäu nicht gesehen habe. Wenn, wie J. FRÜH das wahrscheinlich gemacht hat, wegen des Zurücktretens roter Granite in den östlicheren Alpen die Heimat dieser Granite im Berninagebiet zu suchen ist, so muß das Flußsystem des Allgäu seine Gerölle aus einer östlicheren Gegend bezogen haben.

Nicht weniger bedeutsam scheint die negative Tatsache, daß nirgends Amphibolithe zu beobachten sind, wie sie im Ötzkristallin häufig auftreten, und welche ohne Zweifel nicht weniger erhaltbar sind als etwa Gneis. Da ebenso wie die Ötzmasse auch die Silvrettadeckenmasse infolge ihres bedeutenden Reichtums an Hornblendegesteinen (trotz Ähnlichkeit der Molassegneise mit solchen der Silvretta) als hauptsächliches Einzugsgebiet der betreffenden Molasseflüsse ausscheidet, so ergibt sich schon jetzt sehr unzweideutig, daß von der heute entblößten Oberfläche im Osten bzw. Südosten die Molasseflüsse ihre Gerölle nicht haben heranbringen können.

Dazu kommt noch eine dritte Tatsache. Sie fällt auf, wenn wir die große Ähnlichkeit in der Vergesellschaftung der Granitgneise des Bolgenkonglomerats (Oberstdorfer und Balderschwanger Flysch) mit jener in der Molasse vergleichen. Es muß schon hier die Frage auftauchen, ob unter diesen Umständen die Oberstdorfer (+ Feuerstätter) Flyschdecke einerseits, die jungaquitane Molasse andererseits aus dem gleichen Berggebiet beliefert wurden, oder ob diese Übereinstimmung damit zusammenhängt, daß die Oberstdorfer Flyscheinheit damals im Einzugsgebiet der Molasseflüsse einem starken Abbau unterlag. Jedenfalls verweisen be-

reits diese Zusammenhänge gebieterisch auf eine Herkunft der Allgäuer Molassegerölle aus einem Niveau, das heute unter der oberostalpinen Masse (Trias und Silvretta-Kristallin) begraben liegt, und nur Fetzen von ihm — in petrographisch sehr analogen Resten — sehen an dem großen Schubrand hervor (Retterschwang usw.). Auf Blatt Fischen läßt sich zeigen, daß das Kreide/Flysch-Gebirge im Süden auf Teilen des Molasseablagerungsraumes liegt, wie das Ostalpine auf dem Molasse-Einzugsbereich.

ad B. Zwischen A. und B. ist in unserer Geröllübersicht ein großer Sprung. Es fehlen alle sicher vorvariszischen Gesteine des Paläozoikums. Es gibt keine paläozoischen Kalke und Kiesel-schiefer, Grauwacken; auf keinen Fall spielen solche irgend eine Rolle. CORNELIUS führte als Nr. 27 zwei „Quarzgrauwacken“ auf; Verfasser fand in den oberen Hochgratschichten ein graues, drei-faustgroßes Geröll aus grauem, zerquetschtem Quarz, um den Flasern von Phyllit gewunden sind. Es ist unklar, ob es sich um eine zerquetschte Arkose oder um eine Gneis/Phyllitbrekzie handelt.

B. 1. In den mittleren und höheren Hochgratschichten (Wasser-rißtobel u. a.) findet man öfter über doppelfaustgroße, blaßrötlich-weißliche Quarzit-Sandsteine mit weißen Quarzgeröllen: Typus Verrucano. Vergesellschaftet damit oder häufiger auch für sich allein treten stumpfviolettrote, etwas glimmerführende Quarzsandsteine auf, die ebensogut feinkörnige Vertreter des germanischen Oberen Buntsandsteins wie des Oberostalpins sind (nach J. CADISCH im Landwassergebiet, Davos). Bis über halbkopfgroß; auch in tieferen Hochgratschichten, hier jedoch kleiner.

Die Zusammensetzung dieser variszischen Hüllgesteine, denen also Sedimentdetritus — wenn man absieht von roten Tongeröllen — völlig fehlt, scheint zu bestätigen, daß im Einzugsgebiet wirklich keine paläozoischen Sedimente vorhanden waren.

B. 2. Schwarze, bituminöse Kalke, die schon in den Steig-bachschichten, aber auch in der Vorlandmolasse recht häufig sind, treten jetzt gleichfalls in beträchtlicher Menge und gelegentlich bis zu über Kubikdezimeter-Größe auf. Sie sind durchweg dicht, tonig, gelegentlich von 1—2 mm dicken Kalzitgängen durchsetzt. Man könnte an oberostalpinen Muschelkalk, Kössener Kalke oder Lias denken (Malm?). Es paßt aber alles nicht ganz. Nur ein ein-

zuges, als typische Kössener Lumachelle charakterisiertes Stück wird auf Rhät deuten.

Die unter B. 2 aufgeführten schwarzen Kalke ähneln zum Teil völlig den als „Malm-Hochgebirgskalk der Schweiz“ aus der Gäbriszone in der von mir verglichenen Molassegeröllsammlung in Zürich liegenden Gesteinen.

B. 2a. Ganz wenig dunkle Dolomite liegen in den Hochgratschichten — ganz im Gegensatz zu den Nesselburgschichten, welche etwa 70 % dunkle Dolomite besitzen. Ebenso wenig wie für die eben genannten schwarzen Kalke können wir für diese schwarzen und grauen Dolomite eine Heimat ausfindig machen, die heute ausgedehnt genug zutage träte. Es scheint, daß die schwarzen Kalke gegen Westen zu die für die oberbayerische Molasse typischen Dolomite vertreten, und es liegt nahe, beide als fazielle Äquivalente anzusprechen.

B. 3.—6. Echte Triaskalke, auch solche, welche vermutlich zu ihnen gehören, finden sich in den Hochgratschichten in wesentlich geringerer Zahl als in den Steigbachschichten oder in der Vorlandmolasse. Relativ am häufigsten ist der mit seinen verschiedenen Varietäten auftretende Hauptdolomit, der recht verstreut vorkommt und kaum irgendwo 10 % erreicht. Selten sieht man größere Gerölle. Viel spärlicher stecken da und dort helle Kalke von geringer Größe, die man teils auf Wettersteinkalk, teils auf Oberrhätkalk beziehen wird.

Unter solchen Umständen ist es unmöglich, für die betreffenden Molasseflüsse ein Einzugsgebiet anzunehmen, in welchem die oberostalpine Decke eine sehr große Verbreitung besaß. Dem widerspricht der völlig abweichende Prozentgehalt an Triasdolomit und -Kalk einerseits in der Molasse (gleiches gilt, wenn auch nicht ganz so scharf, auch für andere Horizonte) andererseits in der oberostalpinen Decke.

ad C. Einen wesentlich größeren Anteil an der Zusammensetzung unserer Hochgratnagelfluh besitzt der Jura.

C. 1. Der Lias ist am häufigsten, mit dichten, grauen, hellbräunlich anwitternden, oft graugefleckten Mergelkalken: Allgäufleckenmergel. In den tieferen Bänken ist er prozentual wohl überwiegend (30—40 %). Allerdings werden andersaltrige Gesteine (Fleckenmergel des Neokom, des Flysch, dichte Kalke

des Malm und der Kreide) teilweise das Kontingent vergrößern helfen. Viele von den grauen Hornsteinen gehören sicher zum Lias. Roter Lias ist gelegentlich durch spätige, Echinodermenreiche Brekzien vertreten. Einige Kalke, die sich nach J. CADISCH von dem Lias von Arzo (s. Lugano) in nichts unterscheiden, fanden sich auch in der Speernagelfluh häufig.

Ein sehr typisches Geröll von halber Apfelgröße fand Verfasser an der Straßenbiegung nordnordöstlich Hub am Alpee: einen hellfleischroten Trochitenkalk aus der Steinsberger Liasfazies wie bei Steinsberg-Ardez (Unterengadin) in der Falknissulzfluhschicht.<sup>1)</sup> Zu der gleichen Schicht gehört nach CADISCH ein fleischroter Liaskalk (ostalpin) vom Nordhang des Siplinger Stockes.

Gleichfalls in der Speernagelfluh auftretend fand sich ein kleineres Geröll von ziemlich großkörnigem Oolithkalk, vielleicht des ostalpinen Lias.

C. 2. Dogger/Malm-Gesteine sind nicht selten. Es ist aber bezeichnend, daß von typischen Aptychenschichten des oberostalpinen Jura nicht gerade viel vorliegt. Dichte, weinrote Kalksteine und rote und grüne Radiolarien-Hornsteine gehören ohne Zweifel hieher und sind nicht selten. Daneben finden sich in größerer Anzahl dichte, splittrige, bräunliche, schwach rötliche (teilweise mit hellem Hornstein verbunden), die man etwa dem südalpinen Tithon bzw. Biancone oder Couches rouges zuteilen möchte, und dann graue bis bräunlichgraue, dichte Kalksteine. Diese letzteren kann ich teilweise von gewissen Abarten des Obermalm, die ich an der Stanzerhornbahn sammelte, durchaus nicht unterscheiden. J. CADISCH bemerkte zu einem Stück (von s. Hörnle): es könnte Falknismalm oder Sulzfluhkalk, bzw. dessen Äquivalent in der Allgäuer Klippe sein; zu einem anderen Stück „ähnlich Sulzfluhkalk des unterostalpinen Malm“, zu einem dritten („vom Siplinger-Nordhang“) erinnert sehr an „Falknismalm“. Schließlich fand ich in der Gratrippe des Steineberges ein Gerölle (15 mal 10 mal 4 cm) von bräunlichgrauem, dichtem Kalk mit — leider völlig umkristallisierten, daher nur an der Verwitterungsoberfläche erkennbaren — Korallen und wohlskulptierten Bivalven.

<sup>1)</sup> Die Bestimmung verdankt Verf. der freundlichen Durchsicht durch Herrn Prof. Dr. ALBERT HEIM, Prof. Dr. ROLLIER und Dr. J. CADISCH.

Das Stück ist zu vergleichen dem Korallen-führenden Obermalm der Stanzerhornklippe.

Vielleicht gehört zu einem Malm, den ich nicht kenne, auch ein Geröll aus graulichbräunlicher, harter Terebratel-Lumachelle mit Echinodermenspat (südwestl. der Mitterbergalm, Bl. Fischen).

ad D. Gerölle, welche unzweifelhaft zur helvetischen Kreide gehören, sind mir aus den Allgäuer Hochgratschichten noch nicht bekannt. Manche grünliche Mergelkalke, die zum Lias gestellt wurden, mögen in Wirklichkeit zum Neokom gehören. Für manche dichten Kalke muß erst der Dünnschliff erweisen, ob sie zum Seewenkalk gehören. Typischen Schrattenkalk, Gault- oder Senon-Spiltterkalke und Grünsandsteine kenne ich nicht. Einige hellbräunlichgrüne Glaukonitsandsteine sind vielleicht unterostalpiner Gault, vielleicht aber auch Flysch.

Was den Mangel an helvetischer Kreide betrifft, stimme ich daher völlig H. P. CORNELIUS<sup>1)</sup> zu; nicht aber hinsichtlich des Flysch.

ad. E. Dem Flysch gehören ohne Zweifel an: polygene Brekzien und Ölquarzit aus der Wildflysch-Entwicklung, braunverwitternde Glimmersandsteine, die recht verschiedenen Flyscheinheiten angehören können, spärliche Fucoidenkalke, von denen freilich nicht ganz sicher ist, ob sie nicht teilweise aus Liasfleckenmergel stammen; schließlich eine überaus große, an Häufigkeit bei weitem die größte Masse der Gerölle in den höheren Hochgratschichten: Sandkalke.

E. 1. Die polygenen Brekzien sind in den höheren Lagen ziemlich häufig. Nördlich bei „Auf der Alp“ (westsüdwestlich Immenstadt) waren z. B. in einem doppelt-faustgroßen Geröll von kalkig verkittetem Quarzgrandstein (Komponentengröße 1—5 (bis 10) mm; eckig bis kantenrund, seltener wohl gerundet): Quarz weiß, auch rötlich, olivgrüner Ölquarzit, Stückchen von Phyllit und feinkörnigem Gneis bis Granit; brauner Kalk, weißlicher Dolomit, etwas weißer Echinodermenspat. Nummuliten fehlen anscheinend, es besteht aber recht große Ähnlichkeit mit dem grandigen Bolgen-Nummulitengestein (Feuerstätter-Decke). J. CADISCH nennt mir als Ähnlichstes die Niesenbrekzie.

Ein ähnliches Gestein von Dreifaustgröße (Quarz-Kalk-Kon-

<sup>1)</sup> A. a. O., 187/188.

glomerat mit meist gerundeten Komponenten von 0,5—2 cm Durchmesser) sammelte Verfasser bei 1200 NN. im Wasserrißtobel: weißer Quarz, grauer, teilweise kristalliner und orangegelb verwitterter Kalk zu gleichen Teilen, dann noch reichlich grüne Phyllitstückchen, einzelne Hauptdolomite (1 mal 3 cm), vereinzelt rötlicher Granit mit rotem Feldspat, grün zersetzter Gneis mit roten Feldspäten, roter und grüner Hornstein. Eingestreut feinkörniger Glaukonit. Der Charakter entspricht durchaus der glaukonitischen Echinodermen-Nummuliten-Brekzie des Bolgen. Nach CADISCH gleichfalls ähnlich „Niesenbrekzien“.

Es sind diese Gerölle umso bemerkenswerter als auch eine weitgehende Habitus-Konvergenz mit den Kalk, Dolomit, Quarz, grüne Stückchen, Glaukonit, Glimmer u. a. führenden, feinkörnigen Brekzien besteht, welche konkordant mit den sogenannten „Aptychenkalken“ des Renkertobels (Feuerstätter Decke) dem dortigen Flysch eingeschaltet sind. Die letzteren gehören zum Kreideflysch.

Immerhin ist die Übereinstimmung der Molassegerölle mit bestimmten, wohlcharakterisierten Gesteinen der Feuerstätter Decke (plus Wildflysch über dem Heltvetischen) hier stark unterstrichen, und zwar wird jetzt wohl eine Entscheidung über die schon bei den Gneisgeröllen auftauchende Frage möglich: ob für beide Räume der Wiederablagerung eine gemeinsame Geröllquelle bestanden hat, oder ob — wenigstens teilweise — eine Umlagerung aus dem Faziesbezirk der Feuerstätter-Sigiswanger Decke erfolgt ist. Letzterer Bezirk enthält die betreffenden Gesteine von polygenen Brekzien noch nicht als Gerölle, sondern allein als schichtige Einlagerungen; da er aber gegen das Einzugsgebiet der Molasseflüsse hin gelegen haben muß, so wird höchst wahrscheinlich, daß die Brekziengerölle der Molasse erst auf ihrem Weg von dem südöstlichen Flyschbezirk bis zur Molasse Gerölle geworden sind. Die Feuerstätter Decke, bezw. der stratigraphische Verband etwas weiter im S. und SO., aus dem sie nachträglich herausgerissen worden ist, kommt also wenigstens teilweise als Lieferant in Frage. Das paßt sehr gut, namentlich mit den unter A. (am Ende) verzeichneten Beziehungen.

Übergänge von den polygenen Bolgenbrekzien nach grandigen, groben und feinen Sandsteinen werden in der Hochgratnagelflugh gar nicht selten gefunden. Durch reichliche, auf Schichten einge-

streute gelblich-rötliche Kalk- und grüne Glaukonitkörner zeichnet sich die eine Varietät aus (Wasserrißobel), eine andere durch rote und graue Kalke, bräunliche Dolomite, viele bunte, auch rote Hornsteine, Ölquarzite (n. Siplinger). Polygene Gerölle mit durchschnittlich erbsengroßen, hellen Kalken und Dolomiten (Hauptdolomit z. T.), grauen, zuckerkörnigen Dolomiten (vergl. die entsprechenden unter B. 2.), weichen grünen Stückchen (Serpentin?), rostigem Kalkzement fielen mir nördlich des Siplinger auf.

Die unter D. genannten Glaukonitsandsteine passen sehr wohl zu glaukonitreichen Abarten des Feuerstättersandsteins (südöstlicher Flysch).

Echte Ölquarzite, namentlich olivfarben, sind nicht gerade selten. Wir können sie beziehen auf „ultrahelvetischen Wildflysch“, aber auch auf unterostalpinen Gault (Falknis-Sulzfluhdecke). Gelegentlich werden die Glaukonitkörnchen etwas größer, so daß mehr ein Glaukonit-Quarzsandstein vorliegt.

Bräunlichgraue Sandkalke mit unregelmäßig verteilten grauen Hornstein-Ansammlungen, die auch in der Speernagelflugh liegen, sind nicht besonders häufig; sie sind von Flyschkieselkalk, wie er gleichfalls im Oberallgäu auftritt, nicht zu unterscheiden, können aber natürlich auch aus anderen Flyschgebieten stammen.

E. 2. Diese Kieselkalke leiten zu der für die Hochgratschichten häufigsten Geröllgruppe über, zu den graulichen, braun und gelblich und rauh anwitternden, splittigen Sandkalken, die ich zunächst aus makroskopischen Gründen (Übergang zum Flyschkieselkalk, zu polygenen Flyschbrekzien, Habitus) gezwungen bin zum Flysch zu stellen. Der Flysch ist vielfach das gleiche Gemisch von karbonatischem und sandigem Sediment. Alle anderen Gesteine scheinen mir für einen Vergleich nicht in Frage zu kommen, im allgemeinen auch nicht die Gosau, wie H. P. CORNELIUS glaubte, weil er annahm, gegen die Zuteilung zum Flysch spräche der Umstand, daß die Gerölle nicht gut den Gesteinen der benachbarten Flyschzone entsprächen. J. CADISCH zieht bei manchen Abarten Vergleiche auch mit unterostalpinem Gault.

Alle möglichen Spielarten der Sandkalke sind vertreten. Sie unterscheiden sich nach der Korngröße, nach der Häufigkeit der im allgemeinen jedoch meist nicht gerade reichlich eingestreuten Quarzkörner und der noch weit sparsamer, jedoch fast überall erkennbar eingestreuten Glimmerblättchen, Glaukonitkörnchen.

Öfter fanden sich schwarze Fleckchen und deutlich kohlige Partien. Fossilien kann höchstens das Mikroskop zeigen.

Die Geröllgrößen schwanken. Es gehören jedoch meist gerade die großen (mehrere faust- bis über kopfgroßen) Geschiebe hierher. In der sehr sandarmen Wildbachgeröll-Packung westlich Untermaiselstein Süd lag ein nur kantengerundetes Stück einer Kalksandsteinbank von mehr als 35 cm Länge und 15 cm Dicke. Unter diesen Geröllen gehörten hier zu den größten auch mehrere graue, schwachglimmerig-sandig-glaukonitische, körnige Kalksteine, welche dem Aussehen nach durchaus nicht getrennt werden können von dem mehr oder weniger Nummuliten-führenden Eozän-gestein der Feuerstätter Klippen. Auch das unterstreicht die Beziehungen der Molasse zu jener tektonischen Einheit.

Die Häufigkeit nimmt in den Hochgratschichten von unten nach oben stark zu, annähernd in den gleichen Lagen wie die — jedoch nicht gleich häufigen — kristallinen Gerölle. In den höheren Schichten machen die Sandkalke 55—60 % des Gesamtbestandes aus, so daß man wirklich nicht sagen kann, der Flysch habe fast nichts in die Allgäumolasse geliefert.

Die Herkunftsbestimmung dieser überaus groben, mit den Gneisen gleichzeitig in Massen in die Molasse eingelagerten Gerölle ist ebenso bedeutungsvoll wie jene der schwarzen und hellen B. 2'-Dolomite und dunklen B. 2-Kalke, welche weiter im O. eine so überragende Rolle spielen. Nach der mikroskopischen Untersuchung wird hierauf im großen Zusammenhang zurückzukommen sein. Einstweilen sei gesagt, daß diese gelben Sandkalke auch in der ostschweizer Molasse reichlich auftreten, in der Mittelschweiz anscheinend nicht, wie mir Herr Dr. CADISCH mitteilt. Weder dieser noch Herr Dr. ARNOLD HEIM, dem die Gerölle gleichfalls vorgelegen haben, konnte sich an einen Ort erinnern, an dem Vergleichbares primär ansteht.

E. 3. Die glimmerführenden oder glimmerreichen, braun anwitternden Flyschsandsteine finden sich vielfach auffällig häufig und gehören in manchen Lagen der Hochgratnagelfluh, z. B. in der Rippe westlich Untermaiselstein S., zu den größten Geröllen. Öfter werden sie kleinbrekziös, aber auch feinkörnig; gelegentlich mit kohligen Pflanzenresten. Auffällig treten sie z. B. auf dem Kamm östlich des Ettensberges (schwarzfleckig) auf, auch nahe

über den Teufelslochschiechten. Bis kindskopfgroße Flyschsandsteinplatten als Gerölle  $\frac{3}{4}$  km östlich Obereinharz.

Das ist der typische Haupt-Flyschsandstein.

E. 4. Unzweideutige Fukoidenkalke sind mir nur sehr wenige untergekommen. Dies und das verhältnismäßig zu wenig häufige und zu wenig gleichmäßige Auftreten von Flyschsandsteingeröllen (besonders von glimmerreichen) ist ein deutlicher Hinweis darauf, daß wir die Flyschgerölle unserer Allgäumolasse nicht etwa herleiten dürfen aus dem nächst südlich benachbarten Allgäuflysch. Viel mehr müßte in diesem Fall von den recht widerstandsfähigen und Fukoiden-reichen Piesenkopf- und Ofterschwanger Kalken in die Molasse gelangt sein. Selbst die meisten der Molassesandkalke möchte ich im allgemeinen nicht aus den — übrigens auch nach ihrer Mächtigkeit nicht bedeutenden — Vorkommen von Sandkalk im benachbarten Ofterschwanger Flysch ableiten.

ad F. Gleiches gilt nicht für das Eozän, was im Gegensatz zu H. P. CORNELIUS (1923, S. 184/85) gesagt werden muß. Mir sind in großer Zahl auch glaukonitfreie, nummulitenreiche, helle Kalke aus dem Allgäu (z. B. südöstlich Burgberg) bekannt, wie sie der Genannte in der Molasse als Gerölle auffand. Gelblich-rostige Nummulitengesteine, die Verfasser in der Hochgratserie antraf, stimmen sehr genau mit den eingeklemmten Eozänvorkommen südwestlich Oberzollbrücke am Hüttenberg und mit dem Enzenauer Granitmarmor überein. Es mag aber gewiß sein, daß zahlreiche von den besonders klastischen Nummulitengesteinsvorkommen heute kein Anstehendes im Allgäu haben oder daß sie — wie das nach dem Gesagten ja sehr wahrscheinlich wird — aus dem südöstlichen, zumeist überschobenen Flyschbezirk herkommen. Einige Nummulitengerölle hat RÖSCH auch weiter im W. in den Bergkämmen der Hochgratschichten gefunden.

ad G. Abgesehen von einigen unsicheren Grünsteinen gehört hierher ein violettrot und grünlich gefärbter, felsitischer Quarzporphyr mit kleinen, dunklen Quarzeinsprenglingen und Quarzgängchen. Ein ähnliches Stück zeigt fleischrote Feldspäte und dunkle Quarze. Von solchen Geröllen fanden sich mehrere frische, dreifaustgroße westnordwestlich „auf der Alp“ im Talschutt und unmittelbar neben der obersten Hochgratnagelfluhrippe, aus der sie offenbar stammten. Dasselbe Gestein fand Verfasser früher in dem Konglomerat der Flyschbasis (K. BODEN) am Trattenbach ober-

halb Lenggries, sowie auch in Birnwang- und Wildflyschkonglomerat. In der Allgäumolasse lagen zusammen mit dem Porphyry viele helle Gneise, Granite, Quarzitsandsteine mit Quarzgeröllen, große Flyschsandkalke.

Zusammenfassung. Als einstweiliges Ergebnis dieser Gerölluntersuchung zeigt sich, daß es durchaus nicht möglich ist, den vorliegenden Geröllbestand etwa auf ein der heutigen Illergegend vergleichbares Fazies- und Deckengebiet zu beziehen. Der helvetischen Zone mit ihrer bedeutenden Verbreitung im Allgäu (sie geht nach oben unter Vermittlung ultrahelvetischer Ausbildung in Wildflysch über, dem die Sigiswanger Kreideflyschdecke aufliegt) fehlt anscheinend in den Molassegeröllen fast gänzlich. Im Gegensatz dazu besteht größte Übereinstimmung mit Gesteinen der südöstlichen Oberkreide-Flysch-Entwicklung, bezw. mit der Feuerstätter Decke, die von dorthier stammt, also mit einer Entwicklung, die sich unter die Ostalpen hineinzieht (Bolgenkonglomerat, Wildflyschgesteine, Sandkalke, Eozän, Feuerstätter Sandstein). Die Gneise u. a. der Retterschwanger Vorkommen bezw. des Oberstdorfer Kühberges sind sehr ähnlich den Gneisen der Hochgratmolasse. Es gibt aber viel triadische oberjurassische und Flyschgesteine in den Hochgratnagelfluhen, die bis jetzt im Allgäu unbekannt sind und nur teilweise in der Falknis-Sulzfluhdecke von Ostbünden, in den Schweizer Klippen, im Unterengadiner Fenster Analoga besitzen.

Was die oberostalpinen Gesteine betrifft, so sind von ihnen zweifellos sehr bezeichnende Typen mit großer Geröllanzahl vertreten, namentlich Hauptdolomit, Liasfleckenmergel und Malm. Die Gneise aber zum mindesten können wieder nicht aus heute entblößten Alpentteilen bezogen werden. Alles weist auf Herkunft aus SO., aus einem derzeit zum großen Teil unter den Ostalpen verschwundenen Faziesbezirk hin. Das (verzerrte) Spiegelbild seiner Zusammensetzung ist die Allgäumolasse.

Was die allgemeine Geröllanordnung betrifft, so ist zusammenfallend mit einer auffallenden Vergrößerung der Gerölle bis zu 40 cm Kantenlänge und mit dem Erscheinen einer sehr ausgeprägten Wildbachaufschotterung gegen oben zu in den Hochgratsschichten die Zunahme der kristallinen Gerölle und der Flyschsandkalke ein besonders hervorstechender Zug.

Als Typus der tieferen Hochgratschichten kann demgegenüber etwa folgende Zusammensetzung eines Nagelfluhstücks aus der Immenstädter Gegend angegeben werden: bei im ganzen hellbräunlichgrauer Färbung mit kräftig rotem Bindemittel (namentlich auf den Flyschgeröllen) sieht man der Masse nach überwiegend mehrere bis über doppelfaustgroße Flyschsandkalke (E. 2); reichlicher nach Geröllzahl, aber nur bis apfelgroß: zu gleichen Teilen graue und hellbräunliche Dolomitgerölle (wohl zumeist Hauptdolomit, kein dunkelgrauer oder schwarzer Dolomit), mehrere dichte, bis apfelgroße Fleckenmergelkalke (Ci); vereinzelt schwärzlich-bituminöser Kalk (B. 2); einige helle Kalke.

#### **Geröllvergleich mit anderen Molassegliedern.**

Wie bei den Steigbach-, sei auch bei den Hochgratschichten kurz ein Vergleich mit anderen Gliedern der Allgäumlasse angefügt.

Wenden wir uns gegen Osten, so treffen wir in der Fortsetzung der Horndecke jenseits der Iller (Rottachbergzug) eine gewisse Zunahme bestimmter Gerölle. Ein hier durch Herrn Dr. J. MÜLLER untersuchtes Vorkommen zeigte in mittel- bis grobkörniger (Gerölle bis kopfgroß), sehr verbandfester, durch Kalk verkitteter Grundmasse mit roter Färbung neben Quarzsand:

60 % bläuliche bis braune Kalke (Lias, Flyschsandkalke u. a.),

30 % graue, zuckerkörnige Dolomite (hievon ein Teil hellbrauner Hauptdolomit).

Im Rest schwarze, bituminöse Kalke, rote Radiolarite, Gneise, schwarzer Hornstein, sehr wenig weiße Gangquarze.

In diesem nicht gerade in hohem Niveau gelegenen Vorkommen ist besonders die Zunahme der grauen, zuckerkörnigen Dolomite interessant, welche ja dann in den (tieferen) Nesselburgschichten der Kammereckdecke zusammen mit anderen dunklen Dolomiten und Kalken sehr verbreitet sind.

Für diese, der faziellen Verschiedenheit wegen in eine andere Schuppe zu stellenden Nesselburgserie gab Herr Dr. J. MÜLLER von dem Faystenoyer Vorkommen folgende Zusammensetzung an, die Verfasser nach eigenen Untersuchungen bestätigen kann:

In der klein- bis mittelkörnigen, wenig verbandfesten roten, tonig-kalkigen Grundmasse mit verschiedenfarbigen Quarzkörnern liegen:

70 % helle oder dunkelgraue, dichte, teilweise zuckerkörnige Dolomite,

25 % gelbliche Dolomite (Hauptdolomit).

Im Rest wenig helle Kalke, einzelne Gneise, sehr spärlich Milchquarze.

Diese Zusammensetzung stimmt schon weitgehend mit jenem Nagelfluhtypus überein, welcher südlich und nördlich Nesselwang<sup>1)</sup> im S.- bzw. N.-Flügel der fortsetzenden Murnauer Mulde vorliegt, und der dann weithin vor den nördlichen Ostalpen anhält.

Andererseits ist die Allgäumolasse nach der Geröllführung der ostschweizerischen in vieler Beziehung sehr ähnlich.

Zwischen Steigbach/Hochgrat- und Nesselburgfazies liegt der Schnitt, den wir jetzt zwischen der östlichen und westlichen subalpinen Molasse nicht nur nach der Tektonik, sondern auch nach der Geröllführung erkennen können.

Aber auch gegen Norden zu sehen wir schon jetzt bemerkenswerte Beziehungen.

Das Hereinragen der östlichen, bayerischen Dolomitgeröllfazies war, wie S. 37 gesagt ist, für die Blättermolasse unverkennbar. In gleicher Weise zeigen die geringen Nagelfluhen dieser Vorlandmolasse keine näheren Beziehungen zu den Hochgratgeröllen. Überraschend innig sind aber die Übereinstimmungen der Geröllführung zwischen Hochgratschichten und der mittel- bis obermiozänen Vorlandnagelfluh. Das gilt sowohl für die zum großen Teil marine Rothkreuznagelfluh (Mittelmiozän) wie für die der obermiozänen Süßwassermolasse.

Zum Vergleich sei die Zusammensetzung der Nagelfluhen einiger Örtlichkeiten des Vorlandes angeführt.<sup>2)</sup>

1. Nagelfluh der oberen Meeresmolasse

- a) kleingeröllig (nach Korn, grauer Farbe und Zusammensetzung entsprechend den Geröllen der unteren Süßwassermolasse). Beispiel: marine Delta-Nagelfluh mit *Lithodomus* spez. am südlichen Rottachhang westlich Stift Almoy gegenüber der Pulvermühle (westlich Kemp-

<sup>1)</sup> Vergl. K. BODEN, a. a. O., 1925, S. 461, 468.

<sup>2)</sup> Aufsammlung und Prozentgehaltsbestimmung rühren zumeist von Herrn Rechtsrat KELLENBERGER, Kempten, her.

ten): Grobe Gerölle (faustgroß) nur rund 10 %. Gneis und Quarz sehr spärlich; gelbliche, teilweise sandige Kalke vielleicht 10 % (zumeist E. 2, auch B. 4), graue Kalke und Dolomite (zumeist wohl C. 1, B. 2, B. 2', C. 2, E. 2) machen mindestens 70 % des Bestandes aus. Mehr untergeordnet Hornsteine, Kieselkalke;

b) grobgeröllig = „Rothkreuznagelfluh“ (nach Korn, roter Farbe und Zusammensetzung fast übereinstimmend mit Hochgratschichten). Beispiel: Rottachknie bei Station Rothkreuz. Mittel- bis grobgeröllig (faust- bis kopfgroß). Gneise wohl etwa 10 %; gelblich oder bräunlich anwitternde Kalke, Flyschsandkalke (E. 2) etwa 40 %; graue Kalke und (untergeordneter) Dolomite (C. 1, C. 2, etwas B. 4, B. 2) insgesamt rund 30 %; nicht viel Hornstein, mehrfach Radiolarite, Kieselkalke, gelegentlich Buntsandstein-Quarzit.

2. Nagelfluh der obersten Meeresmolasse, bzw. tieferer Lagen der oberen Süßwassermolasse (höhere „Rothkreuznagelfluh“). Beispiel: gegenüber der Georgskapelle westlich von Dorf Buchenberg: mittel- bis grobkörnig; gelb oder braun anwitternde Sandkalke (E. 2) rund 70 %, wohl bis rund 10 % Malmgesteine (dichte, gelbliche, rötliche, weißliche Kalke, Radiolarite), ziemlich reichlich Liaskalksteine. Rest: polygene Grobsandsteine und glaukonitische Quarzsandsteine des Flysch, graue Hornsteine, schwarzer Kalk (B. 2), hellbrauner Kalk mit ziemlich kleinen Nummuliten, Gangquarz.

Eine etwa ähnliche Zusammensetzung findet sich am Westhang des Buchenberges, wo der Gneis 10, vielleicht 20 % ausmacht.

3. Nagelfluh der obermiozänen Süßwassermolasse (basal noch „Rothkreuznagelfluh“). Beispiel: Eingang zur Mergelgrube Johannisried (Ostseite): graue und gelbe, meist sandige Kalke (im allgemeinen E. 2) machen rund 70 % aus. Urgesteine (Gneis) vielleicht 20 %. Rest: C. 2, B. 2, C. 1, B. 4, B. 3. Rotfärbung teilweise vorhanden; klein- bis mittelgeröllig.

Ähnlich ist die sarmatische Nagelfluh des Mariabergs bei Kempten zusammengesetzt, jedoch gröber, und vielleicht mit etwas mehr *Verrucano*.

Die Folgerungen aus diesen Verhältnissen sind a. a. O. des Näheren besprochen.<sup>1)</sup>

### Die Sandsteine

spielen in den Hochgratschichten eine durchaus untergeordnete Rolle. Ebenso wie in den Steigbachschichten treten sie — als Abschluß der jeweiligen Schotterüberflutung am Ende einer stärkeren Bodensenkung — regelmäßig und in geringer Mächtigkeit nur an der Oberkante der Nagelfluhplatten auf. Hier sind sie ihrer geringen Mächtigkeit wegen (bis 2 m) auf der Karte nicht dargestellt.

Diese Einseitigkeit im Aufbau der Nagelfluhbänke (unten kein Sandstein) wird für die Erkennung der Lagerung von Bedeutung.

Im übrigen, als eigene Bänke, trifft man sie zwischen dem Mergel eigentlich nur im nördlichen Randgebiet der Horndecke, wo sie offenbar den Übergang in geröllärmere Fazies andeuten, also an die Stelle der südlicheren Nagelfluhen treten. Es zeigt sich somit, daß die rhythmischen Überflutungen durch rascher fließendes Wasser auch weiter nach Norden ins Vorland gewirkt haben, doch konnten bis dorthin nur sand-, nicht geröllführende Gewässer gelangen.

Den Sandsteinen sind öfter rasch auskeilende Geröllinseln eingestreut und diese Kiesel zeigen gelegentlich nur Kantenrundung wie z. B. bei 1080 m NN. südlich vom Hornweg, wo auch die häufig unregelmäßige Schichtung und Wellenfurchenbildung zu sehen ist. Im Steinbruch mitten zwischen Rauhenzell und „Buchwald“ zeigen die Sandsteinoberflächen kräftige Fließwülste, die schräg oder fast parallel mit dem Einfallen der Platten verlaufen.

Eine auffallende Zunahme an rötlichem Kleingeröll, Grand und Sand fand sich an der Basis der Hochgratschichten nördlich der Steigbachklamm, ebenso westlich Immenstadt. Es sind rötliche Hornsteine und Kalke, Feldspäte. Sonst ist der Sandstein nach seiner allgemeinen Zusammensetzung durchaus dem der Steigbachschichten zu vergleichen, wenn man vielleicht von relativ mehr kristallinen (Gneis, Quarz) Bestandteilen gegen das Hangende zu absieht. Auch die feineren Sandsteine, die gleichzeitig mehr Mergel aufnehmen, zeigen keine eigenartige Beschaffenheit, sondern sind von denen der Teufelslochsichten oder von solchen in jüngeren

<sup>1)</sup> E. KRAUS, „Geol. Forsch. im Allgäu“ I, Geologisches Archiv IV, 1926.

Schichtgliedern wohl nicht zu unterscheiden. Mit diesen Bildungen ist der Übergang zu den

### **Mergel-**

Zwischenlagen gegeben, denn diese werden sehr oft sandig und gehen, vielfach auch unter Glimmeraufnahme, in Mergelsandsteine über. Obwohl im Kartenbild und noch mehr im Gelände die Mergel gegenüber den Nagelfluhen stark zurücktreten, überwiegen sie doch auch bei den Hochgratschichten in der Gesamtmächtigkeit. Die von ihnen meist gebildeten Mulden sind oft von Schutt bedeckt oder stark bewachsen, und größere Übrutschungen täuschen geringere Mergelmächtigkeit vor. Nur in den Steilhängen der ehemaligen Hauptfluß-Striche dürften die Mergelzwischenlagen gegen die Schotter bedeutend zurücktreten, obwohl auch da an gut aufgeschlossenen, steilen Rinnen oder an den vom Hochwild bewohnten Grasbändern das Durchsetzen der Mergel, also das Durchgreifen des Rhythmus zu erkennen ist.

Im zweiten Mergelband nördlich unter dem Steineberggipfel, aber auch sonst häufig ist die Wanderung des Kalks im Sediment sehr gut zu verfolgen: das kalkhaltige Sickerwasser, das aus den Nagelfluhen kommt, tränkte die immer darunterliegenden mehr oder weniger etwas feinsandigen Mergel, so daß sie zu oberst oft ganz aus einem dicht gewordenen, sandigen Mergelkalk bestehen können. Häufig ist dieser Verkalkungsvorgang aber noch nicht so vollständig. Dann sieht man große Ansammlungen rundlicher Kalk-Konkretionen, die noch nicht zu einheitlicher Bank zusammengeschlossen sind — ähnlich wie sich in älterem Löß die Lößkindel mehr oder weniger vollständig in Kalkplatten zusammengeschlossen haben. Mergel einwärts werden diese Konkretionen oft spärlich oder setzen ganz aus. Daß dieser Verkalkungsprozeß schon frühzeitig begonnen hat als die in den Mergeln eingeschlossenen Schneckenschalen noch nicht ganz aufgelöst waren, beweist das Vorkommen solcher (Helix-) Steinkerne in mehr oder weniger weit fortgeschrittener Auflösung und Umformung zu rundlichen Kalk-Konkretionen gerade in den Knollen. Der sandige Mergelschlamm muß ursprünglich reicher an Schneckenschalen gewesen sein; nur dort konnten solche erhalten werden, wo frühzeitig infiltrierter und umhüllender Kalk die Auflösung durch Sickerwasser verhinderte („Helizitenmergel“).

Die Färbung der Mergel ist in den Hochgratschichten überwiegend bunt: wein- bis ziegelrot, blaßviolett, grünlich, bläulich-grau. Gegen das oft wasserdurchtränkte (wasserstauende!) Hangende haben sich meist helle Reduktionsfarben entwickelt.

### Die Rotfärbung

stammt her von wasserarmem oder wasserfreiem [?] <sup>1)</sup> Eisenoxyd, das offenbar zusammen mit tonartigen bezw. hydratischen Substanzen in den Mergeln als Verwitterungsrückstand auf dem unter Roterdeklima verwitternden Festlandsbereich des Flußeinzugsgebietes entstand. Entsprechend ihren kolloidalen Eigenschaften wanderte die färbende Eisenverbindung zusammen mit den feinsten, tonartigen Teilchen und sammelte sich hauptsächlich mit diesen zusammen wieder im Sediment. Daher finden wir die gleichmäßigste Rotfärbung in den Mergeln, während die Sandsteine und Nagelfluhen öfter wenig oder nichts von der Rotfärbung erkennen lassen. Immerhin ist diese Rotfärbung, welche wohl mit Recht — zum mindesten im kleineren Rahmen — als wertvolles stratigraphisches Hilfsmittel gelten darf, in den hangenden Dreivierteln der gesamten Hochgratschichten auch in allen Nagelfluhen zu sehen und sie steigert sich nach oben hin zu intensiver Durchfärbung des ganzen Bindemittels und der Geröllüberzüge. Die Nagelfluh-Rotfärbung, die ja den Teufelslochsichten noch ganz fehlt, in deren feinerkörnigen Schichtgliedern aber bereits auftritt, bahnt sich von unten nach oben erst allmählich an. Wenn sie in manchen Lagen recht zurücktritt, so hängt das oft mit sekundärer Entfärbung an feuchten Orten zusammen, etwa am Quellaustritt oder Wasserfall im Wald, oder auch an Felswänden, die den Atmosphäriken ausgesetzt sind. Braune Rostfärbung zeigt solche Umfärbung unter Umständen an. Nur wenn durch immer neuen Abbruch stets frische Flächen der Verwitterung freigegeben werden, ist das Rot auch bei schwacher Primärfärbung noch zu erkennen.

Mit der Zunahme der kristallinen Gerölle ist jene der Rotfärbung nicht gleichlaufend. Erstere fehlen in vielen oft kräftig roten Zwischenlagen.

Jedenfalls aber hängt der Grad der Rotfärbung auch ab von der Art des sedimentierenden Mediums: in reduzierendem, an organischem Leben und Abfall reichem Wasser hat es sich nicht

<sup>1)</sup> Eine nähere chemische Untersuchung steht noch aus.

erhalten; bei Aufschüttung in Flußwasser und flachen Seetümpeln, wo das Sediment noch dazu rasch zugedeckt und so dem Wasser schnell entzogen wurde, konnte sich die Färbung erhalten. Immerhin wird dies nur teilweise wirksam gewesen sein, denn sonst müßten die offenbar sehr gleichartig sedimentierten Steigbasschichten die gleiche Rotfärbung zeigen.

Daraus, daß die Rotfärbung nicht von vornherein kräftig einsetzt, sondern erst allmählich steigt, müssen wir entnehmen, daß die Roterdeverwitterung (vermutlich unter einem dem mediterran vergleichbaren Wechselklima) in dem gebirgigen Fluß-Einzugsgebiet sich erst allmählich entwickelte, bzw. daß das Roterdegebiet tektonisch immer mehr heranrückte.

Sekundär ist zweifellos die rotfärbende Eisenverbindung in der sedimentierten Molasse noch stark gewandert. Weil die obersten Bänke die stärkste, die untersten im allgemeinen die geringste Rotfärbung zeigen, könnte man in Analogie zu der starken Rotfärbung der unter der permischen Landoberfläche Mitteldeutschlands gelegenen Gesteine zunächst an eine ähnliche Rotfärbung der ungefalteten Molasse erst in situ, etwa — wie gut vorstellbar — in altmiozäner Zeit denken. Jedoch verbietet das die dann anzunehmende gewaltige Mächtigkeit von 600 bis über 1000 m, durch welche rotfärbende Sickerwässer hätten eindringen müssen. Auch können wir die Rotfärbung in miozänen Molassesedimenten nicht ebenso auf Verwitterung in situ beziehen, weil weder eine Zeit noch eine entsprechende Diskordanz hierfür auffindbar wäre. Schließlich fehlt jede Spur von Klüften, die, die Schichten schräg durchsetzend, mit besonders gerötetem Belag jene Wege andeuten würden, auf welchen solche fragliche Sickerwässer so tief eingedrungen wären.

So werden wir die Tatsache, daß namentlich die kalkigen und kristallinen Gerölle der hangenderen Nagelfluhen einige Zentimeter tief herein rötlich gefärbt sind, und daß namentlich an den Berührungsstellen (Eindrücken) zwischen zwei Geröllnachbarn Rötung vorliegt, mit einem sekundären Weiterwandern des primär miteingeschwemmten Bindemittels erklären. Denn wenn die Gerölle erst auf dem Transport ihre Rundung erhielten, so können sie die außen am stärksten ausgebildete Rotfärbung nicht an sich selbst von dem verwitternden Abtragungsgebiet mitgebracht haben.

Die gesamte Festlandsmolasse vor den Westalpen erhielt durch die Rotfärbung ihre einheitliche Prägung.

Verkittungszeit. Die Verfestigung der Sande zu Sandstein und namentlich auch der Gerölle zu Nagelfluh kann aus zwei Gründen erst recht spät vor sich gegangen sein. Erstens beweist die Existenz tiefer Lochbildung der kleineren in den benachbarten größeren Geröllen (Eindrücke), welche unter Auflösung von Geröllsubstanz<sup>1)</sup> und unter Nachrücken des eindringenden Gerölls um annähernd die Dicke des Aufgelösten erfolgen mußte, daß diese Gerölle folglich durch lange Zeit frei beweglich und nicht verkittet waren. Zweitens zeigt die im Mittelmiozän anzunehmende, teilweise Umlagerung der sich heraushebenden Oligozänmolasse und das fast völlige Fehlen von verkitteten Nagelfluhen und Molassesandsteinstücken in dem umgelagerten Sediment (Rothkreuznagelfluh), daß erst mit der miozänen Heraushebung über das Niveau des Grundwassers die Verkittung kräftig einsetzen konnte.

#### Alter.

Stratigraphisch wichtig ist, daß um 1190 m NN. nördlich am Weg von Immenstadt auf das Horn, also etwa 12 Nagelfluhbänke über der Unterkante, in den Hochgratschichten starke Anreicherung von Glaukonit in einer Sandsteinzwischenlage aufgefunden werden konnte. Das Profil ist folgendes:

Unter Nagelfluh, dann 2,5 m ohne Aufschluß folgt

1 m aufgeschlossen grüner, glaukonitreicher, etwas gröberer Sandstein,

2 m muskovitführende Feinsandsteinbänke,

4 m Mergel,

1,2 m vorwiegend Sandstein (1190 m NN.),

über 20 m Nagelfluh.

Es ist nicht einzusehen, woher mit einem Mal Glaukonit, ein typisches marines Mineral, in den Festlandsbereich eingeschwemmt sein könnte, und das Gestein macht auch durchaus den Eindruck, daß es sich um einen syngenetischen, nicht um einen aus der Ferne eingeschwemmten, umgelagerten Glaukonit handelt. Es fehlen alle sonst zu erwartenden neuen Komponenten.

Für ein so junges Alter der Hochgratschichten, daß das Meer der oberen Meeresmolasse hier schon hätte eindringen können,

<sup>1)</sup> A. KUMM, Die Entstehung der Eindrücke in Geröllen. Geol. Rundschau **10**, 1920, S. 231.

liegen bis heute keine Anhaltspunkte vor. Daher haben wir es hier offenbar noch mit dem Hereinragen des Meeres der unteren Meeresmolasse, wahrscheinlich aus östlicher Richtung, zu tun. Die Flußschotterebene der Hochgratzeit muß damals wenigstens vorübergehend im Meeresniveau gelegen haben. Die von uns angenommene fazielle Vertretung großer Teile der marinen und brackischen Oligozänmolasse durch die westliche Festlandsentwicklung wird hiedurch bekräftigt.

Gleiches gilt für die Beobachtung von WEPFER im Bregenzer Wald, wo sich in der roten Oligozänserie eine Mergelbank fand, die von *Cyrena subarata* BRONN = *C. semistrata* DESH., einer Leitform der östlichen lagunären Brackwasserfazies erfüllt war.

Fossilien. Leider ist es unter den bereits geschilderten sedimentpetrographischen Umständen nicht gelungen in den Helizitenmergelbänken, den einzigen, die überhaupt eventuell stratigraphisch verwertbare Fossilien enthalten, ein gut bestimmbares Fossilmaterial zu gewinnen. Den ersten derartigen Fund machte Verfasser in dem zweiten Mergelband südlich der Ingolstädter Unterstandshütte (Horn), wo das Profil liegt:

- 6 m Nagelfluh,
- 3 m verwachsen, wohl Mergel,
- 5 m vorwiegend knolliger Kalksandstein, Mergel mit Konkretionen und Schnecken,
- 10 m grüne und rote Mergel mit Kalkkonkretionen,
- 2,5 m knolliger, weicher Kalksandstein, in Konkretionen *Helix* sp.
- 12 m Nagelfluh, oben etwas harter Sandstein.

Weitere Funde von Schnecken machte Verfasser hart jenseits der westlichen Blattgrenze am Grat zum Stuiben bei der Rauhen Schlucht-Störung. Und Herr Professor J. WANNER entdeckte eine ähnliche Fundstelle weiter im W. an der Scheidewangalpe. Unter den *Helix*steinkernen mit Schalenresten von der Ingolstädter Hütte konnte Herr Dr. W. WENZ bei einer Durchsicht einen Vertreter der Gattung *Zonites* erkennen. Er stimmt verhältnismäßig gut mit *Zonites (Aegopsis) costatus* SDBG., der aber in Silvanaschichten auftritt. Zehn andere *Cepaeen* sind teilweise wohl Jugendformen von *Zonites*.

Bis zur Auffindung besserer Versteinerungen muß die Altersfrage offen bleiben. Es kann sich aber wohl nur um einen jüngeren Horizont der Rugulosaschichten handeln. Fraglich ist hier viel-

leicht, ob noch die chattische Stufe mit Ramondschichten oder nur die aquitanische Stufe mit Omphalosagdaschichten in Festlandsfazies vertreten ist. Das Alter der jüngsten Schichten ist ebenso unsicher wie jenes der jüngsten roten Rigi-Nagelfluh in der Schweiz, die mit ihnen zu vergleichen ist.

#### **Nesselburgschichten.**

Unter dem Haus an der ersten Straßenbiegung südwestlich bei Steph. Rettenberg zeigt ein kleiner Steinbruch mit 30° SO.-Neigung eine stark von Rutschflächen durchzogene Nagelfluh (9 m). Das mittelkörnige Konglomerat mit vielen kleineren weißen Quarzgeröllen und nur ganz wenig kleinen Gneisen enthält in großem Umfang jene dunkelgrauen und schwarzen Kalke (auch Dolomit), die in dieser Menge nicht mehr für die Hochgrat-, wohl aber für die Nesselburgschichten, die sich weiter im O. anschließen (Nesselburg südlich Nesselwang), bezeichnend sind. Die Nagelfluh ist noch nicht rot, sondern nur wenig rostbraun.

Es handelt sich offenbar um eine, wahrscheinlich basale Vor-  
schuppe der östlich mit waldigen Hängen ansteigenden Kammer-  
eckdecke, in deren Schichtfolge normal über marinen Wagneritz-  
mergeln und Bausandsteinzone diese Nagelfluh als Vertreterin  
tieferer Nesselburgschichten hereingehört. Durch ihre Geröll-  
führung und Farbe unterscheidet sich unser mittelkörniges Kon-  
glomerat scharf von den an kristallinen Geröllen reichen und  
kräftig roten Nagelfluhen der Hochgratschichten in der unmittel-  
baren westlichen und nördlichen Nachbarschaft.

Wir haben also einen westlichsten Vorposten östlicher Mo-  
lasseentwicklung vor uns, der zwar im allgemeinen auch im W.  
vergleichbare Äquivalente besitzt, die aber doch beträchtlich ver-  
schieden ist, namentlich hinsichtlich der Geröllführung. Mit dieser  
gehen die Nesselburgschichten noch weit östlich in die Murnauer  
Mulde hinein.

#### **Teufelslochsichten im Vorland.**

Der NW.-Teil des Blattes, jenseits der Linie Bühl—Unter-  
einharz, wird von Schichten eingenommen, die — wenigstens nach  
den eingeschlossenen Sandsteinen — keine größere Übereinstim-  
mung mit irgendeinem größeren anderen Schichtkomplex auf Blatt  
Immenstadt zeigen. Sie wurden nach dem Ort ihrer erstmaligen  
Ausscheidung (Zaumberg, nordöstlich vom Alpsee) benannt. Bei

Kartierung von Blatt Kempten und Oberstdorf 1:100000 hat sich aber ergeben, daß hier Teufelslochschiefer in etwas anderer Ausbildung vorliegen. Sie gehen ohne schärfere Grenze nach dem Hangenden in die schon nördlich außerhalb des Blattes verbreitete graue, sandsteinreichere „Blättermolasse“ über.

Es handelt sich auch hier wieder um eine deutlich rhythmische Folge, denn in die bei weitem den Hauptteil der Mächtigkeit ausmachenden grauen und roten Mergel ist in mindestens zehnfacher Wiederholung ein Grobsandstein eingeschaltet, der öfter auch in Nagelfluh übergeht und so noch deutlicher macht, daß er hier im alpenferneren Gebiet die Rolle südöstlicher, alpennäherer Schotterlagen übernommen hat.

Der Kalksandstein ist gleichkörnig und durchweg gröber als in den im übrigen recht ähnlichen Teufelslochschiefern im S. bzw. SW. und auch viel schärfer gegen die Mergel abgegrenzt als dort. Eine Probe nördlich Knottenried zeigte über 50 vom Hundert Kalkkörnchen und -Zement. Im Salzsäure-Lösungsrückstand fand sich über die Hälfte Quarz, reichlich Tonsubstanz, Glimmer, verschiedene Silikate. Ziemlich reichlich Magnetit. Körnchen weit überwiegend eckig oder nur kantenrund.

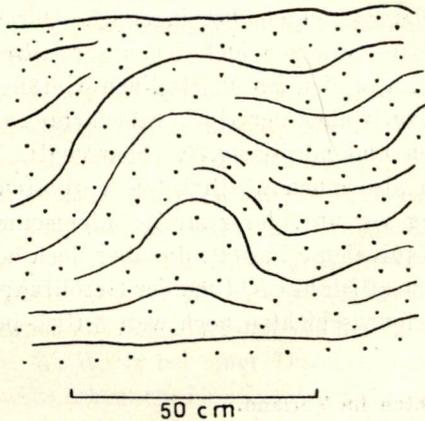


Fig. 4.

In der Regel erscheint kräftige Deltaschichtung. Außerdem hat man hier die gleichen Anzeichen für Rutschungen des Sediments während der Ablagerung, wie sie bereits von den Sandsteinen der Hochgratschichten S. 59 angeführt wurden. Fig. 4 läßt deutlich

erkennen, daß die starken Wellungen weder von der Unterlage noch vom Hangenden, in das sie allmählich übergehen, mitgemacht werden. Die Schichtbänke sind dünnplattig, stark schalig gebogen, oft wirr schräg geschichtet; mitunter finden sich Wülste auf den Schichtflächen, gerollte Ton- und Mergelstücke von umlagertem Sediment, bezw. Hohlräume von solchen bereits ausgewitterten Geröllen. Mit kohligem Pflanzenresten zusammen kommen (zum Beispiel jenseits der Iller östlich Stein) Pyritüberzüge vor.

Das Verschwinden der Sandsteinrippen östlich gegen das waldreiche Großholz-Plateau zu hängt nicht nur mit der Ungunst der dortigen Aufschlußverhältnisse zusammen, sondern auch mit einem ziemlich raschen primären Auskeilen. Es wiederholt sich dieses ja auch in ähnlicher Weise weiter südlich in der Horndecke (östlich Hub, Dachseck), so daß dadurch für größere Gebiete und längere Zeiten eine aus SW. kommende Stromrichtung angedeutet wird.

Nicht selten ist ein Übergang der Sandsteine in klein- bis mittelkörnige Nagelfluh.

Der WNW. streichende Rücken zug östlich Untereinharz zeigt wie eine überwiegend aus Sandstein bestehende Bank (20 m) auf 3 m im Hangenden und 4 m im Liegenden in solches Konglomerat übergeht. Am SO.-Knick des kleinen Tobels im NW.-Eck des Blattes streicht unter Mergel und einigen Metern Sandstein 3 m mittel- bis grobkörnige, typische rote Nagelfluh aus, darunter 5 m Sandstein. Ähnlich sind die beiden Sandsteinzüge, die von P. 835 und etwas südlicher gegen WSW. herabstreichen, begleitet von 1 bezw. 2 m klein- bis mittelkörniger roter Nagelfluh (mit weißen Quarzkieseln; senkrecht). Auch nordnordöstlich Obereinharz wird der Sandstein von dünner Nagelfluh begleitet. Diese Konglomerate wiederholen etwa jene in den Hochgratschichten und haben als jeweils besonders weit ins Vorland gedrungene Schotterlagen zu gelten.

Auch ohne sichtbaren Übergang in Sandstein ziehen einige klein- bis mittelkörnige Nagelfluhplatten von wenigen Metern Mächtigkeit und mit weißen Quarzkieseln durch die Mergel.

Die immer zutage tretende Quarzkieselführung in den kleiner gerölligen, peripheren Schotterausstrahlungen ist offenbar durch die besondere Widerstandsfähigkeit des Quarzes gegen Abrollung bedingt. Je länger der Transport, desto mehr mußten sich natur-

gemäß die widerstandsfähigsten Gerölle relativ ansammeln. Quarzkiesel fehlen auch in den größeren Nagelfluhen nicht, sind jedoch hier viel seltener (noch „verdünnt“). Es braucht kein anderes Einzugsgebiet angenommen werden. (Prinzip der Restschotter.)

Fragen wir nach dem südlichen Einzugsgebiet unserer klastischen Bestandteile der Teufelslochsichten des Vorlandes, so ist wohl sicher, daß in größerer Alpennähe sich einst auch sie aus größeren Schottern entwickelt haben. Man wird zunächst an die den Teufelslochsichten an der Bregenzer Ach eingeschalteten Nagelfluhbänke zu denken haben. Diese Gesichtspunkte werden jedoch erst im größeren Zusammenhang (Allgäuforschungen III) zu erläutern sein.

Bunte Mergelfolgen mit Sandsteinbänken sind sowohl in der Allgäuer Vorlandmolasse wie auch in jener der Schweiz außerordentlich verbreitet, und zwar überwiegend in den Kernen der Sattelzüge. Bis zum Gegenbeweis durch Fossilfunde halten wir die meisten für annähernde, örtlich wohl auch tiefer reichende Äquivalente unserer Teufelslochsichten.

#### 4. Quartär.

Eine große Schichtlücke trennt die jüngsten Molasseablagerungen, die noch durchaus zum Felsgerüst des Unterbaues gehören, von jener lockeren Hülldecke, welche nach starker Reliefbildung im Quartär die Gletscher und Gewässer der diluvialen Eiszeit, die Abwitterungen, Schuttbewegungen und Flußläufe der Alluvialzeit über die flacheren Gebietsteile, an die Berglehnen und in die tief eingesenkten Talsohlen gelagert haben. Wir betrachten zunächst zeitlich die einzelnen Wirkungen und versuchen sie dann bei Betrachtung der Oberflächenformen zu einheitlichem Bild zusammenzufügen.

#### Diluvium.

Starker Rückgang der Temperaturen verbunden mit Zunahme der Niederschläge einerseits, nicht unbeträchtliche Beweglichkeit der Erdkruste andererseits sind die Ursachen für eine sehr energische Umformung der Oberflächen und für eine in den Senken und im Vorland ungewöhnlich gesteigerte Ablagerung von überwiegend steinig-kiesigem Schutt besonderer Prägung in diluvialer Zeit. Die Überlegungen für die Deutung dieser Vorgänge, die man

anfänglich allzusehr auf alleiniges Konto der Klimaverschlechterung eingestellt hatte, erscheinen umso schwieriger als sich der Faktor „Bodenbewegungen“ immer mehr als ein nach Raum und Zeit sehr wechselnder erweist, der in langen Zeiten scheinbar völlig zurücktritt.

Blatt Immenstadt wird von tiefen und breiten Senken durchzogen, auf denen sich im Diluvium gewaltige Eismassen von den höheren Firnregionen des Südens, ihrem Nährgebiet, her hinaus in das Vorland schoben. Die vom Eis namentlich in den randlichen, bergnahen und in den tieferen, basaleren Partien mitgeschleppten erratischen Gesteinsstücke geben uns Aufschluß sowohl über die Mindesthöhe der maximalen Übereisung als auch über die Verteilung der hauptsächlichsten Eisströme.

Es handelt sich zunächst um den großen Illergletscher, dessen Nährgebiet in der Hauptsache am Allgäuer Hauptkamm liegt, und dessen Moränen daher durch die große Menge der ostalpinen Trias-Jura-Geschiebe gekennzeichnet sind. Weder aus dem östlich benachbarten Bereich des Lechgletschers noch aus jenem des mächtigen Rheingletschers im W. gelangten wesentliche Eisströme in unser Gebiet. Gegen das Lechgebiet zu erheben sich hohe, trennende Bergkämme, die nur in dem Schrofenaß im S. ein Überfließen nach N. erlaubten. Die durch zentralalpine Geschiebe gekennzeichneten Eismassen des Rheingletschers traten aber auch nicht herein, trotzdem zahlreiche niedere Pässe im SW. und W. das erlaubt hätten.

Die Verteilung der Geschiebe zeigt ganz klar, daß unsere Berge westlich der Iller weder vom Illergletscher noch vom Rheingletscher überflutet wurden, sondern daß sie ein eigenes Vereisungsgebiet darstellten. Dort gibt es nur Lokalmoräne. Die kristallinen Geschiebe des Rheingletschers gehen nach O. nicht wesentlich über das eigenartig gestaltete Becken von Hittisau und die ebenso eigenartigen Talverhältnisse bei Oberstaufen hinaus. Die Berge westlich der Iller nach N. bis zum Alpsee waren hoch und ausgedehnt genug, um bei den auch heute noch sehr starken Niederschlägen (Balderschwang—„bayer. Sibirien“) in den Vereisungszeiten ein eigenes Firngebiet zu besitzen und dem Rhein- und Illergletscher durch die verschiedenen größeren Täler eigene Lokalgletscher mit Lokalmoränen entgegen zu schicken. Während so der Rheingletscher nur die westlichen, tieferen Teile des Bre-

genzer Waldes überfluten konnte, war es dem Illergletscher nicht einmal möglich in die westlichen Seitentäler merklich einzudringen: Nirgends hat sich bisher, vom Talgletscher der Breitach im S. bis zum Alpee im N., erratices Triasgeschiebe eines etwa eingedrungenen Illergletschers in den Tälern oder an den Gehängen der Flysch- und Molasseberge auffinden lassen.

Eine direkte Verbindung zwischen Rhein- und Illergletscher ist wohl erst in der tiefen Längstalfurche der Konstanzer Ach zwischen Oberstaufen und Immenstadt erfolgt, doch bleibt die Geschiebeverteilung hier noch näher zu klären.

Für Blatt Immenstadt ergibt sich eine Zweigliederung des Diluviums:

1. das Gebiet der westlichen Lokalvereisung,
2. das Gebiet des Illergletschers.

### **1. Die Lokalvereisung westlich der Iller.**

In dem westlich der Iller und südlich des Alpees gelegenen Raum kann man die Moränen, weil sie zusammengesetzt sind aus den örtlich anstehenden Gesteinen und fremder Komponenten entbehren, bei schlechten Aufschlüssen oft kaum von Gehängeschutt abtrennen. Bei der Kartierung wurde überall dort noch „Molasse“ verzeichnet, wo deren Relieftypus unter der Bedeckung durchschimmert. Dadurch mag manche dünne Moränendecke unterdrückt worden sein.

Die höchste Höhe, bis zu der sichere Moränen kartiert werden konnten, liegt bei 1360 m NN. (südlich Immenstädter Horn, westlich „Auf der Alp“), an der Steinebergkette bei etwa 1340 m (am Bärenkopf nordwestlich Gunzesried; südlich am Ettensberg), bei 1270 m NN. nördlich am Ettensberg an der Schwandener Alm. Nahe westlich des Blattrandes liegt Moräne noch über dem vom Eis überschrittenen Paß der Mittelbergalpe zwischen Steigbach- und Weißachtal (Blatt Rindalphorn) auf 1370 m NN., um sich von da in die Kare des Stuiben-Nordgehänges als junge Lokalmoräne noch bis 1500 m NN. empor zu ziehen.

Die höchsten Kämme der Molassealpen ragten offenbar als teilweise verfirnte Felsrippen von 100—200 m Höhe durch lange Zeit aus der sich von ihnen niedersenkenden Firnregion heraus, deren allgemeines Höchstniveau wir für unser Gebiet auf 1400 bis 1500 m NN. zu veranschlagen haben. Wenig tiefer und wenig

entfernt von den Kämmen begann bereits die zunehmende Beweglichkeit des vereisenden Firns, so daß in dem Maße als die Höhen neue Schneemassen erhielten auch ein langsames Abfließen des Eises entlang der Haupttäler von innen nach außen anzunehmen ist.

Nach den Abdachungsverhältnissen fällt das gesamte Berggebiet mit Lokalvereisung auf unserem Blatt in den dem Illertal zustrebenden Eisstrombereich. Eine allgemeine SW.-NO.-Strömung des basalen Eises parallel den heutigen Tälern und entsprechend deren heutigem Gefälle ergibt sich auch daraus, daß die Moränen der südlichen Flyschberge mit ihren ganz abweichenden Gesteinen ihrer Verbreitung nach scharf getrennt sind von den Moränen der Molasseberge im N. Die breite Talfurche des Gunzesrieder Aubachs trennt beide Fazies durchaus reinlich voneinander.

Die zu den südlichen Flyschbergen aufsteigenden Molasse- und Flyschgehänge sind von viel Flyschsandsteinmoräne bedeckt, ebenso die O.-Abdachung des Hüttenberges. Es kann aber bei einem so beweglichen Gehänge, wie es die Flyschmergel zeigen, in sehr vielen Fällen und auf großen, unaufgeschlossenen Flächen durch Beobachtung der Lesestücke bei der Kartierung nicht festgestellt werden, ob es sich nun wirklich immer um Moräne oder nur um Flyschwanderschutt, bzw. um wenig gewanderte Gehängebildungen handelt. Das bringt notwendig bedeutende Unsicherheit. Wahrscheinlich wurde die Moränenbedeckung hier etwas übertrieben. Im allgemeinen ist die Moräne wohl lehmiger als der Flyschschutt. Glazialschrammung fehlt bei den Sandsteinen oft auch in der Moräne. Der aufschlußlose Rücken südlich Westerhofen zeigt neben überwiegend Flyschsandsteinstücken (teilweise Blöcke) auch andere Gesteine und ist wohl sicher von Moräne bedeckt.

Am Ausgang des Ostertals stoßen diluviale, Flyschsandsteinreiche Ablagerungen, deren flachrundbucklige Oberfläche im Rehmahd-Moos Torf trägt, bis zum Aubach vor. Es ist überwiegend Moräne, jedoch hat man außerdem östlich der Säge mit einer fluvioglazialen Schotterterrasse zu rechnen, deren bedeutendes Alter sich aus der kräftigen Oberflächenverlehmung ergibt. Gleich westlich der Säge stehen an der Straße dagegen Molassemoränen mit Nagelfluh, blauen Kalken und ohne jene Flyschsandsteine an. Über 1000 m NN. zeigen die Gehänge am Ostertalausgang durchweg Flyschsandsteine mit ihrer rostigen Ver-

witterungsfarbe: es handelt sich offenbar um die Ablagerungen eines aus dem bedeutenden Ostertal von S. heranstrebenden Ostertal-Teilgletschers.

Im Molassegebiet nördlich des Aubaches ist die Moränenbedeckung wenig bedeutend; es liegt hier überwiegend Abtragungsgebiet. Wohl erst aus jener Zeit stammen Reste, als mit dem zunehmenden letzten Eistrückgang auch die Akkumulationsräume der klein gewordenen Gletscher sich auf die Berge zurückgezogen hatten. Sieht man daher von den noch zu erwähnenden Moränen tiefer Lage (bis 1000 m empor) in den Furchen des Steigbachs und Aubachs ab, so sind es nur wenige, in bedeutender Höhe den Gehängen angeklebte Moränenreste, die ihrer Höhenlage nach wohl auf das Gschnitzstadium zu beziehen sind. Sie stehen in Zusammenhang mit mehr oder weniger deutlichen Karbildungen.

Kare. Die den Molasseketten zumeist in die steilen Nordgehänge und in verschiedenen Höhen eingemeißelten Zirkusformen der Kare sind weiter westlich ausgezeichnet entwickelt. An das Gundkar nordnordöstlich vom Stuiben mit seinem doppelten Boden (auf 1490 bzw. 1460 m NN.) schließt sich, getrennt durch steile Abfälle, ein ausgezeichneter Karboden in 1350 m NN., der mit weiteren Verebnungen (Seifenmoosalp 1356, Paßhöhe der Mittelbergalpe 1369) annähernd korrespondiert und mit einem kleineren östlichen Teil als Hintere Krumbachalpe 1365 m südlich Almagmach noch in unser Blatt hereinragt. Die zugehörige Moräne und der tiefzerschnittene Karriegel liegt noch auf Blatt Rindalphorn. Vielleicht sind die Blöcke des Kopfes zwischen 1300 und 1340 m NN. am Blattrand glazial verfrachtet.

Weiter nach Osten verwischen sich die Karformen stark. Sie sind noch, mit einigen Moränenresten, bei der Krumbachalpe (Südexposition) erhalten. Moränen liegen dann noch südlich und nordöstlich am Ettensberg, doch spielt bei den tieferen Teilen der zwischen 1010 und 1250 m NN. verteilten, teilweise mächtigen Moräne der Schwandener Alp schon der Illergletscher eine Rolle.

In der Hornkette greift eine auffallend ausgeprägte Wanne breit zwischen Immenstädter und Gschwender Horn ein. Ihr bei der Kesselalpe auf 1220 m NN. gesenkter Boden steigt allmählich zum Paß „Auf der Alpe“ auf (1321), jenseits dessen Moränenreste zwischen 1290 und 1350 m Höhe erhalten geblieben sind.

### Das Tal des Gunzesrieder Aubachs.

Eine längere Geschichte als aus der Oberfläche der nach der Vereisung noch beträchtlich abgetragenen Höhen ist aus den beiden Hauptfurchen des Aubachs und des Steigbachs abzulesen. Beide wurden bereits jungtertiär angelegt durch eine Erosion, welche infolge der Gesteinszertrümmerung zwischen den die Täler begrenzenden Deckschuppen vorauseilen konnte. Wiederholte Exaration und fluvioglaziale oder nur fluviatile Eingrabung schufen den weiten Talboden des Gunzesrieder Aubaches, so daß sich die Moränen der letzten großen Vereisung und deren Schmelzwasser-Schotter bereits annähernd in eine der heutigen sehr ähnliche Talform einlagern konnten.

Zwischen einem noch auf Blatt Rindalphorn östlich P. 972,9 durchziehenden, schmalen, rotlehmmigen Endmoränenwall und der mächtigen Moräne, die unterhalb auf Blatt Immenstadt bei P. 955,8 beginnt, war das Tal deutlich längere Zeit gestaut. Hierauf macht die bedeutende Sohlenverschüttung des ebenen Talbodens aufmerksam, welche unterhalb fehlt. Es handelt sich wohl um einen durch die Mündung des Ostertalglachers bedingten Stau, der auch die Moränenhäufung und die plötzliche, breit trompetenartige Erweiterung dieses Tales zur Folge hatte, die hier vorliegt.

Von der Stelle des Staues bei 955,8 ab zeigt das Tal zwei Talböden, deren Niveaus sich bis Blaichach immer mehr voneinander entfernen: Der Aubach von heute schneidet sich immer tiefer in ein älteres Talniveau ein, gegen das er „übertieft“ ist, und welches sowohl als mehr oder weniger regelmäßige Erosionsterrasse wie auch als Aufschotterungsterrasse erscheint. Der ältere Talboden war bereits am Ende der letzten Eiszeit fertig, diluvialer Schotter und Moräne sind auf ihn niedergelegt.

Bis zur Nagelfluhschwelle am Ausgang des Davidobels „im Winkel“ hat sich die heutige Talsohle gegenüber der alten Terrassenfläche (920 m NN.) bereits um 15 m vertieft. Von dem Ort Gunzesried liegen die höheren Häuser und die Kirche auf der oberen Terrassenfläche bei 890 m, jedoch nur noch 10—12 m über dem unteren Talboden; denn durch die nur langsam durchsägbare nächste Nagelfluhschwelle bei P. 895,2 ist im heutigen Tal eine breite Schuttsohle aufgestaut, die hier rund 20 m unter der alten Verebnungsterrasse (890 m) liegt. Letztere breitet sich nun nordöstlich aus, ist jedoch gegen die Iller zu abgeschürft durch den Iller-

gletscher, während sich westlich vom Aubach der Talboden noch an einigen Resten weiter nördlich erkennen läßt. Rasch und bis über 80 m tief hat sich gegen ihn in verschiedenen Klammen, namentlich der Schwarzenbachklamm oberhalb Blaichach, das heutige Tal vertieft, um die Illerniederung gleichsohlig zu erreichen.

#### Das Steigbachtal

zeigt eine ganz übereinstimmende Geschichte, doch beginnt hier, in dem kürzeren Tal, die Übertiefung erst ein kurzes Stück oberhalb der Fahrbrücke über den Bach. 50 m unterhalb davon setzt bei 895 m NN. die sich rasch vertiefende Steigbachklamm ein, während das Gelände der Hochriedalm, auf dem die Moräne bis 885 m NN. an die Klamm heranreicht, den alten Talboden fortsetzt.

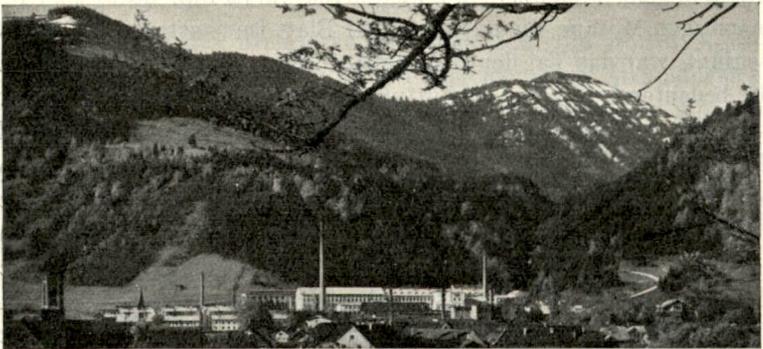


Fig. 5

zeigt die Übertiefung des Steigbachtals bei der Spinnerei Immenstadt. Rückwärts der gestreifte Steineberg (Hochgratschichten), vorn Steigbachschichten.

Das allgemeine Mündungsniveau dieses alten Talbodens liegt mit etwa 900 m auf annähernd gleicher Höhe wie die letzten, untersten Terrassenreste und Schotterablagerungen (östlich Gunzesried und nördlich Reute), welche noch auf den alten Talboden des Gunzesrieder Aubachtals bezogen werden können. Die Illertalsohle die an diesen Stellen 720 bzw. 730 m tief liegt, ist also gegenüber diesen Stufenmündungen um rund 170 m übertieft (Fig 5). Der gleichen Übertiefung verdankt auch die von dem südlichen Nachbarblatt Fischen nur mit ihrem untersten Teil hereinragende Klamm im Flysch unterhalb Ofterschwang (s. Bettenried) ihre Entstehung.

## 2. Der Illergletscher auf Blatt Immenstadt.

Die Ausdehnung des Haupttalgletschers, dessen Wirksamkeit GÜMBEL noch kaum anerkennen wollte, ist wegen der kalkalpinen Moränengeschiebe, die er in das Kreide/Flyschgebiet mitgebracht hat, bei der Kartierung nicht schwer zu erkennen. Dieser Gletscher muß sich zu bedeutender Eismächtigkeit gehäuft haben, denn GÜMBEL (Geologie von Bayern II, S. 321) kennt Moränen aus 1400 m Höhe am Imberger Tobel, und am Grünten hat J. MÜLLER<sup>1)</sup> unterhalb des Grüntenhauses noch in 1450 m NN. Erratica gefunden; in der Imberger Gegend liegt Moräne 1500 m hoch. Damit steigt die Maximalmächtigkeit in der Mitte des Tales (Talsohle etwa 730 m NN.) auf über 700 m, wenn wir die nachglaziale Talaufschüttung noch abrechnen in der Burgberger Gegend auf vielleicht 800 m. Die Eisstrombreite kann auf etwa 6 km gegenüber 2 km der heutigen Talsohlenbreite veranschlagt werden. Wenigstens gelten diese Zahlen dann, wenn nachträglich hier keine bedeutenderen Niveauänderungen mehr eingetreten sind.

Zur Zeit solcher Eishochflut griff auch das Eis südlich vom Grünten weit nach O. über den Sybelepaß zwischen den beiden Starzlachbächen hinüber in die Wertacher Gegend, und über das Oberjoch war eine Verbindung mit dem Lechgletscher im Vilstal gegeben, wenn auch die Hauptmasse des Eises im Hintersteiner und Retterschwanger Tal (wie die NW.- und OW.-Eisschrammung dort im Ostrachtal zeigt: MÜLLER, S. 61) dem Illergletscher zuströmten. Doch scheint ein großer Teil dieses Zustroms im Starzlachtal gegen NO. hin abgelenkt worden zu sein.

Es ist dies einem Anstau zu verdanken, dessen Reste wir auch heute noch im Illertal sehen. Der Stock des Grünten schiebt gegen SW. einen energischen, widerstandsfähigen Felsrücken aus helvetischer Kreide vor (Schanze) und ihm entgegen aus W. stößt die kräftige, nagelfluhreiche Rippe, welche der Eттensberg gegen Blaichach vorschickt. Ich möchte es nicht für zweifelhaft halten, daß sowohl das nördliche Ende der Illerterrasse (Blatt Fischen) in dem breiten Becken von Sonthofen wie auch die Ablenkung des Eises auf der Südseite des Grünten gegen NO. zum großen Teil dieser erst allmählich durchschneidbaren Schwelle zu danken ist. Auch das Auftauchen der verschiedenen, nicht allzu schwer abtrag-

<sup>1)</sup> Jahrb. Preuß. Geol. Landesanstalt f. 1917, 38, I.

baren Sandstein-Mergelrücken unmittelbar nördlich davon (nördlich Blaichach und bei Agathazell; hier ausgeprägt eine flachere Luv- und steilere Leeseite infolge Exaration, erleichtert durch das südliche Schichtfallen) ist offenbar eine Schutzwirkung dieser härteren Schwelle, die vielleicht auch heute noch nur unter einem dünnen Überzug von Illeralluvionen durchzieht. Von dem kompakten Hauptflyschsandstein oder dem harten Senongrünsandstein und Eozänkalk südlich von unserer Schwelle ist — trotzdem das widerstandsfähigere Gesteine sind — über dem Illerniveau nichts mehr übrig geblieben.

Daß sich an günstigen, im Stoßschatten gelegenen Stellen dem Illergletscher auch von Osten her Eis mit Lokalmoräne anschließen konnte, zeigt sich schon an den Moränen nördlich Agathazell, die vorwiegend teils aus helvetischer Kreide, teils Sandstein von Flysch oder Molasse bestehen (auf  $\frac{3}{4}$  m lehmig braun verwittert), und welche eine Lokalmoräne vom Nordgehänge des Grünten, also aus östlicher Richtung darstellt, während ein Eisstrom südlich des Grünten nach NO. abging. Vielleicht sind aber beide Stromrichtungen nicht gleichzeitig und entstammt die Moräne nördlich Agathazell einem allerletzten Vereisungsstadium. Das ist auch deshalb wahrscheinlich, weil wir für die Zeit maximaler Eisbedeckung von Agathazell im allgemeinen wohl eine nordöstliche Stromrichtung über die Rettenberger Senke hatten.

Bei einer Eisoberkante von etwa 1450 m Höhe tritt der Illergletscher aus seinem von Oberstdorf ab benützten Quertal aus in das von nur wenigen bedeutenderen Höhen durchzogene Vorland. Die Eismasse breitete sich stark aus und ihre Oberfläche wird sich, weil die basalen Reibungswiderstände geringer wurden, die Beengung in der seitlichen Ausdehnung mehr zurücktrat, hier ziemlich rasch flexurartig gesenkt haben. Aber die Teilströmung in der Tiefe wurde offenbar auch hier noch von dem Basalrelief dirigiert.

Als ein zunächst geschlossener Wall von über 100 m relativer Erhebung stemmten sich dem Eis der Greggenhofen-Falkenstein-Rottachbergzug sowie der breite Nagelfluhrücken nördlich Immenstadt entgegen. Die tieferen, moränenreicheren Eispartien wichen aus und schoben sich teils westnordwestlich zum Alpsee weiter, teils nach genügendem Anstau nordöstlich in die Rettenberger Senke. Der Haupteisstoß wurde gegen den Riegel zwischen Rauhen-

zell und Greggenhofen geführt, so daß auch hier die Abtragung besonders voraneilte.

Dort, wo der Rettenberger Eisstrom von dem gerade über Untermaiselstein gerichteten abzweigte, liegt im toten Winkel bezeichnenderweise der einzige, wohl unbedenklich als moränenbedeckter Os-Zug anzusprechende Rücken südlich Greggenhofen (über 1 km lang, etwas über 200 m breit).

Das stark vom Eise abgetragene Schwellengebiet im N. zeigt nur wenig Moränen (bei Einharz). Öfter sieht man eine sehr vollständige Abräumung der Nagelfluhplatten (Beseitigung von Mergelbelag) durch den Gletscher wie etwa nördlich Laubenegg. Die Rettenberger Senke, in welcher wegen des Reliefanstieges viel basales Eis, daher auch reichlich Moräne angesammelt werden mußte, bevor hangendere Eisteile über die Höhe gelangen konnten, wurde dagegen mit viel mehr Diluvium eingedeckt. Daher verschwindet hier das Molasserippen-Relief teils durch Zuschüttung, teils durch Exaration. Es tritt echte, als „Geschiebemergel“ zu bezeichnende Grundmoräne (unter P. 844 nordöstlich Rettenberg) auf, aber auch Kiesmoräne mit gekritzten Geschieben und größeren Blöcken (Kiesgrube hart jenseits des Blattrandes). Bei 960 m NN. nördlich Steph. Rettenberg liegen auf der Wiese über 150 m<sup>2</sup> weit verstreut bis  $\frac{3}{4}$  cbm große, eckige Blöcke von einem grauen Kalk (Trias). Es handelt sich wohl um einige erst zuletzt beim Eistransport zerfallene, sehr große Erratica (Geschiebenest).

#### **Interglazial von Imberg-Sonthofen.**

Das wellige Plateau südöstlich Sonthofen zeigt folgende Einzelheiten: Die allgemeine Decke bildet typische Illermoräne mit geschrammten Geschieben und Blöcken. Sie ist am Sonthofener Kalvarienberg<sup>1)</sup> da und dort etwas verkittet und hängt ohne Unterbrechung mit jener mächtigen und groben Moräne zusammen, die sich an den Gehängen des Löwenbaches wenig weiter östlich auf dem Flysch hoch über Imberg emporzieht (Blatt Hinterstein). Aufschlüsse dieser Moräne liegen südwestlich bei Binswangen, gegenüber dem Stauteich östlich Sonthofen und am Steilgehänge des Schwarzenbachtals.

<sup>1)</sup> Dieses Vorkommen hielt C. W. v. GÜMBEL (Geol. v. Bayern, II, S. 319) für vorglazial.

Am genannten Stauteich (770 m NN.) und am unteren Schwarzenbachtal, sowie an einem auffällig glattflächigen Höhenrand an der Straße Altstätten-Sonthofen erscheinen (10—12 m über der Talsohle) unter der Moränendecke immer wieder Schotter, die mehr oder weniger vollständig zu Nagelfluh verkittet sind, etwa vom Typus dessen, was man gewohnt ist Hochterrassenschotter zu nennen. Am „a“ von „Schwarzen B.“ der Karte zeigt sich östlich geneigte Schrägschichtung. Zentralalpine Gerölle fehlen wohl; die Kalkgerölle werden bis über kopfgroß. Die Ablagerung ist unregelmäßig, doch zeigt sie immer deutlich Schichtung und öfter eingelagerten Feinsand. Größere solche Lagen von feinem, schwach tonigem, grauem Feinsand, der Wasser trägt und gelegentlich kleine Kalkgerölle führt, liegen bis einige Meter mächtig auf 775—785 m NN. (6—15 m über der Talsohle) an den Hängen des Schwarzenbachs und zwar hier unmittelbar unter Moräne. Diese Feinsande bilden vielfach eine sanfte Gehängestufe, weil sie kompakt zusammenhalten, und einen sehr ausgeprägten Horizont kalkreicher Quellen, die ihren Kalkgehalt als schöne weiße Kalktufftapeten über die Steilstufe ausgebreitet haben. Bei 800 m NN. zeigt das Westgehänge des Schwarzenbachs westlich Hofen (Blatt Fischen) inmitten von Ton eine graue Lignitkohle von 20 cm Mächtigkeit (J. KNAUER, S. 51).<sup>1)</sup>

Genau die gleichen Feinsande mit allen Einzelheiten, genau dieselben Nagelfluhen, nur teilweise mehr verkittet („Deckenschotter“-artiger) kehren unter der gleichen sich nach O. emporziehenden Moräne in dem bekannten Löwenbachaufschluß oberhalb Imberg („Imberger Tobel“) wieder. Sie schließen dort ein nicht unbedeutendes Flöz von Diluvialkohle ein und liegen wesentlich höher: die Oberkante des Fluvioglazials (bei A. PENCK<sup>2)</sup> „Bachschotter“) unter der (oberen) Moräne liegt auf 950—980 m NN., die Unterkante über der Liegendmoräne auf 920—940 m NN., während die Nagelfluh- bzw. Feinsandoberkante bei Sonthofen 770, im Schwarzenbach 775—800 m Höhe hat.

Wegen des Übergangs der Imberger in die Sonthofener Ab-

<sup>1)</sup> In „Die mineralischen Rohstoffe Bayerns und ihre Wirtschaft“, herausgegeben v. Bayer. Oberbergamt München I, 1922.

<sup>2)</sup> A. PENCK, „Ablagerungen und Schichtstörungen der letzten Inter-glazialzeit in den nördlichen Alpen“ und Ber. Preuß. Ak. d. Wiss., math.-phys. Kl. 20 (1922), S. 214f.

lagerungen können wir hier eine kurze Besprechung der ersteren auf Blatt Hinterstein und Fischen nicht umgehen. Wir geben eine Skizze der im August 1924 im Imberger Tobel an der Mündung des Kiendelsbaches in den Löwenbach vorhandenen Aufschlüsse.<sup>1)</sup>

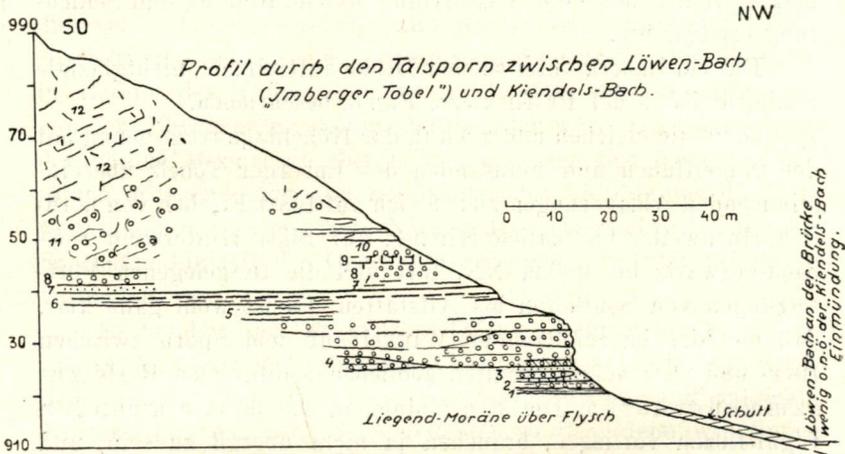


Fig. 6.

Profil durch den Talsporn zwischen Löwenbach und Kiendelsbach („Imberger Tobel“).

- 1) Fetter, bräunlich anwitt. Mergel 0,8 m aufgeschlossen, nach J. KNAUER 5–7 m auf Liegendmoräne.
- 2) Vorwiegend mittelkörniger Schotter 1 m.
- 3) Wechsel von grauem, lettigen Sand mit (besonders unten) fettem Mergel 2,5 m, eingelagert auskeilender Schotter 1 m.
- 4) Über 7 m (n. KNAUER 8–10 m) graue Nagelfluh mit Illertalgeröllen.
- 5) Letten etwa 2,5 m.
- 6) Wechsel von Ton und Kohlelagen bis 2,5 m.
- 7) Grauer Feinsand bis 2 m.
- 7' nach GÜMBEL: Ton.
- 8) Nagelfluhe 2 m, n. KNAUER bis 4 m.
- 8' n. GÜMBEL: Nagelfluhe.
- 9) Sandig-lettige Lignitkohle bis 1,5 m (n. GÜMBEL).
- 10) Nagelfluhe bis 2 m (n. GÜMBEL).
- 11) Grober lockerer Schotter, wenig aufgeschlossen, übergehend in 12) grobe, schotterige Moräne (Würmeiszeit).

Geht man an der rechten Tobelseite auf dem Fahrweg süd-südöstlich Imberg aufwärts, so kommt man bei 980 m Höhe an einen verrutschten Moränen-Steilhang. Die Hangendmoräne ist hier über 20 m aufgeschlossen und besteht aus teilweise recht großen Blöcken. Oben örtlich Verkittung der ziemlich ausgesprochenen Kiesmoräne mit schwach angedeuteter Schichtung, gegen unten allmählicher Übergang in besser geschichtete, nicht mehr wie oben graue, sondern bräunliche Schotterlagen. Partien von gleichkörnigem, jedoch jeweils verschieden grobem Blockmaterial sieht man in der Mitte und unten durchgehen. Es macht den Eindruck als ob die Schmelzwässer beim Eisvorstoß zuerst die bräun-

<sup>1)</sup> J. KNAUER gibt a. a. O., S. 43/51 Beobachtungen vom Frühjahr 1921.

lich verwitterten Gehängebildungen im Tal zusammengetragen hätten, über die sich dann das Eis mit einer in zunehmendem Maße aus chemisch nicht verwittertem, also grauem Gestein bestehenden Moräne lagerte. Doch blieb in der Talsenke auch subglazial wohl immer eine Wasserrinne, welche Rollung und Schichtung ermöglichte.

Das bei Imberg unter solcher Decke auftretende, nichtglaziale Sediment ist in der Profilskizze, Fig. 6, beschrieben.

Ganz die gleichen und auch in der Höhenlage recht genau mit den Nagelfluhen und Feinsanden des Imberger Tobels übereinstimmenden Ablagerungen ziehen sich auf Blatt Fischen von nördlich Hochweiler bis östlich Hinang, auf Blatt Hinterstein Leybach-aufwärts bis 990 m NN. fort und die tiefgelegenen Fortsetzungen von Sonthofen bis Altstätten. Es ist wohl ganz klar, daß die hier im schützenden Winkel auf dem Sporn zwischen Iller- und Osterachtal erhalten gebliebenen diluvialen Reste zusammengehören. Die Moorbildungen, wie sie in den unreinen Lignitflözen vorliegen, brauchen ja nicht überall zu sein, und etwas verschiedener Verwitterungsgrad gleichalter, jedoch verschieden hoch gelegener Schotter ist nicht auffällig.

Wieweit diese Sedimente auf Bildung in größerem Wasserbecken zu beziehen sind, fragt sich. Soweit man jetzt sehen kann, dürfte, namentlich nach den Verhältnissen bei Hinang, eine tiefere, überwiegend lettig-sandige Abteilung von einer höheren, überwiegend schottrigen zu unterscheiden sein. Damit hätten wir analog zu dem von A. PENCK für Inn-, Isar-, Loisach-, Glatt- und Linthtal Festgestellten auch hier eine untere See-Ablagerung („Sonthofener See“) und eine höhere Flußbildung vor uns: die fortschreitende Zufüllung eines großen Beckens. Die Ursache für die Anhäufung dieser Sedimente sehen wir mit A. PENCK in einer tektonischen Einsenkung. Sie ist interglazial.

Wenn nach der paläophytologischen Untersuchung der Imberger Kohlenflora J. SCHUSTER<sup>1)</sup> die Kohle für interglazial hält

<sup>1)</sup> „Paläobotan. Notizen aus Bayern.“ Ber. Bayer. Bot. Ges. 12, 1909, S. 17—19. Es ist keineswegs nötig, daß eine zwischeneiszeitliche Flora oder Ablagerung immer Anzeichen warmen Klimas enthält. Wegen der anzunehmenden langen Übergangszeiten vom glazialen zum warmen und (etwas kürzeren) davon wieder zum kalten Klima ist sogar wahrscheinlicher, daß aus solchen Zeiten Reste erhalten sind. Mit vollständigen Profilen werden

(mit Fichte, Kiefer, Haselnuß, Chara, Rosellinites), so müssen wir auch die tiefliegenden Feinsande und Nagelfluhen für wenigstens teilweise interglazial, offenbar letztinterglazial halten, mögen sie auch rund 200 m tiefer liegen.

Diese tiefere Lage können wir hier nicht wohl, wie A. PENCK dies tut, auf eine gewaltige, alle heutige und damalige Taltiefe zuschüttende Schlick- und Schottermasse zurückführen, die dann im Bereich des Haupttals später wieder fast völlig beseitigt und von der Würmmoräne austapeziert worden wäre. Dagegen spricht der völlige Mangel an ebenso hochliegenden See- oder Flußab-sätzen in irgendeinem anderen Winkel des Illertals und die Notwendigkeit das ausgedehnte Niveau der Illertal-terrasse bis Sonthofen hin mit der Oberkante des Imberger Interglazials zu verbinden.

Es handelt sich im ganzen Talzug offenbar um ein einziges Niveau diluvialer Ablagerungen, das nachträglich verstellt wurde. Dies kann aber nicht etwa durch allmähliches Niederbiegen des NW.-Teils gedeutet werden, denn wir finden kein Emporziehen des tieferen oder Herabgehen des höheren Niveaus. Es muß eine Störung angenommen werden, deren wahrscheinlicher Charakter nach Erörterung der Flyschtektonik auf Blatt Fischen klar wird. Hier sei nur angefügt, daß auch bei Imberg selbst die Schieferkohle keineswegs überall ungestört wagrecht liegt, und daß sie sogar gegen N. zu plötzlich an wahrscheinlich 50—60° nordfallender Nagelfluh abstößt, was J. KNAUER (a. a. O. S. 50) auf spätere Erosion (so starke Primärneigung!?), was wir auf Schichtstörung zurückführen möchten.

Von besonderem Interesse ist in diesem Zusammenhang die Übereinstimmung des Sonthofener Interglazialniveaus mit jenem der großen, vielgestaltigen Illerterrasse, deren nördlichstes Ende der Höhenlage nach ja in dem breiten Sonthofener Rücken vorliegt. Es wird wahrscheinlich, daß diese große Terrassen-vereinbarung im Süden schon gegen Ende der letzten Interglazialzeit annähernd als solche bestand. Wenn

---

wir nur in seltenen Fällen zu rechnen haben. Übrigens wird das Gebirge eine ausgeprägte Flora warmen Klimas bei derartiger N-Exposition in 930 m Höhe nur kurz besessen haben. — Eine Hochmoorbildung dürfte wegen der vorkommenden Pflanzenarten nicht vorliegen (A. PENCK, S. 246). J. KNAUER (S. 49) glaubt an eine „Sumpfmoorbildung“.

sie später tief zerschnitten wurde, so haben wir das auf eine relative Heraushebung des betreffenden Alpenstücks zurückzuführen. Erst eine solche ermöglichte es, daß die Einsenkung der jüngeren Rinnen das Werk würmeiszeitlicher und nacheiszeitlicher Wirkungen werden konnte.

Dann ist auch wahrscheinlich, daß die bereits erwähnten alten Hochtäler (Gunzesrieder und Steigbachtal) zu dem System der letztinterglazialen Talzüge gehören, denn ein anderes derartiges System ist im Illerbereich nicht bekannt. Jedenfalls müssen wir darauf verzichten etwa bei verschiedenen Ausmündungsniveaus diese Hochtäler in abweichende Bildungszeiten einreihen zu wollen. Auch hier wird nachträgliche tektonische Verstellung ursprüngliche Niveaugleichheiten verwischt haben. Beispiele:

Höhenlage der Gunzesrieder Talschotter rund 900 m; Differenz gegen den Illertalboden von heute, „Übertiefung“, etwa 170 m;

Herabreichen der Steigbachmoränen an der Klamm 885 m; Übertiefung etwa 155 m;

Nehmen wir analog zum Imberger Tobel <sup>1)</sup> eine Interglazialmächtigkeit von mindestens 35 m bei Sonthofen an, so liegt die Interglazialunterkante hier auf etwa 735 m NN., das heißt hier fehlt eine Übertiefung, wir haben vielmehr Aufschüttung von mindestens 20 m.

Neben den Klammern des Steig- und Aubaches, des Schwarzenbachs und Ettensbachs unterhalb Ofterschwang deuten dann auch die steilen Tobel im Umkreis des Alpsees Übertiefung an. Alle eilen sie von einem wesentlich älteren, höheren Niveau unter Durchschneidung des steilen Geländeabfalls dem tieferen Niveau von heute zu. Die Höhenlagen der Stufentäler differieren sowohl unter sich als auch gegen die Lage der heute benachbarten Illertalfläche, und diese letztere ist wahrscheinlich durchaus nicht parallel der mit nur sehr viel Phantasie rekonstruierbaren letzt-

<sup>1)</sup> Die Angaben J. MÜLLERS (a. a. O., S. 114/15) über die Mächtigkeit des Imberger Diluviums sind völlig ungeologisch. Was man dort an Anstehendem und zwar nicht einmal im ganzen Aufschluß in den letzten Jahren sehen konnte, ist auf allerhöchstens 80 m anzusetzen. Wenn MÜLLER dagegen 350 m als „beobachtet“ angibt, so berücksichtigt er nicht die Geländeneigung und das hohe Emporreichen des Flysch. Von den etwa 100 m Moräne im Liegenden des ganzen kann gar keine Rede sein, wenn es hoch kommt, sind es 10 m, J. KNAUER schreibt von 5—8 m.

interglazialen Talsohle der Iller, ebensowenig, wie der in sehr verschiedener Tiefe anzunehmenden Felssohle des Illertals. Angesichts der Tatsache, daß im Quartär wiederholt noch bedeutende Niveauänderungen stattgefunden haben, die wir heute oft noch gar nicht näher fassen können, ist es wohl völlig verfrüht über die Lage und Gestalt altdiluvialer oder gar präglazialer Talsysteme im Allgäu zu sprechen.<sup>1)</sup> Nur die Seltenheit exakt beobachtbarer, ungenügend beweiskräftiger Fixpunkte und eine völlige Verkenning der Beweglichkeit der Erdkruste konnte Schemata zeitigen, wie sie seit nunmehr 44 Jahren Schule machten. A. PENCK ist auch heute noch und mit O. AMPFERER namentlich heute wieder Pionier des Fortschritts, der die Morphologie immer noch mehr in das geologisch-tektonische Fahrwasser drängt.

Faßt man ganz roh die sichtbaren Verebnungsniveaus zusammen, so ergibt sich als derzeit vorliegendes Gesamtergebnis aller stattgehabter Bewegungen, daß gegenüber einem ungebrochen angenommenen Talgefälle vom Allgäuer Hauptkamm bis über den Nordrand unseres Blattes hinaus das interglaziale Verebnungsniveau rund 400 m gegen jene Gefällskurve zu tief liegt, und daß sie wegen des Untertauchens zwischen Sonthofen und dem Agathazeller Becken hier noch mindestens weitere 100 m tiefer liegt: das Senkungsfeld von Burgberg-Agathazell hat sich nicht nur mit seiner Nachbarschaft im letzten Interglazial gesenkt und dann wieder gehoben, so daß es zum großen Teil seiner Schotter und Sande beraubt wurde; es ist nach dem letzten Interglazial nochmals versunken und liegt nicht nur für die allgemeine, tertiäre Tektonik in dem Loch einer gewaltigen Depression. Gegen sie schießt das ungewöhnliche Achsengefälle des Grünten ein, gegen sie zu erweist sich schon das Imberg-Sonthofener Diluvium um fast 200 m versenkt.

In gewissen Zwischenzeiten haben auch die Quartärbewegungen ein gewisses Maß erlangt, und nach den Untersuchungen in Nord- und Mitteldeutschland<sup>2)</sup> ergibt sich eine „Baltische Be-

<sup>1)</sup> Dem Versuch J. MÜLLERS (a. a. O., S. 117), aus den unsicheren Verhältnissen im Lechgebiet auf die präglaziale Natur der übertieften Niveaus an der Iller zu schließen, kommt keine Bedeutung zu. — Zu seiner Tafel I: es gibt bei Greggenhofen keine Kreide-, sondern nur eine Molasserippe!

<sup>2)</sup> O. JÄKEL, „Über ein diluviales Bruchsystem in Norddeutschland“. Zeitschr. d. D. Geol. Ges. 1910. C. GAGEL, E. GEINITZ; W. SÖRGEL, „Dilu-

wegungsphase“ für die Zeit des letzten Interglazials (Ausgang) und die anschließende Zeit der jüngsten Vereisung. Nach der vielfach bestätigten orogenetischen Gleichzeitigkeitsregel fallen die für das letzte Allgäu-Interglazial erkannten, gesteigerten und nicht ohne beträchtliche Dislokation verlaufenen Bewegungen ebenso wie die bereits jüngst von A. PENCK festgestellten in die Zeit dieser „Baltischen Bewegungsphase“.

Das ergibt aber eine weitere Möglichkeit zeitlicher Vergleichung der nordischen und alpinen Diluvialgeschichte.

#### Jung- und postglaziale Schotter, Sande und Mergel (Niederterrasse).

In teilweise noch inniger Beziehung zur jungglazialen Moräne und gelegentlich von dieser noch ein wenig bedeckt liegen in tieferen Teilen von Blatt Immenstadt verschiedene Schmelzwasser- und postglaziale Fluß- oder Seesedimente. Die folgende Zusammenstellung gibt Aufschluß über Höhenlage, Mächtigkeit und sonstige Einzelheiten der vermutlich hierher gehörigen Bildungen.

|   | Auf-<br>lagerungs-<br>höhe<br>m NN. | Mächtigkeit  | Lage über dem heutigen<br>Talniveau                |
|---|-------------------------------------|--------------|--|
| 1. Im Tal des Gunzesrieder<br>Aubachs; im W.: Schotter                          | 956                                 | mehrere m    | etwa gleich d. heut. Niveau                        |
| dsgl. „im Winkel“ Schotter  | 913/25                              | bis rd. 10 m | etwa 20 m über dem Aubach                          |
| dsgl. b. Gunzesried Schotter  | 890—905                             | „            | dsgl.  |
| dsgl. n.ö. Gunzesried Schotter  | 885—895                             | einige m     | dsgl.  |
| dsgl. N. Reute Schotter . .   | 895—920                             | „            | 60—85 m über dem Aubach,<br>65—90 m über der Iller |
| 2. Im Illertal; NNO. Bleich-<br>ach: Erosionsterrasse und<br>Schotter . . . . . | 735                                 | „            | 8 m über d. heutigen Iller                         |
| dsgl. Abstumpfungsfäche<br>der Hügel . . . . .                                  | 740—745                             | —            | 20 m über d. heutigen Iller                        |
| bei Neumummen Schotter  | 725—730                             | über 5 m     | 5—12 m über d. heut. Iller                         |
| O. Rauhenzell Schotter . .  | 723—728                             | einige m     | 5—10 m über d. heut. Iller                         |

viale Flußverlegungen und Krustenbewegungen“. Gebr. Bornträger 1923.  
E. KRAUS, „Die Quartärtektonik Ostpreußens“. Jahrbuch d. Preuß. Geol.  
Landesanstalt f. 1924, 45, S. 633—723.

|  | Auf-<br>lagerungs-<br>höhe<br>m NN. | Mächtigkeit | Lage über dem heutigen<br>Talniveau   |
|--|-------------------------------------|-------------|---|
| W. b. Untenzollbrücke Ero-<br>sionsterrasse und Schotter<br>(grob mit Gneis) . . . . . | 730—740                             | 5—8 m       | 17—23 m über d. heut. Iller   |
| NO. Untenzollbrücke desgl.   | 730—740                             | „           | 20—25 m über d. heut. Iller   |
| N. b. Stein: große Terrasse.<br>Schotter . . . . .                                     | 720—740                             | über 15 m   | 5—25 m über d. heut. Iller,<br>vgl. Fig. 7. Teilweise von<br>Moräne bedeckt |
| O. bei Untermaiselstein:<br>Schotter und Sand . . .                                    | 720—725                             | über 5 m    | 5—10 m über d. heut. Iller,<br>Feinsandlagen f. kräftign. W.                |
| bei Freidorf desgl. . . . .  | 720—725                             | einige m    | 5—10 m, desgl.; hauptsächl.<br>Molassegerölle                               |
| N. P. 715 Schotter . . .   | 720—725                             | über 10 m   | 5—12 m, desgl.; Lagen f. 20° N.,<br>schwach verkittet                       |
| 3. Im Alpee-Abflußtal:<br>SO. Hub . . . . .  | 730—745                             | „           | 5—20 m über dem Alpee   |
| am Ostufer des Alpees. .   | 725—735                             | „           | 0—10 m über dem Alpee   |
| 4. In der Senke v. St. Retten-<br>berg:<br>bei Weiher: Schotter und<br>Sand . . . . .  | 735/45                              | rd. 10 m    | 5—15 m über dem Agatha-<br>zeller Beckenniveau                              |
| N. Weiher desgl. . . . .   | 740—745                             | „           | 10—15 m, desgl.; 20 m über<br>d. Freidorfer Niederterrasse                  |
| 5. Seemergeschlick (Ober-<br>kanten) am Galetschbach                                   | 730                                 | über 3 m    | annähernd im allgem. Niveau<br>von Flachmoor bedeckt                        |
| NW. bei Neumummen . .  | 730                                 | über 5 m    | rd. 12 m über Illerniveau   |
| N. P. 715 (Kartennordrand)   | 715—720                             | —           | 5 m über d. Iller, von Flach-<br>moor bedeckt                               |

Es ergibt sich, daß die fluvioglazialen<sup>1)</sup> und auch limnischen  
Bildungen der jüngsten Glazial- und Postglazialzeit durchweg dem

<sup>1)</sup> Wenn A. PENCK a. a. O., S. 229 sagt, daß fluvioglaziale Schotter im  
Illertal fehlen, „sondern die ganze fluviatile Aufschüttung des Illertals ist  
interglazial“, so gilt das höchstens dann, wenn man von den würmeiszeit-

Niveau 720—745 m angehören. Nur die der alten Gunzesrieder Seitentalfurche angehörenden Schotter fallen heraus. Wir sehen aber nur die höchsten Bildungen. Wie weit Äquivalente noch unter das heutige Illersohlenniveau herabreichen, ist unbekannt. Wenn die Ausschürfung der großen, wesentlich tektonischen Wannen im Illertal teilweise dem jungglazialen Eis und die Zufüllung (wegen gleichzeitiger Senkung) dem Jungdiluvium zufällt, so reichen unsere Schotter wohl bis auf den mitunter recht tiefen Felsgrund herab.

Ein ausgedehntes, ebenes Aufschüttungs-Höchstniveau, wie es sich für die Niederterrasse auf unserem Blatt zwischen 745 und 740 m NN. ergibt, wird im allgemeinen als Beweis für den Mangel von tektonischen Bewegungen während und nach der Aufschotterung angesehen werden. Weil wir aber im allgemeinen keinen Anhaltspunkt für das spezielle Auflagerungsalter oberster Teile dieser Schotter haben und sekundäre Umlagerungen, Verschüttungen und Niveaueingleiche von tektonisch gestörten Niveaus durchaus möglich sind, können wir auch nicht den Mangel solcher Bodenbewegungen für die Aufschüttungszeit dessen behaupten, was wir insgesamt „Niederterrasse“ nennen. Gleiches gilt übrigens auch für die heutige ebene Oberfläche der Illertalniederung, die also als Bezugsfläche streng genommen nur für heutige Niveaus in Frage kommen kann.

Immerhin scheint die Niederterrasse nach der Hauptphase ihrer Aufschotterung höchstens noch von schwachen, weiträumigen Bodenbewegungen ergriffen worden zu sein, denn größere, durch Umlagerungen wieder ausgeglichene Störungen müßten sich auch sonst nachweisen lassen. Es bleibt also im wesentlichen dabei, daß vor dem allerletzten Abschnitt der jüngsten Eiszeit die jung- oder nachinterglazialen Bewegungen in der Hauptsache beendet waren. Es entsteht das gleiche Bild wie in Nord- und Mitteldeutschland. Wir haben eine phasenartige Belebung der Bodenbewegungen vor uns, die wir „baltische Phase“ nennen.

An mehreren Stellen zeigen Aufschlüsse Einzelheiten unserer jungdiluvialen Bildungen:

---

lichen Schottern absieht. Auch hinsichtlich der „glazialen“ und „interglazialen“ Eigenschaft der Prävürmbildungen ist bisher nur für ganz wenig Punkte eine gesicherte Deutung möglich.

In der Kies- und Sandgrube südöstlich bei Weiher sieht man sehr deutlich, wie sich völlig ungeschichteter Kies mit teilweise gekritzten Geschieben nach W. zu schon auf wenige Meter in mittel- bis feinkörnigen Sanden (6 m) auskeilt, die starke Kreuzschichtung haben. Dem Geröllbestand nach dürfte der Schotter wesentlich Fernschotter des Iller-Oberlaufes sein, denn er weicht von der lokalen Gesteinsvergesellschaftung der Moräne ab. Nördlich Weiher zeigt eine Grube Kritzung der Gerölle in Fern- und Lokalschotter; Molasse aber fehlt fast ganz. Die innige Mischung von Moräne und Schotter erschwert die Aufnahme, die sich hier wesentlich an die Morphologie halten muß: sehr unruhigwellige Formen würden als von Moräne, glatte Flächen und Rücken als von Schotter herrührend aufgefaßt. Überall dort, wo durch die unterliegenden Nagelfluhrippen der Molasse eine gewisse Führung des basalen Eisstroms offenbar erzwungen war, nehmen die Kiesrücken eine auffallend Os-artige Gestalt an. Die Kiesmoräne nördlich Rettenberg wurde schon erwähnt.

Noch mehr als an der Molasseschwelle von Greggenhofen zeigt deren Fortsetzung weiter westlich jenseits der Iller einen morphologisch reizvollen Kompromiß zwischen Nagelfluhrippen- und glazialer Rundhöckerformung. Die Kuppen sind hier glazial etwas eliptisch gegen N. ausgeschwänzt und voneinander durch U-förmige Wannern getrennt, andererseits läßt sich die WSW.-ONO.-Anordnung wegen des so verlaufenden primären Rippenreliefs nicht verkennen. Schließlich scheinen die Rücken noch etwas keilförmig nach der N.-S.-Richtung angeordnet zu sein. Zwischen Fahrweg und Iller östlich der Illerbrücke ist Moräne angerissen. Wenn ihre sehr tiefe Lage hier wirklich ursprünglich sein sollte (unverrutscht), so würde das eine bereits wohl subglaziale Zerschneidung eines Teiles der heutigen Illerdurchbruchstelle andeuten, die vielleicht zunächst wieder von Moräne gefüllt wurde, bevor dann hier die endgültige fluviatile Zerschneidung erfolgen konnte.

Niederterrasse von Stein. Wo die neue Straße nördlich Stein von der Illertalsole empor in den Steilrand (westlich „m“ des Wortes „Kempten“) schneidet, sah man in einer heute schon fast ganz abgebauten Kiesgrube die Überlagerung von stark gestörtem Niederterrassenschotter durch Moräne (Fig. 7).

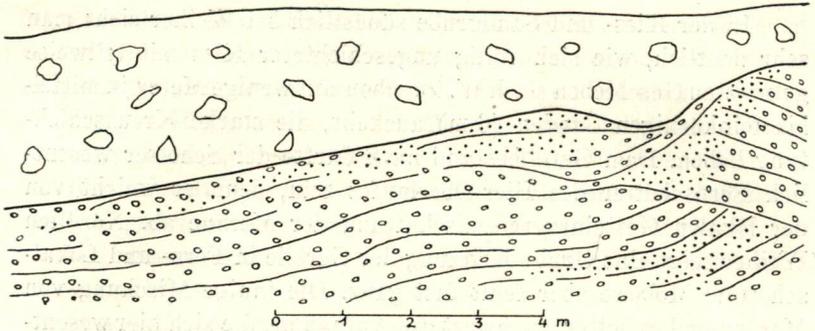


Fig. 7.

Kiesgrube in Niederterrassenschotter (punktiert bei feinerem Korn) unter Moräne.  
Neuer Straßeneinschnitt n. Stein.

Gleiche Moräne liegt — nach den großen Blöcken zu schließen — auch in der jetzt aufgegebenen, auf der Karte verzeichneten Kiesgrube daneben über dem Schotter. Nach Angabe eines hier beschäftigten Arbeiters sollen in 6 m Tiefe in dem gut geschichteten Schotter seinerzeit größere Skelettstücke gefunden worden sein, die aber verschüttet und zerdrückt wurden. Gelegentlich findet man hier sehr schöne Nummulitenkalkgerölle.

Am Alpsee-Ostende zeigte sich in den verschiedenen Kiesgruben nicht die anderwärts verbreitete Verknüpfung von Moräne und Schotter. Dafür aber sind Schrägschichtungen so häufig und ausgeprägt, daß man an die deltaartige Zufüllung von stehenden Wasserbecken denken muß. Doch bedeutet wohl der rasche Wechsel der beobachtbaren Zuschüttungs-Richtungen, daß kein einheitliches größeres Becken eingefüllt wurde. Ein großer Teil des steilen östlichen Alpsee (Erosions-) Ufers wird durch die rund 12 m über seinem Spiegel mit ebener Terrassenfläche ausgebreitete Niederterrasse gebildet, die oft Nagelfluhverkittung zeigt. In der Kiesgrube bei Hub enthalten die Schotter (10 m aufgeschlossen) nördlich geneigte Sandlagen. In der Grube südlich bei Hub (W.-Teil) sieht man über die Hälfte der sandreichen Kieswand durch eine 30° SO. geneigte Deltaschichtung ausgezeichnet. Zu oberst liegen bis 1,3 m sehr grobe Gerölle unter 30—40 cm braunem, kiesigem Lehm. Die Terrasse ist vom Alpseeabfluß durchbrochen und setzt sich unter dem Bühler Schuttkegel fort. Die Schottergrube von Bühl zeigt 1/2 m dicke, braune Verwitterungsrinde.

Mit der Niederterrasse am Alpsee gehört — seiner Höhenlage nach wenigstens — zusammen der in der Kiesgrube am NW.-Ausgang von Neumummen 5 m tief aufgeschlossene Iller-Niederterrassenschotter. Dieser liegt unmittelbar neben einer offenbar postglazialen Seebildung.

#### Postglaziale Seen.

Dort, wo am Westende von Neumummen (bei der Säge, früher Ziegelei) nahe der Illertalsole ziemlich verwachsene Grabungen sichtbar sind, zeigte ein frischer Aufschluß 4—5 m grauen und schwärzlichen, humusreichen lettigen Mergel, der bis auf das Grundwasser herab abgebaut worden war. Wagrecht liegen darin recht frische Holzreste. Die Verwitterungsrinde:

- 10 cm grauer, humoser Lehm,
- 15 cm graulich-heller Lehm,
- rund 70 cm braune Verwitterungszone

beweist ein recht beträchtliches Alter dieser Ablagerung. Ihr Mergel wechselt mit grandig-sandigen Lagen, die vielleicht von der Seite hereingeschwemmt wurden. Es dürfte sich um einen in einem schützenden Winkel erhalten gebliebenen Rest einer postglazialen Seeablagerung handeln. Ähnliches findet sich noch an zwei anderen Stellen.

Die Rinne des Galetschbaches und die Entwässerungsgräben östlich des Greggenhofer Osrückens schneiden bis zum Grundwasser herab 2,5 m in feinsandigen Mergelschlick, mergelig-glimmerigen Feinsand mit gelegentlichen Steinschmitzen ein. Die durchschnittliche Höhe der Oberkante von 730 m entspricht jener der Neumummener Mergel. Ob aber hier gleichfalls ein älterer Seeabsatz vorliegt, erscheint noch fraglich. Weiter südlich liegt mächtiger Torf über dem Mergel.

Ein drittes Vorkommen liegt schon nördlich, außerhalb der Greggenhofener Molasseschwelle. Auch da ist es wieder grauer Mergelschlick, der sich östlich bei P. 718 nahe der Iller im Untergrund des dortigen Flachmoores durchzieht und mindestens 5 m über der Illerniederung, also etwa 720 m Höhe erreicht.

C. W. v. GÜMBEL (Geol. v. Bayern II, S. 314) hat bereits einen alten „Immenstädter See“ — wie wir ihn zum Unterschied von dem junginterglazialen „Sonthofener See“ nennen wollen —

angedeutet. Die Bedingungen für einen solchen waren durchaus gegeben.

Trotz der sehr ansehnlichen, nachglazialen Talverschüttung herauf bis zum heutigen Talboden ist doch auch in dem heute sichtbaren Niveau das Bild einer starken jungeszeitlichen Übertiefung der breiten Illertalniederung einerseits und einer dieser Übertiefung lange Zeit widerstehenden nördlichen Molasseschwelle andererseits vorhanden. Dabei ist gegen die Annahme unbeträchtlicher späterer Niveauänderungen nur wenig zu sagen. Unter den Stufenmündungen der Seitentäler hat das Haupttal nach dem letzten Interglazial im Burgberg-Agathazeller Senkungsfeld eine bedeutende tektonische Vertiefung erfahren, so daß unter teilweiser Zuhilfenahme der glazialen Exaration durch lange Zeit eine Depression bestand, die nicht genügend zugeschüttet wurde.

Es ist hier nicht zu erörtern, welche Beträge der Eintiefung nun der reinen Eis-Ausschürfung und welche der fluvioglazialen Schmelzwasser-Erosion (in einem Loch wird sie hier sehr gering sein!) zufallen. Jedenfalls spielt bei den Gesamtwirkungen die tektonische Bewegung — welchen Sinn sie auch haben mag — eine große Rolle. Im einzelnen ist wohl klar, daß der Abtragungsbetrag an der Basis eines sehr mächtigen, aus der Ferne gespeisten Talgletschers nicht unbedeutend sein wird und größer als jener, der sich in einem nur aus lokalen Eisquellen gespeisten höheren Seitental ergibt. Andererseits kommt gewiß auch an Stellen beträchtlicher tektonischer Talbodensenkung der vollkommenen Ausfüllung durch Eis deswegen eine besondere Bedeutung zu, weil sie durch lange Zeit diese Senke vor Zuschüttung von der Seite bewahrt und die tektonisch tiefgelegte Abtragungsbasis zunächst weitgehend ausschaltet. Geht das Eis zurück, so ist eine Stufenbildung durch all diese Wirkungen vorhanden und das ziemlich plötzlich wirksam gewordene, tiefe Niveau der Erosionsbasis zwingt alsbald alle Seitenbäche zu kräftiger Zersägung der Stufenmündungen in Klammern, wobei beim Mangel einer Seitenerosion die alten Seitentalböden zum Teil erhalten bleiben.

Aber durch die baltische Illertalsenkung war zwar die Erosionsbasis der Seitentäler stark gesenkt worden; die große nördliche Molasseschranke, an der unser Talgletscher beim Austritt in das Vorland kräftig gearbeitet hatte, blieb jedoch auch nach dem Eisrückgang noch als beträchtliche Schwelle übrig. Die spät-

glazialen Moränen und Schotter liegen bei Unterzollbrücke am Illerdurchbruch nicht tiefer als 750 m NN., 10 m über dem heutigen Illerlauf. Tiefer konnte zunächst im Illertal selbst nach dem Eisrückgang nicht erodiert werden, und wenn die Seitentäler und Schmelzwässer mächtigen Schutt heranbrachten, so wäre eigentlich die Folge, daß die tektonische Senke sogleich mit mächtigem Niederterrassen- und Seitentalschutt bis auf 730 m NN. angefüllt worden wäre. Das ist nicht der Fall, denn wir müßten auch bei Annahme einer später bei Unterzollbrücke noch um 10—20 m vertieften Erosionsbasis und der damit zusammenhängenden fluvialen Erosion im Illertal sehr viel bedeutendere Niederterrassenreste an den Gehängen dieses Tales finden. Weil das nicht der Fall ist, muß angenommen werden, daß die Niederterrassenschotter bei Unterzollbrücke, am Alpsee und bei Rettenberg noch zu der Zeit aufgeschüttet wurden, als der Eisrand bis zu diesen Stellen hinreichte; d. h. das Eis hat hier noch die Zuschüttung verhindert. Das wird bestätigt durch die verhältnismäßig geringe Mächtigkeit und Ausdehnung der Schotter, sowie durch deren meist innige Verknüpfung mit Moräne. Auch zeigt z. B. die Huber Terrassenoberfläche eine deutliche Aufschüttungsneigung gegen W., wenn auch natürlich randlich flache Schuttkegel diesen Eindruck noch verstärken.

Als dann das Eis rasch zurückschmolz, blieb die tektonisch vorgebildete und glazial weiter ausgefurchte, bzw. wohl konservierte große Haupttalsenke als abflußloser Kessel liegen. Er wurde teilweise noch durch Schmelzwasserschotter und Seitental-Schuttkegel gefüllt; der Eisrückgang scheint aber so schnell verlaufen zu sein, daß sich in dem Becken durch lange Zeit eine wassererfüllte Niederung mit einem Wasserspiegel in wohl etwa 740 m NN. entwickeln konnte. Ruhigere Zeiten legten Mergelschlick und Feinsand nieder. Dieser „Jmmenstädter See“ war zunächst bei Unterzollbrücke noch durch Niederterrasse und Moräne gestaut. Er hat talaufwärts wohl ein kleines Stück über Sonthofen gereicht; muß aber auch über den Alpsee hinaus in das Tal der Konstanzer Ach, vielleicht bis Thalkirchdorf, gereicht haben. denn hier hatte ein schmaler Seitenarm des Illertalgletschers sich wohl bis zu seinem Zusammentreffen mit dem Rheingletscher bei Oberstaufen ausgestreckt und eine ähnliche Übertiefung geschaffen wie im Illerhaupttal. Daher fließt der Jugetbach, statt in das tiefere

Niveau nördlich Staufen einzubiegen, noch heute durch die Enge am Staufener Berg die Molasse durchbrechend östlich zum Alpsee.<sup>1)</sup> Nur sind hier im NW. die Seitenbäche noch weniger Klammals Tobel-artig und steilsohlig von einem höheren, flacheren Niveau aus eingeschnitten. Große Teile der älteren Schuttkegel an der Konstanzer Ach und am Alpseeabfluß dürften als Deltakegel zunächst in das Seebecken geschüttet worden sein.

Die Länge des Immenstädter Stausees kann nord-südlich auf etwa 8 km im Illerhaupttal, ostwestlich von Wagneritz bis gegen Thalkirchdorf auf rund 15 km, insgesamt zu fast 20 km angenommen werden.<sup>2)</sup>

Wie weit die unterhalb Unterzollbrücke gelegenen Mergelschlicke ein weiteres, einige Zeit lang von einem Zungenbeckensee eingenommenes Teilbecken andeuten, wird sich erst aus dem näheren Studium des nördlich anstoßenden Blattes Niedersonthofen ergeben.

Die höchste Spiegellage des Immenstädter Sees dürfte wohl ziemlich rasch auf eine zweite, länger eingehaltene herabgegangen sein, damals nämlich als der Seeabfluß bei Unterzollbrücke die harten Nagelfluhbänke anzuschneiden begann. Von dieser Zeit ab dürfte in dem nur ganz langsam schwindenden Wasser jene sehr ausgedehnte Vermoorung in vollem Umfang eingesetzt haben, welche heute über den Seebildungen an geschützteren Stellen noch erhalten sind und der allmählichen Verlandung des Sees ihre Entstehung verdanken. Der Alpsee und der bereits randlich vermoorte Vordersee sind letzte, noch nicht zugefüllte Seereste. Ihr Abfluß

<sup>1)</sup> Dieser Talzug der Jugetach dürfte in einer Zeit angelegt worden sein, als der schwächere Illergletscher bereits seinen westlichen Seitenarm im Konstanzer Tal etwas zurückgenommen hatte, während Eis des Rheingletschers noch in der Staufener Gegend lag.

<sup>2)</sup> Die Analogien mit dem rd. 30 km großen „Vilser Stausee“ beim Austritt des Lech aus seinem großen Quertal zwischen Reutte und Füssen sind sehr groß. Auch hier eine kräftige Schwelle, hinter der zunächst ein westlicher Gletscherarm gegen Pfronten vordrang, auch hier in dieser Talung ein östliches Gefälle, dem ja — wie die Jugetach-Konstanzer Ach im Illerbereich — heute noch die Vils gegen die zentrale Lechfurche zu folgt, in welcher einst der tiefere Seeteil südlich fortsetzte bis sich oberhalb Füssen jener Überflußdurchbruch entwickelte, der dem bei Unterzollbrücke entspricht. Vergl. R. v. KLEBELSBERG, „Glazialgeologische Notizen vom bayerischen Alpenrand“ II. „Die Mündung des Lechtals auf das Alpenvorland“. Zeitschr. f. Gletscherkunde 7, 1913, S. 251 ff.

konnte sich in dem verhältnismäßig engen und wegen der angrenzenden steilen Berghänge reichlich von Schuttkegeln abgedämmten Talzug noch nicht genügend vertiefen, um den Wasserspiegel weiter abzusenken. Zu der langsam fortschreitenden Tieferlegung der allgemeinen Unterzollbrücker Erosionsbasis kommt hier der dauernde Kampf des Seeabflusses mit den Wildbachschuttkegeln hinzu. Bodenbewegungen können wir hier nicht veranschlagen.

Damit stehen wir bereits mitten in den alluvialen Ereignissen, die an den noch etwas näher zu betrachtenden Schutt- und Reliefbildungen die letzte Hand anlegten.

## 5. Alluvium.

### Gehänge- und Talschutt.

In großer Zahl umsäumen große und kleine Schuttkegel die tieferen Teile der Gehänge und deren Knick gegen flachere Talsohlen. Die meisten der größeren Schuttkegel sind wohl durch abgehende Muren auf den noch weniger ausgeglichenen Oberflächen und unter dem kühleren, feuchteren Klima der jungdiluvialen und altalluvialen Zeit entstanden, doch wurde vermutlich keiner auf einmal aufgeschüttet, sondern alle sind Ergebnis oft wiederholter kleiner Katastrophen. Die Einheitlichkeit der äußeren Kegelform darf darüber nicht täuschen.<sup>1)</sup>

Am Rande der älteren Talfurchen sind die Schuttkegel sehr wohl ausgeprägt. Aus der Steigbachklamm hat der gefürchtete Bach in häufigen Vorstößen jenen großen Schuttkegel ausgebreitet, auf dem heute Immenstadt steht, und der den Alpseeabfluß bis an die nördlich ansteigenden Nagelfluhrippen herangedrängt hat, von ihm heute nur auf 1,5 m angeschnitten. Der Vordersee verdankt seinen örtlichen Aufstau einem flachen, ebenmäßigen Kegel aus SW. Weniger bedeutend sind die dem weniger hohen Molassegelände nördlich Immenstadt entstammenden Schuttkegel. Das Tälchen bei Alpseewies hat einen Schlammur-ähnlichen,

<sup>1)</sup> Über die bekannt große Beweglichkeit des an Mergel einschaltungen reichen Flysches, über die Ausdehnung des Flyschwänderschutts und seine Beziehung zu den Moränen ist oben berichtet. Das Folgende bezieht sich auf das Molassegebiet.

steilen Schuttkegel abgelaassen, vielleicht damals als der Gegen-  
druck des Wassers bei sinkendem Seespiegel aufhörte. Auch die  
weniger steile Fläche im NO.-Winkel des Alpsees dürfte durch  
Abrutschen des Mergels in durchweichem Zustand bedingt sein.

Das höhere Steigbachtal zeigt eine ziemlich gleich-  
mäßige Überschüttung seiner Flanken. Mit Ornach entwickelt  
sich allmählich der ebenere Talboden, auf welchen von beiden  
Seiten die Schuttkegel herabziehen, um ihn öfter einzuengen. Die  
Verbreiterung des Tales hier und die übermäßige Schuttentwick-  
lung rührt ohne Zweifel von der das Gehänge bildenden, mergel-  
reichen Teufelslochserie her.

Im allgemeinen sind bezüglich der Abtragungs- und Schutt-  
bewegung die Molassegehänge von zweierlei Art, durchaus in Ab-  
hängigkeit von der Schichtlage:

a) Die Schichten fallen entgegengesetzt zur  
Hangneigung. An solchen (steileren) Hängen, die verhältnis-  
mäßig wenig Wasser besitzen, verlieren die harten Nagelfluhbänke  
durch die raschere Lockerung und Abspülung der mit ihnen wech-  
selnden Mergellagen am Ausgehenden ihren Halt, lösen sich auf  
ihren Klüften stückweise ab und rutschen hangabwärts, um sich  
an flacheren Stellen wieder anzuhäufen. An den Nordgehängen  
des Immenstädter Horns ist es beispielsweise vielfach so, daß die  
Tobel von Murschutt zum großen Teil verschüttet sind, während  
die Berghänge nur wenig Schutt, mehr Anstehendes zeigen (auf-  
fällig z. B. nordwestlich „B.“ von „Horn B.“). Der Hornbach be-  
wegt sich in gewaltigen Blockschuttmassen und hat einen mäch-  
tigen Schutt- und Rutschkegel über das flachere Fußgehänge aus-  
gebreitet. Zur Jetztzeit in stärkerer Abwärtsbewegung befindet  
sich ein steiles Waldgehängestück südöstlich der Spießhütte. Ein  
größerer Felssturz erfolgte zuletzt am Steineberg-Nordhang, wo  
1882 ein schönes Wäldchen unter den Blöcken verschüttet worden ist.

Mergellagen, die dem Gehänge in größerer Mächtigkeit ein-  
geschaltet sind, bedingen eine sehr unregelmäßig-kuppige Rutsch-  
oberfläche, so im Steigbachtal nordöstlich des Stauteichs oder am  
Nordgehänge des Dachseck. Über beweglichen Wagneritzmergeln  
liegt östlich vom Galetschbach sehr mächtiger Schutt.

Oft bleibt unsicher, ob Blockanhäufungen wirklich gewandert  
sind, oder nur ein in Blöcke aufgelöstes Anstehendes darstellen.  
So schließen sich die hüttengroßen, roten Nagelfluhblöcke auf der

Spießhüttenweide zu einer schräg aufwärts ziehenden Reihe zusammen und stehen vielleicht an. Ebenso ist es südwestlich über Grabenhäusl (südlich Alpsee), wo mehrere solcher Nagelfluhreihen schräg südwestlich ansteigen, und an dem im übrigen blockübersäeten Gehänge „am rauhen Berg“ — „im schönen Buch“. Gelegentlich gibt die Neigung der Bänke Aufschluß.

Weil immer Schichtköpfe auch von Nagelfluh hervortreten, die den Hang steil machen, und andererseits durch Einschaltung von Leisten auf an sich relativ wasserarmen Gehängen die Blockabfuhr verlangsamten, sind Talflanken, in welche Schichtbänke einschließen, meist ziemlich reichlich und gleichmäßig von Nagelfluhblöcken und Schutt besetzt. Kare sind begünstigt bei Anlage und Erhaltung ihrer Form. Extrem ist die Blockbedeckung in folgendem Sonderfall:

a) Die Schichten fallen entgegengesetzt zur Hangneigung und zwar nahe unterhalb einer Muldenumbiegung. Unter diesen Umständen wird der gesamte, bergwärtige Muldenschenkel als Einzugsgebiet für Wasser funktionieren, das sich in den Klüften der Nagelfluhen über den Mergelbändern staut und dauernd in großem Umfang am Gehänge zutage treten muß. Die oberen Teile der Mergel sind daher durchnäßt, die zerklüfteten Nagelfluh-Schichtköpfe geraten, namentlich bei nicht allzu starker Neigung, auf ihnen bis in ziemliche Tiefe in Bewegung, biegen sich hangabwärts und gleiten über den nassen Hang hinab. Die Folge ist ein wirres Blockeld, das wie schon gesagt, die beiden großen Muldenumbiegungen in der Steineberg- und in der Hornschuppe, also am Nordhang des Gunzesrieder- und des Steigbachtals charakterisiert. „Im schönen Buch“, „am rauhen Berg“, „in der Rottach“, südöstlich „auf der Alpe“, nördlich Brennesseltobel, südöstlich Immenstädter Horn bilden diese Hänge ein einziges Chaos von Kubikmeter- bis Hütten-großen Blöcken. Die Häufungen auch in den Wäldern sind ganz erstaunlich. Die gleiche Sachlage haben wir nördlich Thalkirchdorf auf Blatt Rindalphorn.

Ganz abweichend verhält sich schließlich ein anderer Fall:

b) Die Schichten fallen mit dem Hang. Bei annähernd senkrechter Schichtstellung und Schichtstreichen etwas schräg zum Hang entwickelte sich ein ausgezeichnetes Rippenrelief durch raschere Entfernung der zwischen die Nagelfluhen gelagerten Mergellagen. Ist die Schichtneigung noch steiler als die

(gleichsinnige) Hangneigung, so kommt es, namentlich in höheren Regionen, zu einer Art großen Hackenschlagens, wie etwa südlich vom Steineberg bei der „Kirche“. Hier ist die Nagelfluhplatte aus ihrem Streichen hangabwärts zur senkrechten Stellung aufgebogen und stark in große Felsblöcke aufgelöst, die z. T. an den Zyklopenbau einer Kirche mit Turm erinnern. Die nördlich gegen den Steineberg folgende Nagelfluhplatte geht dagegen glatt durch, so daß es sich wohl nicht um tektonische Störung handeln kann. Das östliche Ende der aufgebogenen Platte ist von einer Klufffläche ab völlig in Kubikmeter- bis Hütten-große Blöcke aufgelöst und niedergebrochen.

Weicht die Schichtneigung nicht mehr stark von der Gehängeneigung ab, oder fällt sie annähernd mit ihr zusammen, so kann der Hang durch lange Zeit stabil sein, bis sich plötzlich eine gewaltige Abbruchs-Katastrophe einstellt. Liegt Mergel frei, so wird er ziemlich rasch abgespült und die nächsttiefere Nagelfluh wird bloßgelegt. Diese enthält auf Klüften immer Sickerwasser, namentlich gegen die tiefere Mergellage hin und erweist sich durch längere Zeit stabil, so daß Regenrillen, karstartige Kluft-Erweiterungen auf solchen der Vegetation und dem Bergsteiger ungünstigen Felshängen entstehen können. Ist es aber der Lösungsverwitterung gelungen irgendeine solche Kluft zu erweitern, auf der die auf durchweichter Mergelunterlage nur wenig festliegende, durch die eigene Festigkeit sich haltende Nagelfluhplatte zu Bruch gehen kann, so wird nach gesteigerter Durchweichung die ganze oft mehrere 100 m hohe und breite Wand in einer einzigen Katastrophe als Blockmeer zu Tal gehen. Eine noch ziemlich frische Abrißstelle mit dem darunter aufgetürmten Felschaos liegt nahe an unserem westlichen Kartenrand am Staubensüdhang, und der von ALB. HEIM beschriebene Bergsturz von Goldau und viele andere in der Schweiz beweisen den möglichen Umfang solcher Katastrophen. Auf unserem Blatt ist südwestlich „im Sommerhaus“ bei 1300 m NN. ein letztes, ausgedehntes Rippenstück ähnlich wie an der „Kirche“ in mächtigem Blockfeld niedergebrochen; nordöstlich „auf der Alp“ erscheint über Mergel alles verstäürzt, die Oberfläche in wirre Kuppen und Rillen zerlegt. Unterhalb lauter Stein- und Lehmschutt, noch tiefer Moräne.

An solchen Hängen konnte sich offenbar auch keine gute Karformung festsetzen. Ansätze dazu zeigt die Furche des

Reichenbachs mit ihrem mächtigen Blockschutt, der — nach einer Katastrophe — wohl in der Hauptsache glazial dorthin gelangte.

Im allgemeinen haben wir an Gehängen dieser Art sehr gleichmäßige, oft steile Neigungen, auf weite Strecken völligen Mangel an Steinen und Blöcken, dafür aber an einigen Gehängen eine ganz abnorme Überschüttung durch größte Nagelfluhtrümmer unterhalb von einer ausgedehnten Abrißstelle. Die Katastrophen werden hier viel umfangreicher, seltener, während unter nassen Muldenumbiegungen zeitlich und räumlich viel gleichmäßigere Überrollung stattfindet, mehr Gekrieche als plötzliche Bewegung.

Kleine Gegenwartswirkungen, die bei der Aufnahme zu beobachten waren, mögen hier noch angeführt sein.

Ein Nagelfluhhang vom eben besprochenen Charakter zeigte nordwestlich der Schleifalpe auffälligen Wechsel von nacktem Fels und von gutem Graswuchs. Die Streifen liefen gleich mit dem stärksten Gefäll und rühren offenbar von kräftiger Lawinenwirkung und abspülendem Wasser her.

Im Brennesseltobel war am Wasserlauf sehr gut die Spur eines kürzlich vorübergegangenen Hochwassers zu sehen. In den Schutt war eine kräftige Rinne gegraben, auf deren Rändern beiderseits bis 1 m über den Rinnenboden und rund  $\frac{1}{4}$  m hoch ein scharf ausgeprägter Wall aus kleineren Steinen dahinzog. Die Rinne zeigte an ihrem Grund ganz unregelmäßig verstreute große Gerölle und kleinere Blöcke.

In der Wasserlaufsenke des Mergel- und Sandstein-reichen Teufelsloches war eine sehr große, ausgetrocknete Steinschlamm-mure zu beobachten, die weiter oberhalb eine scharfe Randspalte steil und glatt im Mergel zeigte wie die Randkluft eines Gletschers. Weiter unten bestand sie in der Mitte aus einer Packung von Geröllen und bis 40 cm großen Blöcken, um sich nach außen zu senken und mit je einer freien Rinne gegen den Tal-Steilhang abzugrenzen.

### Talsolesen.

Während an den Talseiten nur die örtlich an dem betreffenden Hang wirksamen Faktoren für Abtragung und Schuttbildung sorgen, wirken im Bereich der Talsolesen im allgemeinen Nahkräfte und Fernkräfte zusammen, und zwar letztere um so mehr, je größer das betreffende Tal ist. Von den Gehängen und aus den Seiten-

rinnen oder Seitentälern schieben sich die Schuttmassen schuttkegelartig vor. Mit ihnen treten die aus dem Einzugsgebiet des Tales oberhalb stammenden Wassermengen in Kampf, die davon herrührenden Schuttmassen in Konkurrenz. Je nach dem zeitlichen oder räumlichen Erfolg dieser teils zur Häufung teils zur Verminderung des Talschutts führenden Vorgänge wurden verschiedene Gleichgewichte erreicht.

Illertal. Abgesehen von den obersten Niveaus der Niederterrasse konnte im Bereich der Illertalrinne keine höhere Terrasse jüngeren Alters mehr festgestellt werden. Wenn solche vorhanden sind, so sind sie im jungen Schutt ertrunken. Die flachen Schuttkegel spielen keine bedeutende Rolle, sind zum großen Teil fortgeführt oder in bis 2 m hohen Stufen angeschnitten.

Beherrscht wird die Talaue vom alten Hochwasserbett und vom jetzigen Bewegungsfeld der korrigierten Iller, welches 1,5 bis 2 m dem höheren Niveau eingesenkt ist. Die Stufe, welche Sonthofen im W. und N. umgibt, begrenzt vermutlich eine einst katastrophenartig aufgeschüttete Hochwasserdecke der Osterach. Nördlich Blaichach zeigt das 1,5 m über dem Mittelwasser liegende Hochwasserbett kleine, runde Rücken von noch nicht ganz abgetragenen Molassesandstein und Einsenkungen von späterer Flußerosion. Auch östlich Untertzollbrücke ist die Gliederung in Mittelwasser-Niveau und 1,5—2 m höheres Hochwasserbett deutlich, ebenso bei P. 715 weiter nördlich.

## II. Tektonik.<sup>1)</sup>

(Vergl. die Profilsreihe A—J, Tafel I und Abb. 2, 8.)

Einleitend wurden bereits vier tektonische Elemente von Blatt Immenstadt aufgeführt. Zu diesen tritt noch ein südliches, abgesondertes Stück, dessen tektonische Einzelheiten schon im strati-

<sup>1)</sup> Die folgenden Zeilen bringen in kurzen Zügen die Schilderung des Aufbaus im Blattbereich. Die nähere Begründung und der weitere Rahmen der Baulinien, in welchem regional und genetisch unser Kartengebiet steht, ist in der schon Seite 5 zitierten besonderen Abhandlung des Verfassers dargestellt. — Einer soeben erschienenen Arbeit (E. KESSELL, „Neuere Ansichten über die Tektonik der subalpinen Molasse zwischen Linth und Rhein“. Jb. St. Gallischen Naturwiss. Gesellschaft **61**, 1925, S. 147—169) entnehmen wir, daß jüngste Untersuchungen auf moderner Grundlage nun auch für die Ostschweiz einen überaus ähnlichen Deckschuppenbau, wie er im Allgäu vorliegt, feststellen konnten.

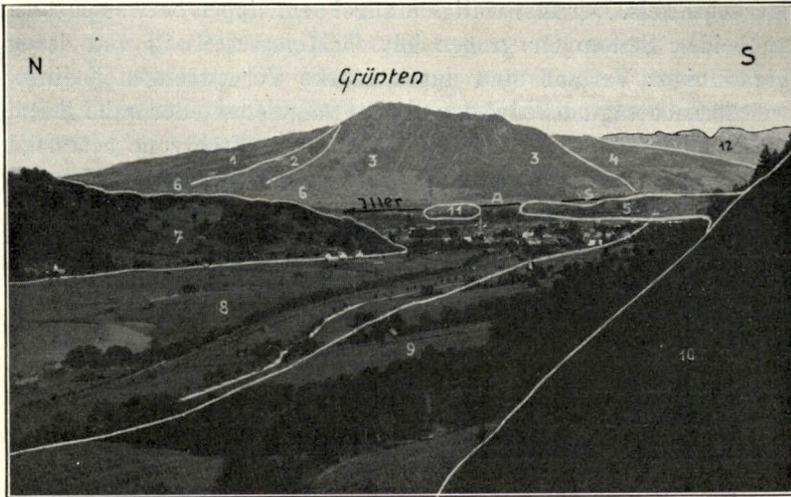


Fig. 8.

Blick aus der Gegend von Bühl über das Senkungsfeld von Immenstadt-Agathazell auf den Grünten.

1. Nesselburgschichten. 2. Bausteinzone. 3. Wagneritz-Mergel und Kreide. 4. Flysch und Eozän. 5. Molassehorn von Blaichach. 6. Molasse der Kammereckschuppe. 7. Steigbach- und Hochgratschichten der Hornschuppe. 8. Alpeeabflußtal. 9. Schuttkegel. 10. Hornschuppe (Nordabfall des Immenstädter Horns). 11. Versunkenes Stück der Steinebergschuppe bei Rauhenzell. 12. Kalkalpen (Oberostalpine Decke).

A = Agathazell. R irrtüml. 11 = Versunkenes Stück der Steinebergschuppe bei Rauhenzell. S = Steinbruch Schanze.

graphischen Teil zum Verständnis der Kreide/Eozän- und Flysch-Stratigraphie behandelt wurden, und das wir in größerem Zusammenhang in den „Erläuterungen zu Blatt Fischen“ schildern. Von den fünf Baugliedern:

1. Helvetisches Kreide- und Flyschgebirge (Sigishofen-Hüttenberg-Grünten),
2. Steinebergdeckschuppe,
3. Kammereckdeckschuppe,
4. Immenstädter Horn-Deckschuppe,
5. Molassevorland

werden daher im Folgenden die unter 2. bis 5. genannten etwas näher zu behandeln sein. Einen Überblick bietet Fig. 8.

### Die Steineberg-Deckschuppe.

Die Südgrenze der Molasse gegen den Flysch hat im Allgäu den Charakter einer Überschiebung im Bereich eines streichenden

Deckensattels. Der fast völlige Mangel an Klippen bezw. Fenstern zu beiden Seiten der großen Flysch/Molassestörung und deren geradliniger Verlauf sind durch starke Verwerfungen bedingt, welche nachträglich entweder die Störung selbst oder nahe ihrem Ausstrich und mit ihr parallel laufend die Grenzzone betroffen haben, wobei die südlicheren Schollen relativ gesenkt wurden.

Als „Steinebergdeckschuppe“ (Steineberg D.) haben wir das westlich der Iller und nördlich der Flyschgrenze gelegene Molassestück bezeichnet, das nördlich bis zum Steigbach reicht. Vom Steigbach-Stauteich ab verläuft die Nordgrenze scharf nach O. als Verwerfung zum Teufelsloch und durch dieses in gleicher Richtung weiter über Mummen, wo sie das Illerknie überschreitet, um südlich Agathazell zu endigen. Die niedrigen Molasserücken östlich Agathazell gehören als nördliche Vorposten dazu.

Im stratigraphischen Teil wurde bereits betont, daß der scharfe Gegensatz des Molasseprofils dieser Einheit und der nördlich folgenden der stratigraphische Grund für diese Abgliederung ist.

Wir betrachten den W.-Teil, wie er im Profil J (Tafel I) dargestellt ist. Es zeigt sich eine nach N. überschobene, sehr breite Mulde, an der offenbar der gesamte Schichtbestand von mindestens 2000 m Mächtigkeit Anteil hat. So wie weiter im W. ist auch hier der Südschenkel der Mulde überkippt, und die im Liegenden am Davidtobel wieder auftretenden Teufelslochschichten lassen die Mulde klar erkennen.

Im Davidtobel, also an den Aufschlüssen, welche den im Flysch gelegenen Obergeißbrückentobel nach N. fortsetzen, erkennt man zahlreiche Störungen, die wie große Ruscheln die Molasse durchziehen, die jedoch nur örtlich die Generalstreichrichtung der Molasse in N. 40—60° O. verdunkeln können. Überkipnungen zeigen sich häufig an der inversen Lagerung, die im allgemeinen dann vorliegt, wenn die Nagelfluh nicht unter, sondern über dem ihr anliegenden Sandstein folgt.

In dem genannten Tobel sind folgende Einzelheiten zu sehen: die Steilstufe von 12 m Nagelfluh zwischen Sandstein (Str. N. 40° O., f. 55° SO.) bei 1020—1030 m NN. ist stark zurklüftet. Die nächst tiefere (unter rund 30 m Mergel) Nagelfluhbank (8 m; Str. N. 60° O., f. steil SO.) ist von zahlreichen Rutschflächen durchschnitten. Bei 1000 m NN. liegen 2 m Sandstein unter einer 10 m

mächtigen Nagelfluhbank. Bei rund 975 m steckt im Mergel 3 m grob- bis mittelkörniger Kalksandstein mit eigenartig säulenförmiger Zerklüftung. Die Säulen liegen wagrecht und haben 10 bis 30 cm Durchmesser. Um 960 m NN. ist folgendes Profil entblößt: Fig. 9.

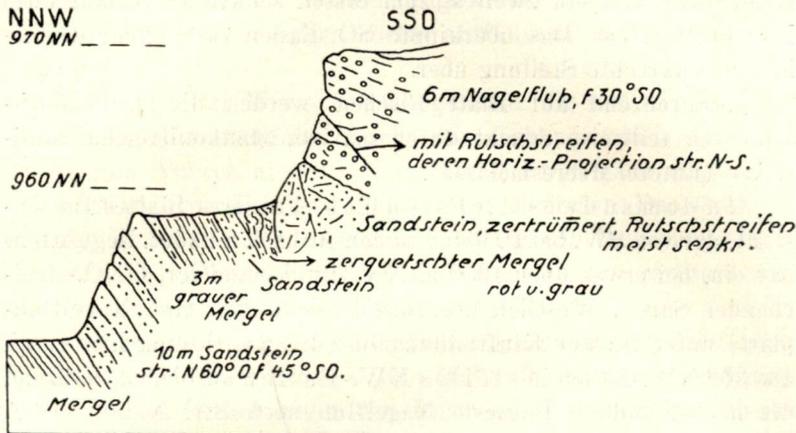


Fig. 9.

Profil durch eine Ruschel in den Hochgratschichten des Davidstobels.

Diese Störungen weisen wohl zumeist auf mehr oder weniger bedeutende Überschiebungen hin, die zu einer recht beträchtlichen Reduktion unseres Muldensüdschenkels geführt haben. Ganz entsprechende Bilder finden sich in den beiden nach W. zu folgenden Tobeln:

Unterster Ostertalbach. Am Klammausgang streicht die erste Nagelfluhrippe (mit Sandstein an der Basis, Überkippung!) auf der westlichen Bachseite N. 40° O., f. 50° SO. Auf der östlichen beginnt die entsprechend aussehende Rippe bei im übrigen gleicher Stellung erst 25 m weiter südlich. Senkrechte Rutschflächen von Str. N. 130° O. mit wagrechten Rutschstreifen deuten auf eine SO.-NW.-durchsetzende Blattverschiebung, die vermutlich dem Bach den Weg durch die Klamm bereitet hat. Südlich Haus 953,8 (südöstlich Säge) zeigt sich in einer ziemlich senkrechten Rippe eine Kalzit-bedeckte Rutschfläche Str. N. 165° O., f. steil NO.; Rutschstreifen fallen 15° NW. Solche Rutschflächen spielen namentlich auch in jener Rippe eine große Rolle, welche am Einfluß des rechten Seitentobels durchstreicht und

hier vom Osterbachtal durchrissen ist. Die beiderseitigen Rippenfortsetzungen scheinen hier aneinander zu passen. Die Rutschflächen-Unterkante der durchstreichenden Rippe fällt steil NW. Die südlich folgende Rippe (mit Wasserfall) ist von vielen NW.-SO.-streichenden Rutschflächen mit wagrechten Streifen durchsetzt, zeigt also ein zweites, zum ersten senkrecht verlaufendes Blattkluftsystem. Das überkippte SO.-Fallen ( $70^{\circ}$ ) geht weiterhin in senkrechte Stellung über.

Angrenzend auf Blatt Fischen werden die Teufelslochschichten teilweise ersetzt durch marine, glaukonitreiche Sandsteine (untere Meeresmolasse).

In dem südwestlichsten Tobel unseres Blattes Immenstadt, der von SW. bei P. 955,8 in den Aubach mündet, liegt offenbar ein, bei etwas über 1000 m NN. durchsetzender, ONO.-streichender Sattel. Westlich des Baches sieht man eine Nagelfluhplatte unter starker Kluftbildung und Blockauflösung hier rasch aus  $30^{\circ}$  NW.-Fallen in steiles NW.-Fallen aufbiegen, während die nächst südlich folgende Nagelfluh noch Str. N.  $50^{\circ}$  O., f.  $50^{\circ}$  SO. Sie ist durch zahlreiche parallele Rutschflächen zerschnitten (Str. N.  $80^{\circ}$  O., f.  $70^{\circ}$  N. mit steil NNW.-fallenden Rutschstreifen). Auch die dritte folgende Rippe fällt NW. Gegen O. ist dieser gestörte Sattel jenseits des Baches ohne Fortsetzung. Eine NW.-SO.-streichende Blattverschiebung trennt ihn offenbar gegen die folgenden, südöstlich, also im Str. entgegengesetzt geneigten Nagelfluhplatten (Str. N.  $30^{\circ}$  O., f.  $60^{\circ}$  OSO.). Daher beginnt auch im O. die nächste Rippe 5 m weiter nach N. zu (Str. N.  $20^{\circ}$  O., f.  $35^{\circ}$  OSO.). Erst die nächste Rippe zeigt zu beiden Seiten das mittlere SO.-Fallen. Nach ihr fließt der Bach in dem folgenden Mergelband ostwärts.

Wir haben hier somit über der regelmäßig SO.-geneigten nördlichen Serie mit einem Mal eine diskordante Faltenbildung, die auf einer Blattverschiebung im Streichen gegen normale Lagerung endet. Auch auf dem anschließenden Blatt Fischen finden sich die Anzeichen solch unregelmäßiger Teilbewegungen, die neben Überschiebungen auch Blattverschiebungen in SO.-NW.-, bzw. SW.-NO.-Richtung darstellen.

Die Muldenumbiegung. Nicht ohne derartige Baukomplikationen streicht im N. (Aubachtal) das Tiefste der großen, südlichen Molassemulde durch, welche nichts anderes ist als die

östliche Fortsetzung der auf Blatt Balderschwang im Gelchenwangalp-Gebiet entwickelten „Untergelchenwangmulde“.

Mit ziemlich gleichmäßiger Neigung senkt sich deren über 12 km lang verfolgte Achse von W. her in das Blatt Immenstadt herein. Auf dem östlichen, 4 km betragenden Abschnitt fällt die Muldenumbiegung nahe in die heutige Gehängeoberfläche, so daß sich hier eine morphologisch höchst auffallende Erscheinung entwickelt:

Unterhalb der Wiesach-Gehängeleiste, die mit der Muldenumbiegung zusammenfällt, bricht das Gehänge steil, um rund 200 m zum Aubach ab, und dieser Hang ist in ganz ungewöhnlichem Maße von Blöcken aller Größen übersät. Das Gesamtgehänge ist bis in nicht unbeträchtliche Tiefe in Bewegung (Deutung s. S. 95). Diese Geländebeschaffenheit ist ein gewisser Anhalt für die Verfolgung von Muldenumbiegungen.

Die 50—60° geneigten Bänke verlieren ihre Steilheit noch nördlich des Wiesachplateaus (35—25° z. B. am Sattel nordwestlich P. 1125). Östlich gegen den Reichenbach zu wendet sich ihr Streichen über O.-W. in NNW.-OSO. bis NW.-SO. Es zeigt sich hier mehrfach eine auf den Schichtflächen vollzogene Abscherung in der Muldenumbiegung durch einen aus annähernd SO.-Richtung wirkenden Schub.

Der wiederansteigende Mulden-Südschenkel ist am Gehänge völlig in Blöcke aufgelöst, aber auch die östliche Fortsetzung der Untergelchenwanger Mulde über den Reichenbach weg ist zunächst nicht sichtbar. An dem tieferen, flacheren und blockfreien Gehänge gegen Gunzesried hin findet man keine entsprechende Fortsetzung: Die Mulde hebt in diesem Stockwerk östlich aus. Gleichzeitig dürfte, nach der geringen Übereinstimmung der Serien östlich und westlich der Reichenbachfurche hier eine ansehnliche Blattverschiebung durchsetzen. Geht man von der blockübersäten Muldenumbiegung nach S., so trifft man, nur 300 m von der flachen Lagerung in der Muldenachse entfernt, am Aubach „im Winkel“ bereits senkrechte oder etwas überkippte Bänke mit Str. N. 50° O., welche auf Scherklüften von dem nördlichen Seitenbach durchschnitten werden. Diese Überkipfung ändert sich weiterhin nicht mehr bis zum Flysch.

In der östlichen Fortsetzung gelangt in dem westlich und südwestlich Gunzesried aufgeschlossenen Niveau keine Muldenum-

biegung zur Ausbildung. Bevor man irgendwo eine flachere Lagerung oder ein Anzeichen für Nordfallen findet, setzen im Aubach-Einschnitt bereits die senkrechten Rippen ein: Vom Reichenbach nach O. schneidet offenbar eine Längsverwerfung oder eine steile Aufschiebung die Region einer beginnenden Mulde glatt ab.

Erst in der Aubachklamm östlich Gunzesried kehrt eine Muldenumbiegung wieder, und zwar nun in wesentlich tieferem Stockwerk.

Aber auch diese Muldenumbiegung hat keinen Bestand; in den liegenden Schichten gegen die Iller zu herrscht nur mittleres Südfallen. Diese Muldenumbiegungen sind also auf bestimmte Stockwerke lokalisiert. Sie entsprechen zwar der großen Umbiegung in der Steineberg-Decke; es kann sich die Muldenlage jedoch je nach dem Stockwerk weitgehend verschieben.

Der Mulden-Nordflügel steigt sehr gleichmäßig, arm an stärkeren Störungen und geschlossen mit dem Bergkamm der Hochgratkette an.

Das NO.-Ende der Steineberg-Decke liegt jenseits der Iller und besteht fast allein aus dem, was im normalen Zug von W. her an die Iller herantritt, also aus den Mergeln und Sandsteinen der Teufelslochschiechten. Das Südfallen ( $30-40^{\circ}$ ) ist gleichfalls beibehalten. Noch fast bis Agathazell reicht jenseits Häuser einer dieser Rücken und kommt so mit nach S. sich verstärkendem Einfallen dem Fuß des kretazisch-eozänen Grünten sehr nahe. Die Analogie zu der südlichsten Fortsetzung sagt, daß die Steineberg-Decke auch hier schräg gegen SO. abgeschnitten wird, und daß bereits deren größter Teil, also die überkippte Südzone, die Muldenumbiegung und der hangende Hauptteil auch des nördlichen Muldenflügels fehlt.

### **Die Immenstädter Horn-Deckschuppe**

(Horn-D.).

Die Nordgrenze dieser der Steineberg-Decke nach Muldenbau und Lage recht ähnlichen tektonischen Einheit verläuft aus der Gegend von Stein an der Iller westlich über Einharz-Bühl. Östlich der Iller gehört die flach abgetragene Molasse von Untermeiselstein und der ausgeprägte Zug Buchwald-Greggenhofen-Falkenstein dazu.

Die Basislagen (Steigbachschichten) dieser Deckschuppe sind in der Steigbachklamm schön aufgeschlossen. Sie fallen durch starken Wechsel in Streichen und Fallen bedeutend aus dem Rahmen des von den hangenden, die Kämme bildenden Hochgratschichten gezeigten Bildes heraus. Viele Klüfte und Rutschflächen, Blattsprünge begrenzen Gebirgsstücke eigener Bewegung oder sammeln sich auf breiteren Bewegungszonen an.

Kurz vor dem oberen Ende der Klamm sieht man wie eine Platte aus N.-S.-Streichen in Str. N. 55° W., f. 55° SW. umbiegt. Die Neigung zu solcher Umbiegung war schon vorher wiederholt zu bemerken. Ob sie hier ein endgültiges Umschlagen anzeigt, ist ungewiß, es scheint aber zwischen Steigbachserie im Liegenden und Hochgratschichten im Hangenden (Grenzfläche „δ“ der Profile) hier Konkordanz zu herrschen. Ein ganz anderes Gesicht hat diese Grenzfläche „δ“ westlich des Steigbachs gegen das Horn zu. Aus dem stark verschütteten Gehänge stehen im W. da und dort verschieden steil nach O. bis OSO. einschließende, rote Nagelfluhplatten hervor, quer gegen die steil W.- bis SW.-geneigten Steigbachschichten herabstehend. Erst weiter oben folgt an diesem Hang mittleres Westfallen (Sattel). Es liegt daher im Westen des Steigbachs eine scharfe Diskordanz. Man könnte sie zunächst zur Not mit einer NNO.-streichenden Verwerfung deuten; doch zeigt sich, daß die Fläche „δ“ an anderen Stellen als flache Schubfläche aufzufassen ist.

Am besten sieht man das nördlich Almagmach. Oben am Gehänge beim Fahrweg ist die rote Serie (Str. N. 100° O.) noch 50° nach N. geneigt (Muldensüdflügel). Etwas tiefer zeigt dagegen der kleine Tobel bei 1210 m NN. graue Steigbachschichten mit 50° Südfallen. Von da tobelaufwärts ist bei 1215 m Sandstein mit 80° SSO.-Fallen und Rutschflächen. Es liegt hier in dem Niveau „δ“ eine bedeutende flache Störung. Von ihr aus bis zum Muldenkern im N. zählt man nur 9 Nagelfluhrippen, während im nördlichen Muldenflügel 29 rote Nagelfluhbänke bis zur grauen Basis aufeinanderfolgen, was stratigraphisch-faziell nicht erklärt werden kann.

Die flache Störungsfläche „δ“ zieht sich im Steigbachtal am N.-Gehänge ausstreichend allmählich nach O. abwärts, wo sie nördlich Ornach die graue von der normal gegen NW. einsinkenden roten Molasse mit flacher NW.-Neigung trennen dürfte.

Demgegenüber folgt am Nordhang des Immenstädter Horns rote über grauer Molasse im allgemeinen ganz konkordant, und in dem Plateau nördlich Immenstadt haben wir im Bereich von „ $\delta$ “ teils Konkordanz, überwiegend aber wieder Diskordanz. Das zeigt sich aus dem Abgeschnittenwerden von Sandsteinbänken im Streichen, aus der oft senkrechten Stellung, der Schuppenbildung, der Rutschflächenhäufung und anderen in der Nähe von „ $\delta$ “ angesammelten Störungen.

Zwischen Steigbach- und Hochgratschichten haben wir eine zum Teil sehr starke, zum Teil völlig ausklingende örtliche Beweglichkeit, ein Beispiel für die im Streichen nicht sehr aushaltenden, stockwerks-tektonischen Sonderreaktionen, denen keine sehr große regionale Bedeutung zukommt.

Die geteilte Hornmulde. Die Schichtneigung in dem breiten Rücken des Immenstädter Horns geht regelmäßig nach S. Erst dort, wo der breite Plateau-Rücken der höchsten Teile steiler zu werden beginnt, stellt sich zugleich mit den jüngsten Schichtbänken auch eine Muldenumbiegung ein, gegen die hin an den Südhängen bis herab zum Steigbach nordwestliches Einfallen vorliegt.

Die Einzelheiten entsprechen sehr weitgehend denen der Mulde in der Steineberg-Decke. Wie am Gehänge „im schönen Buch“-„Rauhenberg“, so zeigt sich auch hier wieder ein ganz ungewöhnliches Chaos von Blöcken und Schuttmassen („in der Rottach“, „Sonnenseite“ usw.). Auch hier starke Zertrümmerung, bedingt durch die im S. herangeschobene Steineberg-Decke, auch hier gesteigerte Beweglichkeit infolge Wasseransammlung in den Mulden. Das Mulden-Einfallen gegen N. ist nahe dem westlichen Blattrand sehr steil. Hier liegt ein vermutlich von Blattverschiebungen begrenzter Keil.

Eine Verwerfung zieht vom Teufelsloch westlich herüber und erklärt das plötzliche Aneinandertreten des senkrecht stehenden Mulden-Südflügels und des fast wagrechten Muldenkerns.

Nach Osten zu gabelt sich die Hornmulde in eine nördliche und südliche Teilmulde. Beide zeigen nahe der Achse eine streichende Verwerfung.

Die südliche Teilmulde. Während weiter westlich noch das periklinale Einfallen gegen SW. entwickelt ist, sieht man am unteren Brennesseltobel den in S.-N.-streichenden, umgebogenen

Muldenflügel von S. unmittelbar auf den noch nicht umgebogenen, sondern noch O.-W.-streichenden Mulden-Nordflügel aufzutreffen. Es handelt sich wohl auch hier um das Aneinandergrenzen abweichend gebauter Stockwerke durch späteren Einbruch und zwar ist hier relativ der südliche Teil eingebrochen, denn wir sehen zwar jenseits des Sprungs die Fläche „ $\delta$ “ am unteren Steigbach um rund 80 m tiefer ausstreichen als am oberen, aber das ist eine primär beträchtlich nach NNO. absinkende Fläche. Dagegen zeigt die Fortsetzung jenseits des Steigbachs, daß an dem Sprung in der Tat der Südteil versunken ist.

Hier, südlich über Hochried, trifft ja die Steineberg-Decke mit ihren Teufelslochschiefern in steilem Kontakt auf die Horn-Decke. Es kann sich dabei nicht um den primären Kontakt beider Deckschuppen handeln; dieser wäre viel zu steil. Vielmehr hat unser Muldenkernsprung nunmehr den nördlichen Stirnrand der ausgehenden Steineberg-Decke angeschnitten, deren basale Schubfläche (im Steigbachtal verschüttet) durch ihn nunmehr im N. nach oben so sehr verstellt erscheint, daß sie bereits mitsamt dem Stirnrand der Steineberg-Decke der Erosion zum Opfer gefallen ist (vergl. Schubfläche II in Profil E, F).

Falls die roten Nagelfluhrücken orographisch unter den Teufelslochschiefern nördlich Ornach nicht stratigraphisch als normale, liegende Fortsetzung gelten dürfen, haben wir in diesem, einen kleinen Sattel bildenden Stück einen basalen Schürfling als Teilschuppe der Steineberg-Decke (Profil F zwischen IIa und b).

In den Profilen (Tafel I)<sup>1)</sup> sind der einheitlichen Bezeichnung wegen die verschiedenen Schubflächen mit römischen Ziffern von der tiefsten zur obersten fortschreitend numeriert. Weiterhin werden Teilschuppen mit Buchstaben unterschieden. Nördlich der Kreide/Flysch-Überschiebung III mit ihren verschiedenen Verzweigungen III a-c ist die Schubbahn der Steineberg-Decke mit II bezeichnet. Deren Basalschuppe liegt demnach zwischen IIa und IIb. Beide werden von unserm Muldenkernsprung in O.-W. abgeschnitten.

Andererseits schneidet diese Verwerfung auf ihrem weiteren

<sup>1)</sup> Die Kartierung von Blatt Kempten 1:100 000 hat mir gezeigt, daß die auf dieser Tafel unterschiedenen „Zaumbergschichten“ identisch sind mit den Teufelslochschiefern.

Verlauf durch das Teufelsloch nacheinander auch die OSO.- bis SO.-streichenden Hochgrat- und die Steigbachschichten schräg ab, bis sie bei Mummen auch deren tiefste überhaupt ausstreichenden Glieder koupiert, um dann nur noch orographisch das bemerkenswerte Eck des Illertales zu bilden, dem der Fluß bei Hofen-Mummen folgt. Hier verläuft der Sprung wesentlich im Streichen der ihn südlich begleitenden Teufelslochsichten.

Die Verhältnisse am Nordgehänge des Teufelslochtals unter der Waldkuppe sind dadurch etwas verwickelt, daß gerade hier eine weitere Störung aufreißt. Neben annähernd O.-W.-streichenden Rutschflächen wird die Nagelfluh hier auf einer mit  $60^{\circ}$  SO. fallenden, in N.  $25^{\circ}$  O. streichenden Fläche abgeschnitten, und ist noch teilweise von einer Tapete aus Teufelslochsichten beklebt. An anderer Stelle zeigt die abschneidende Fläche Str. N.  $45^{\circ}$  O., f.  $70^{\circ}$  SO. Sie gehört zu dem von hier ab NO.-streichenden System von Störungsflächen, die weiterhin auch in der Steigbachserie manche Verwicklungen bedingen und noch größere Bedeutung jenseits der Iller erlangen, denn diese Fläche übernimmt dann durch Abgrenzung der Steineberg-Decke bei Rauhenzell die Rolle unseres ostwestlichen Muldenkernsprunges.

Die nördliche Teilmulde. In der annähernd nordöstlichen Fortsetzung der Hauptmulde liegt jene, die wir an der flachen Lage bis „am Hörnle“ verfolgen können. An einem von riesigen, ungezählten Blöcken überstreuten Hang nördlich des Brennesseltobels dürfte die eine oder andere Bank sich im Untergrund bereits zum südlichen Muldenschenkel aufrichten, wenigstens spricht das Gelände durchaus dafür. Sicherer Anstehen kann man freilich hier nicht messen. Erst am Abhang westlich über dem unteren Steigbach erscheinen steiler WNW. geneigte Nagelfluhplatten, und einige hangabwärts entgegengesetzt in OSO. einschließende Bänke zeigen an, daß hier der Muldensüdschenkel in sich nochmals gefaltet ist. An dieser Stelle und mit diesem Sekundärsattel nimmt wohl die basale Steigbachserie an der Faltenbewegung der hangenden roten Serie teil. Den Abschluß der auch hier wieder als eine mehr sekundäre, abteilungstektonisch angeordnete Teilbewegung aufzufassenden Faltung würde dann etwa eine im Bereich der Hochriedalm verdeckt ausstreichende Scherfläche bilden. Unter ihr in der tektonisch tieferen Abteilung (Stockwerk) normales SW.-Fallen gegen eine erst weiter südlich

im Berg stattfindende Muldenumbiegung, über ihr der verdrehte und gefaltete Südschenkel unserer nördlichen Teilmulde.

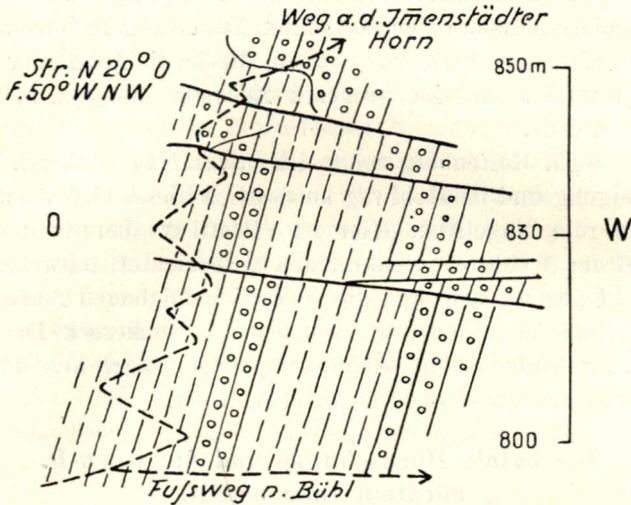


Fig. 10.

Profilschnitt des Hörnle-Gehänges SW. bei Immenstadt: Ostbewegung der höheren Gebirgsteile unter Schuppenbildung.

Bemerkenswerterweise zeigt diese Teilmulde nun aber wiederum einen solchen Muldenkernsprung, wie er östlich Gunzesried und wie er am Brennesseltobel festzustellen war. Westlich von der zerbrochenen Muldenumbiegung haben wir die Tendenz zur Abscherung des Hangenden gegen Osten hin, so wie in Fig. 10 näher gezeigt ist. Gegen das Hangende zu sieht man, daß der Muldenkernsprung immer mehr an Sprunghöhe verliert bis bei 900 m NN. bereits eine mächtige, unzerbrochene Nagelfluhbank die Muldenumbiegung ausführt.

### Die Mulde von Rettenberg-Kranzeck.

Östlich der Iller setzt sich die Horndecke gleichfalls mit deutlichem Muldenbau fort. Der ganze nach O. ansteigende Greggenhofener Zug der Hochgratschichten neigt sich 35—60° südlich und verflacht dabei allmählich in der moränenreichen Rettenberger Niederung auf 25—20°. Im Hangenden erscheinen nördlich Steph. Rettenberg graue Mergel und Sandsteine, die schon zum Hangenden der Hochgratserie gehören dürften. Der Muldensüdfügel ist

auch hier nicht intakt; denn die an den Südgehängen der Rettenberger Senke steiler ansteigenden Mergel, Sandsteine und Nagelfluhen sind nicht die normale Fortsetzung derjenigen an der Nordseite, sondern müssen einer besonderen Decke zugerechnet werden, die wir „Kammereck-Decke“ nennen, die in die Murnauer Mulde im O. fortsetzt und im größeren Zusammenhang a. a. O. besprochen wurde.

In Steph. Rettenberg zeigt sich etwas Nagelfluh mit steiler SW.-Neigung und im Hohlweg nordöstlich dieses Ortes senkrecht stehende rote Nagelfluh. Hier ist (Profil A) bereits der Südschenkel der Mulde zur Senkrechten aufgerichtet, teilweise überkippt und überschoben, und die südöstlich folgenden Aufschlüsse lassen schon Teile der aufgeschobenen Kammereck-Decke erkennen. Auch hier ist die Mulde zersprungen, auch hier der Südschenkel zertrümmert und von S. überfahren.

### **Die basale Hornschuppe und die Horn-D. nördlich Immenstadt.**

Der Widerstand, den die Horndecke fand, führte offenbar zur Abspaltung einer wohl ausgeprägten Basalschuppe. Sie ist auf den Profilen B bis F und auf der tektonischen Karte Figur 2 zwischen den Flächen Ib und Ia gelegen.

Östlich der Iller sieht man sie orographisch und tektonisch deutlich abgegliedert. Der einheitlich NO.-streichende Greggenhofener Zug bricht nach N. steil in die Moorniederung ab und aus dieser erheben sich bei Untermeiselstein flache Schwellen der Hochgratserie mit wenig geneigter Lagerung und vorwiegend meridionalen Streichen. Vielleicht liegt hier ein flacher N.-S. Sattel vor; es könnte auch das umlaufende Streichen des östlichen Sattelendes der Hornvorschuppe sein. Weiter westlich gegen die Iller erscheinen in verschiedenen Steinbrüchen Sandsteine, die scheinbar unter die Hochgratserie einfallen. Sie streichen in einem nach O. konvexen Bogen und folgen wohl unter der Schubfläche I (Profil C), deren Ausstrich hier somit gegen SW. zieht. Möglich aber auch, daß Ia östlich der Iller keine größere Bedeutung hat.

Westlich der Iller springen die noch der Horn-Decke zuzurechnenden Nagelfluhen bedeutend weiter nach N. vor. Erst jenseits Stein beginnen unter der Fläche I die Sandsteine und Mergel der Teufelslochsichten, möglicherweise erst östlich Ober-

einharz. Die basale Ia-Schubfläche streicht dann westlich weiter, wird aber auch hier durch verschiedene, auf Blattverschiebungen erfolgte Verwürfe bald nach N. bis Obereinharz, bald nach S. gestellt. Nördlich Bühl geht Ia entweder in den Alpsee oder verschmilzt mit der Ib-Fläche.

Mit letzterer verschwindet die basale Teilschuppe südlich unter dem Hauptteil der Horn-Decke. Nordwestlich bei Stein trennt sie vielleicht die winkelig aufeinanderstoßenden Streichrichtungen (NO. in der Basalschuppe, SO. in der Hauptschuppe). Südlich Untereinharz tritt sie orographisch sehr gut durch den Nagelfluhanstieg heraus, und in der Kiesgrube 370 m südsüdwestlich dieses Ortes liegen die Anzeichen ganz ungewöhnlich starker Zerquetschung. Westlich Bühl grenzt die Steigbachserie mit Str. N.  $65^{\circ}$  O., f.  $45^{\circ}$  SO. an die roten und grauen, sandsteinführenden Mergel der Teufelslochsichten, in welche der Alpsee gebettet ist. Im ersten Tobel westlich von Bühl erscheinen stärkere Schicht-

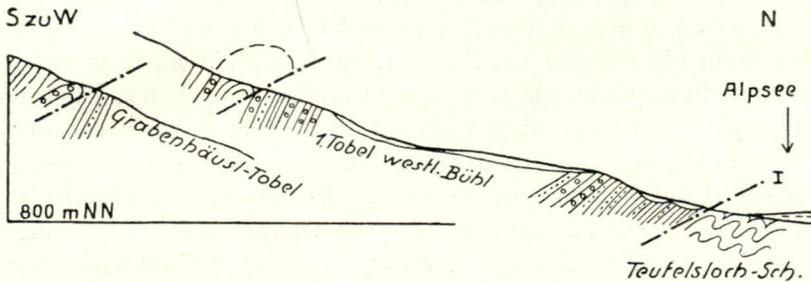


Fig. 11.

Tobelprofile SW. Bühl in Steigbachschichten der Horndecke.

störungen (Fig. 11). Sie beziehen sich ebenso wie in dem Grabenhäusl-Tobel südwestlich Bühl auf eine Überfaltung mit Schubfläche, so daß das Liegende überkippt ist.

### Die Blattverschiebungen.

Die Horn-Decke ist durch Querstörungen namentlich nördlich und östlich von Immenstadt in ein Schollenmosaik aufgelöst.

Schon am Nordfuß des Immenstädter Horns zeigen sich Sprünge, die aber in der Hauptsache auf tiefere Stockwerke beschränkt bleiben.

Eine streichende Störung, welche als Kernsprung der nörd-

lichen Hornteilmulde vom Hörnl-Untergrund nach NO. zieht, dürfen wir wohl über Immenstadt noch weiter verlängern, denn mit ihr wird sowohl die geschlossene Begrenzung des Senkungsfeldes östlich der Stadt zusammenhängen wie auch z. T. vielleicht noch die Spaltenbildung, welche es der Iller bei Untertzollbrücke erleichterte den Greggenhofer Riegel zu durchbrechen.

Echte Blattverschiebungen zeigen sich annähernd senkrecht auf dieser Störung mit überwiegend nordnordwestlicher Streichrichtung im W. von Immenstadt.

Den gleichen Charakter besitzen die noch zahlreicheren Blätter nördlich und nordöstlich Immenstadt. Die Karte zeigt hier mehr als zehn größere Querstörungen, die in den zertrümmerten Senken der Nagelfluhrippen durchziehen. Abb. 9, S. 66 von Band IV des „Geologischen Archivs“ gibt ein Beispiel für diese nach NW. zu sich meist spaltenden und zerschlagenden Störungen.

Besonders ausgeprägt ist eine lange Blattverschiebung, welche das etwas höhere Rippenplateau der Steigbachserie westlich vom Dachseck von dem tieferen, flacheren im O. davon bis an die Iller bei Stein hin abschneidet. Nach N. zu ist sie mit unserem Blatt noch nicht zu Ende. Sie zieht über Obereinharz nach dem Tälchen westlich der Untertzollbrücke, setzt hier aber offenbar mit der Fortsetzung des schon genannten Muldenkernsprungs der nördlichen Hornteilmulde nicht aus, sondern überschreitet die Iller, um hier den langen und geschlossenen Greggenhofer Zug völlig abzuschneiden. So zieht sie über Rauhenzell weiter und wird über 4 km lang. Von ihr strahlt in annähernd nördlicher Richtung eine ganze Anzahl von Blattverschiebungen aus, die aber offenbar einem anderen Bewegungs-Stockwerk angehören. Der längste dieser Sprünge zweigt am weitesten im S. schon bei Rauhenzell ab, also dort, wo der Vorposten der Steineberg-Decke heranstieß. Er durchschneidet die von der Straße benützte Paßniederung nördlich dieses Ortes und zieht dann ins Illertal hinaus, wo er auch die Basalschuppe der Horn-Decke verschiebt. Wie außerhalb dieses Sprungbündels Obereinharz-Rauhenzell-Iller bei Stein nach W. hin, so sehen wir auch nach O. zu in dem Greggenhofer Zug die Blattverschiebungen wieder in mehr nordwestlicher Richtung durchsetzen. Es sind aber nur noch etwa sechs (Profil H).

Die Parallelität des Alpee-Ausflußtales mit unseren Blättern macht sehr wahrscheinlich, daß auch dieser Talzug durch das Auf-

reißen kräftiger an seinen Rändern aufgerissener Blätter angelegt worden ist.

### „Das Vorland“

nennen wir auf Blatt Immenstadt das nordwestlichste Stück am Alpsee, denn es dürfte nicht mehr sehr bedeutend horizontal verschoben worden sein und als weiches Polster vor den heranrücken- den südlichen Schuppen gewirkt haben. Der Bau ist ein deutlicher Faltenbau. Die Teufelslochsichten sind hier in eng gepreßte Faltenzüge gelegt, die anscheinend durchlaufen und nur in der nächsten Nachbarschaft der in Blattkeile zerlegten Horn-Decke gleichfalls von Querverschiebungen betroffen wurden. Östlich vom Alpsee herrscht zunächst SO.-Einfallen, im Großholz und noch östlicher erfolgt Aufrichtung zur Senkrechten und noch weiter im O. zeigt sich steiles oder flacheres Einfallen nach Norden.

### Die Radialbewegungen.

In einem Deckschuppengebiet mit Faltung und Blattkeilbildung werden Radialverschiebungen, also Hebungen und Senkungen auf Sprüngen sehr leicht übersehen, da so mächtige, wenig horizont- charakteristische Sedimente vorliegen, wie in der Molasse. Zu den auf unserer Karte eingetragenen Verwerfungen, die oft steile Störungen des Bewegungsbildes tangentialer Bewegung verwendet haben, dürften noch zahlreiche kleinere, zur Zeit nicht auffindbare kommen. Andererseits sind viele von ihnen nur indirekt nachweisbar gewesen und der ihnen zugeschriebene Verschiebungseffekt kann in manchen Fällen sich auch verteilen auf eine breitere Sprungzone, bzw. durch eine Flexur erzielt sein, die sich unter Umständen nur sehr langsam entwickelt hat („epirogen“).

Von dem zum Teil Sprung-artigen Charakter der südlichen Molassegrenze gegen den Flysch haben wir S. 100 gehört. Desgleichen von dem Muldenkernsprung der Steineberg-Decke S. 104 und von jenem Sprung, der zwischen Steineberg-Decke und Horn-Decke anzunehmen ist. Es ist dieser nur die Fortsetzung des die südliche Hornteilmulde zerschneidenden Sprungs, und auch auf ihm ist relativ die südlich angrenzende Scholle gesunken. Wir haben es hier wohl etwa mit dem doppelten Absenkungsbetrag als auf den südlicheren Sprüngen zu tun, denn auf ihm liegen tiefere Teufelslochsichten der südlichen Decke neben tieferen Steig-

bachschichten der nördlichen. Da erstere nach der Schubphase zunächst nicht nur über letzteren, sondern auch noch über mächtigen Hochgratschichten der Horn-Decke gelegen gedacht werden müssen, so ergibt sich ein Sprungbetrag von mindestens 600 m.

Alle Sprunghöhen der Verwerfungen nehmen nach Osten, gegen die Iller zu; das gilt in gleicher Weise für die vom Teufelsloch gegen NO. ausstrahlende Querverwerfung. Sie wird im O. zur Längsstörung, denn ihre offenbare Fortsetzung begrenzt der Greggenhofer Zug gegen das große Agathazeller Senkungsfeld und streicht in der Rettenberger Mulde ostnördost weiter.

Fast gleichlaufend mit dieser Störung verläuft der Muldenkernsprung der nördlichen Teilmulde. Seine Fortsetzung schließt das von den Illeralluvionen überschwemmte Niederungsgebiet östlich Immenstadt nach N. ab.

Durch das Alpsee-Abflußtal streicht ohne Zweifel ein wiederum nach O. an Sprunghöhe zunehmender Bruch, an dem nun aber die Nordscholle versunken ist. Dafür sind folgende Überlegungen anzuführen:

Eine geringe Absenkung gegen NO. ist aus der Höhenlage der Steigbachschichten-Oberkante zu erschließen. Diese erreicht im allgemeinen im SW. die 1000 m-Linie, geht im NO. nicht bis 860 m herauf. Schon bei Immenstadt hat die Sprunghöhe beträchtlich zugenommen, denn im SW. geht die „ $\delta$ “-Fläche bedeutend über 900 m empor, im NO. ist sie tief versenkt; die ganze Steigbachserie fehlt schon unter den Hochgratschichten. Der SO. geneigte Greggenhofer Zug ist aufzufassen als Nordflügel der Hornmulde, und zwar haben wir hier wohl wieder dasselbe wie westlich Gunzesried: Die große Muldenumbiegung am Horn, welche die Schwenkung im Generalstreichen der Horn-Decke bedingte, ist hier zu Ende. Ein bestimmtes stratigraphisches Niveau, das jedoch im W. die Mulde gebildet hat, streicht mit dem normalen Generalstreichen im Greggenhofener Zug fort. Damit bestätigt sich wiederum der abteilungstektonische Charakter der Molassemulden, d. h. die Fähigkeit einzelner Molassestockwerke, für sich einmal eine Muldenumbiegung zu absolvieren, ohne daß dabei Hangendes oder Liegendes in gleicher Weise beteiligt zu sein braucht.

Was die Gegend von Rauhenzell-Rettenberg-Agathazell betrifft, so wirken sich hier die Radialbewegungen neben den tan-

gentialen in besonderem Maße aus. Bei Rauhenzell wurde offenbar der nördlichste, noch erhaltene Teil der Steineberg-Decke über den eingebrochenen Horn-Decken-Südflügel geschoben. Die weite Rettenberger Mulde ist die mit ihrem Südflügel nach O. zu wieder auftauchende Horn-Decken-Mulde. Die SW.-Begrenzung des ausgedehnten Senkungsfeldes von Agathazell dürfte durch den aus dem Alpsee-Abflußtal herüberstreichenden Bruch bedingt sein. Die verschiedenen kleinen, aus den Illeralluvionen hervortretenden Rücken der Teufelslochsichten hier liegen noch südlich desselben. Sie sind als Teil der Steineberg-Decke auch schon tief gesunken, noch tiefer aber ihre nördliche Nachbarschaft.

Am Nordfuß des Immenstädter Horns setzt die Oberkante der Steigbachschichten staffelförmig gegen O. nieder. Dadurch wird unten unter Sprungbildung der gleiche Effekt erzielt, wie oben, in den Hochgratschichten durch die Muldung.

Wie im einzelnen die Radialbewegungen auf den Blättern nördlich von Immenstadt verlaufen sind, ist vielfach unklar. Auf der großen Störung Obereinharz-Rauhenzell ist die östliche Nachbarscholle gesenkt. In ihrem Bereich und südlich von ihr haben die tangentialen Druckkräfte ein gesteigertes Bewegungsausmaß erlangt, sind namentlich die Blattkeile zahlreich, sind die hemmenden Riegel (Steigbachschichtensockel im W. und Greggenhofener Nagelfluhzug im O.) durchrissen.

Überblick. Nicht weit südöstlich Rauhenzell gibt es gegen Agathazell zu eine Stelle, von der aus fast die Gesamtheit der Blattverschiebungen ausstrahlt wie die Stäbe eines geöffneten Fächers. Diese Stelle liegt etwas nördlich Hofen und so ziemlich dort, wo die südliche Randstörung der Horn-Decke nach W., die Alpseeausflußstörung nach WNW., die große Rauhenzell-Obereinharzer Blattstörung gegen NNW. zu abgeht. Von diesem „Druckpunkt“ aus verteilen sich die Differentialbewegungen in der Wagrechten gegen das Gebiet zwischen O.-W. und N.-S., also gegen NW. hin, wobei aber eine Bewegungsfläche (Rauhenzell-Obereinharz) besonders viel Bewegungsunterschiede auszugleichen hatte. Sie ist daher sekundär Ursprungsort von wesentlich S.-N. aufgerissenen Blattrissen.

Innigste Beziehungen dieser Horizontaldruck-Tektonik leiten aber hinüber zu der Radialdruck-Tektonik. Denn wir sehen, daß in der Nähe des Druckpunktes nicht nur die Stellen stärkster

Pressung und Zertrümmerung<sup>1)</sup> liegen, sondern gleichzeitig auch jene bedeutendster Versenkung. Diese auch anderwärts zur Geltung kommende Beziehung mag auf das Alpeeabflußtal gleichfalls zutreffen; es liegt nahe dieses als ein grabenartiges Trümmergebiet aufzufassen. Wo stärkste Zertrümmerung, da stärkste Einsenkung. Dabei sind auch genetisch-zeitlich engste Zusammenhänge zwischen beiderlei Störungen vorhanden.

### Das Relief.

In der heutigen Form der Landschaft vereinigen sich vorangegangene geologische Vorgänge in großer Zahl zu einer neuen Einheit in der Gegenwart. Zeitlich oft weit getrennte Ereignisse mannigfaltigster Natur überschauen wir so mit einem Blick. Solche Möglichkeit das Gegenwärtige aus dem Vergangenen zu verstehen hat großes, allgemeinbildendes Interesse, ist es doch geeignet der Heimatliebe und der ästhetischen Naturbetrachtung neue Quellen der Freude im Verbundensein mit der Natur zu erschließen. Bevor daher einige unmittelbar und materiell anwendbare Folgerungen aus der Geologie des Blattes Immenstadt abgeleitet werden, und als Vorbereitung hierfür, erscheint eine entstehungsgeschichtliche Würdigung der Oberflächengestaltung im großen und kleinen und der Vergleich mit dem tektonischen Aufbau.

#### 1. Zur absoluten Höhenlage und Geschichte des Reliefs.

Für einen so engen Bereich wie den eines Meßtischblattes ist über die absolute Höhenlage des Reliefs und über deren Geschichte nicht viel Abschließendes zu sagen. Wollen wir aber nicht ganz darauf verzichten aus der geologischen Geschichte gerade die bedeutungsvollste Tatsache des vorhandenen Gebirgsreliefs zu verstehen, so haben wir hier wenigstens die hierauf bezüglichen Gesichtspunkte anzudeuten.

Wer von der Kontraktions-Hypothese ausgeht und die gebirgsbildende Kraft aus der Bewegungsdifferenz zwischen dem

---

<sup>1)</sup> Die geringe Zertrümmerung der so nahe dem Druckpunkt liegenden Teufelslochschichten bei Rauhenzell hängt offenbar mit dem abweichenden Bewegungsstockwerk zusammen, dem sie im Gegensatz zu den gepreßten Horndecken-Sedimenten angehören. Erst später haben Radialbewegungen jenes höhere Stockwerk in das tiefere z. T. versetzt, in dem dieses Stück heute liegt.

durch Abkühlung sich verkleinernden Kern und dem schon erstarrten Rindenteil des Erdballs ableiten möchte, wird es für selbstverständlich halten, daß alle starke orogenetische Faltung und Überschiebungsbewegung zu gewaltigen Bergrelief-Erhöhungen führen muß. Berücksichtigt er auch entsprechend die sogen. Iso-stasie, das notwendige Gleichgewicht zwischen den als schwimmend zu denkenden Erdkrustenstücken, so wird er — für längere Zeiten und größere Räume — die durch die Gebirgsbildung geschaffene Relieferhebung nur auf einen Bruchteil des orogenetisch zusammengeballten Gesteinswulstes veranschlagen dürfen; entsprechend nämlich dem Raumgewicht (und der Fliehkraft) der aufgestauten Erdkruste einerseits und der durch diese zu verdrängenden Gesteinsmassen in der Tiefe andererseits. Noch viel weniger selbstverständlich hängt Relieferhebung mit Orogenese für denjenigen zusammen, der ein Weichen der Tiefe für das orogenetisch Primäre, ein darüber Auftürmen der ihrer Unterlage beraubten äußeren Erdrindenteile für das orogenetisch sekundäre hält. Für ihn ist, was ja auch aus den modernen Gefügestudien hervorzugehen scheint, zunächst selbstverständlich, daß die Faltungs- und Überschiebungsvorgänge in der Hauptsache in der Tiefe, d. i. viele hundert und mehrere tausende von Metern tief, vor sich gehen, und daß zwar starke Unebenheiten, wie sie etwa im Archipelstadium der Geosynklinalen entstehen, gleichzeitig geschaffen werden, daß diese aber durchaus nicht etwa in summa eine gebirgige Schwelle bedingen. Im Gegenteil verweisen die sehr mächtigen orogenen Sedimente auf ausgedehnte Senkungen, daneben freilich auch auf örtlich gesteigerte Hebungen.

Unter solchen Umständen entsteht zunächst die wichtige Frage, ob es wirklich erlaubt ist aus der bedeutenden Anhäufung von Sediment, namentlich von grobem Molasseschotter im Vorland nicht nur auf die Entstehung eines starken Gebirgsreliefs, sondern auch auf die gleichzeitige Bildung durchgreifender Gebirgsbildungs-Phasen zu schließen.

Es ist hier nicht der Platz dies zu erörtern. Jedenfalls beweist aber das Auftreten der mächtigen Oligozänschotter in unserem Molasseprofil das gleichzeitige Erscheinen eines kräftigen Gebirgsreliefs nahe im Süden.

In dieser Zeit lag jedoch Blatt Immenstadt noch im Vorland der Alpen; es war Teil einer ruckweise in Senkung begriffenen

Fluß-Schotterplatte, gehörte noch nicht zum Gebirge. Nur das eine ist aus Gründen, die sich beim Vergleich mit der südbayerischen Molasse ergeben, wahrscheinlich daß diese Platte schon dynamisch gegliedert war in breite Zonen, die dem Alpenrand parallel laufend gesteigerter Senkung verfielen, und in schmale, relativ gering gesenkte Zwischenzonen. Die in unserem Gesichtskreis liegenden Muldenzonen entsprachen von S. nach N. aufeinanderfolgend dem Ablagerungsraum der Steineberg-Decke, der Horn-Decke und des „Vorlandes“. Im Relief war diese Gliederung noch nicht sichtbar; alles wurde ja von den Flüssen überschwemmt.

Zum Gebirge wurde der Raum von Blatt Immenstadt erst im Gefolge der mittelmiozänen Gebirgsbildung. Durch Steigerung des Vortiefenzuges nach abwärts unter gleichzeitiger Ansaugung der Vortiefenmassen südöstlich herein unter den Gebirgskörper gerieten nach unserer Auffassung hangende Vortiefenteile der autochthonen und sehr eng gepreßten Muldenzonen in das obere, passiv als Reaktion nach außen überflutende Faltungs- und Überschiebungsniveau der äußersten Kruste. Sie wurden insgesamt abgeschert und mußten sich auf weiteren, alpenauswärts ansteigenden Schubflächen übereinandertürmen. Dabei gingen die schon in der Vortiefenzeit radial gestörten und schmalen, sattelartigen Hebungszonen zwischen Steineberg-, Horn-Decke und Vorland in zertrümmerte Überfaltungssättel über, die sie streichend durchziehenden Radialflächen teilweise in Schuppenflächen. Südlichere Fortsetzungen des Molasse-Sedimentationsraumes wurden von den helvetischen Decken überfahren.

Es ist nicht festgestellt wie weit sich diese Bewegungen unter Bedeckung durch das in ein Archipelstadium übergehende Meer der oberen Meeresmolasse vollzogen. Wahrscheinlich folgte bald eine von SO. heranwachsende, orogene Reliefaufwölbung. Dieser wurde jene gewaltige Flut von Geröllen, Sand und Schlamm durch das ausgedehnte Flußsystem entnommen, welches sich nun in dem vom Meer verlassenen Raum einschneidet und das Vorland, beginnend mit den Rotkreuzschottern, weithin überströmte.

Damit war wohl der größte Teil von Blatt Immenstadt für das Gebirge erobert. Die Vortiefe verlegte sich weiter nach N., damit das Sammelbecken für neue, miozäne Molassesedimente so großer Mächtigkeit, daß sie im Untergrund der Schwäbisch-bayerischen Hochebene noch nie haben durchbohrt werden können.

Diesen Werdegang haben die Molasseprofile enthüllt. Weitere Auskunft ergeben die Formen von heute, ihre relative Höhenlage im großen und kleinen und der Vergleich mit dem tektonischen Aufbau.

## **2. Die relativen Höhenlagen von heute und ihre geologische Deutung.**

Wenn wir uns fragen wie viel von dem heutigen Großrelief auf die tangentialen Faltungs- und Überschiebungsvorgänge, wie viel auf radiale Niveau-Änderungen zurückgeht, so finden wir überraschende Gegensätze. Zu dem Zweck seien kurz die verschiedenen Großformen des Blattes betrachtet.

### **Falten und Überschiebungen im Reliefbild.**

Bei unseren Überschiebungsdecken wird man im allgemeinen annehmen, daß die gehemmtten, daher am kräftigsten emporgestauten Stirnteile auch orographisch die bedeutendste Höhenlage erreicht haben. Derartiges ist heute auf Blatt Immenstadt nirgends mehr verwirklicht. Zwar zeigen sich am Grünten die ältesten der hier auftretenden Gesteine, also in höchster Lage; auch ist dieser Berg schon als aufbrandende Stirnmasse gedeutet worden. Wir haben aber gerade von ihm gehört, daß er trotz seiner orographischen und tektonischen Höhenlage (im Bereich des Grünten-Antiklinoriums) doch als Rest eines späterhin niedergebrochenen Deckenteils aufzufassen ist. Nach SW. zu schießt seine Faltungsachse rapid in das Burgberg-Agathazeller Senkungsfeld nieder. In diesem Punkt harmoniert also der Aufbau mit der äußeren Form des Stockes einigermaßen. Die westliche Fortsetzung des Antiklinoriums in Flysch und Kreide des Hüttenberges zeigt jedoch sogleich wieder einen Gegensatz zwischen beiden. Während die Achse schwach SW. einsinkt, hebt sich das Gebirgsrelief in gleicher Richtung empor.

Ebenso liegen die Verhältnisse im Molassegebiet. Die Mulde der Steineberg-Decke fällt zwar annähernd zusammen mit einem Stück des Gunzesrieder Aubachtals. Betrachtet man aber die Lage näher, so wird das Tal von der Muldenlinie bei Gunzesried gequert. Das ganze Tal oberhalb liegt bereits in dem steil aufgebogenen, teilweise überkippten Mulden-Südflügel. Im kleineren prägt sich allerdings die Muldenumbiegung sehr schön in der Terrassenleiste

des Wiesach aus, und deren westliches Ansteigen stimmt auch überein mit dem gleichlaufenden Anstieg der Muldenachse. Wo andererseits im O. aus stockwerks-tektonischen Gründen die Muldenumbiegung fehlt, da fehlt auch das für sie zuständige Relief: Die Wiesachleiste fehlt an dem sanfteren, glatten Hang gegen Gunzesried zu.

Die große Steineberg-Ettensbergkette entspricht dem Nordflügel der Mulde in der Steineberg-Decke. Doch ist das Einfallen der Schichten wesentlich steiler als die Gehängeneigung, die Bergoberfläche schneidet nacheinander die Schichtköpfe ab. Der Bergkamm streicht von Blaichach bis zur Höhe 1300 m östlich vom Ettensberg parallel den Schichten in O.-W.; dann aber schwenkt er südwestlicher ab als das dem Schichtstreichen entspricht, so daß über den Ettensberg und Steineberg bis jenseits des Blattlandes fortgesetzt jüngere Schichten von O. her \*den Grat ersteigen, um ihn eine Strecke weit zu bilden, darauf aber von den nächsthangenden abgelöst zu werden.

Die beiden großen Täler des Gunzesrieder Aubachs, bezw. des Steigbachs haben viel Ähnlichkeit nach ihrer tektonischen Stellung. Über beiden haben wir einen überkippten Mulden-Südschenkel zu denken, welcher zu einer überliegenden und schon bei der Primäranlage stark gestörten Sattel- bezw. Schuppenstirn-Bildung aufgestiegen ist. Die zwischen den helvetischen Decken und der Steineberg-Decke einerseits, letzterer und der Horn-Decke andererseits anzunehmenden Falten- und Schuppenmassen fehlen hier und sind orographisch in das Gegenteil, in ziemlich breite Täler umgewandelt. Diese bei der gesteigerten Zertrümmerung leicht verständliche Tatsache zeigt also weitere Unterschiede zwischen Tangentialtektonik und Höhengestaltung. Die Großformung der Molassealpen ist im allgemeinen ungeeignet raschen Aufschluß über die Tektonik zu geben.

Mit der östlich sich gegen das Illertal zu gabelnden Mulde in der Horn-Decke fällt das Steigbachtal nicht einmal auf eine so kurze Strecke zusammen wie das Aubachtal mit der Steinebergmulde. Die Hornmulde ist orographisch sehr wenig ausgeprägt; südlich „auf der Alp“ vollzieht sich der Übergang vom mittleren Südfallen rasch zu der senkrechten Stellung im Kern der nach Art so vieler anderer Molassemulden fächerartig zusammengepreßten Mulde. Aus diesem Grund fehlt ein morphologisches Kennzeichen.

Anders östlich „auf der Alp“, wo sich die streichende Muldenfortsetzung über eine flache Muldenlagerung vollzieht. Damit erscheint aber auch sogleich das ganze Formenbild wie am Rauhenberg im S.: die Hangstufung und die Blocküberschüttung.

In dem scharf ausgeprägten Sporn des Hörnl biegt die flache nördliche Hornteilmulde um. Durch gewaltige Blocküberschüttung und Bildung einiger Kuppen deutet sie sich westsüdwestlich vom Hörnl an. Die ausgeprägte Bergkante, von der die Nordabstürze des Immenstädter Horns abfallen, gehört wie diese dem Muldenordflügel an. So wie der Steinebergkamm liegt auch sie nicht genau im Streichen, sondern in westlicher Richtung übernehmen hangendere Schichten die Kambildung.

Östlich der Iller gibt es etwas mehr Harmonie zwischen Faltenverlauf und Großform. Der lange Bergzug vom Buchwald über Greggenhofen nach NO. entspricht wenigstens einem Teil des nördlichen Flügels der Hornmulde. Es wäre aber unrichtig zu glauben, daß die Rettenberger Senke etwa auch einer breiter werdenden Hornmulde entspricht. Genau wie sich einst über dem Aubach und dem Steigbach der zertrümmerte und überkippte Muldensüdflügel und die Stirnmasse der jeweils südlich folgenden Schuppe erhoben hat, so haben wir auch hier uns ursprünglich eine sehr große, die Mulde überfüllende Gesteinsmasse vorzustellen. Ihre Zertrümmerung hat die völlige Ausräumung stark erleichtert. Als basale Hornteilschuppe liegen die Untermeiselsteiner Molassehügel tief.

Zwischen Iller und Alpsee fehlt ein Zusammenhang zwischen Faltenbau und Großrelief anscheinend völlig. Der Sattel ist im Relief kaum ausgedrückt. Nur die tiefere Lage der nördlichen Teile hängt vielleicht mit ihrem Charakter als Basalschuppe bezw. Vorland der Horn-Decke zusammen.

#### **Radialtektonik und Relief.**

Anders ist das Bild, wenn man das Ergebnis der hauptsächlichen Hebungen und Senkungen mit dem Großrelief vergleicht. Wenn die südlichen, höheren Deckschuppen nicht in größere Höhen aufragen, so ist das diesen Radialbewegungen zuzuschreiben. Die steilen, oft scheinbar senkrecht ausstreichenden Schubflächen am Hüttenberg, im Aubachtal, am Nordfuß des Grünten sind verworfen, und zwar ist durchweg jeweils die südliche

Scholle gesunken. Die Erniedrigung des Gebirges gegen die Iller zu dürfte zum großen Teil auf der Zunahme der betreffenden Sprunghöhen beruhen. Noch in diluvialer Zeit müssen gegen die große Sonthofen-Burgberger Niederung, gegen die hin sich Starzlach, Osterach und Ettensbach gewendet haben, bedeutende Senkungen eingetreten sein, wie sich das aus dem Niveauunterschied des Imberger und Sonthofener Interglazials ergeben hat. Der nördlich benachbarte Teil, den wir „Agathazeller Senkungsfeld“ nannten, haben wir gleichfalls durch Radialstörungen zu erklären. Namentlich ist es der SO.-Abbruch des Greggenhofener Zuges, der als Verlängerung einer nördlich vom Teufelsloch herziehenden Querstörung zu gelten hat, und die wichtige Alpseeabfluß-Störung, auf der morphologisch überhaupt die Molassealpen zu Ende gehen, weil ihr nördlicher Teil um ein beträchtliches Stück abgesunken ist.

Die tiefe Rauhenzeller Scholle muß, als Vorposten der Steineberg-Decke, auch tektonisch gegen ihre Nachbarschaft nicht unbeträchtlich abgesunken sein, nur das östliche Senkungsfeld, in welchem dann die Steineberg-Decke völlig verschwindet, liegt noch tiefer.

Wichtige, die Tangentialtektonik verschleiernde Wirkung kommt dann den beiden Muldenkernsprüngen in der Horn-Decke zu. Der südliche sorgt dafür, daß die Steineberg-Decke nicht auch orographisch die Horn-Decke überragt; sie hat außerdem der Iller den südlich Rauhenzell erfolgenden Eintritt nach W. in das Immenstädter Senkungsfeld geöffnet. Der nördliche begrenzt das eben genannte Senkungsfeld gegen NW.

Der Bedeutung der Alpseeabfluß-Störung als Nordgrenze des Gebirges haben wir gedacht. Auf ihr versinkt die Steineberg-Decke bei Agathazell vollständig, erfährt die Horn-Decke eine sehr starke Depression. Von den zahlreichen Blattverschiebungen im N. zeigen die beiden größten deutliche Absenkungsbeträge, sowohl tektonisch wie morphologisch, und zwar in östlicher Richtung.

Überschauen wir das ganze, so prägt sich als Gesamtergebnis der Radialbewegungen die allgemeine Tendenz nach zunehmender Absenkung der östlicheren Teile des Blattes unverkennbar aus. Die Häufigkeit der Verwerfungen, der Sinn ihrer Bewegung und die Sprunghöhenzunahme nach O. — alles geht auf das gleiche Ziel hinaus: radiale Bruchtektonik hat das Illertal auf Blatt Immenstadt vorzugsweise geformt. In dem tek-

tonischen Loch von Burgberg-Agathazell liegt auch orographisch das Felsgerüst bei weitem am tiefsten.

Ergibt sich damit eine Erklärung der Großformen, so bleiben die kleineren Formtypen und bleibt namentlich die Gestalt der Senken noch ohne Deutung. Hier werden sich die glazialen Abtragungsvorgänge und außerdem allgemein Bedingtheiten der Abtragung durch das verschiedene Gesteinsverhalten als herrschende Faktoren erweisen.

### 3. Glazialformung im Relief.

Die Nischen, welche auf junge Kare zurückgehen, wurden erwähnt. Abgesehen von einem ausgezeichneten Zirkus südlich Almagmach sind nur Rudimente zu sehen wie südlich über der Ornachalpe, im Bereich der Schwandner A. und vielleicht der Wildengund A., am oberen Reichenbach u. a. O.

Das Gunzesrieder Aubachtal nagte seine Mündung zunächst wohl in der Zertrümmerungszone zwischen Steineberg-Decke und helvetischer Decke weiter östlich ein; hier konnte es sich auch mehr im Streichen der Molassebänke entwickeln. Glazialer Moränen-Verschüttung dieses Mündungsteiles ist es wohl auch zuzuschreiben, daß später mehr ein nördlicher, quer die Rippen durchbrechender Klammlauf eingesägt wurde bis zu jenem W.-O.-Stück oberhalb Blaichach hin, das sich rasch so tief in die streichenden Mergel eingraben konnte.

Über solche Besonderheiten hinaus hat das Eis weitgehend an der Zurundung der Berge und Verbreiterung der Täler gearbeitet. Der tektonisch und aus dem Gestein nicht erklärbare, auffallend breite Rücken des Immenstädter Horns, der übrigens weitgehende Analogie in den südlichen Flyschbergen findet, ist auch glazial ziemlich schwer zu deuten. Es sieht aus, als hätte hier über einem Niveau von 1400 m eine eigene Nordströmung hangendster Eispartien diese obersten Gehängepartien rundhöckerartig zugestutzt. Vergl. Erläuterung zu Blatt Fischen.

Kräftige glaziale Zurundungsformen zeigt der tektonisch versenkte nördlichste Blatteil zwischen Alpsee und Rettenberg. Eiswirkung erklärt uns die gleichmäßigen niedrigen Formen, auch das allmähliche Ansteigen der Greggenhofener Rippe östlich von der Gegend, die nicht mehr unmittelbar im Hauptstoßbereich des dem Illertal entquellenden Gletschers gelegen hat. Die Einbettung von

Moräne in Senken tat ein übriges, um die Formen noch weiter zu nivellieren.

Im großen kann man für den Bereich des Illertals sogar von einem zuletzt in einheitlicher Weise durch das Eis bearbeiteten Hauptniveau sprechen. Ihm gehören alle durch ähnliche Höhen ausgezeichnete Flächen an, die man als eine Art Fortsetzung der auf Blatt Fischen mächtig entwickelten Illertalerrasse ansehen kann. Zunächst das moränenbedeckte Diluvialplateau bei Sonthofen, dann die Verebnungen von Hüttenberg, der Rücken von Halden, dem die höhere Gunzesrieder Talsohle zustrebt, die Verebnungen bei Reute im N. von Gunzesried und jene bei Ettensberg-Schwanden, der Hauptteil des Greggenhofener Zuges und der östliche Teil des Plateaus nördlich Immenstadt: alles, was im Marschbereich des großen Talgletschers lag, hält Niveaus zwischen 850 und 750 m ein, wobei die tieferen weiter im N. liegen. Es handelt sich zwar wohl um eine aus dem letzten Interglazial teilweise ererbte Verebnung. Immerhin spricht sich auch in ihrer Konservierung und Ausgestaltung die Tätigkeit des letzten Eises aus, das zunächst wohl zahlreiche Hohlformen mit Schotter und Moräne füllte, um dann Zeit zu finden eine der betreffenden Eismächtigkeit, dem Zu- und Abfluß entsprechende Verebnung an der Eisunterkante zu schaffen.

Das betraf die zusammenhängenden Felsformen höheren Niveaus und namentlich auch die vorhandenen Riegel wie jenen z. B. von Blaichach-Schanze, der wesentlich wohl glaziale Formung besitzt, und in dessen Schutz sich im N. die Sandsteinrundhöcker zwischen Agathazell und Hofen erhalten konnten. Wie weit das Eis in die mit lockeren Aufschüttungen der letzten Interglazialzeit gefüllten Senkungsfelder der Illertalsole noch eingriff, ist nicht zu sehen.

#### **Der Faktor Gestein im Relief**

ist wohl noch bedeutsamer für die Formen im einzelnen gewesen, als die besondere Abtragungsart während der Eisbedeckung. Hat die verschiedene Widerstandsfähigkeit der Gesteine schon bei der Glazialformung eine wesentliche Rolle gespielt, so wurde sie in den viel längeren Zeiten humider Abtragung, namentlich auch unter dem wiederholt im Diluvium wirksam gewesenem subarktischen Klima von größter Wichtigkeit.

Wir sehen hier ab von den bekannten, sehr verschieden widerstandsfähigen Kreidesteinen am Grünten und dem Unterschied, den der festere Sandsteinflysch gegenüber dem am Gehänge sehr beweglichen und zu Rutschungen neigenden Kalkmergel-Flysch zeigt. Die Rippe der Schanze mit ihren harten Brisiquarziten, Gaultsandsteinen und Seewenkalken, der östlich davon gelegene Brunnenangerhang mit seiner einer Wölbung des harten Schrattenskalks entsprechenden, wohl geformten Rundung, der Hüttenbergzug, an welchem trotz der tektonischen Bedeutung der Kreide nach SW. zu bald der härtere Flyschsandstein die Kammbildung übernimmt, das alles sind gute Beispiele.

Ausschlaggebend für das Kleinrelief unseres Blattes ist der Gegensatz zwischen der Wetterbeständigkeit der Nagelfluhplatten und der großen Beweglichkeit der jenen immer aufs neue eingeschalteten Mergelbänke. Dieser für die Kartenaufnahme so sehr günstige Gegensatz spricht sich sowohl in den Böschungswinkeln der Gehänge im großen, wie auch in der Kleinform trefflich aus.

Es ist nicht etwa Wirkung des fließenden Eises, wenn wir in den Molassealpen westlich der Iller flachere Südhänge und steilere Nordhänge haben. Das kann in erster Linie nur die notwendige Folge der allgemeinen Südneigung der verschieden widerstandsfähigen Bänke sein. Die hierher gehörenden Vorgänge der Abrutschungen im Süden und der die Schichtköpfe unterhöhrenden Wirkung im wasserärmeren aber mehr exponierten Norden haben wir oben erwähnt. Die sehr begünstigte Anlage von Karnischen verstärkt noch die Verschiedenheit der Böschungswinkel.

Mehr tektonische Gründe — neben dem Gestein — scheint die Sockelbildung der grauen Steigbachserie unter der roten Hochgratserie zu haben. Folgen beide am Hang übereinander, so bildet erstere einen ausladenden Sockel unter der letzteren. Das Almgebiet der Spießhütte und westlich davon (Hüttenbichl) sowie jenes der Hochriedalm und die Anlage des Steigbachtals verdanken diesem Gegensatz wenigstens teilweise ihre Entstehung. Da der Gesteinsunterschied kein beträchtlicher ist, so dürfte für diese Gehängestufung in 900 bis 1050 m die abteilungstektonisch bedingte Sonderbewegung des tieferen Stockwerks zum mindesten im Steigbachgebiet maßgebend geworden sein.

Das Gestein selbst ist natürlich für die Steilheit der Nagelfluhausstriche und die Flachheit der mergelreichen Einlagerungen verantwortlich. Die weit überwiegend mergeligen Teufelsloch- und Wagneritzschichten bedingen flachere Gehängeneigungen und rutschigen Boden. Über ihm erheben sich steiler die Felsbänder der Nagelfluhen, deren harte Bänke sich wegen dauernder Unterhöhlung auf ihren Klüften ablösen und den Schutt am Fuß der flacheren Mergelgehänge vermehren. Umgekehrt, wo die nagelfluhführende Basalschuppe der Steineberg- und die nagelfluhreichen Steigbachschichten der Horndecke nach der Tiefe zu einsetzen, da beginnt die enge Klamm. Die Höhe des Gunzesrieder Talbodens war schon in der letzten Eiszeit der harten Mündungs-Nagelfluhen wegen nur noch langsam weiter vertiefbar. Häufung von mächtigeren Nagelfluhplatten schuf Härtlinge, wie etwa an der Kante des Immenstädter Horns, oder steilere Gehänge, wenn man aus solchen auch nicht ohne weiteres auf die Hauptstriche der ehemaligen Molasseflüsse schließen darf.

Dort, wo offenbar noch eine bedeutende glaziale Zurundung übrig blieb, oder wo infolge horizontaler Lage der ausstreichenden Schichtköpfe eine Ausspülung der Mergel zwischen den Nagelfluhen zurücktritt, sind die steilen Hänge der Steigbach- und namentlich der Hochgratschichten glatt. In den meisten anderen Fällen aber zeigt sich eine meist sehr ausgeprägte Herauspräparierung: die widerstandsfähigeren Nagelfluhplatten, welche auf Klüften das an der Zerstörung arbeitende Wasser rasch entfernen, treten gesims- oder mauerartig hervor. Die mit Wasser beweglich werdenden Mergel dazwischen verrutschen und bilden Furchen und Rinnen, in denen sich der tonig-steinige Schutt häuft, jedoch auch mehr oder weniger schnell zu Tal wandert. Der Typus des Berges mit Gesimsen (= „Riginen“ in der Schweiz), wie er als Rigi am Vierwaldstätter See steht, ist bezeichnend für die ganze subalpine Nagelfluh von Murnau bis Genf und noch anderwärts. An dieser Streifung, die namentlich nach Schneefall ausgezeichnet hervortritt, ist schon von weitem ein Molasseberg von jedem Flyschberg wohl zu unterscheiden (Fig. 12).

Was für den Geologen in anderem Gestein die Lesestücke bedeuten, die in der Molasse versagen, das leistet hier das Rippenrelief bei der Erkennung der Lagerung. Wechselt nur Sandstein mit Mergel ab, wie in den Teufelslochschichten im Vorland, so ist

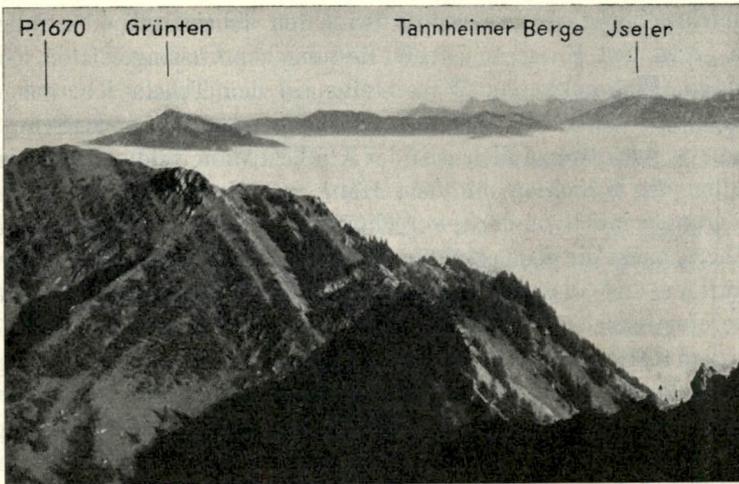


Fig. 12.

Blick vom Stuiben nach Osten über das Nebelmeer. Im Vordergrund die durch Nagelfluhbänke zwischen den Mergeln der Hochgratschichten bedingte Gehänge-Streifung (Steinebergdecke).

in den (gleichzeitig weniger hohen) Bergen das Rippenrelief schwächer und setzt häufiger aus.

Es ist recht reizvoll das charakteristische Verhalten des Rippenreliefs je nach der verschiedenen Schicht- und Gehänge- neigung und nach dem Zusammenfallen und der wechselnden Differenz im Streichen der Schichten und Hangflächen zu untersuchen. Die Dinge kehren immer wieder, sind auch wirtschaftlich von recht großer Bedeutung und sollen daher hier mit ihren typischen Fällen kurz erläutert werden.

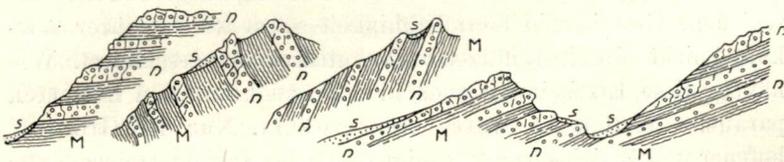


Fig. 13.

Oberflächenformen der Allgäumlasse im Profil.

Ohne Maßstab. s = Schutt; n = Nagelfluh; M = Mergel. Schematisch.

Streicht der Hang parallel mit den Schichten (Fig. 13), so hängt die Reliefierung recht wesentlich von der

Schichtneigung ab. Liegen die Schichten dabei flach oder fallen sie gegen den Hang, so ist die Bildung von Gehängeleisten, Gessimsen, Plateaukanten, Wasserfällen in den Tobeln i. a. ausgeprägt; bei senkrechter Stellung und genügender Abfuhr des Schutts kann es, wie etwa südlich „auf der Alp“, zu Mauerbildung kommen. Fallen die Schichten mit dem Hang, so tritt, je mehr sich die Neigungswinkel von der senkrechten her dem Winkel des Gehänges nähert, meist die Rippenbildung zurück, die natürlich bei den sehr häufigen und ausgedehnten Gehängen, an welchen beide Winkel übereinstimmen, vollkommen fehlt. Die Abspülung des Mergels sorgt dafür, daß dann weit überwiegend Nagelfluh das Gehänge bildet. Berglehnen mit gleichsinniger, jedoch schwächerer Schichtneigung als die Böschung gibt es nur bei ganz flacher Lagerung. Bei größerem Neigungswinkel gleiten die Nagelfluhplatten naturgemäß auf der als Wasserstauer durchnäßten Mergelunterlage ab, und das Gehänge verliert dadurch sehr rasch an Steilheit bis der Böschungswinkel etwa dem des Schichtfallens entspricht. So werden namentlich tektonische Mulden auch orographisch erweitert, wie das die ausgeprägte Wiesachtterrasse zeigt und wohl auch der tiefe Einschnitt des Brennesseltobels in der Ostseite der Immenstädter Hornkette. Wird ausnahmsweise in einem Taleinschnitt ein gleichmäßig geneigtes Schichtsystem durchschnitten, so kommt es gelegentlich zu großen Rutsch-Katastrophen, wie sich eine solche 1806 am Roßberg bei Goldau ereignete, die drei Dörfer zerstörte (A. HEIM, Geologie der Schweiz, 1919, I, S. 423).

Streicht der Hang schräg zu den Schichten, was sehr häufig ist, und namentlich an dem Ende streichender Gehänge eintritt, so verstärkt sich das Rippenrelief ganz außerordentlich. Dann ist für genügende Abfuhr des Schutts gesorgt und die verschiedene Gesteinswiderstandsfähigkeit selbst wird in ihrer Wirkung nicht durch schützende Schuttdecken verschleiert. Wie häufig diese Erscheinung auch in den annähernd den Schichten parallelen Ketten ist, wurde oben erwähnt. Nur der Greggenhofener und Blaichacher Zug zeigt paralleles Schichtstreichen, alle anderen überwiegend schräges. Schon daran erkennt man, daß die normale Erosionswirkung nur für die Kleinformung, gar nicht aber für die Großformung maßgebend ist. Zum mindesten hat die Erosion im allgemeinen noch zu wenig Zeit gehabt.

Viel wichtiger als der Einfluß des Gesteins, von dem man doch eine Summierung bis zu dem Punkt erwarten sollte, an dem er auch die Gesamtgehänge beherrscht, ist im allgemeinen die ältere und namentlich jüngere Tektonik mit ihren primär gegebenen relativen Höhenlagen, den von ihr geschaffenen Zertrümmerungszonen und der von ihr diktierten Lage der Haupttalzüge. Auch die Kleinformen des Rippenreliefs sind noch von der Anordnung der tektonischen Zertrümmerungszonen abhängig. Namentlich auf Blattstörungen zeigt sich das ausgezeichnet; das wurde sogar zu einem Mittel zur Erkennung von diesen: Kurz vor einer derartigen Störung senken sich die Rippen zu Pässen, um jenseits wieder die normale Mauerrippenhöhe zu erreichen. Weithin lassen sich von Rippe zu Rippe diese Breschen in den Mauern erkennen; ihnen folgen daher die Querwege auf dem Rippenplateau nördlich Immenstadt. Auch das fließende Wasser hat natürlich solche günstig gelegenen Trümmerzonen benützt. Der Reichenbach tritt z. B. dort durch die Nagelfluhen „im Winkel“ (Aubach), wo die kompaktere Rippe anfängt in eine Blockauflösung überzugehen.

Bei der Kesselalpe (Blattwestrand) kann man in eindrucksvollster Weise mit einem Blick über die Gehänge die Regelmäßigkeit der Rippen überschauen, die stets von einer Baumreihe besetzt sind, und saftige Wiesen auf Mergelgrund zwischen sich lassen. Steht die Serie senkrecht, wie im Kern, bzw. Südflügel der Hornmulde nördlich „in der Rottach“, so haben wir vollendete Mauerbildung von bis 20 m Höhe, die aber sehr ruinös ist, denn auf den zahlreichen Klüften beginnen sich gewaltige Blockstürze von den Zinnen zu lösen und sich an ihrem Fuß zu lagern. Alles hängt für solch extremere Rippenbildung von der Abfuhrmöglichkeit des niedergehenden Schuttes ab, also nicht nur von den Feuchtigkeitsverhältnissen, sondern auch von der Schichtlage am Gehänge. Fluviale Abspülung schaffte im Steigbach ziemlich vergleichbare Mauerbildungen. Am Ende von Bergzügen parallel dem Schichtstreichen treten die Nagelfluhen, die man vorher oft kaum am Gehänge unterschied, sofort in schärfster Gliederung heraus, denn an diesen Enden ist die seitliche Abfuhr des Schutts aus den beweglicheren Mergelrinnen möglich.

Vielfach tritt auch die glaziale Rundhöckerbildung in Konkurrenz mit der Rippenformung, so auf dem das Illertal stauen-

den Riegel nordöstlich Immenstadt: In der Gegend der Ruine Laubenburg sind die runden Kuppen nichts anderes als ein Kompromiß zwischen Rippen- und Glazialrelief.

#### Aufschüttungs- und Lösungsformen.

In Kürze sei auch der Aufschüttungsformen gedacht. Sie beherrschen die Decken aus Schutt und Moränen teils als flache Ausgleichs der Gehängegroßform, teils als ebenere Verflachungen am Gehängefuß, teils — bei linearem Zufuhrweg — als mehr oder weniger flache Kegelformen. Solche breiteten sich auch über die verschotterten Talsohlen oder wurden fluviatil wieder teilweise in Stufen angeschnitten bezw. völlig beseitigt oder auch verschüttet. Vermoorungen haben in kleineren oder größeren, klastisch aus irgendwelchen Gründen nicht ausgefüllten Senken weitere Verebnungen geschaffen.

Als Lösungsformen führen wir die auf dem Blatt gar nicht selten erscheinenden Hohlformen auf, die als Erdtrichter durchweg auf gering geneigten Flächen und namentlich in exponierter Lage entwickelt sind. Sie finden sich über klüftiger Nagelfluh, deren Kalkgerölle auf Spalten aufgelöst wurden, so daß Verwitterungsboden und Wasser (mit Gelöstem) in Menge nach unten verschwinden konnte. Aber auch mitten in Mergelbändern finden sie sich, und es erscheint fraglich, ob hier nicht Hohlformen vorliegen, die genetisch zu den im norddeutschen Diluvialgebiet als „Sölle“, im unvereist gebliebenen Keupermergel Lothringens als „Mardellen“ bekannten Bildungen gehören.

Kräftige Karstlöcher liegen beispielsweise auf dem flachen Sattelgelände östlich Mittelberg Alm, rundliche in der schwach welligen Schichtfläche oben bei der Ingolstädter Schutzhütte (Horn); nordöstlich der Mittagalm beobachtet man ein rund 3 m tiefes, etwas oval begrenztes Loch, daneben hier viele Erratica (Strudeloch oder Doline?). Weitere Löcher auf dem Kammrücken des Steinebergs und dessen Fortsetzung, wo an der Rauhen Schlucht der Zusammenhang mit der tektonischen Zertrümmerung sehr klar ist. In dem Mergelband des Kammes östlich vom Ettensberg liegen verschiedene solcher Trichter. In geringer Meereshöhe zeigt die Paßsenke südöstlich P. 859,8 bei Königsgut (nordwestlich Immenstadt) ein Trichterloch. Breite, wannenartige Kessel ohne Abfluß liegen südlich P. 835 (südlich Zaumberg).

### III. Angewandter Teil.

Mit einer geologischen Spezialkarte und ihren Erläuterungen ist die allgemeine Grundlage für alle mit dem Boden zusammenhängenden Maßnahmen einer planmäßigen Wirtschaft gegeben, denn aus der Geschichte einer Gegend allein fließt das Verständnis für ihren heutigen Zustand im großen und kleinen, den man bei folgerichtigen Eingriffen in die Natur kennen muß. Da es bei einer geologischen Kartenaufnahme praktisch nicht möglich ist für alle Sonderfälle das ausreichende Beobachtungsmaterial zu liefern, so wird es in manchen technischen Fragen oft noch nötig sein ergänzende Untersuchungen vorzunehmen. Es kann daher auch dieser „angewandte Teil“ der Erläuterungen nur eine Übersicht der Beziehungen des vorhandenen Untergrunds zur Praxis und nur eine beschränkte Anzahl von Beispielen geben. Soweit der Praktiker mit der Auswertung der Karte und ihrer Erläuterungen nicht vertraut genug ist, und jedenfalls immer bei größeren Unternehmungen, wird ein praktischer Geologe zu Rate zu ziehen sein.

Wir betrachten nacheinander: 1. Rohstoffe, 2. Quellen, 3. Boden und Wirtschaft, 4. Beziehungen zu Bauanlagen.

#### 1. Natürliche Rohstoffe.

##### Eisen.

Schon S. 13 wurde auf die Versuchsbaue auf Eisen hingewiesen, die westlich Sigishofen im Bereich der beiden dort auftretenden Eozänkalkzüge liegen. Sowohl der nördliche Kalk in dem Tälchen als der südliche, den man nach dem Hohlweg noch vor dem Flysch erreicht, ist eisenschüssig und glaukonitisch-sandig. Die Westfortsetzung des südlichen Vorkommens zeigt noch heute zahlreiche verfallene Pingen. Wir haben die westlichsten Ausläufer der einst zwischen Burgberg und Hindelang südlich vom Grünten in Abbau gewesenen Roteisenoolitherze vor uns, die in der Hütte von Sonthofen verarbeitet wurden (vergl. Blatt Hindelang). Nach geschichtlicher Überlieferung wurden früher auch am Hüttenberg und bei Seifriedsberg Eisenerze gewonnen und daß man gerade auf diese Gegend Hoffnung setzte, zeigt wohl auch die Errichtung eines Schmelz- und Hüttenwerks durch die Herren von Rothenfels bei der heutigen Fabrik von Blaichach am Aubache. Die Anlage mußte aber aus Materialmangel bald in eine Glashütte umgewandelt werden (16. Jahrhundert).

**Kohle**

wurde nur an wenig Stellen und immer nur in kleinen Mengen aufgefunden. Für ihr Vorkommen ist die Fazies der roten Molasse viel ungünstiger als jene graue, die im südlichen Oberbayern reichere Flöze liefert. Es kommt nur die graue Steigbachserie in Frage, und die wenigen darin gemachten Funde sind S. 33 aufgeführt. Daß größere pflanzliche Ablagerungen in der Nähe bzw. in dem Gebiet, von dem die Steigbachnagelfluh-Flüsse herkamen, bestanden haben, möchte ich aus dem gelegentlichen Vorkommen größerer Schmitzen von Kohle entnehmen, die nicht auf Baumstämme, sondern wohl nur auf Moorstücke zurückgeführt werden können. Die auf Blatt Immenstadt festgestellten Kohlereste beziehen sich aber durchweg auf allochthone pflanzliche Massen. Ihre Beschaffenheit entspricht ganz jener der oberbayerischen Pechkohle. Über die stratigraphischen Äquivalente der südbayerischen Cyrenenschichten vergl. S. 21 und E. KRAUS, a. a. O. 1926, S. 136).

Die interglaziale Schieferkohle, welche vielleicht noch in letzten Ausläufern von Imberg-Hinang in die SO.-Ecke unseres Blattes hereinragt, haben wir S. 80 erwähnt. Sie ist sehr unbeständig, könnte aber gerade deshalb und weil sie nach unserer Auffassung nicht auf das höhere östliche Niveau beschränkt zu sein braucht, unter der Sonthofener Terrasse vielleicht wieder vorkommen. Beobachtet ist sie hier nicht.

**Sandstein.**

Besonders günstig, unmittelbar an der Straße von Burgberg nach Agathazell, liegt der Sandsteinbruch der „Schanze“, in welchem man den sehr harten, dunkelgrünlichgrauen Gault-Sandkalk (Albestufe) als Straßenschotter gewinnt. Unter dem ganz rechts (südlich) mit 50° Südneigung (beim Steinbruchbetrieb stehen gelassenen) knollig-dichten, pyritischen Seewenkalk folgen zunächst belemnitenführende, knollig-schlierige, gleichfalls pyritische Kalkbänke (bis etwa 2 m), dann die im Abbau stehenden Grünsandkalkbänke der sogen. Twirrenschichten mit schwärzlichen Phosphoritknollen und vielen Fossilien (bis 8 m), 2 m Quarzsand-Glaukonitkalk und 1,5 m grünsandige Glaukonitkalke (zusammen „Flubrigschicht“). Wenig abgebaut werden die noch tiefer folgenden 1,5 m der „Durchschlägischicht“, graue, quarzführende Glau-

konitkalke mit algenartigen Resten. Die Nordwand des Steinbruchs bildet der großbankige, helle Quarzitsandstein (Brisisandstein), der auch in dem nördlich anschließenden kleinen Abbau unter der ganz zertrümmerten hohen Wand ansteht und für Straßenschotter zu splitterig ist. Seine rostbraune Verwitterungsfarbe ist sehr charakteristisch.

Gute Bausandsteine bieten sowohl der Flysch wie die Molasse. Sie werden an verschiedenen Punkten an den Straßen der Illertalsole abgebaut. Wie die Karte zeigt, finden sie sich aber auch noch an zahlreichen anderen für den Abbau in Frage kommenden Orten. Die Sandsteine werden teils als Bausteine verwendet, teils als Treppen- und Flurbelag, für Denkmäler, Wetzsteine, Mühlsteine (S. 18). Trotzdem sich äußerlich die Sandsteine meist recht ähnlich sehen, wechselt doch die Verwendbarkeit je nach dem Vorkommen wegen der recht verschiedenen Druckfestigkeiten stark.

Die Flyschsandsteine sind häufig von gröberem Korn und im allgemeinen glimmerreicher. Zwei größere Steinbrüche darin bestehen bei der Oberzollbrücke. Es ist (vergl. S. 17) ein fein- bis mittelkörniger, glimmerführender, grauer Quarzsandstein, dickbankig und ab und zu mit Dezimeter-dicken Schiefererzwischenlagen. Im Nordbruch ist die Schichtneigung  $45^{\circ}$  S., im südlichen  $50$  bis  $80^{\circ}$  O.

Die ältesten, sehr guten Molassesandsteine mit hoher Druckfestigkeit ( $1470 \text{ kg/cm}^2$ ) östlich Rettenberg-Kranzegg liegen schon außerhalb des Blattes. Geringere Druckfestigkeit (um  $700 \text{ kg/cm}^2$ ) besitzen die besseren Sandsteine, welche in der Grenzregion der Steigbach- gegen die Hochgratschichten zutage treten. Sie sind noch immer wesentlich besser als die tonigen, feineren Sandsteine der Teufelslochsichten (Steinbrüche bei Agathazell, Hofen, Rauhenzell).

Die Grenzsandsteine der oberen Steigbachschichten, die auch am Horn-Nordgehänge durchstreichen, werden namentlich abgebaut in den Steinbrüchen nordwestlich Immenstadt zwischen Maxensruh und Königsgut. Vielleicht gehört auch der Sandstein an der Iller westlich Untermeiselstein hiezu.

Die Sandsteine der Teufelslochsichten (Steinbruch nordnordwestlich Stein, bei Zaumberg) sind weicher. Nur die nordwestlichsten, die schon das gröbere Korn der Blättermolasse-Sandsteine

zeigen und weitgehend den bis in die Kemptener Gegend und anderwärts im Vorland in Abbau stehenden Sandsteinvorkommen gleichen, dürften sich besser als Bausteine eignen.

#### **Kalkstein.**

Von Kalksteinen wird nur das Vorkommen von eozänem Nummulitenkalk südöstlich Burgberg am Fuß des Grüntenstocks in einem Steinbruch auf Schotter abgebaut. Es ist ein grauer, überaus fossilreicher Nummuliten-Lithothamnienkalk mit rostigroter, eisenreicher Einlagerung, der etwa 10 m Mächtigkeit hat und 60° südlich fällt. Östlich hinter der Ruine, die auf diesem Hügelzug steht, zeigt sich nur noch 30° SW.-Neigung, so daß der Kalk wahrscheinlich ein Gewölbe bildet. Dieser Kalk wird im südlichen Oberbayern „Granitmarmor“ genannt.

Die Kalktuffüberzüge, die in geringer Ausdehnung an den Quellen (namentlich unter Moräne) häufig sind, dürften wohl auch in ihrem bedeutenderen Vorkommen am Schwarzenbach südlich Sonthofen praktisch kaum von Bedeutung sein; sie werden höchstens als Schmucksteine für Grotten, Gräber verwendet.

#### **Die Nagelfluh**

wird im allgemeinen nicht gewonnen, obwohl sie in zahlreichen, günstig gelegenen Vorkommen (siehe die Karte) einen guten Baustein liefern könnte. Nur die obersten Schichten der Hochgratserie, die aber schon wegen ihrer orographisch hohen Lage nicht in Frage kommen werden, zeigen zahlreiche, stark verwitterte Gerölle, was sie ungeeignet macht.

#### **Mergel**

ist überreich in allen Molasseprofilen vorhanden. Zum Ziegelbrennen ist er zu mager, sandig; er enthält den Kalk oft in Konkretionen. Der entkalkte lehmige Verwitterungsboden auf ihm spielt keine größere Rolle.

#### **Ton**

fehlt; alles ist kalkhaltig. Am meisten für Ziegeleibetrieb geeignet ist noch das jetzt nicht mehr abgebaute Vorkommen bei Mummen (S. 89). Junge, tonreichere Sedimente am Galetschbach kommen wegen ihrer Lage nahe am Grundwasser und wegen ihrer häufigen Sandeinlagerungen nicht in Frage.

**Schotter,**

(Kalk-) Kies und Sand ist in ausgezeichnetem, frischem und lehmfreiem Zustand im S. und N. zu gewinnen. Im S. aus den Zwischenlagen des Sonthofener Interglazials, das teilweise freilich zu Nagelfluh verkittet ist und oft unter Abraum von Moräne liegt; außerdem bei Winkel-Gunzesried im Aubachtal. Im N. tritt sehr guter Kies in verschiedenen Gruben, aber auch noch an anderen Stellen bei Weiher, am östlichen Kartenrand nordöstlich St. Rettenburg auf. Größere Zwischenlagen bestehen hier aus Sand. Ganz ähnlich sind die Vorkommen der Niederterrasse am Ostende des Alpsees (S. 88), wenig bedeutend bei Unterzollbrücke, von großer Ausdehnung wieder nördlich von Stein; auch östlich Untermeiselstein und Freidorf.

Aus weiten Gegenden kommt außerdem als wenig verwittertes, für Straßenbau (nach Zerschlagen) und Häuserbau geeignetes Material viel von den ausgehenden Nagelfluhbänken in Frage, deren vielfach gelockertes Bindemittel in diesem Fall günstig ist. Das ausgedehnteste Schotter- und Sandreservoir ist natürlich die Talsohle der Iller; namentlich werden vielfach die vegetationslos liegenden Kies- und Sandbänke neben dem Wasserlauf verwendet.

**Torf**

findet sich in vielen kleinen Senken auch in höheren Lagen. Von praktischer Bedeutung kann er nur in tiefer gelegenen und ausgedehnten Senken sein, wo er sich meist durch Verlandung von Teichen und flachen Seen entwickelt hat (Flachmoortorf).

Der Torf östlich P. 715, nordöstlich Untermeiselstein liegt auf grauem Mergelschlick, dem Sediment eines Sees oder Altwassers der Iller, ist holzreich, 1,1 m dick, und seine Oberkante liegt nur 5 m über der Iller, zieht sich aber in flacher Senke noch etwas höher. Die tektonisch bedeutungsvolle Niederung Unterzollbrücke-Freidorf ist zum großen Teil kräftig vertorft. Noch ausgedehntere Torfmoorbildungen zeigt die gleichfalls tektonisch schon in alter Zeit versunkene Agathazeller Niederung. Über 1 m Flachmoortorf, von etwas Sphagnetum überzogen, liegt nordöstlich Rauhenzell. Die weitere Niederung besitzt im Groß-Moos, Roß-Moos, Felmer Moos, Goymoos, Gallmoos von dem Greggenhofener Zug im N. bis beinahe Wagneritz im O. und über Agathazell hinaus im S. ausgedehnte, zum großen Teil auch im Abstich befindliche Vorkommen.

Die im allgemeinen schon diluvial fertig gewesene Rettenberger Niederung und der Grünten-Nordhang liefern zu wenig oberflächliches Wasser, als daß die flachen Lippenwall-Bildungen der Iller zwischen Häuser und Rauhenzell von ihnen durchschnitten werden könnten. Daher muß sich hinter ihnen das Wasser in der von den Seitenbächen ungenügend aufgefüllten Niederung zu Sümpfen stauen. Ganz deutlich wird ja auch der Agathazeller Bachlauf von der bei Hochwasser entstandenen Lippenschwelle des Hauptflusses (auf ihr liegt Häuser) gezwungen diesen erst bis zum Rauhenzeller Rücken zu begleiten, bevor er in die Iller münden kann.

Außerhalb der Illerniederung selbst sind nur wenig größere Torfflächen vorhanden, wie etwa in den Mergelniederungen zwischen den Sandsteinrippen östlich von Zaumberg, die viel Quellwasser enthalten, östlich Einharz oder auf der Schuttkegelartig geformten Moräne an der Mündung des Ostertalbaches in den Aubach (Rehmahd-Moos). An beiden Orten wird der Torf nach Bedarf gestochen.

Hochmoore treten auf dem Blatt durchaus zurück und entwickeln sich gelegentlich aus Flachmoor, wie z. B. südöstlich Untermeiselstein. Hübsche Uhrglas-Formen von Hochmooren trifft man nordwestlich P. 838 südwestlich Ober-Einharz.

## 2. Quellen.

Die Quellen seien hier in Kürze besprochen. Soweit sie bei der Aufnahme von besonderer Bedeutung schienen, wurden sie verzeichnet, jedoch konnte ihnen keine planmäßige Untersuchung gewidmet werden.

In unserem Kreide-Flyschgebiet kommen ziemlich viele Quellen vor, deren Austritt meist durch reichlich Schutt verdeckt wird, die aber immerhin als Anfänge von Wasserläufen unschwer zu finden sind.

Die sehr rasche und regelmäßige Wechsellagerung von Mergel und Nagelfluh in der Molasse bringt im allgemeinen eine sehr starke Verteilung der Niederschläge mit sich auf eine große Zahl von Grundwasserstockwerken, die oft auf weite Erstreckung bei gleichartiger Lagerung auch eine sehr regelmäßige Anordnung der Quellaustritte auf den geneigten Mergelbänken bedingt. Wegen solcher starker Verteilung sind die Quellen meist sehr unbedeutend

und treten ganz zurück. Reichlich Wasser wird man hier bei großem Einzugsgebiet am Rande starker Schuttdecken und auf mergeliger Talsohle vorfinden. Nur an besonderen, wegen tektonischer Muldenbildung oder Verwerfungen begünstigten Orten treten kräftige Quellen zutage.

Eine größere Quellbildung ist in den Teufelslochsichten im NW. offenbar sowohl durch die relativ geringe Mächtigkeit der im N. flachliegenden (großes Einzugsgebiet) Sandsteine zwischen den Mergeln gegeben, wie auch durch Muldenumbiegungen.

Aus tektonischen Gründen besonders wasserreich ist z. B. die Sandsteinplatte, welche nördlich P. 835 beim Zaumberg in WSW. bis ONO. verläuft. Am Kartennordrand zeigt sie eine schätzungsweise 120 min./l schüttende Quelle, und eine andere entfließt dem gleichen Sandsteinzug an der schon auf der topographischen Kartenunterlage dort verzeichneten Stelle. Westlich P. 847 besitzt eine Sandsteinquelle über 10 min./l, südwestlich P. 847 im Großen Holz eine andere 20 min./l, südöstlich P. 836 (nordwestlich Dachseck) zeigt eine Quelle mit hübschem Quellzirkus wohl über 80 min./l. Über dem Rutschgelände südlich Ober-Einharz hat das Gehänge eine bedeutende Nagelfluhrippe und gleichzeitig eine schätzungsweise 150 min./l schüttende Felsenquelle angeschnitten. Drei Quellen von je 20—30 min./l treten südlich bei Ober-Einharz offenbar aus austreichenden Sandsteinbänken.

Die Quellen der beiden Molasse-Hochketten liegen wegen des Schichteinfallens in der Hauptsache am Südgehänge. Bei besserer Fassung würde die auf 1410 m NN. südwestlich der Ingolstädter Schutzhütte mündende Quelle wohl etwa 25 min./l ergeben. Über Mergel erscheint unter Nagelfluh bei 1335 in der tektonischen Mulde östlich „auf der Alp“ eine besonders kräftige Quelle mit wohl 160 min./l (primitive Ableitung für die Almhütte). Nahe dem Muldenkern-Sprung bei 990 m am Brennesseltobel entspringt eine sehr starke Quelle, die schon gefaßt ist, deren Überlauf aber (Mitte September 1922) noch über 100 min./l aufweist.

An der ausgehenden Steinebergmulde im Bereich des Blockgewirrs am Rauhenberg-Schönbuch beweist auch das Aushalten und die Wärme des Quellwassers im Winter zwischen den Blöcken, daß hier sehr viel Grundwasser zutage tritt.

Unter Moränendecken entspringen öfter auf irgendwelchen Wasserstauern viel kalkabsondernde Quellen, wie z. B. in der Mitte der Steigbachklamm am Waldrand von SO. her, südlich St. Rettenberg, oder auch auf Flysch. Ähnlich, jedoch auf interglazialen, etwas tonigen Feinsanden austretend, verhalten sich die zahlreichen Quellen an den Hängen nicht weit unterhalb des Sonthoferer Diluvialplateaus. Namentlich am Schwarzenbach treten 6—15 m über dem Wasserlauf viele Quellen aus, besonders von O.

### 3. Böden und Wirtschaft.

Die Verwitterungsrinden sind an den steileren Hängen zumeist in starkem Abwandern begriffen und werden vielfach rascher fortgeschafft als neu gebildet. Besondere Beweglichkeit zeigen die Böden auf tonigerem Untergrund, auch bei geringerer Neigung. Bodenreste von größerem als jungdiluvialen Alter konnten nicht beobachtet werden; sie sind von Eis und Schmelzwasser weggeführt. Die jungdiluvialen und alluvialen Böden, soweit sie auf flacheren Gehängen oder in Niederungen liegen, sind dagegen weit verbreitet. Sie besitzen ein sehr gleichmäßiges Bodenprofil, welches auf den Schottern und Jungmoränen durchweg aus braunem lehmigem Sand bis sandigem Lehm besteht mit einem von dem unterliegenden Gestein noch weitgehend abhängigen Charakter (Steingehalt, Ton usw.). Die Mächtigkeit schwankt zwischen 0,4 und 1,3 m. Von der Unterseite greifen die bekannten, unregelmäßigen, rostfarbigen Verwitterungszapfen gegen das frischere Gestein vor. Die braune Rinde ist fast kalkfrei, jedoch setzen schon nahe der Oberfläche und, den Pflanzenwurzeln meist leicht erreichbar, Kalksteinstücke ein. Ortstein in wirtschaftlich irgend schädlicher Form und kräftigere Bleicherdebildung wurden nicht beobachtet. Wo aus irgendwelchen Gründen häufig oder durch längere Zeit Wasser den Boden durchtränkt, sind pflanzliche Reste als graufärbende Humusanreicherungen von der Oxydation bewahrt geblieben. An solchen Orten stellen sich auch die bekannten graugrünlichen Reduktionsfarben und mit ihnen pflanzenschädliche Verbindungen im Boden ein. Hier ist dann für geregelten Wasserhaushalt durch Drainage zu sorgen.

Im Gebirgsland ist die Wiesen- und Weidewirtschaft mit Viehzucht so ziemlich die einzige und zugleich die beste Möglichkeit der Bewirtschaftung. Sie wird im Allgäu besonders begünstigt,

denn bei den reichlichen Niederschlägen sorgt, wie schon erwähnt, die starke Wechsellagerung durchlässiger mit undurchlässigen Schichten in der Molasse für eine sehr gleichmässige Verteilung der Niederschläge (Quellfeuchtigkeit), die nur in bestimmten, meist tektonisch bedingten Fällen fehlt und dann durch Entwässerungs- oder häufiger Bewässerungsgräben bis zu einem gewissen Grad herbeigeführt werden kann.

Dabei scheiden die wasserreichen Gehänge vielfach schon wegen ihrer gewaltigen Blocküberschüttung von einem ordnungsgemäßen Almbetrieb aus. Die ungünstigsten Gehänge sind nächst diesen jene, in denen sich die Schichten annähernd gleichwinklig mit dem Gehänge neigen, so daß dann mehr oder weniger steile, ganz glatte, bodenarme und trockene Nagelfluhfelsplatten den Untergrund bilden. Solche magere Hangteile bieten auch im Winter besondere Lawinengefahren. Beide Arten von Berglehnen werden wohl am besten noch von Waldbestand ausgenützt.

Im übrigen ist in früheren Zeiten offenbar der Wald viel zu sehr einfach als Holzplatz und unwillkommener Hüter schädlichen Wildes aufgefaßt worden. Die für den Wasserhaushalt und auch sonst für eine geregelte Wirtschaft sehr wichtige Pflege eines guten Waldes wurde übersehen; nur müssen Wiese, Weide und Wald auf den wirtschaftlich ihnen aus natürlichen Gründen zukommenden Plätzen stehen und ihre Flächen im richtigen Gleichgewicht zueinander sein. Für die Erkennung gleichartiger, natürlicher Wachstumsbedingungen ist die vorliegende geologische Spezialkarte das zunächst notwendige Hilfsmittel, dessen verständnisvolle Auswertung durch den mit genügender Erfahrung versehenen Praktiker gelingen wird.

Dem Wald sind vorbehalten oder sollten wenigstens normalerweise auf dem Blatt neben den Blockmeeren die felsigen, besonders steilen und die schwer bewässerbaren, trockenen Standorte vorbehalten sein. Der Waldreichtum ist nicht so groß als das Landschaftsbild ankündigt; denn oft sind es nur jene schmalen Baumreihen auf den Nagelfluhrippen zwischen ausgedehnten Grasflächen, die den Eindruck des Waldreichtums erwecken.

Bei weitem die meisten Molasseflächen erscheinen sehr günstig für die auf ihnen gepflegte Wiesen- und Almwirtschaft. Zwar sind natürlich die immer wieder auftauchenden Nagelfluhrippen nur mit spärlichem Futter bestanden, zu trocken und steinig. Auch

hindern sie vielfach die Verkehrsmöglichkeit (Heutransport). Aber umso besser sind zumeist die zwischen ihnen durchziehenden, im allgemeinen wesentlich breiteren Mergelsenken, für welche die klüftereichen Nagelfluhbänke teils wie eine großangelegte Drainage, teils wie ein ausgedehntes Bewässerungssystem funktionieren. Daher liefern in diesem Klima die Mergelböden an Grasertrag vielfach ausgezeichnetes.

Werden die Mergel zu dick, wie im Bereich der Teufellochschichten, dann muß auf den ebeneren Oberflächen vielfach durch Wassergräben für einen geregelten Wasserdurchzug gesorgt werden. Auch zeigen derartige, von Nagelfluhen oft gekrönte Hänge mitunter allzuviel Steinschutt.

Diesem Typus schließen sich wesentlich die Mergelböden des Flysch und Leistmergels im S. an, die oft unter Vernässungen und Rutschungen leiden. Flyschsandsteinuntergrund ist dagegen im allgemeinen zu trocken und wird vorteilhafterweise von Kiefern bestanden. Recht trocken sind auch Kuppen und steilere Hänge von Flyschsandsteinmoräne und -Wanderschutt (östlich Eckalpe zum Beispiel). Ähnliches gilt für die steilen Schrattenkalk-, Brisisandstein- und Seewenkalkgehänge des Grüntenstockes. Die Schutt- und Moränenböden verhalten sich verschieden je nach dem Gestein, das sie bildete. Meist sind sie für Wiesenbetrieb etwas trocken und oft steinig.

Auf flacheren, tiefer gelegenen Gehängen, namentlich in der Nähe der Ortschaften und auf diluvialen und alluvialen Niederungen wird ein gewisser Teil des Getreide- und Kartoffelbedarfs auf meist günstigen, bei Schotteruntergrund etwas trockenen Feldern gedeckt. Die größte Fläche, namentlich der Illertalsole, ist jedoch auch hier der Grasnutzung vorbehalten, die je nach der Lage über dem Grundwasserspiegel und je nach der Möglichkeit Hochwasser fern zu halten und geregelte Bewässerung durchzuführen verschiedene, oft sehr gute Erträge liefert. Die jüngsten Schotter- und Sandsteinböden besitzen noch am wenigsten lehmigen, wasserhaltenden Verwitterungsboden, müssen daher besonders bewässert werden, was jedoch wegen ihrer geringen Entfernung vom Wasserlauf, der sie bildete, im allgemeinen nicht schwer ist.

Namentlich im südwestlichen Blattviertel fällt auf, daß — etwa seit 1914 — die wirtschaftliche Ausnützung des Bodens nicht mehr, wie das heute der Fall sein sollte, den natürlichen Verhältnissen

entspricht. Obwohl es nicht Sache des praktischen Geologen ist ein nach jeder Richtung hin begründetes Urteil hierüber abzugeben, muß doch im allgemeinen Interesse das Augenmerk darauf gelenkt werden, wenn die Nutzung vielfach sogar in großem Mißverhältnis zu den Bedingungen vor sich geht. Es wäre eine viel schärfere Trennung von gutem Wald und guten Weiden, als sie derzeit besteht, anzustreben.<sup>1)</sup>

Was die Gesteinszusammensetzung der geologisch mit der gleichen Farbe zusammengefaßten Bildungen betrifft, so ist sie im großen ganzen einheitlich genug, daß die Angaben in der Karte und den vorliegenden Erläuterungen zunächst genügen werden. Nur für die unter Feldkultur stehenden, niederen Flächen konnte vielfach nicht der praktisch bedeutungsvolle Wechsel der Korngrößenzusammensetzung verzeichnet werden. Doch bezieht sich das nur auf kleine Flächen der Talsohlen (Vorkommen von Schlick und anmoorigen Böden im Schotter und Sandgebiet), die nur mit unverhältnismäßig großem Zeitaufwand hätten gründlich erfaßt werden können.

#### **4. Beziehungen zu Bauanlagen.**

Die Ansiedelungen sind in ihrer Anlage zumeist weitgehend den vorhandenen geologischen Verhältnissen angepaßt. Die beiden größten Orte (Immenstadt und Sonthofen) liegen an Stellen, die geologisch seit langer Zeit ausgezeichnet waren: Beide an der tektonisch bedingten Gabelung wichtiger Täler, beide im Schutz vor Überschwemmungen durch die Iller, bzw. durch die gefürchtete Osterach. Freilich schloß für Immenstadt die Lage auf dem schönen, breiten Schuttkegel des Steigbachs früher vor der Korrektur des Wildbaches immer die Gefahr bedeutender Zerstörungen mit ein. So nahm bei der letzten Katastrophe am 28. Juli 1873 der Bach seinen Zerstörungsweg mitten durch die Stadt. Auch Burgberg liegt auf einer möglichst geschützten Stelle auf einer Kombination von flachen Schuttkegeln des energischen Wustbaches.

---

<sup>1)</sup> Ein Wirtschafts-Sachverständiger, der auch alle übrigen Gründe in Rechnung stellt, wird die Notwendigkeit erkennen, daß der Besitzer gleichzeitig auch Kenner und wirklicher Interessent für die betreffenden Wirtschaftsfragen ist und nicht etwa nur Jagdliebhaber, dem es vielleicht auf energischere Nutzung gar nicht ankommt. Kapital hat hier Pflichten, welche gerade durch Schaffung von Musterwirtschaften erfüllt würden.

In Blaichach und Immenstadt wird die bedeutende vorhandene Wasserkraft der beiden übertieften Seitentäler am Klammausgang von großen Fabriken ausgenützt. In beiden Fällen ist das von der Natur gelieferte Rippenrelief zur Schaffung kleiner Stauteiche am oberen Ende der Klammeneinschnitte verwendet, eine Methode, die wohl noch an zahlreichen anderen Stellen viel nutzbare Energie liefern könnte.

Noch in den letzten Jahren konnten die Bewohner feststellen, wie überaus wichtig nicht nur für die geregelte Ausnützung von Wasserkraften, sondern schon für die Erhaltung der Wiesen und Felder und Häuser, ja des nackten Lebens eine geordnete, hinreichende Wildbachverbauung ist.

Die seit 1887 im Allgäu begonnene staatliche Verbauung hat bereits die meisten der Tobel erfaßt und die Illerkorrektur weitgehend gefördert. Bei der Begehung sämtlicher Tobel des Kartenblattes fiel dem Verfasser vor allem auf, wie wichtig neben der baulichen Festlegung der Ufer und Sohlen der einzelnen Wasserläufe in den tieferen Regionen vor allen Dingen die möglichst restlose Festlegung der lockeren Schutt- und Moränenmassen in den obersten Verzweigungen der Rinnsale ist. Dort sind an vielen Orten Verbesserungen nötig, denn hereingeschüttete Schottermassen führen in den Bächen immer wieder zu Laufverlegungen und damit trotz guter Verbauung weiter unterhalb zu seitlichen Überflutungen. Eine dauernde Kontrolle der Anfänge solcher Rutschungen, namentlich auch unter sorgfältiger Zugrundelegung der jeweils oft recht verschiedenen geologischen Sachlage wird hier vor großem Schaden schützen. Oft sind es wirklich nur recht geringe Anzeichen, die sich aber schnell summieren können und nicht übersehen werden dürfen. Nach Ablauf einer durch Wochen anhaltenden Regenperiode kann das Gesamtgehänge schon derart von Wasser durchtränkt und beweglich geworden sein, daß ein gar nicht zu starker Regenguß dann genügt, um Katastrophen herbeizuführen, während vielleicht am gleichen Ort auch allerstärkste einmalige Wolkenbrüche an undurchweichtem Gehänge bei weitem nicht derartige Folgen haben können.

---

Alles in allem lehrt die geologische Beschaffenheit, daß mit weiten anderen Teilen des Allgäu auch der Bereich von Blatt

Immenstadt nach O. zu nur das fortsetzt, was wir in viel ausgedehnteren Gebieten in der Schweiz am nördlichen Alpenrand vorfinden. Folgerichtig wird man daher auch bei den praktisch-wirtschaftlichen Maßnahmen im Allgäu sein Augenmerk vor allem den Erfahrungen und Anpassungen in der nördlichen Ostschweiz (und in Vorarlberg) zuwenden müssen, denn sie sind aus ganz entsprechenden natürlichen Grundlagen erwachsen. Viel weniger sind Vergleiche mit den oberbayerischen Alpenrandgebieten am Platz.

## B. Das Gebiet rechts der Iller und die Verhältnisse am Grünenstock.

Von Oberbergdirektor **Dr. O. M. Reis**, München.

### Übersicht.

Der im nachfolgenden noch zu kennzeichnende Raum des Blattes Immenstadt gliedert sich in einen größeren Abschnitt des Grünenabfalles gegen Agathazell und Burgberg nördlich der Starzlach und in einen kleineren unbedeutenden Teil südlich der Starzlach bei Berghofen nebst dem davor liegenden Flachgelände bis zur Iller. Der nördliche größere Abschnitt besteht im gebirgigen Gebiet südlich von Wagneritz-Agathazell aus einer überschobenen und einer südlichen, überschiebenden Scholle, welche selbst aus einer Mulde und einem Gewölbe zusammengefaltet ist, an welches sich südlich-südöstlich eine gestörte Mulde anschließt. Es sind das die Ausläufer eines Faltungsaufbaus, der erst bei der Besprechung der Verhältnisse des Blattes Hindelang seine volle Erklärung findet. Diese kurze Übersicht als Einleitung ist aber notwendig zu einer Beschreibung der stratigraphischen Einzelheiten.

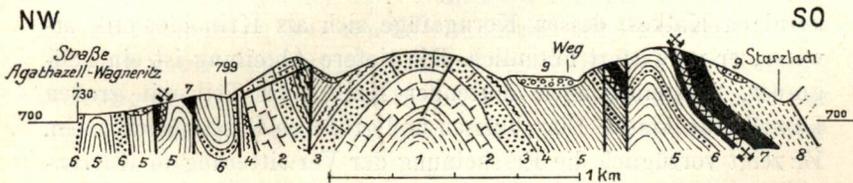


Fig. 14.

Übersichtsprüfil über den westsüdwestlichen Grünenabfall:

- 1 Drusbergschichten; 2 Schrattenkalke; 3 Gault in weiterer Fassung; 4 Seewenkalke;
- 5 Seewenmergel mit (6 punktiert) Grünsandstein; 7 Nummulitenkalke mit Erzlage (Zickzacklinie); 8 Stockletten-Schiefer; 9 Moränenschutt.

Als Kern der besagten Sattelung und anschließenden Mulden, die allerdings durch Längsstörungen ihre normale Folge verloren haben, sind am Blattrand die eigentlichen Neokommargel (Barrême) zu erwähnen. Darüber folgen vom Ostrand her nach Burgberg die Schrattenkalke, die Gaultgrünsandsteine, die Seewenkalke und Seewenmergel und als Oberstes des südlichen Muldenflügels die Burgberggrünsandsteine mit hangenden Mergeln, die Nummulitenkalke mit dem Erzlager und die Stocklettenschiefer. Südlich und nördlich von Berghofen, woselbst der Flysch eine gewisse Verbreitung besitzt, treten nochmals Nummulitenkalke auf.

### **1. Die Drusberg-<sup>1)</sup> oder Barrêmeschichten i. e. S.**

Diese Schichten sind hier als schwarzgraue Mergelschiefer entwickelt, welche von zahlreichen, unregelmäßig bankig-schieferigen, dunkelgrauen, harten Kalkbänken unterbrochen sind. Sie treten nur in einem geringen Raume auf und ihr Fortstreichen nach SW. ist einerseits durch eine Störung abgeschnitten, andererseits durch die starke Schuttbildung des darüberliegenden Schrattekalkes verdeckt.

### **2. Die Schrattenkalke.**

Sie sind in einem über 200 m starken Felshang, welcher sich von der Kreuzelspitz (1492 m) bis gegen 1192 m beim Brunnenanger erstreckt, auf dem nach Burgberg abfallenden höheren Berggelände in gewaltigen Bänken von reinem Kalk fast ohne Waldbedeckung mit Südwesteinfallen, als Fortsetzung des Gewölbekerns sichtbar. An dem Nordhang des überschiebenden Nordflügels der Mulde treten sie auch in stärkeren Bänken gut bloßgelegt zu beiden Seiten des Weinbergsteigs nach Wagneritz auf. Hier lassen sich zwei Abteilungen gut erkennen, die dunklere eines körnigen Kalkes, dessen Korngefüge sich als Krinoidenkalk erweist; er verwittert bräunlich. Die tiefere Abteilung ist ein hellgrauer, Versteinerungen führender Kalk, zum Teil mit großen Lamellibranchiaten-Einschlüssen und größeren Gastropodenresten. Er zeigt vorzüglich die Erscheinung der Verwitterung in Karren-

<sup>1)</sup> Bezüglich der eingehenden stratigraphischen, trotzdem noch vieles offen lassenden Gliederung der Kreide nach dem Muster der schweizerischen Vorbilder vgl. ARN. HEIM: „Zur Geologie des Grünten im Allgäu“ in Vierteljahrsschrift der Naturf. Gesellsch. in Zürich. LXIV. 1919.

bezw. Schrattenfeldern, wie dies auch anderen stratigraphisch verschiedenen, feinkörnigen und dichten Kalken in den Alpen eigen ist; seitlich von dem genannten Steig, nördlich Burgberg wurde eine Gastropode (verkieselt) aus dem Kalk herauspräpariert. Sonst wittern die Fossilien kalkspätig aus.

### 3. Die Gaultformation.

Sie geht nach unserer kartographischen Fassung über die engere paläontologische Grenze des Gault hinaus und faßt petrographisch faziell nahestehende Verbände (nach GÜMBEL) zusammen.

Sie besteht aus den bekannten Abteilungen einer unteren, hauptsächlich hellen, stark verkieselten Sandsteinabteilung (Riff-sandsteine) und einer oberen, dunkelgrünen, in mehreren Bänken häufigere Versteinerungen enthaltenden Sandsteinreihe, welche eine geringere Härte besitzen. Diese gehen mit Abnahme des grünfärbenden Mineralgehaltes und mit Einschlüssen von länglichen, sandarmen, kalkigen Linsen in zuletzt raschem Übergang in die Seewenkalk über. Ein sehr schöner Aufschluß in diesen Schichten wird an der sogenannten Schanze durch den dort betriebenen Steinbruch ständig offen gehalten. Ein Profil dieses Steinbruches zeigt folgende Einzelheiten:

Die Schichtenfolge des Bruches von oben nach unten (Süden nach Norden) zeigt zuerst 30 cm Seewenkalk mit etwa ein Drittel Prozent Schwefelkieseinschlüssen; darunter den Grünsandstein mit den großen hellen Kalklinsen in 2 m Dicke; darunter folgen in einer einheitlichen Masse, fast ohne Fugen gelagert, 58 cm Grünsandstein mit mehreren Zügen von Phosphoritknöllchen, 60 cm harter Sandstein, 80 cm desgleichen mit eingestreuten Schwefelkiesknöllchen, 70 cm desgleichen mit einzelnen Phosphoritknollen, 1 m harter Sandstein mit zwei Zügen von Phosphorit zu 20 cm. — Dies ist eine obere Zone von Grünsandstein mit Phosphorit. — Sie ist nach unten abgesetzt mit 3 m Grünsandstein ohne jede Knollenbeimengung. Darauf folgt nach unten 3—4 m das Hauptlager der Phosphoritknollen mit etwa 25 % Phosphoritanreicherung. Unter

<sup>1)</sup> Diese nach dem Gesichtspunkt der Phosphoritführung gegebene Einteilung geht mitten durch Nr. 5 des von ARN. HEIM l. c. S. 468 entworfenen Profils, welches von oben (Seewenkalk) nach unten und von unten (Kieselsandstein) nach oben bei allerdings etwas abweichenden Mächtigkeitszahlen wieder erkannt werden kann. Über dem Kieselsandstein liegen 14 m Grünsandsteine.

diesen liegt ein Sandstein von 2 m, der eine Anzahl Meereswurm-Bohrhöhlen enthält, zum Teil mit glatter Oberfläche in 6 mm Querschnitt, zum Teil mit Scharrspuren in 12 mm Durchmesser. Darunter folgt nun ein heller, grobkörniger Sandstein mit vielen Röhren in sandiger Tonfüllung 2 m. Es ist ein lagerhafter Sandstein mit vereinzelt Phosphoritspuren und Pflanzenresten. Darunter liegt nun der harte, verkieselte „Riff“sandstein in 4 m Mächtigkeit, der auch hier noch einzelne Röhren ohne Tonfüllung führt. A. HEIM nennt ihn Brisandstein und schließt ihn aus dem Gault aus. Es sind im ganzen 7 m mit hellen Bohrröhren.

Das darunter liegende nach Norden folgende Profil, das mit Phosphoritsandstein in 2 m beginnt, reicht 6 m lang bis zur Straße. Hier treten Teile des höheren Phosphorithauptlagers wieder auf infolge einer schmalen Gewölbe-Schleppungsdoppelung (HEIM). Bei dieser Umbiegung sind starke Überschiebungen von Südosten her bemerkbar. Dieses obere (?) Phosphoritlager wird in einem zweiten Bruch nördlich zunächst der Straße abgebaut, während der Hauptbruch von der Spitze der Schanz aus im Streichen der Schichten sich nach NO. streckt.

#### 4. Die Seewenkalke.

Die Seewenkalke bestehen in einer ziemlich gleichmäßigen Reihe von hellgrauen, weißlich verwitternden Bänken von meist geringer Dicke, von unregelmäßig knollig-welliger Oberfläche und mit sehr geringen, tonigen Schieferzwischenlagen. In den untersten Lagen finden sich noch vereinzelt Körner des grünlichen Minerals Glaukonit. Daneben treten nicht selten unregelmäßige Knollen von Schwefelkies auf. Nach oben zu werden die Kalke reiner und enthalten seltene Einschlüsse von Ammoniten, dagegen häufig die stets auffälligen *Inoceramenschalen*. Die Mächtigkeit dieser Seewenkalke beträgt durchschnittlich 20 m. Sie sind nach oben in scharfem Übergang von grauem, schieferigem Kalkmergel ziemlich rasch abgeschlossen gegen in Masse einsetzende dunkelgraue, sehr feinschieferige Seewenmergel.

Ein besonderes Vorkommen dieser Kalke ist ein kleines N. vom Weinbergsteg und wird von Schrattenkalk überschoben. Ein östlicher, in größerem Zusammenhang bestehender Zug dieser Seewenkalke bildet den Nordflügel der nördlichen Mulde, ein drittes zusammenhängendes Vorkommen bildet den Südwestrand

des nach Nordosten aufsteigenden Gewölbes vom Burgberger Hörnle-Kreuzelspitz. Hier sind im sogenannten Wustgraben vorzügliche Aufschlüsse in diesen Schichten, woselbst auch die erwähnten Inoceramen häufig zu finden sind.

### 5. Die Seewenmergel (Wangschichten).

a) Untere Abteilung. Die über diesen Kalken nach aufwärts folgenden Seewenmergel sind sehr feinschieferige, dunkelgraue, ziemlich gleichmäßige, nahezu versteinungsleere Mergel, welche näher der Untergrenze von einzelnen handhohen, sehr feinkörnigen, sandigen Kalken unterbrochen werden. Diese untere Abteilung der Seewenmergel wird gegen Osten durch eine etwas andere Ausbildungsweise (Fazies) ersetzt, worüber in der Beschreibung zu Blatt Hindelang Näheres folgt.

b) Obere Abteilung der Seewenmergel mit Einschaltung der Glaukonitsandsteine. Einen guten Einblick in diese Schichten bietet der unmittelbar ost-südöstlich hinter Burgberg gelegene Hang mit einem Einschnitt, in dessen Winkel die Sandsteine in größerer Mächtigkeit austreichen, woselbst in älterer Zeit ein Sandsteinbruch betrieben wurde. Dasselbst stehen also die schon MURCHISON bekannten und zu den Nummulitenschichten gerechneten Sandsteine an. In diesen ungefähr 8 m mächtigen, dickbankigen, fest zusammengeschlossenen Sandsteinen kommen aber zahlreiche *Gryphaea vesicularis* vor. In neuerer Zeit wurden daselbst noch Faunenbestandteile<sup>1)</sup> nachgewiesen, welche einen innigen Faunenzusammenhang mit den Hachauer-Schichten im Kressenberggebiet (vergl. Geogn. Jahreshfte 1896 und 1897) erkennen lassen. Über diesen Sandsteinen folgen ungefähr 30 m graue Mergelschiefer, dann eine 2 m mächtige, unten etwas sandige, oben mergelige Glaukonitsandlage mit Haifischzähnen, Koprolithen und Austernresten, darüber noch glaukonitische Mergelschiefer und in ihnen vereinzelt dichte Kalke bis zum Beginn des Eozäns (20m). Die erwähnten dichten Kalke sind außerordentlich feinsandige, mergelige Kalke, welche fast versteinungsfrei an der verwitterten Oberfläche *Haplophragmium* erkennen lassen. Daneben lassen sich vereinzelt auch Schalenbruchstücke von *Inoceramus spec.* auffinden,

<sup>1)</sup> *Ostrea ungulata* SCHLOTH., *Exogyra decussata* GOLDFUSS, *E. haliotoidea* SOW., *Gryphaea sublaciniata* REIS, *Vola sexangularis* D'ORBIGN., *Vola spec.*, *Arca spec.* D'ORBIGN.

welche die Zugehörigkeit der Schichten zur kretazischen Reihe verbürgen. Vereinzelt sind oben statt der Kalke etwas sandig-schieferige Lagen zu bemerken, welche eine gewisse Ähnlichkeit mit den sandigen Flyschmergeln aufweisen. Die obersten Schiefer dieser Reihe sind wohl nur durch die tektonischen Einflüsse der nahen Gesteinsgrenze etwas verunregelmäßigt und von Kalkspatschlieren durchzogen.

Diese Gruppe der Seewenmergel mit Sandsteinen bildet in der Hauptsache einen hier am Westrand des Grüntengebietes ziemlich einheitlich erscheinenden Verband. Die erwähnten Sandsteine und die hangenden Glaukonitmergel und -Sandmergel werden aber nach Osten zu sowohl in der Aufeinanderfolge als auch in ihrem Gesteinsverhalten verändert. Es scheint, daß die untere steinbruchsfähige Lage diese Eigenschaft verliert und die obere Glaukonitlage mit ihren gröberen Sandsteinkörnern sich sandig anreichert und sich den nördlich von Oberstdorf bekannt gewordenen Burgbergsandsteinen nähert, deren Fauna seinerzeit durch KARL VON ZITTEL bekannt wurde. Die Möglichkeit ist indes nicht ausgeschlossen, daß auch der Grünsandsteinbruch-Sandstein im Verlauf nach Osten grobkörniger wird, dabei viel mergelige Bestandteile aufnimmt und dadurch auch eine faunistische Veränderung verursacht sein kann. Jedenfalls ist im Osten des Gebietes nur eine Hauptsandsteinlage erkennbar.

c) Die Seewenschichten im Nordbereich zwischen Agathazell und Wagneritz. Ein gewisser Unterschied zwischen den südlich vom Weingartengrat, der auf die Schanz ausläuft, liegenden Seewenschichten mit jenen nördlich davon ist unverkennbar. Es fehlen offenbar die feinkörnigen Kalksandsteinbänkchen ganz. Die Schiefer sind weniger weich und mergelig, dagegen etwas gleichmäßig kalkig-schieferig und härter. Häufig finden sich Inoceramenschalenbruchstücke und Haplophragmien. Auch die ihnen an verschiedenen Stellen eingelagerten Grünsandsteine sind auf dieser Nordseite wohl gleichartig feinkörnig wie der Hauptgrünsandstein bei Burgberg. Sie sind aber dünnplattig, zum Teil völlig versteinungsarm und enthalten nur an einzelnen Stellen eine eintönige Fauna mit *Exogyra haliotoidea*.

In der Mitte der Verbreitung dieser oberkretazischen Schichten findet sich in dem Graben nördlich 799 m, an dessen unterem Ende eine kleine Mühle steht, mit Kalken der kretazischen Reihe, welche

jenen bei Burgberg ähneln, eine Reihe von Schichten, welche wie die erwähnten bei Burgberg sowohl durch ihren feinsandigen Charakter, durch ihre Härte, durch ihre auffällig wellige und gedreht-dickschieferige Dünnbankigkeit ganz hervorragend an gewisse Einlagerungen im Kalkflysch erinnern. Es ist schon der Tatsache gedacht worden, daß in den obersten Seewenschichten über der grobkörnigen Glaukonitsandsteinreihe auch einige Bänke auftreten von stark flyschartigem Charakter, allerdings wieder von denen in dem genannten Graben bei Agathazell vorhandenen Schichten für sich wieder unterschieden.

## 6. Über die Nummulitenschichten

im Grüntengebiet gibt O. M. REIS in den Geognostischen Jahreshften 1926, Seite 23 eine vergleichende Zusammenstellung, der wir folgendes entnehmen: Über den höchsten Kreideschichten (vergl. 5b) liegen zunächst geringmächtige, hellgraue Kalkbänke mit Nummuliten (*Num. perforatus* und *Num. Murchisoni*) mit vereinzelt, größeren Sandkörnern mit wenig Glaukonit, aber reichlichem Schwefelkies in 3 m Mächtigkeit. Darüber folgen die Schichten des Erzes, mergelige, kalkig-schieferige Lagen, die zuerst nur rot gefärbt sind, dann wirklich nach oben in Eisenoolith übergehen und wieder mergelig endigen. Sie haben in einer Mächtigkeit von 3—5 m eine oft sehr reichliche Fauna, unter deren Nummulitengehalt hauptsächlich charakteristisch *Num. Murchisoni* und *Orbitoides papyracea* auffällt. Trotz guter Übereinstimmung der gesamten Fauna mit jener der Erzsichten am Kressenberg ist doch eine scharfe Unterscheidung möglich, welche hauptsächlich darauf zurückzuführen ist, daß im Grüntengebiet das Gestein ein dichter Mergelkalk ist, während im Kressenberggebiet die grobkörnigen Sandsteine vorherrschen. Darüber folgen in einem massigen Kalkklotz zusammengelagert die Hauptnummulitenkalke. Sie sind fast ohne Glaukonit und ohne Sand. Sie haben in 10—15 m Mächtigkeit fast keine Schichtung, sind in hohem Grade ein Fragmentkalk mit *Num. distans*, *Num. Tchihatcheffi* und *Assilina exponens*. Im großen und ganzen sind Zweischalter sehr wenig zahlreich, dagegen sind Lithothamnien häufig. In dem südwestlichen Zug der Nummulitenschichten nördlich der Starzlach liegen über diesen Kalken unmittelbar die Stockletten. In einem nördlichen, ungefähr parallel liegenden Zug der Nummulitenkalke näher bei Burgberg

(Sank-Holz) treten in den obersten Schichten des Kalkes grünliche und rötliche Färbungen auf, wobei eine mergelige Abwandlung des Gesteins deutlich wird. Man ist versucht, einen Vergleich mit dem höheren Erzflöz des Kressenbergbereichs zu ziehen (Maxflöz). Es wurde in der Tat zuerst darangedacht, daß es sich um einen kalkigen Übergang des Roterzflözes handeln möchte. Es ließ sich aber ganz unzweideutig nachweisen, daß diese roterzartig gefärbte Schicht eine höhere Lage des Nummulitenkalkes bedeutet und zweifellos eine Vergleichung mit den Verhältnissen am Kressenberg in diesem nördlichsten Bereich S. vom Grünten zuläßt.

Eine noch eindringlichere Annäherung an die Kressenbergverhältnisse zeigt sich nördlich vom Grünten, östlich Agathazell, unmittelbar bei dem früheren Schattenbauer. Im Liegenden sind helle, feinkörnige, nachträglich quarzitisches gebundene Sandsteine in 3 m. Darüber folgt eine Schicht mit Schwefelkies und Bivalven, welche Nester und kleine Züge von großen Quarzkörnern besitzen; diese in 0,5 m Mächtigkeit. Es ist diese Schicht gleichbedeutend mit der oben erwähnten, Schwefelkies und Quarzkörner enthaltenden Lage mit *Num. perforatus*. Darüber liegen in gleichartiger Folge wie südlich vom Grünten feinsandige und mergelige Erzsichten, ebenfalls zum Teil mit Zügen grober Quarzkörner. Im Hangenden tritt eine sandige Glaukonitschicht auf, die von einem Lithothamnium führenden Kalk begleitet ist. Diese recht verschiedene Ausbildung des Nummulitenschichtenprofils zeigt trotz typischer Anlehnung an die normale Folge des Grüntens doch die Besonderheiten der sandigen Kressenbergfazies. In diesem Nordbereich der Nummulitenschichten, die ja freilich nur in einer kurzen Strecke aufgeschlossen sind, findet sich auch näher bei Agathazell zwischen Kreideschichten ein auffällig glaukonitreicher Nummulitenkalk, der fast nur aus dicht zusammengehäuften *Num. complanatus* besteht. Diese Schichtentwicklung ähnelt in hohem Maße dem Adelholzener Kalk. Südlich von dem Nummulitenkalkzug bei der Starzlach tritt ein weiterer Nummulitenkalkzug bei Berghofen auf, der zunächst nicht mehr auf dem Blatt Immenstadt ausstreicht, aber im Berghofener Graben bei Unterried eine ähnliche Ausbildung hat wie der oben erwähnte Zug im Sankholz. Bei der Ruine Fluhenstein treten aber im Nummulitenkalk keine erzführenden Schichten mehr auf. Es wiederholt sich daher das Bild der Schichten zwischen Burgberg und Winkel.

Die erwähnte Adelholzener Ausbildungsweise setzt sich auch in kleinen Aufschlüssen jenseits der Iller bei Seyfriedsberg-Bihlerdorf fort, sie tritt aber hier nicht in Complanatusschichten auf, sondern in bankigen Assilinaschichten mit tonigen Zwischenlagen, die als Ausbildungsersatz bzw. Gliederung der Adelholzener Fazies betrachtet werden darf. Unmittelbar darunter ist im Bachbett, das von Bihlerdorf nach Westen (Halden) aufwärts führt, ein unregelmäßiger, dünnplattig spaltender, harter Grünsandstein aufgeschlossen, der aber nicht der Nummulitenschichtenreihe angehört, sondern durch Einschluß von Inoceramus als kretazisch festgestellt ist. Es gehört diese Nummulitenschichtenausbildung auf dieser Talseite zu jener nach Osten offenen Bogenkrümmung der Schichten, welche als Teile des Nummulitenschichtenhakens zwischen Burgberg, Siegishofen und Sonthofen-Binswangen (vergl. Geognostische Jahreshefte 1926, Seite 22—23) von O. M. REIS als Folge einer durch südbenachbarte Ostbewegung verursachten Schleppung gedeutet worden ist.

### 7. Stocklettenschiefer.

Der Begriff Stockletten ist aus dem Kressenberggebiet entnommen; er bedeutet ursprünglich lettige Entwicklungen im Hangenden und Liegenden der erzführenden Schichten, hat sich aber schließlich auf die südlich vom Hangenden des Maxflözes folgenden lettigen, erz- und sandfreien Schichten beschränkt. Sie sind im Ostbereich der Nummulitenschichten zum Teil dickbankig und klotzigmassig; in der Ausbildung im Allgäu sind sie schieferig, hellgrau und manchmal als Fleckenmergel ausgebildet. Sie sind aber auch in der einen Hinsicht mit den östlichen Vorkommen darin zu vergleichen, daß sie von den größeren, nicht mikroskopischen Einschlüssen völlig frei sind. Die Hauptverbreitung dieser Schichten liegt unmittelbar bei der Starzlach, ein offenbar sehr mächtiger Verband von 2—300 m Mächtigkeit ohne jede andersartige Einlagerung. In gleicher Ausbildung treten sie im Hangenden des verhältnismäßig kleinen Aufschlusses der Nummulitenschichten beim Schattenbauer (Agathazell) auf, ohne irgendeine wesentliche Änderung zu zeigen. Dies gilt auch für die übrigen Aufschlüsse im Gebiet des Blattes Hindelang. Es wäre vielleicht besser, diese Ausbildungsweise der „Stocklettenschiefer“ mit der im Westen üblichen Bezeichnung „Stadschiefer“ zu belegen.

### 8. Flysch.

Wir haben schon oben gelegentlich eines Profils östlich Burgberg und südöstlich Agathazell auf gewisse flyschähnliche, feinsandige Schiefer und Kalkschieferbildungen aufmerksam gemacht. Am Ausgang der Starzlach bei Winkel treten die beinahe bis zum Wasserfall reichenden und südlich bei Berghofen auftretenden Flyschschichten im eigentlichen Sinne in etwas größerer, aber typischer Ausbildung der in Bayern sogenannten Kieselkalke auf. Es sind schwarze, feinblättrige Schiefer in unregelmäßiger Einschaltung schwarzer rissiger Kieselkalke, Hornsteine und Ölquarzite, auch die ihnen sonst beigesellten typischen Flyschbreccien, welche man als streichende Fortsetzung der Flyschschichten von Oberzollbrücke betrachten darf. Letztere Flyschschichten gehörten allerdings der Sandsteinabteilung des Flyschbegriffes an, welche bei Winkel vollständig fehlt. Man hätte hier bei Winkel auch die nahe Vergesellschaftung dieser Kieselkalke mit oberkretazischen Schichten zu erwähnen. Diese Masse ist, was bei der Beschreibung des Blattes Hindelang näher hervortreten wird, von West-Südwest, auf die nach Süden umgebogenen, nach Südwesten einfallenden Nummulitenschichten hinaufgeschoben. Es wäre das eine Ostbewegung, welche in eine Zerreißungs- und Abtragungslücke des Grüntenbogens nach Ansicht von O. M. REIS hereingezwängt worden wäre.<sup>1)</sup>

### 9. Das Diluvium.

a) Als ältere Diluvialablagerungen sind auf diesem Blatt östlich der Iller einige langgezogene Hügel zwischen Berghofen und Winkel zu bezeichnen. Sie enthalten Kalkschotter und gelegentlich kalkig festgebundene Kalksande in dünnen Lagen im tieferen Bereich. Sie geben diesen Hügelzügen eine gewisse Festigung, so daß die Kirche von Berghofen auf diesem Hügel aufgebaut werden konnte. Eine genaue Eingliederung dieser Schichten ist schwer. Es werden Ablagerungen eines älteren Interglazials sein. Gerade bei Berghofen scheint eine Überlagerung dieser Schichten durch jüngere Moränen unverkennbar. Ähnliche Bildungen scheinen an den Hügeln bei Burgberg selbst zwischen dem Friedhof und dem Schützenhaus beteiligt zu sein.

<sup>1)</sup> Nach der Ansicht von O. M. REIS gehören die Nummulitenschichten bei Hüttenberg z. T. zu der Adelholzener Fazies.

b) Moränen sind bei Agathazell, im hinteren Winkel des Weinberghangs, auf beiden Seiten südlich und nördlich der Starzlach und bei Fluhenstein gut entwickelt. Die Ablagerungen an der Starzlach setzen sich nach NO. die Starzlach aufwärts fort und bilden Teile der ziemlich einheitlich aufzufassenden Moränenüberdeckung.

c) Das Flachgelände nach der Iller zu zeigt eine ältere Flußterrassenbildung, welche durch die jüngeren Illeranschwemmungen seitlich angenagt ist. Auf der Ostseite lagern sich auf diese ältere Flußterrasse zum Teil Flachdeltaaufschüttungen aus den vom Grünten und von der Starzlach her ausmündenden Talungen auf. Nahe am jüngeren Gelände der Iller treten aus der etwas älteren Terrasse in auffälliger Weise ausgebildete Grundwasserquellen auf, welche wohl auf ausgewaschenen älteren Flußbrinnen sich hindurchdrängen und austreten. Nahe den zwischen Häusern und Agathazell wohl auch aus Untergrundbarren auftretenden Molasseschichten staut sich das Grundwasser in den fluviatilen Ablagerungen, tritt an die Oberfläche und hat wohl schon in älterer Zeit die Entstehung von Moor- und Torfsümpfen begünstigt.

d) Im Gehänge des Grüntens machen sich selbstverständlich auch größere und umfangreiche Schuttbildungen bemerkbar, so am Sank-Holz beim Wustgraben, dann zwischen Agathazell und Wagneritz. Besonders bei Wagneritz ist ein außerordentlich großartiger Blockschutt entwickelt, welcher nicht nur von Blockmassen der älteren kretazischen Formationsgebilden durchsetzt ist, sondern auch solche von (?) flyschartigen Gesteinen enthält, deren Ursprungsort (über 60 m Höhe) zum großen Teil verdeckt ist (S. 160).

e) Nördlich von Burgberg und Winkel macht sich in den Verwitterungsgebilden der älteren Seewenschiefer und der Stockletten das Auftreten von mehr oder weniger umfangreichen Bergschliffen schon in den Geländeformen bemerkbar.

## Tektonik.

Wenn wir von Norden nach Süden zuerst das vor der steilen Wand bei Agathazell liegende Flachgelände erledigen, so kann dieses als eine gestörte Mulde im großen angesehen werden, welche im äußersten Süden und Norden in den kretazischen Schichten die Grünsandlage enthält, welche aber in der mittleren Region, also

der Muldenmitte, Reste der Nummulitenschichten aufweist. Es ist allerdings eine gestörte Mulde. Sie ist nicht ganz normalmäßig in den mittleren Teilen, den Nummulitenschichten, hintereinander, sondern nebeneinander gelagert. Man kann den Anschluß der Agathazeller Mulde an den südlich daran folgenden Teil der Grüntenwand (Weingarten-Schanz) als einen durch Störung verkürzten Muldenflügelteil bezeichnen. Es ist ein Zwischenglied vorhanden zwischen dem kretazischen Vorgelände und dieser Wand in den Resten eines Zuges von Seewenkalken. Diese Seewenkalke würden einerseits überleiten zu den höheren kretazischen Schichten,

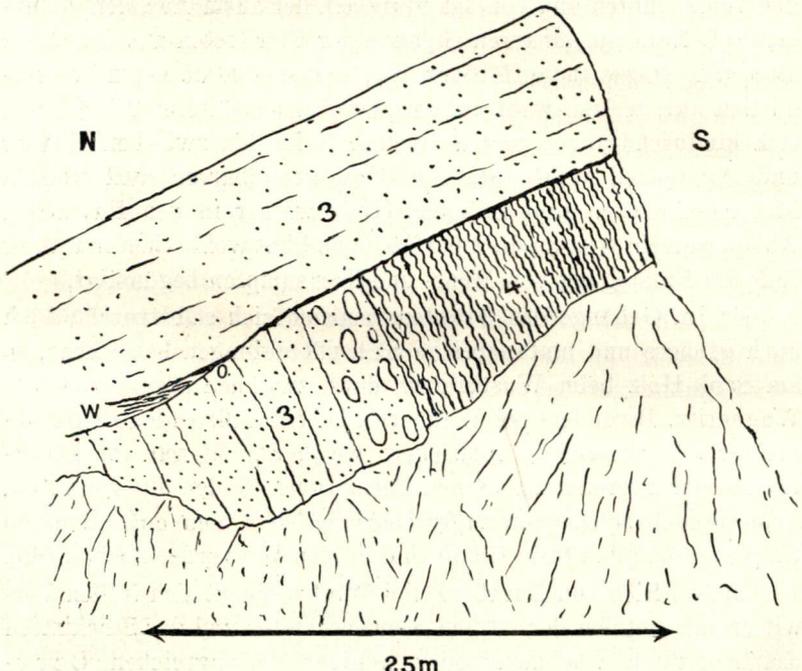


Fig. 15.

Überschiebung östlich der Weinberggratscharte:  
3 Gaultgrünsandsteine; 4 Seewenkalke.

andererseits zu den tieferen Schrattenkalken in einer Raumeinnahme, welche so gering ist, daß zweifellos eine Überschiebungsverkürzung eingetreten ist. In der Tat ist auch die Überschiebung der Seewenkalke durch den Schrattenkalk sichtbar. Es ist auch weiter westlich bemerkbar, daß diese äußeren Schichten ursprünglich ein Gewölbe bilden, welches aber an dieser Stelle verquetscht

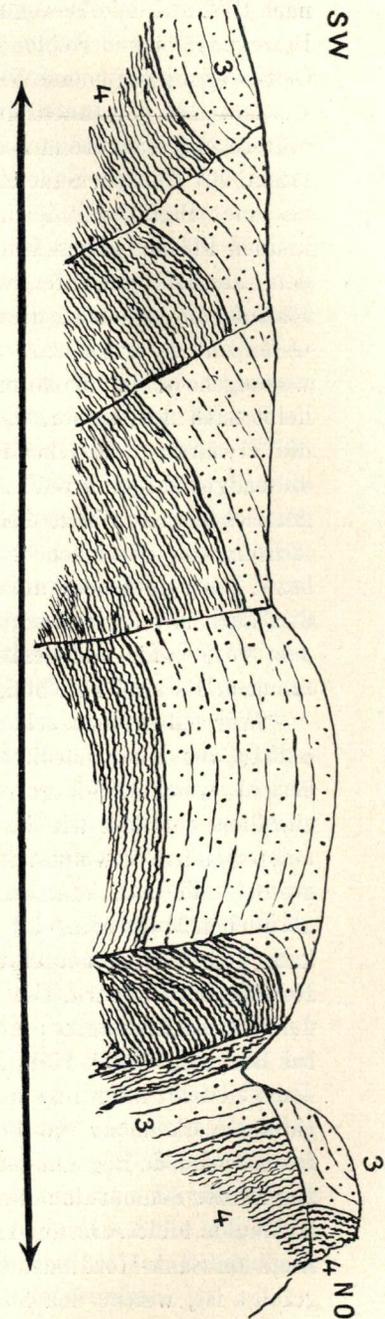
erscheint. Es ist eine große Überschiebung nach N. Diese Überschiebung hat aber die Eigentümlichkeit, daß sie zugleich nach Süden zu das Überschiebungsphänomen in außerordentlich deutlicher Weise zeigt. Nordöstlich von der Weingartenscharte (vergl. Fig. 15) ist in aller Klarheit zu sehen, wie die Gaultgrünsandsteine in nach Norden abfallender Schubfläche die Seewenschichten überschieben. Ich glaube, diese beiderseitige Überschiebung kann nur dadurch erklärt werden, daß es sich um einen streichenden Schub handelt. Man denkt hierbei natürlich nicht an eine gleichzeitig nördliche und südliche Bewegung. Dies wird dadurch noch bekräftigt, daß die südwestlich, nahezu im Streichen davorliegenden Teilschollen des Schanzlängszuges ebenfalls im Sinne einer Längsverkürzung hintereinander gestellt sind, d. h. sie sind schief, quer zum Längszug (vergl. Fig. 16) gestellt.

Der an dem vorderen Teil der Schanz durch Steinbruchaufschluß klargelegte Aufbau des Ganzen zeigt auf der Nordseite riesige, fast streichende Schubflächen mit Kalkspat-harnischen. Die Streifen der Bewegung steigen schwach

Profil an dem Weinbergweggrat (Schanzlängszug); 3 Gaultgrünsandsteine in weiterer Fassung; 4 Seewenkalke.

Fig. 16.

250 m



nach SW. auf. Die Bewegung ist nicht ganz streichend, sondern die Bewegungsflächen richten sich widereinander. Es könnte also eine Ostbewegung gegen eine NO.—SW. gerichtete Schichtfläche gedacht werden. Auf der Innenseite des Bruches war im Jahre 1927 eine hintere, ungefähr 18 m hohe, ziemlich streichende Nord-Südwestfläche mit flachem Südeinfallen bemerkbar. Diese Fläche erschien an einer Stelle durch eine rein westlich gerichtete Schar von kleinen Flächen abgeschnitten, deren Bewegungstreifen nach Norden, abwärts gerichtet waren. Man müßte wahrscheinlich die Fassung so nehmen: die Bewegung geschah von Westen nach Osten und zwar aufwärts aus dem Tiefenzusammenhang der Bewegungen in der Richtung nach der Erdoberfläche empor, das heißt nach dem emporgehobenen Schichtkörper; dies ist auch für die erwähnten streichenden Schubflächen anzunehmen. Die in diesem gut aufgeklärten Längszug der tieferen Kreide vorhandenen Anzeichen lassen sich durchaus als Folgen eines nach der Aufrichtung im Streichen weiter wirkenden und von unten schief bzw. flach nach oben hinzielenden Antriebs erkennen. Es stimmt dies auch mit der tatsächlichen Erhebung des ganzen Sattels aus dem Vorgelände und dem südwestlich davor liegenden Raum zusammen. Es sind Erhebungsbewegungen.

Wir haben oben schon betont, daß der eigentliche Grünten-aufbau aus einer nördlichen Mulde und einer südlichen Mulde besteht, welche beide gestört sind, aber deren Achsen nach SW. einfallen, geradeso wie die Achsen des dazwischen liegenden, hoch aufsteigenden Gewölbes. Auch die nördliche Mulde ist sehr stark gestört und man kann sagen, daß dieser Gewölbekern auf den nördlichen Muldenflügel derart hinaufgeschoben ist, daß Schrattenskalk und Neocommergel unmittelbar an den Seewenkalken des Nordflügels anlagern. Die südliche Mulde liegt in der Fortsetzung der Grüntenhausmulde; sie birgt das Auftreten des Haupterzzugs bei Burgberg (Sank-Holz). Zu dem als Nordflügel zu bezeichnenden Teil fehlt allerdings der Südflügel. Dieser Nummulitenzug ist ganz unverkennbar die Fortsetzung der Grüntenhausmulde; ihr fehlt sonst jede Begründung. Ebenso wie der südliche Nummulitenzug an der Schloßruine die Fortsetzung des Nordflügels der Starzlachmulde bildet. Daraus ließe sich folgern, daß nordöstlich dieses Zugs am Sank-Holz nach der Grüntenhausmulde zu eine Erhebung gefolgt ist, welche den höheren Nummulitenkern und einen Teil

der Kreideschichten aus der Grüntenhausmulde später durch Abtragung entfernen ließ. Es lassen sich auch einige Bewegungsflächen am Südwestende des breiten Grüntensattels auf Blatt Immenstadt erkennen. Diese Erhebungswirkungen wären gleichbedeutend mit jenen aus Westen und Nordwesten und Südwesten kommenden, welche den Nordkörper des eigentlichen Grüntens, die auffällige Höhenlage der Sattelung mit Überschiebungen von Nordwesten und Südwesten verursacht haben. Gerade die Emporhebungen, welche aus Südwesten wirken, d. h. also im Streichen der Faltungsmassen, sind ganz besonders zu betonen, und bei der Grüntenalp ebenso wie in der Nähe der Sattelhütte sind die Wirkungen dieser streichenden Verschiebungen und Emporhebungen bei der Besprechung des Blattes Hindelang noch näher zu beleuchten.

Eine zweite, ähnliche mit breiter Gewölbstirn nach WSW. gewendete Aufwölbung entspricht dem Raum zwischen Fluhenstein und Starzlach, in welchem mit Südwestdruck, also aus der gleichen Richtung, wie bei dem Burgberggewölbe, eine große Flyschscholle hereingeschoben und mit Kreideunterlage auf Nummulitenschichten überschoben ist. Wir haben in diesem breiten Raum bei Burgberg genau die Lagerungsverhältnisse wie bei Berghofen, jedoch fehlt eine Überschiebung, die möglicherweise abgetragen ist.

Ich glaube, daß die in der Karte dargestellten Querverwerfungen nur Begleiterscheinungen der im vorhergehenden gekennzeichneten Bewegungen sind. Es sind im großen und ganzen nord-südlich, bezw. nordwest-südöstlich gerichtete Klüfte, an denen mehr oder weniger große Verstellungen stattgefunden haben. Der Unterschied zwischen den beiden geschilderten, nach Westen gewendeten (geneigten) Gewölben besteht darin, daß sie am Grünten selbst die Begleiterscheinung von einer steiler aufgestellten engen, stockartigen Faltung darstellen, daß sie im Zusammenhang mit der ganzen Grüntenerhebung in engerer Auffaltung und Aufrichtung die Folge einer zentrifugalen Emporhebung darstellen, welche mit spezifisch besonders schweren Gesteinen in jenem Sinne zentrifugal beschleunigt gedacht werden kann, wie dies O. M. REIS bei der Behandlung der Auffaltungsverhältnisse des Weiherer Bogens in Oberösterreich im Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt 1926, Hefte I und II, Seite 199—215, besonders Seite 212—213 dargestellt hat. Diese Auffassungen werden bei der Behandlung des Blattes Hindelang noch näher begründet werden.

## Wasserverhältnisse, Wasserfassung und abbauwürdige Gesteine.

Die Bodenverhältnisse sind zum Teil abhängig von der Verwitterbarkeit der Gesteine. Mergel und stark tonhaltige Gesteine sind zumeist weniger fest gebunden. Sie verwittern leichter und geben schwere, fette Böden, welche hauptsächlich zum Almbetrieb verwendet werden. Zu diesen gehören in unserer Schichtenreihe die Seewenschichten, auch wenn sie etwas sandig und glaukonitisch werden. Über die Kornzusammensetzung der Schichten wird hier keine Aufzählung mitgeteilt werden.

Zu den Wiesengelände liefernden Gesteinen gehören auch die Stocklettenschiefer zu beiden Seiten der Starzlach. Ebenfalls sind auch die Verwitterungskrusten der Moränen wegen ihrer zahlreichen Mergelgeschiebe zu Wiesenböden geneigt. Ein unterer Teil der großen Gehängeschuttmasse im Sank-Holz hat eine sehr starke braune Verwitterungsschicht von etwa 30 cm.

Die härteren Gesteine verhalten sich verschieden. Die Gaultgrünsandsteine, insbesondere die verkieselten Lagen sind meist Träger des Waldes. Sie verwittern in scharfkantigen Schutt, der nach oben zu gegen die Seewenmergel hin auch in einen sandigen Mergelboden ohne Gesteinsbeimengungen übergeht. Der Phosphoritgehalt in diesen Schichten macht sie zu einem geschätzten Waldboden, aber auch geeignet zur Verwertung als Wiesengelände. Trotz ihrer Klüftigkeit sind diese Gesteine nicht sehr wasserdurchlässig, weil ihre feste Bindung und ihr Quarzgehalt das Durchdringen des Wassers verhindert und in den Schichten auch der Kieselstein das Wasser nicht sehr tief dringen läßt. Die Erweiterung der kleinsten Spalten durch Auflösung wie beim Kalk ist hier sehr gering. Auch die Schraffenkalke sind verhältnismäßig schwer durchlässig. Auch sie sind Waldträger. Indes haben sie die Eigenheit, daß sie den kohlen säurehaltigen Niederschlagswassern nicht völlig widerstehen können und oberflächlich ziemlich tief angegraben werden können. Die Rückstände der Auflösung des Gesteins unter der moosigen Bedeckung sind zwar gering, begünstigen aber die Festhaltung der Feuchtigkeit (Mooswachstum) und die Vermehrung und Anwitterung; das Ergebnis ist die Karrenfeldbildung. Auch im Innern dieser Gesteine wirkt die Auflösung des Kalkes von den Spalten und Fugen aus und verursacht häufig

Bildung von Wasserdurchzugskanälen, wie solche an der Nordwand südlich Wagneritz, in der Meinung einen Höhleneingang erweitern zu können, aufgedeckt wurden. Es war aber nur eine längere Röhre, welche schief abwärts auf einer nach Süden einfallenden Schichtkluft sich gebildet hatte. Ähnliche Röhren mit stellenweise starkem Wasserdurchzug zeigen sich neben dem unteren Wustgraben am Brunnenanger, wo im Frühjahr oder zu Zeiten starker Niederschläge vorübergehend starke Wassermassen aus einer erweiterten Schichtspalte der Seewenkalke hervortreten.

Verwertbare Gesteine: Ein wichtiges, in neuerer Zeit hervorragend wirtschaftliches Gestein sind die Grünsandsteine des Gault, die an einer günstigen Stelle gewonnen werden können, an der Staatsstraße zwischen Immenstadt und Sonthofen an der Schanz bei Agathazell. Früher umfangreich, sogar zu Pflastersteinen verwertet, wird es in neuerer Zeit zu Straßenkleinschlag verarbeitet; es kommt in dieser Hinsicht an Härte und geringer Verwitterbarkeit dem Basalt gleich, mit dem es äußerlich, auch im Namen verwechselt wird. Es ist bedauerlich, daß hiermit auch die bedeutenden Lager von phosphorhaltigen Sandsteinen mit auf die Straße wandern. Ein höherer Grünsandstein, der sogenannte Burgbergsandstein wurde früher auch als Bruchsandstein verwertet. Die Ungunst seiner Lagerung ließ aber ein Tiefergehen des Bruchbetriebes nicht zu. In den Nummulitenschichten wurden, wie bekannt, die erzführenden Schichten früher umfassend abgebaut und das Erz in Sonthofen verhüttet. Die Erzverbreitung ist nicht gleichmäßig. Auf dem Blatt Immenstadt ist der Zug beim Sank-Holz jedenfalls der erreichste gewesen. Der Erzgehalt stieg bis zu 40 %. Alte Stollenmundlöcher zum Beispiel in dem Graben oberhalb dem Burgberg-Sandsteinbruch beweisen den früheren Bergbau. Auch der Nummulitenkalk ist unterhalb der Burg zur Kalkgewinnung benutzt worden, und wird noch jetzt im beschränkten Maße dazu hergenommen. In ihm finden sich auch gelegentlich einer etwas graueren Grundfärbung und reichlicher Lithothamnen Abarten, die geschliffen eine feine Marmorierung hervortreten lassen. Ein Bruch bei Berghofen würde einen Marmor von besonderer Schönheit liefern. Torf wird jetzt noch zwischen Burgberg und in der Umgebung von Agathazell gewonnen.

### Nachtrag über Molasseschichten des Teilgebiets.

Molasseschichten sind in der hier behandelten Gegend (S. 143) nicht im Anstehen vorhanden, sondern in einer großen Masse durcheinander gestürzter Blöcke in den unteren 60 m der Blockschuttmasse SO. von Wagneritz, in einer Breite von rund 310 m; diese Masse ist von einer jüngeren Blockschuttmasse von oben her und seitlich überdeckt.

Die Blöcke bestehen einheitlich aus einem grobkörnigen Quarzsandstein mit Geröllchen und Geröllschmitzen, letztere in zurücktretender Zahl bis zu Eiergröße der Gerölle. Außer dem außerordentlichen Quarzreichtum fallen hier dunkelschwarzgraue bis chloritisch dunkelgrüne Geröllchen auf, welche ein fein phyllitisches Gefüge haben, vereinzelt kleine Mandelsteine; in stellenweise angereicherter Zahl sind dolomitische, meist eckige Einschlüsse. Die größeren Gerölle bestehen aus Kalk und Dolomit, sind sehr selten. Außergewöhnlich ist ein Quarzit und ein veränderter Porphyrit oder Porphyr.

Es kann sich um die tiefsten Molasseschichten unter den Wagneritzschichten, vielleicht auch um eine besondere Fazies der Sandsteinabteilung des Flysches handeln, was mir aber weniger wahrscheinlich scheint.

---

## Inhaltsverzeichnis.

|   |       |
|---|-------|
| Morphologische Übersicht über das Kartengebiet (von Dr. E. KRAUS)               | 1—3   |
| Einleitung (von Dr. E. KRAUS)   | 3—6   |
| A. Das Gebiet links der Iller und im Nordwesten des Grüntens (von Dr. E. KRAUS) | 6—143 |
| I. Formationsbeschreibung   | 6—78  |
| 1. Kreideformation  | 6—14  |
| Kreide links der Iller (Hüttenberg, Sigishofen)                                 | 6     |
| Hüttenbergzug   | 6—9   |
| Kreide/Eozän von Sigishofen   | 9—14  |
| 2. Der Flysch   | 14—18 |
| Der Ofterschwanger Flysch   | 16—17 |
| Der Hauptflyschsandstein  | 17—18 |
| 3. Die Molasse  | 18—68 |
| Die untere Meeresmolasse (Wagneritz-Schichten und Teufelslochsichten)           | 22—29 |
| Die Steigbachschichten  | 29—34 |
| Die Gerölle   | 34—37 |
| Versteinerungen   | 37—39 |
| Hochgratschichten   | 39—43 |
| Die Gerölle   | 44—56 |
| Geröllvergleich mit anderen Molassegliedern                                     | 56—59 |
| Die Sandsteine  | 59—60 |
| Mergel  | 60—61 |
| Die Rotfärbung  | 61—63 |
| Alter   | 63—65 |
| Nesselburgschichten   | 65    |
| Teufelslochsichten im Vorland   | 65—68 |
| 4. Quartär  | 68—93 |
| Diluvium  | 68—93 |
| 1. Die Lokalvereisung westlich der Iller  | 70—74 |
| Das Tal des Gunzesrieder Aubachs  | 73—74 |
| Das Steigbachtal  | 74    |
| 2. Der Illergletscher auf Blatt Immenstadt                                      | 75—93 |
| Interglazial von Imberg-Sonthofen   | 77—84 |
| Jung- und postglaziale Schotter   | 84—89 |
| Postglaziale Seen   | 89—93 |
| 5. Alluvium   | 93—98 |
| Gehänge- und Talschutt  | 93—97 |
| Talsohlen   | 97—98 |

|   |         |
|---|---------|
| II. Tektonik . . . . .  | 98—130  |
| Die Steineberg-Deckschuppe . . . . .  | 99—104  |
| Die Immenstädter Horn-Deckschuppe . . . . .   | 104—109 |
| Die Mulde von Rettenberg-Kranzeck . . . . .   | 109—110 |
| Die basale Hornschuppe u. die Horn-D. nördl. Immenstadt . . . . .                                       | 110—111 |
| Die Blattverschiebungen . . . . .   | 111—113 |
| Die Radialbewegungen . . . . .  | 113—116 |
| Das Relief . . . . .  | 116—130 |
| 1. Zur absoluten Höhenlage und Geschichte des Reliefs . . . . .   | 116—119 |
| 2. Die relativen Höhenlagen von heute und ihre geologische Deutung . . . . .                            | 119—123 |
| Falten und Überschiebungen im Reliefbild . . . . .  | 119—121 |
| Radialtektonik und Relief . . . . .   | 121—123 |
| 3. Glazialformung und Relief . . . . .  | 123—130 |
| Der Faktor Gestein im Relief . . . . .  | 124—130 |
| Aufschüttungs- und Lösungsformen . . . . .  | 130     |
| III. Angewandter Teil . . . . .   | 131—143 |
| 1. Natürliche Rohstoffe . . . . .   | 131—136 |
| Eisen . . . . .   | 131     |
| Kohle . . . . .   | 132     |
| Sandstein . . . . .   | 132—134 |
| Kalkstein . . . . .   | 134     |
| Nagelfluh . . . . .   | 134     |
| Mergel . . . . .  | 134     |
| Ton . . . . .   | 134     |
| Schotter . . . . .  | 135     |
| Torf . . . . .  | 135     |
| 2. Quellen . . . . .  | 136—138 |
| 3. Böden und Wirtschaft . . . . .   | 138—141 |
| 4. Beziehungen zu Bauanlagen . . . . .  | 141—143 |
| B. Das Gebiet rechts der Iller und die Verhältnisse am Grüntenstock<br>(von Dr. Otto M. REIS) . . . . . | 143—160 |
| Übersicht . . . . .   | 143—144 |
| 1. Die Drusbergschichten (Barrèmeschichten i. e. S.) . . . . .  | 144     |
| 2. Die Schratzenkalke . . . . .   | 144—145 |
| 3. Die Gaultformation . . . . .   | 145—146 |
| 4. Die Seewenkalke . . . . .  | 146—147 |
| 5. Die Seewenmergel . . . . .   | 147—149 |
| 6. Über die Nummulitenschichten . . . . .   | 149—151 |
| 7. Stocklettenschiefer . . . . .  | 151—152 |
| 8. Flysch . . . . .   | 152     |
| 9. Das Diluvium . . . . .   | 152—153 |
| Tektonik . . . . .  | 153—157 |
| Wasserverhältnisse . . . . .  | 158—159 |
| Nachtrag über Molasseschichten des Teilgebiets . . . . .  | 160     |

## Ortsverzeichnis.<sup>1)</sup>

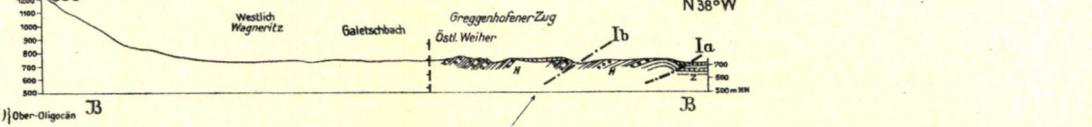
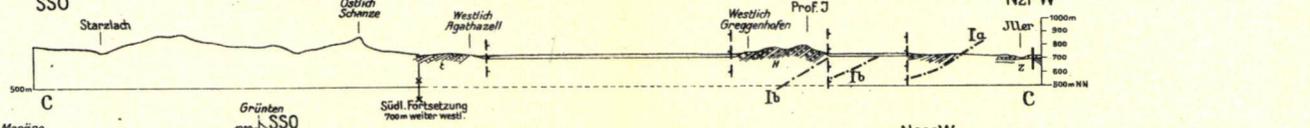
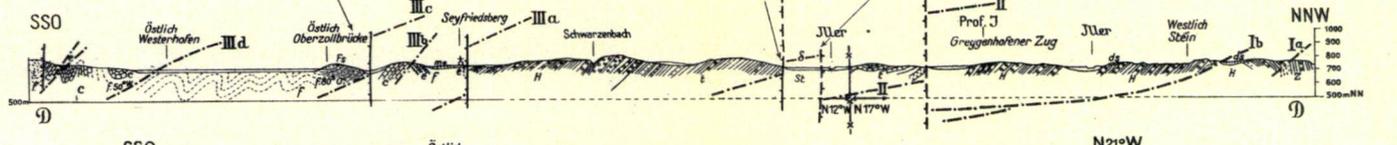
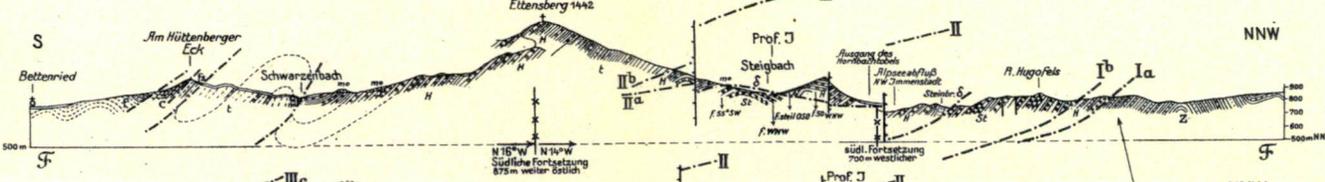
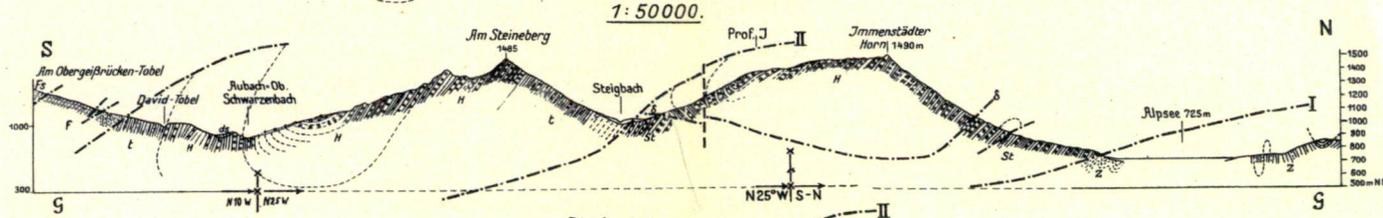
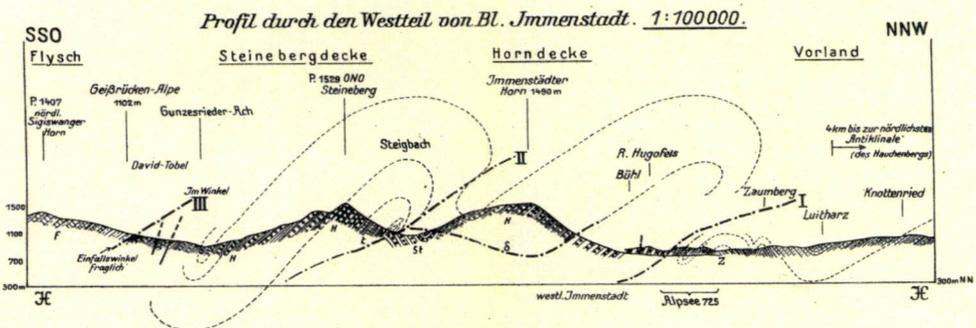
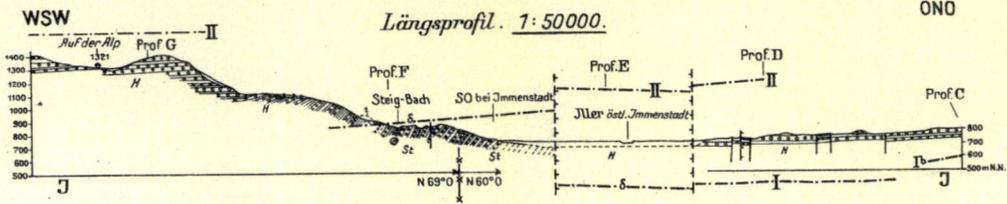
- Agathazell** 76, 104, 115, 132—133, 135, 145, 147.  
**Agathazell-Rauhenzell** 2.  
**Almagnach** 33, 39, 105.  
**Alpsee** 85, 88, 93.  
**Alpseewies** 93.  
**Altstätten-Sonthofen** 78.  
**Aubach** 72.  
**Auf der Alp** 50, 128.
- Bärenkopf** (b. Gunzesried) 70.  
**Berghofener Graben** 150—152.  
**Bettenried** 16.  
**Bihlerdorf** 8, 152.  
**Blaichach** 84.  
**Brennesseltobel** 97, 108.  
**Bühl** 32, 38, 40, 88, 111.  
**Burgberg** 83, 134, 147.  
**Burgberg** (Burg) 159.
- Dachseck** 87, 94.  
**Davidtobel** 73, 100.
- Ettensbach** 82.  
**Ettensbach** 1, 27, 41, 53, 70, 72, 120, 130.
- Falkenstein** 76, 104.  
**Fluhenstein** 150, 153, 157.  
**Freidorf** 85.
- Galetschbach** 23, 85, 94.  
**Greggenhofen** 76, 89.  
**Großholz** 67.  
**Grünten** 76, 110, 131, 149.  
**Grüntenhaus** 79.  
**Gschwender Horn** 72.  
**Gunzesried** 72, 103, 119.  
**Gunzesrieder Aubach** 1, 73, 74, 82, 84, 95, 104.
- Halden** 8.  
**Haslachtobel** 17.  
**Hochried** 107.  
**Hochriedalp** 24, 74, 108.  
**Hörnli** 41.  
**Hornbach** 94.  
**Hub** 43, 49, 67, 85, 88.  
**Hüttenberger Eck** 7.  
**Hüttenberg-Flysch** 15.  
**Hüttenberg-Zug** 6.
- Illertal** 74, 98.  
**Imberg** (Sonthofen) 77, 80.  
**Imberger Tobel** 78, 132.  
**Immenstadt** 90, 92, 93.  
**Immenstädter Horn** 1, 22, 41, 63, 106, 111, 123.  
**Immenstädter See** 89—91.  
**Im Winkel** 103.  
**Ingolstädter Unterstandshütte** 64.
- Kalkofen-Sennhütte** 23.  
**Kalvarienberg** 77.  
**Kammereckdecke** 27.  
**Kesselalp** 72, 129.  
**Kiendelbach** (Löwenbach) 79.  
**Knottenried** 66.  
**Königsgut** 43, 130, 133.  
**Kranzegg-Wagneritz** 23.  
**Kreuzelspitz** 144.  
**Krumbachalpe** 72.
- Mummen** 134.  
**Neumummen** 29, 84, 85, 89.
- Obereinharz** 43, 54, 67, 115, 136.  
**Obergeißbrückentobel** 17.  
**Oberzollbrücke** 17, 133.  
**Ornach** 94, 105, 107.  
**Ostertalbach** 101.

<sup>1)</sup> Enthält nur die wichtigeren Punkte des Blattgebiets.

Rauhenzell 59, 84, 112, 114, 116, 135.  
Rettenberg 45, 65, 76, 77, 85, 109—110,  
114, 133.  
Rehmahd-Moos 71, 136.  
Rottachbergzug 76.  
  
Salmaser Höhe 2.  
Sankholz 156, 158, 159.  
Schanz 145, 153, 159.  
Schanzhäusl 32, 33.  
Schattenbaur 72, 150—151.  
Schwanden 40.  
Schwandener Alp 72.  
Schwarzenbach 40, 41, 74, 77—78, 82.  
Seifenmoosalp 72.  
Seyfriedsberger Kirche 9, 131.  
Sigishofen 9—13, 131.  
Siplinger 1, 52.  
Spieseck 37.  
Starzlach 151.  
Steigbach-Klamm 26—27, 59, 74.  
Steigbachtal 29, 74, 82, 94, 95, 100.  
Stein 85, 87—88, 111, 133, 135.  
Steineberg 1, 60, 96, 99.

Steineberg-Decke 22.  
Stephans-Rettenberg 1, 65.  
Stuiben 1, 72.  
Sybelepaß 75.  
  
Teufelsloch 23—26, 97.  
Teufelslochtal 108.  
  
Untereinharz 67, 111.  
Untergelchenwang 103.  
Untermeiselstein 53, 85, 110, 133, 135.  
Untertzollbrücke 85, 92, 17.  
  
Vordersee 33, 92.  
  
Wagneritz 153, 160.  
Wasserrißtofel 51—52.  
Weiher 85, 87, 135.  
Weinberggratsteg 146, 148, 154—155.  
Wiesach 103.  
Wiesholztobel 16.  
Winkel 152.  
Wustgraben 147.  
  
Zaumberg 65.

# Tafel I. 9 Profile durch die Immenstädter Molasse.



- mo - Moräne
- ds - Diluvialer Schotter
- Steigbachschichten: Aquitan (-Stampien?)
- Zaumbergschichten
- Hochgratschichten: Aquitan.
- Teufelslochschichten: Aquitan (-Stampien?) Ober-Oligocän
- Flysch-Kalkschiefer u. Sandstein (fs) } Oberste Kreide, Alt-Tertiar
- Eocän (Grünsandstein) } Luket-Stufe, Mittel-Eocän
- Almdener Schichten (Senon u. Erscher) } Obere Kreide

