Der geologische Aufbau und Werdegang von Bayerisch Schwaben

von

Prof. Dr. Paul Zenetti



Mit 3 Tafeln und 46 Abbildungen

Vorwort.

Die vorliegende Abhandlung soll zum erstenmal eine Heimatgeologie unseres Regierungsbezirkes vermitteln. Der Fachgeologe wird darin wenig Neues finden. Aber für eine elementare Belehrung über den erdgeschichtlichen Werdegang unserer Heimat besteht in der Tat ein Bedürfnis.

Diese Arbeit ist gleichzeitig ein Ersatz für meinen vergriffenen und veralteten, 1904 erschienenen „Geologischen Aufbau des bayerischen Nord-Schwabens", dem ich manches noch Brauchbare entnommen habe.

Es war beabsichtigt, eine geologische Übersichtskarte beizufügen. Dieses Vorhaben scheiterte an der Kostenfrage. Deshalb war ich bestrebt, alles, was im Text einer graphischen Erläuterung bedarf, durch einfach ausgeführte Profile und Kartenskizzen klarzumachen. So braucht der Leser eigentlich nur noch eine Orientierungskarte des Regierungsbezirkes zu Rate zu ziehen, besser aber die vom Bayerischen Schulmuseum herausgegebenen vortrefflichen und außerordentlich billigen Bezirkskärtchen.

Nicht unerwähnt möchte ich lassen, daß die vorzügliche geologische Übersichtskarte von Bayern, bearbeitet von Dr. Matthäus Schuster, verlegt bei Oldenbourg, Piloty und Löhle in München, auch in 6 Blättern einzeln mit den zugehörigen Erläuterungen „Abriß der Geologie von Bayern" abgegeben wird. Für unser Gebiet einschlägig sind die Blätter bzw. Abteilungen des „Abrisses" II (bearbeitet von Jos. Knauer) und IV (bearbeitet von Loth. Reuter). Die Lektüre dieser „Abrisse" ist für jeden, der in die Heimatgeologie tiefer eindringen will, sehr empfehlenswert.

Für das Allgäuer Gebirge seien die auch von mir benützten Büchlein: Geologischer Führer durch die Kalkalpen von Dr. Kurt Leuchs und der Führer durch die Allgäuer Alpen von Dr. Max Richter in Erinnerung gebracht. Von größeren Werken sind einschlägig: Geologie von Bayern, 2. Teil (Bayerische Alpen), von Dr. Kurt Leuchs, und Geologie von Württemberg von Dr. Edwin Hennig.

Zur Orientierung über die Versteinerungen eignen sich: Eb. Fraas, Der Petrefaktensammler, Schriften des Deutschen Lehrervereins für Naturkunde, XXV. Bd., sowie K. E. Endriß, Versteinerungen, Stuttgart 1927, Franckhsche Verlagshandlung.

Meine Abhandlung aber soll den Hauptzweck erfüllen, den Leser mit den geologischen Problemen unseres Gebietes bekanntzumachen und in ihm den Wissensdrang zu erregen, unsere Heimat nach der erdgeschichtlichen Seite zu studieren. Nicht kostspieliges Reisen in Feindesland soll sein Begehr sein, sondern „Entdeckungsfahrten" in der Heimat soll er machen. Wer die Heimatkunde einigermaßen beherrscht, der wird auch in einer nach der Ansicht vieler wenig anziehenden Gegend mit Genuß wandern und mit manchem Wissenswerten bereichert heimkehren. Das ist oft mehr wert, als mit der Eisenbahn weite Strecken durchfahren und große Städte gesehen zu haben.

Dillingen a. D., im März 1929.

Der Verfasser.

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Einleitung

1. Die geologischen Kräfte 1
2. Die Formationen 3
3. Die geographische Einteilung des Gebietes 5

A. Trias.

1. Wasser- und Landverteilung, die Triasstockwerke in Süddeutschland 6
2. Der Keuper in Süddeutschland 8
3. Der Keuper im Norden des Gebietes 12
4. Die alpine Trias 13
5. Die alpine Trias im Süden des Gebietes 20
6. Das vindelizische Gebirge 22

B. Jura.

1. Wasser- und Landverteilung 25
2. Der Jura in Süddeutschland 26
3. Einteilung der Juraformation 28
   a) Lias oder schwarzer Jura 29
   b) Dogger oder brauner Jura 31
   c) Malm oder weißer Jura 33
   d) Die lehmige Albüberdeckung 41
4. Der Jura im Norden des Gebietes 42
   a) Aalbuch und Härtfeld 42
   b) Altmühlgebirge 50
5. Der alpine Jura im Süden des Gebietes 56

C. Kreide.

1. Wasser- und Landverteilung, Einteilung der Formation . . 60
2. Die Kreide im Norden des Gebietes 61
3. Die Kreide im Süden des Gebietes 63

D. Tertiär.

1. Wasser- und Landverteilung 67
2. Eozän 68
   a) Im Norden des Gebietes 69
   b) Im Süden des Gebietes 70
3. Oligozän 72
   a) Im Norden des Gebietes 73
   b) Im Süden des Gebietes 75
4. Miozän 76
   a) Die obere Meeresmolasse 76
   b) Die obere Brackwassermolasse, der Graupensandfluß und die Kirchberger Schichten 83

Seite

c) Die obere Süßwassermolasse 88
5. Pliozän 91
6. Das Allgäuer Gebirge 93
a) Die Entstehung der Kettengebirge 93
b) Die Theorie der Überschiebungsdecken 98
c) Die vier Deckensysteme in den Alpen 103
d) Der Aufbau des Allgäuer Gebirges 111
1. Die Lechtaler Alpen 112
2. Die Allgäuer Alpen 115
3. Die Vilser Alpen 119
4. Der Bregenzer Wald 122
5. Die Allgäuer Voralpen 125
7. Das Ries 127
a) Die drei vulkanischen Gebiete im Bereich der Schwäbischen Alb 127
b) Gümbels Erklärung der vulkanischen Ereignisse im Ries 131
c) Die Lakkoliththeorie von W. Branca und Eb. Fraas . 132
d) Kokens Riesgletscher 143
e) Die Kranzsche Sprengtheorie 146
f) Die Ausfüllung des Rieskessels 156

E. Diluvium.

1. Die Eiszeit 158
2. Die Verteilung der vier Eiszeitschotter im Gebiet und die Ausbildung des heimatlichen Flußsystems 167
a) Der ältere Deckenschotter 167
b) Der jüngere Deckenschotter 175
c) Der Hochterrassenschotter 179
d) Der Niederterrassenschotter 182
3. Das Moränengebiet 185
a) Die Allgäuer Eiszeitgletscher 185
b) Die Jungmoränen 187
c) Die Altmoränen 189
4. Löß und Lehm 193
5. Die Vegetationserde 197
6. Torfmoore und Riede 199

Sachregister 202
Ortsregister 206

Einleitung.

1. Die geologischen Kräfte.

1. Zwei entgegengesetzte Kraftäußerungen bringen fortwährend Veränderungen an der Erdoberfläche hervor: Die Tätigkeit des Wassers und jene der in der Tiefe der Erdkruste wirkenden Kräfte.

Kreislauf des Wassers

An der Oberfläche des Meeres findet unter dem Einfluß der Sonnenwärme eine immense Wasserverdunstung statt. Der Wasserdampf verdichtet sich an den in der Luft schwebenden Staubteilchen zu Wolken. Diese werden von den Winden über die Kontinente getrieben und geben als Regen und Schnee das in ihnen angesammelte Wasser wieder ab. Auf dem Festland folgt das Wasser der Abdachung der Kontinente und kehrt zum Meere zurück. Es ergibt sich somit ein Kreislauf.

Geologische Tätigkeit des fließenden Wassers

2. Auf dem Wege zum Meere nimmt das Wasser das durch die Verwitterung gelockerte und zertrümmerte Gesteinsmaterial von höheren Stellen zu tieferen mit. Ein großer Teil der Gesteine wird ferner vom Wasser aufgelöst. Das Wasser arbeitet also unausgesetzt an der Abtragung der höheren Teile des Landes, namentlich der Gebirge.

Käme die Tätigkeit des fließenden Wassers allein zur Herrschaft, so würde die Erdoberfläche im Laufe der Zeit allmählich eingeebnet. Man spricht deshalb von einer nivellierenden Tätigkeit des Wassers.

Erosion

Die durch das Wasser bewirkte Abtragung der Erdschichten nennt man Erosion (erodere, abnagen).

Geologische Tätigkeit des Meeres

3. Aber auch das Meer ist an der Abtragung des Festlandes beteiligt. Das fließende Wasser zerstört von oben nach unten, das Meer von unten nach oben.

Die Brandungswogen unterhöhlen eine felsige Steilküste und verursachen Einstürze.

Bei sinkendem Land vermag die Brandung im Laufe der Zeit immer tiefer in das Festland einzudringen und es weit hinein gewissermaßen abzuhobeln. Diesen Vorgang nennt man Abrasion (abradere, abschaben).

Abrasion

Sedimentierung

4. Die geologische Tätigkeit des Meeres beruht aber hauptsächlich auf der Sedimentierung (sedere, sich setzen). Man versteht darunter den Absatz fester Teilchen am Grunde stehender Gewässer.

Man unterscheidet namentlich zweierlei Absätze im Meere:

a) den weißen oder kalkigen Tiefseeschlamm,

b) den roten oder tonigen Tiefseeschlamm.

Während der geologischen Zeitalter haben sich diese Meeressedimente angehäuft und sind durch den Druck der darauf lastenden Massen, sowie durch chemische Vorgänge erhärtet, in Gesteine verwandelt worden.

Aus dem kalkigen Tiefseeschlamm sind die Kalksteinschichten entstanden. Der tonige Tiefseeschlamm aber erhärtete zu Tongesteinen.

Vulkanismus

5. Der nivellierenden Tätigkeit des Wassers arbeiten die Kräfte der Tiefe entgegen. Hierzu gehören die vulkanischen Erscheinungen, bei denen gasförmige, flüssige und feste Stoffe aus der Tiefe empordringen. An vielen Stellen der Erdoberfläche ist das Land weithin mit vulkanischen Gesteinen bedeckt.

Erdbeben

Die Kräfte der Tiefe verursachen aber auch Erdbeben. Das geschieht durch ruckweise Auslösung von Spannungen innerhalb der Erdkruste. Dadurch werden Teile der Erdrinde verschoben und zerrissen, wodurch Verwerfungen und sonstige Störungen in der regelmäßigen Aufeinanderfolge der Gesteinsschichten veranlaßt werden.

Gebirgsbildung

6. Ganz besonders aber äußert sich die Wirkung der unterirdischen Kräfte in der Gebirgsbildung. Hierbei wird die Erdrinde in Falten gelegt. Durch Druckwirkung von der Seite werden aber auch ganze Schichtensysteme aus der Tiefe herausgequetscht und als Decken über weite Strecken fortgeschoben.

Die Bewegungen der Gebirgsbildung gehen jedoch unmerklich langsam vor sich. Würden sie rasch erfolgen, so müßten wie bei den Vulkanausbrüchen und Erdbeben die Erdschichten zerbersten. Man bemerkt aber an den geknickten und gefalteten Gesteinsschichten der Kettengebirge keine Zerreißungen. Die Schichten sind vielmehr gebogen. Die Gesteine müssen sich also bei der Faltung in einem plastischen Zustand befunden haben.

7. Die Kräfte der Tiefe bewirken endlich, daß die Wasser- und Landverteilung im Lauf der geologischen Zeiträume wechselte.

Hebungen und Senkungen

Im Jura z. B. findet man die Reste von Meerestieren. Es mußte hier demnach eine Hebung des Landes um mehrere hundert Meter stattgefunden haben.

In anderen Gegenden aber tritt das umgekehrte ein. Weite Landstrecken sind im langsamen Sinken begriffen und tauchen allmählich unter den Meeresspiegel, z. B. die holländische Küste.

8. Die Kräfte der Tiefe arbeiten also der Erosion des fließenden Wassers entgegen. Sie schieben Gebirgsfalten zusammen und erzeugen so neue Erhebungen. Dadurch aber werden immer wieder neue Angriffstellen für das fließende Wasser geliefert.

In diesem Widerstreit der beiden entgegengesetzt gerichteten geologischen Kräfte erhält die Erdoberfläche ihr Relief. So entstehen die mannigfachen Oberflächenformen.

Relief der Erdoberfläche

2. Die Formationen.

9. Bei der geologischen Einteilung der Erdschichten unterscheidet man: Zeitalter, Formationen, Stockwerke oder Abteilungen, Stufen oder Unterabteilungen.

I. Azoisches oder archäisches Zeitalter.

(a, ohne; zoon [griech.], das Tier; archaios [griech.] uralt, ehrwürdig.)

Hierunter fällt das sog. Urgebirge, die Grundfeste der Erdoberfläche, auf welcher die geschichteten Gesteine aus dem Wasser abgesetzt worden sind.

Die fossilfreien Urgesteine treffen wir in unserem Gebiet in ursprünglicher Lagerung nicht an. Wohl aber finden sie sich durch die vulkanischen Ereignisse im Riesgebiet aus der Tiefe gehoben an mehreren Stellen.

II. Paläozoisches Zeitalter.

(palaios [griech.] alt.)

Das ist das Zeitalter, in welchem die alte Tierwelt lebte, das Altertum der Erdgeschichte. Es wird in folgende Formationen geteilt:

1. Präkambrium oder Algonkium (prae, voraus; Kambrium ist der keltische Name für Wales; die Algonkins sind ein Indianerstamm in Nordamerika),

2. Kambrium,
3. Silur (nach dem Stamm der Silurer in Süd-Wales),
4. Devon (nach der englischen Grafschaft Devonshire),
5. Karbon (carbo, die Kohle, Karbon = Steinkohlenformation),
6. Perm oder Dyas (Perm, ein russisches Gouvernement; Dyas [griech.], die Zweizahl wegen der beiden Abteilungen: Rotliegendes und Zechstein).

Auch die paläozoischen Formationen sind in unserem Gebiet nicht vertreten.

III. Mesozoisches Zeitalter.

(mesos [griech.], in der Mitte.)

Das ist das Mittelalter der Erdgeschichte mit den Formationen:

1. Trias (Trias [griech.], die Dreizahl, wegen der in Süddeutschland althergebrachten Einteilung in die folgenden drei Stockwerke):
   a) Buntsandstein,
   b) Muschelkalk,
   c) Keuper;
2. Jura:
   a) Schwarzer Jura oder Lias (englische Bezeichnung für eine Kalksteinart),
   b) Brauner Jura oder Dogger (altenglischer Name für ein Eisensilikat),
   c) Weißer Jura oder Malm (englischer Name für die betreffenden Juraschichten);
3. Kreide oder kretazeische Formation.

   Untere Hauptabteilung:
   a) Neokom (nach Neocomum, Neuchatel),
   b) Aptien (nach der Stadt Apt in Frankreich),
   c) Gault (englische Bezeichnung für eine Tonablagerung),

   Obere Hauptabteilung:
   a) Cenoman (nach Cenomanum, Lemans in Frankreich),
   b) Turon (nach dem keltischen Stamm der Turonen),
   c) Senon (nach dem keltischen Stamm der Senonen).

IV. Känozoisches Zeitalter.
(kainos [griech.], neu.)

Die Neuzeit der Erdgeschichte mit den Formationen:

1. Tertiär (tertius, der dritte. Man hat früher das Paläozoikum das primäre, das Mesozoikum das sekundäre Zeitalter genannt, worauf das tertiäre und als quartäres das Diluvium folgt).
   a) Eozän (eos [griech.], die Morgenröte, kainos [griech.], neu),
   b) Oligozän (oligos [griech.], wenig neu im Vergleich mit den beiden folgenden Stockwerken),
   c) Miozän (meion [griech.], weniger, also weniger neu als das folgende Stockwerk),
   d) Pliozän (pleion [griech.], mehr, also neuer als das vorausgehende Stockwerk);
2. Diluvium mit der Eiszeit (diluvium, Überschwemmung, auch die Sintflut).
3. Alluvium, die geologische Gegenwart (alluvio, die Anschwemmung, also die Absätze, welche in der geologischen Gegenwart das Wasser ausgebreitet hat).

3. Die geographische Einteilung des Gebietes.

Geographische Einteilung des Gebietes

10. Wir können in unserem Regierungsbezirk folgende geographische Abschnitte auseinanderhalten:

a) den Anteil am Juratafelland mit dem Rieskessel,
b) das mittelschwäbische Hügelland,
c) die südschwäbische Moränenlandschaft,
d) das Allgäuer Gebirge.

A. Trias.

1. Wasser- und Landverteilung, die Triasstockwerke in Süddeutschland.

Wasser- und Landverteilung während der Triaszeit

1. Erst mit der Triasformation beginnt die geologische Geschichte unseres Heimatbezirkes. Wir wollen vor allem eine Vorstellung gewinnen, wie damals in Süddeutschland die Wasser- und Landverteilung war. Dann müssen wir diejenigen Gebiete aufsuchen, in denen Triasablagerungen n i c h t vorkommen.

Triasablagerungen fehlen im alten böhmischen Land, welches von kristallinen Urgebirgen eingefaßt ist und im mittleren Teil die paläozoischen Formationen in regelmäßiger Aufeinanderfolge enthält. Daraus schließen wir, daß der Erdrindenteil östlich der Linie Regensburg-Bayreuth zur Trias- (und auch Jura-) Zeit Festland war.

In Norddeutschland fehlen Triasschichten nördlich, bzw. östlich der Linie Minden, Hannover, Magdeburg, Halle, Naumburg, Altenburg. Die norddeutsche Tiefebene ist allerdings mit eiszeitlichen Ablagerungen bedeckt, welche die früheren geologischen Schichten verhüllen. Man weiß aber, daß das mächtige, darunter liegende Steinsalzlager aus der Permzeit stammt, und daß kein späteres Meeressediment darauf folgte.

Im Westen gelangen wir in das rheinisch-westfälische Steinkohlenrevier, sowie zu den übrigen Ablagerungen aus der paläozoischen Zeit. Über ihnen sind keine jüngeren Formationsglieder ausgebreitet. Die östliche und südliche Grenze dieses uralten Festlandes kann ungefähr umschrieben werden durch die Städte Marburg, Gießen, Frankfurt, Wiesbaden, Saarbrücken.

Das Triasmeer im süddeutschen Gebiet

2. So haben wir nach N und O einen Meeresteil dieser frühen Zeit abgegrenzt, der im W und S in das ozeanische Mittelmeer überging, das viel größer als das jetzige Mittelmeer war und Südeuropa und Nordafrika überflutete. Dieses alte Meer wird T e t h y s (eine griechische Meeresgöttin) genannt.

Tethys

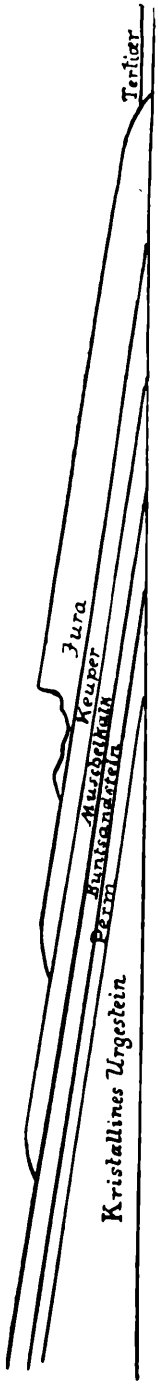


Abb. 1. Skizze der Schichtenfolge im westlichen Süddeutschland

Damit ist der Ausgangspunkt für die Untersuchung des Aufbaues unseres Gebietes gewonnen. In dem vorhin abgegrenzten Abschnitt hat das Triasmeer seine Sedimente abgesetzt.

Wir werden aber im folgenden sehen, daß der Charakter der Gewässer, aus denen die geologischen Schichten abgesetzt wurden, fortwährend wechselte, so daß je nach dem Auf und Nieder in der Bewegung der Erdkruste im mitteleuropäischen Gebiet bald tiefes, bald seichtes Meer, zeitweise auch festes Land von Wüstencharakter sich ausdehnte, bis sich endlich das mitteleuropäische Trias-, Jura- und Kreideland zu seiner jetzigen Höhenlage emporgearbeitet hat.

Danach unterscheiden wir marine (mare, das Meer) Absätze aus dem tiefen Meere, limnische (limne [griech.], das stehende Wasser, See), aus abgeschlossenen Meeresbecken, Seen und Sümpfen, und aride (aridus, trocken) Bildungen, die entweder als Anschwemmungen von Flüssen aufzufassen oder durch die geologische Tätigkeit des Windes entstanden sind.

Die drei Triasstockwerke in Süddeutschland

3. Die drei Triasstockwerke, Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper, folgen sich in Süddeutschland ganz regelmäßig von W nach O.

Der Buntsandstein umrandet im O den Schwarzwald, bedeckt dessen nördlichen Teil, sowie den Odenwald. Dann setzt er sich gegen N über den Spessart zum Thüringer Wald fort.

An den Buntsandstein schließt sich im O der Muschelkalk an. Er beginnt am Rhein bei Waldshut als schmales Band, wird, dem oberen Neckar folgend, immer breiter, und zieht, einen großen Teil von Baden und Württemberg bedeckend, ins Unterfränkische und von da ebenfalls nach Thüringen hinüber.

Darauf folgt der Keuper. Auch er beginnt im S als schmales Band, das sich in der Stuttgarter Gegend bedeutend verbreitert. Allenthalben aber findet man in Württemberg, wie in den tiefen Taleinschnitten im Gehänge unter dem Keuper der Muschelkalk herausschaut. In der Heilbronner Gegend greift der Keuper nach W und O weit aus und reicht, nun den größten Teil von Mittelfranken bedeckend, über Oberfranken bis nach Coburg und Hildburghausen.

Das ist die sog. deutsche oder germanische Ausbildung der Trias. Ihr steht die alpine Trias mit ganz anderen Gesteinsfolgen gegenüber. Hiervon wird erst später die Rede sein.

Die beiden unteren Stockwerke der Trias, Buntsandstein und Muschelkalk, kommen, wie aus obiger Beschreibung hervorgeht, für unseren Regierungsbezirk nicht in Betracht. Nur das oberste Stockwerk, der Keuper, ragt im Norden ein wenig in das Gebiet herein.

2. Der Keuper in Süddeutschland.

Einteilung des Keupers

4. Der Name Keuper, im Fränkischen Kipper, bedeutet die aus der Verwitterung der Gesteine hervorgegangene, meist rötliche, sandig-tonige Ackererde.

Die württembergischen Geologen teilen das Keuper-Stockwerk in sieben Stufen:

Oberer Keuper	Rhät
Mittlerer Keuper	Knollenmergel
	Stubensandstein
	Bunter Mergel
	Schilfsandstein
	Gipsmergel
Unterer Keuper	Lettenkohle.

Wir entnehmen diesem Schema, daß Mergel und Sandsteine miteinander abwechseln.

Neuestens wird die Lettenkohle als ein selbständiges viertes Stockwerk der Trias angenommen.

Die Mächtigkeit dieser Schichtenfolge nimmt nach N und O zu. Sie beträgt in der Donaueschinger Gegend nur etwa 40 m und schwillt im Steigerwald und in den Haßbergen auf fast 200 m an.

5. Aber auch beim Keuper müssen wir für unser Heimatgebiet noch eine Einschränkung machen, da nur die drei oberen Stufen, der Stubensandstein, der Knollenmergel und der Rhätsandstein, in Betracht kommen.

Stubensandstein

a) Der Stubensandstein. Man versteht darunter einen hellfarbigen Sandstein, den Baustein von Tübingen. Er ist der gröbste unter den Keupersandsteinen. Das Bindemittel ist meistens kalkig. An vielen Orten ist es durch das kohlensäurehaltige Wasser aufgelöst worden. Solche Sandsteine sind zerfallen und ergaben den weißen Stubensand. Dieser hat seinen Namen davon, daß er zum Bestreuen und Scheuern der Stuben benützt wird.

Andere Arten sind: der Burgsandstein, gewöhnlich auch grobkörnig, rot, mitunter hellgefleckt oder gestreift. Er ist der Baustein von Nürnberg. Von der dortigen Burg hat er seinen Namen.

Der Mühlensandstein oder Festungssandstein ist ebenfalls meistens grobkörnig und sehr fest, vorherrschend rötlich. Er ist der Baustein von Bamberg und Coburg. Die Feste Coburg ist aus ihm gebaut worden. Auch verwendet man ihn zuweilen noch als Mühlstein, häufiger als Pflasterstein.

Die Mächtigkeit des Stubensandsteins übertrifft alle anderen Keuperschichten. In den Löwensteiner Bergen ist er 150 m mächtig.

Daß dieser Sandstein aus den von Flüssen entführten Verwitterungsprodukten eines Gebirges entstanden ist, läßt das grobe Korn erkennen. Aber auch die allerdings sehr seltenen fossilen Tierreste (Belodon, Aëtosaurus), sowie Pflanzenreste (Schachtelhalme) weisen auf eine terrestrische (terra, die Erde) Bildung hin.

Früher nahm man an, daß die Keupersandsteine in einem seichten Binnenmeere aus dem durch die Flüsse zugeführten Sand entstanden seien.

Jetzt denkt man sich als damaliges Landschaftsbild ein versandetes Trockengebiet, in welchem die aus einem nahen Gebirge kommenden Flüsse namentlich bei Hochwassern die mitgenommenen Erosionsprodukte im Vorland ausbreiteten. Die bis zu 100 m aufgeschütteten Sandmassen ließen das Wasser

rasch versinken *). So nahm die Gegend einen wüstenartigen Charakter an.

Sehr bedeutsam ist endlich, daß unter dem Stubensandstein im nördlichen Vorland des Jura das Grundgebirge liegt. Wir werden bei der Besprechung des Rieses noch vernehmen, wie durch die dortigen vulkanischen Ereignisse Stücke dieses Untergrundes heraufbefördert wurden. Aber auch an anderen Stellen in Württemberg fand man verwitterten Gneis, Granit und sonstige kristallinische Gesteine innerhalb des Stubensandsteines. Man schließt aus solchen Vorkommnissen, daß diese fremden Gesteine nicht weit herbefördert wurden**).

6. Die nächste Keuperstufe ist b) der K n o l l e n m e r g e l. Man versteht darunter einen rötlichen Mergel, in welchem hellrote oder gelblichgraue Knollen von festerem Mergel oder mergeligem Dolomit eingeschlossen sind.

In diesen Schichten hat man die Zähne eines großen Reptils, Zanclodon laevis (zanklon [griech.] Sichel, odous oder odon [griech.] Zahn, laevis glatt), gefunden. Deshalb wird diese Schicht auch Zanklodonletten genannt.

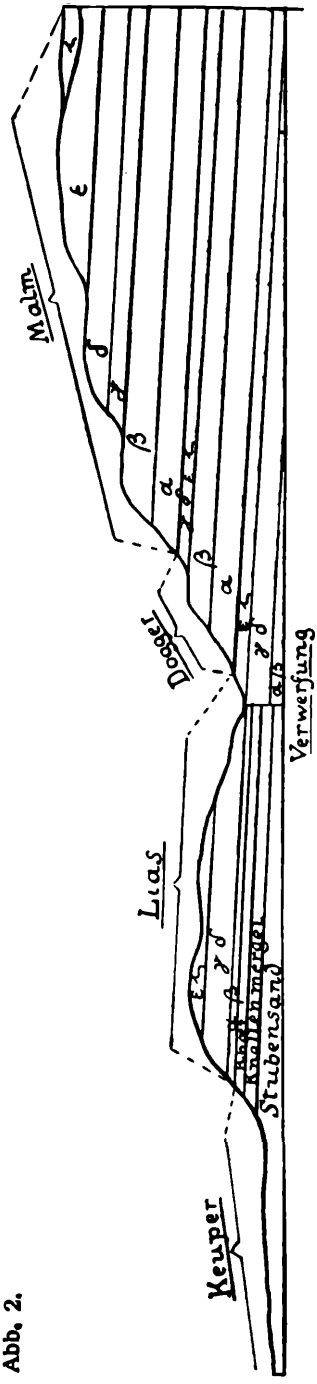


Abb. 2. Schichtenfolge des Keupers und Juras im Norden des Gebietes.

*) L. R e u t e r, Abriß der Geologie von Bayern von M. S c h u s t e r, Abt. IV, S. 25.

**) E. H e n n i g, Geologie von Württemberg, Berlin 1923, Bornträger, S. 133.

Dieser Knollenmergel soll sich nach Hennig*) nicht rein aquatisch gebildet haben, sondern am ehesten in einem Gebiet, das der australischen roten „Lettenpfanne" ähnlich gewesen wäre. Die Knollen vergleicht Hennig mit den Lößkindchen des diluvialen Lösses, die ja auch Kalkkonkretionen (concretio, Verdichtung) in einer dem Knollenmergel an die Seite zu stellenden Schicht darstellen.

Rhätsandstein

7. Über dem Knollenmergel liegt c) der Rhätsandstein. Der Name rührt von Gümbel her, weil diese Stufe in den Rhätischen Alpen besonders gut entwickelt ist. Der Rhätsandstein bildet kieselharte Lagen, den Baustein von Bayreuth. Er ist feinkörnig und liefert zerklopft den Schreib- oder Silbersand. Früher benützte man solche Sande an Stelle eines Löschpapiers zum Bestreuen eines frisch mit Tinte beschriebenen Blattes.

Der Rhätsandstein ist in einem Meer entstanden. Hennig**) meint, das süddeutsche Land sei im langsamen Absinken allmählich untergetaucht, es sei ein schärenartiger Archipel entstanden. In den Wattenschlick sei sandiges Material eingeschwemmt worden. So habe sich der rein marine Charakter der Wasseransammlung der folgenden Jurazeit vorbereitet.

Bonebed

In Württemberg und auch im nördlichen Franken findet man bald zwischen, bald unter dem Rhät das Bonebed (bone [engl.] Knochen, bed [engl.] Bett) oder Knochenlager, eine nur ein paar Zentimeter dicke Schicht, die eine Menge von kleinen Knochentrümmern, Haifischzähnen und Koprolithen (kopros [griech.], Mist, Kot, lithos [griech.] Stein) enthält. Unter letzteren versteht man die Exkremente der damaligen Reptilien. Deshalb nannte Quenstedt diese Bildung die Kloakenschicht. Die Zertrümmerung dieser Tierreste deutet eine Strandbildung an. Am Meeresstrand wird ja alles von den Flutwellen hin und her gerollt, zertrümmert und abgeschliffen. Diese Schicht befindet sich aber nicht mehr da, wo sie entstanden ist, sondern wurde anscheinend vom fließenden Wasser später weiter verarbeitet, sortiert und an die jetzige Lagerstelle befördert. Von großer Wichtigkeit ist, daß im Bonebed die ersten europäischen Säugetierreste auftreten.

---

*) S. 140/1. Sehr anschaulich hat Hennig in „Blätter d. Schwäb. Albvereins" 1929, H. 2, S. 47, den Charakter der damaligen Wüstenlandschaft geschildert, in der die Dinosaurier von Trossingen beim Aufsuchen einer inzwischen vertrockneten Wasserstelle elendiglich umkamen.

**) Hennig, S. 147.

3. Der Keuper im Norden des Gebietes.

Landschaftsbild

8. Es handelt sich nur um den Südrand des fränkischen Triaslandes. Alle Formationsglieder der Trias haben eine Schichtenneigung von NW nach SO. So langt der Keuper am Jurarand an und verschwindet unter ihm, das Fundament des Juratafellandes bildend. (S. die Profile Abb. 1 S. 7 und Abb. 2 S. 10.)

Wer, von NW kommend, das fränkische Keuperland durchwandert, der hat vor sich die imposante Albmauer, welche den Horizont nach S abschließt. Dagegen fallen die kuppigen Keuperhöhen des Vorlandes weniger stark in die Erscheinung. Immerhin gibt es auch hier nicht unbedeutende Erhebungen: Forlwald westlich Dombühl 552 m (etwa 140 m relativ). Große Kiefernforste erstrecken sich weithin auf den sandigen Keuperflächen.

9. Wo sind nun diese vorhin beschriebenen mittleren und oberen Keuperschichten in unserem Gebiet zu finden? (S. die geologische Übersichtskarte Tafel I.)

Wir treffen sie im Öttinger Forst südlich vom Hesselberg, sowie in dem westlich anschließenden Geländestreifen zwischen Dinkelsbühl und Minderoffingen. Hier floß ehedem zwischen den Jurahöhen der beiden Seiten die Wörnitz ins Ries, bevor sie bei Wildburgstetten nach O umbiegend sich ein neues Tal zwischen dem Hesselberg und dem Öttinger Forst ausarbeitete.

Stubensandstein

Als unterste Schicht breitet sich der Stubensandstein aus, und zwar hauptsächlich unverfestigt als Stubensand.

Vereinzelte Stellen von Stubensand findet man aber auch im S des Rieses, sowie in seiner Umgebung. So wird bei Schmähingen südöstlich von Nördlingen der weiße Stubensand gegraben und als Fegsand verkauft. Diese Keuperstellen im Bereich des Rieses sind aber durch vulkanische Ereignisse entstanden. Der Keuper befindet sich hier nicht in normaler Lagerung.

Knollenmergel

Darüber erhebt sich, den Hängen der Jurahöhen angeschmiegt, der Knollenmergel. Er bildet einen roten, fast kalkfreien Lettenschiefer, dessen Verwitterungsprodukte einen dem Feldbau günstigen Boden liefern. Diese Felder erkennt man schon von weitem an ihrer roten Farbe. Sie begleiten als schmaler Saum den Jura vom Ries bis zum Main.

Auf den Knollenmergel folgt der Rhätsandstein, ebenfalls nur als schmaler Streifen zwischen dem Knollenmergel und dem untersten Jura sichtbar. Er bildet also die direkt unter dem Jura verlaufende Schicht. Am Riesrand und am Hesselberg ist sie allerdings recht unbedeutend. Aber schon in der Weißenburger Gegend trifft man 7—9 m mächtige Steinbrüche und von da zieht diese Stufe mit steigender Mächtigkeit nordwärts. Rhätsandstein

Daß der Rhätsandstein am Rand unseres Gebietes so gut wie fehlt, hängt nach Reuter *) damit zusammen, daß hier die Rhätschichten durch die Brandung des Jurameeres zerstört wurden. Es bildete sich an der Küste des Jurameeres eine Strandbresche (unter Bresche, früher Brekzie vom Italienischen breccia, versteht man ein Gestein, das sich aus eckigen Trümmern zusammensetzt, die durch ein Bindemittel miteinander verfestigt sind). Diese rhätischen Zerreibungsprodukte zusammen mit den am Strand herumliegenden Muschelschalen gingen in die unterste Jurastufe, den Arietensandstein, über.

4. Die alpine Trias.

10. Bisher haben wir es nur mit der deutschen oder germanischen Trias zu tun gehabt. Aber auch in den Alpen gibt es mächtige Triasablagerungen. Hier ist aber die Gesteinsbeschaffenheit eine ganz andere, so daß die Parallelisierung mit den süddeutschen Triasschichten auf große Schwierigkeiten stieß.

An Stelle der für die deutsche Trias so sehr vorherrschenden Sandsteine besteht die alpine Trias hauptsächlich aus Kalksteinen und Dolomiten, welche eine gewaltige Mächtigkeit erreichen.

Aber die Tierreste haben den Nachweis erbracht, daß diese Schichten mit den deutschen Triasablagerungen gleichaltrig sind. Auf Grund dieser Befunde konnte man die alpinen Triasschichten in die zeitliche Aufeinanderfolge der deutschen Trias einordnen.

Wir wollen nun die Ausbildung der alpinen Trias kennenlernen **).

---

*) L. Reuter, Abriß der Geologie von Bayern von M. Schuster, IV. Abt. S. 30.

**) Ich folge hier hauptsächlich Jos. Knauer, Abriß der Geologie von Bayern, herausgegeben von M. Schuster, II. Abt., sowie M. Richter, Geolog. Führer durch die Allgäuer Alpen, Berlin 1924, Bornträger.

Der alpine Buntsandstein

11. Der alpine Buntsandstein ist dem Buntsandstein im Schwarzwald, im Odenwald usw. zeitlich gleichzusetzen.

Werfener Schichten.

Hierher gehören die Werfener Schichten in den östlichen Kalkalpen (Werfen ist ein Dorf südlich Salzburg). Sie bilden glimmerreiche Schiefer, Sandsteine, Konglomerate (Trümmergesteine, die im Gegensatz zu den Breschen aus gerundeten Stücken, namentlich Geröllen, Geschieben und einem Bindemittel bestehen). Die Werfener Schichten kommen für unser engeres Gebiet wenig in Betracht.

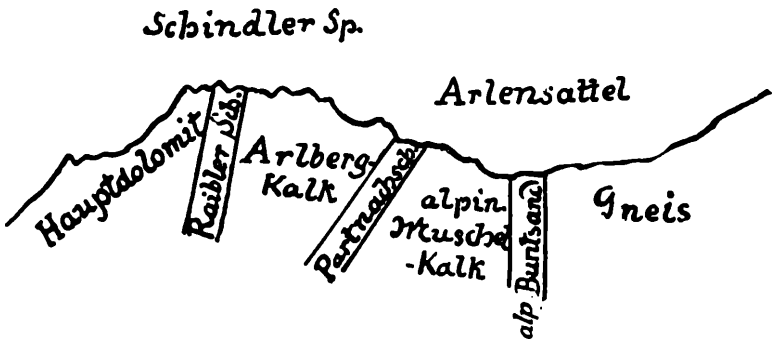
Skythische Schichten

Der alpine Buntsandstein wurde in der sog. skythischen Epoche abgesetzt. Man vereinigt jetzt unter dem Namen der skythischen Schichtenfolge alle Formationsglieder, die mit den Buntsandsteinschichten der deutschen Trias gleichaltrig sind.

Wir haben den deutschen Buntsandstein als Sediment eines wüstenartigen Gebirgsvorlandes kennengelernt. Die alpinen skythischen Schichten sind hauptsächlich in einem seichten Meer abgesetzt worden. Sie bestehen aus verschiedenfarbigen Schiefern, Mergelkalken und Sandsteinen. Unter den letzteren findet man auch gefärbte Arten, welche mit jenen der deutschen Trias große Ähnlichkeit aufweisen.

Wir werden bei den Vorgängen der Gebirgsbildung ersehen, wie alle diese im süddeutschen Tafelland regelmäßig übereinander ausgebreiteten Triasschichten in den Alpen gefaltet, überschoben, über weite Strecken disloziert sind. Sie wurden durch die Kräfte der Tiefe aus tieferen Regionen heraus-

Abb. 3.



Profil durch die Schindlerspitze (nordöstlich vom Arlberg) und den Arlensattel, um die Aufeinanderfolge der Schichten vom Gneis bis zum Hauptdolomit zu zeigen. Die Schichten sind aufgerichtet, so daß sie nunmehr nicht aufeinander, sondern voreinander liegen. (Nach Ampferer in Leuchs, Führer durch die Kalkalpen, S. 51.)

gequetscht. Immerhin kann der alpine Buntsandstein für den uns beschäftigenden Gebirgsteil als Fundament betrachtet werden. Er folgt, wie aus dem Profil Abb. 3 zu entnehmen ist, auf den Gneis der Zentralkette.

Der alpine Muschelkalk

12. Der alpine Muschelkalk setzt die Reihe der alpinen Triasschichten fort. (S. Abb. 3.) Er wurde in der anisischen Epoche abgesetzt. Der Name kommt von Anisus, der jetzigen Enns in Österreich, wo diese Schichten gut entwickelt sind.

Anisische Schichten

Wie im deutschen Triasland hat sich auch im jetzigen Alpengebiet das Meer weiter ausgebreitet. Es ist auch tiefer geworden, was aus der vorwiegend kalkigen Beschaffenheit der Sedimente hervorgeht. Aber wir können auch die Schichten des alpinen Muschelkalkes durchaus nicht in allen Stücken jenen des deutschen Muschelkalkes an die Seite stellen. Allerdings sind die untersten Lagen auch mitunter wulstig aufgetrieben („Wurstelkalk") und erinnern so an das „Wellengebirge" der deutschen Trias. Im übrigen aber findet man dunkle Kalke mit Hornsteinknollen, auch Dolomite und Grauwacken.

In den an unser Gebiet sich anschließenden Westtiroler und Vorarlberger Alpen werden die schwarzen Kalke mit wulstiger Oberfläche und Hornsteinknollen die Virgloriakalke genannt, nach dem Virgloriapaß, nördlich von der Scesaplana im Rhätikon. Diese Kalke sind verhältnismäßig reich an Versteinerungen. Namentlich enthalten sie Fossilien, die auch im deutschen Muschelkalk vorkommen und für eine Parallelisierung mit letzterem wichtig sind.

Virgloriakalk

Die anisischen Schichten erreichen in den westlichen Kalkalpen eine Mächtigkeit bis zu 200 m, im Wetterstein- und Karwendelgebirge aber bis zu 600 m.

13. Der alpine Buntsandstein und der alpine Muschelkalk lassen im großen und ganzen petrographisch und faunistisch Beziehungen zu den gleichnamigen Stockwerken der deutschen Trias zu, so daß ihre Einrangierung weniger Schwierigkeiten verursachte. Ganz anders aber liegen die Verhältnisse beim alpinen Keuper. Hier treten tiefgreifende Unterschiede in die Erscheinung, so daß eingehende Untersuchungen erforderlich waren, bis es gelang, die betreffenden Schichten in den Kalkalpen mit jenen des deutschen Keupers in zeitliche Übereinstimmung zu bringen.

Der alpine Keuper

Fazies

Man nennt die Erscheinung, daß Schichten, die auf Grund der darin enthaltenen Tierreste sich als gleichaltrig erweisen, in ihrer Gesteinsbeschaffenheit aber ganz verschieden ausgebildet sind, einen Unterschied in der Fazies (facies, das Gesicht, das Aussehen). Man spricht deshalb von einer deutschen Keuperfazies und einer alpinen Keuperfazies.

Die alpinen Keuperschichten werden auch in mehrere Stufen zusammengefaßt. Diese sind die ladinische, karnische, norische und rhätische Stufe*).

Die ladinische Stufe.

14. a) Die ladinische Stufe. Der Name rührt her von den Ladinern in Graubünden und Westtirol, die noch eine an das Lateinische erinnernde Sprache, das Ladinische, sprechen.

Damit beginnt die gewaltige Schichtenfolge des alpinen Keupers, der in den Kalkalpen die Hauptmasse des Gebirges zusammensetzt. Es wird später noch eingehender davon die Rede sein, daß die Keuperschichten im jetzigen Alpengebiet in einem tiefen Meer abgesetzt wurden, sehr im Gegensatz zur deutschen Keuperfazies.

Die ladinischen Gesteine bestehen demgemäß aus Kalken und Dolomiten, die eine Mächtigkeit bis zu 1000 m erreichen. Man unterscheidet verschiedene Schichtenfolgen, die hauptsächlich nach den Hauptfundplätzen benannt werden. Diese sind von unten nach oben:

Cassianer Schichten

α. Die Cassianer Schichten, graue Kalke und Kalkmergel, reich an Versteinerungen. Sie sind bei St. Cassian nordwestlich von der Marmolata in den Dolomiten besonders schön entwickelt. Für unser Gebiet kommen sie nicht in Betracht.

Partnachschichten

β. Die Partnachschichten. (S. Abb. 3.) Hier ist im Gebiet der nördlichen Kalkalpen der direkte Anschluß an das Liegende, also an den anisischen Muschelkalk zu erkennen. Letzterer setzt sich nach oben tonig werdend ohne scharfe Grenze in die Partnachschichten fort. Diese bestehen aus dunklen Kalken und Mergeln, hauptsächlich in schieferiger Ausbildung. Ihre Mächtigkeit steigt von wenigen Metern bis zu 400 m im Partenkirchener Gebiet, im Allgäu bis zu 200 m. Sie sind wegen ihrer tonig-mergeligen Beschaffenheit der Verwitterung stark ausgesetzt und zerfallen in einen zähen Letten, der einen für die Vegetation günstigen Boden liefert. Diese mit

*) Hauptsächlich nach Jos. Knauer und M. Richter l. c.

Wasser vollgesogenen Tonmergel bilden einen wichtigen Quellenhorizont.

Die Partnachschichten beginnen für unser Gebiet im Rhätikon. Man findet sie in den Lechtaler und Vilser Alpen, von wo sie sich ostwärts zum bayerischen Gebirgsteil wenden.

Arlbergkalk

γ. Der Arlbergkalk. (S. Abb. 3.) Er folgt in unserem Gebiet auf die Partnachschichten, während in den bayerischen Kalkalpen die gewaltigen Felsmassen des Wettersteinkalkes diese Schichten nach oben fortsetzen. Die Arlbergschichten erreichen eine Mächtigkeit bis zu 500 m. Sie bestehen aus dunklen Kalken und Dolomiten. Es kommen aber auch sandige Schiefer und Sandsteine vor.

Wettersteinkalk

δ. Im bayerischen Gebiet aber haben wir als gleichaltriges Gestein den Wettersteinkalk vor uns, der sich mit scharfer Grenze über den Partnachschichten aufbaut. Es handelt sich um einen hellen Kalkstein von kristallinisch-körniger bis dichter Struktur und dickbankigem Gefüge. Versteinerungen sind selten. Seine Mächtigkeit ist an einzelnen Stellen über 1000 m. Er bildet das schönste Gestein im nordöstlichen Teil unseres Gebietes. Namentlich aber in den bayerischen Kalkalpen baut er die prachtvollen Felsenberge auf. Die gewaltige Mächtigkeit dieses Gesteins lehrt uns, daß das Land um diese Zeit immer tiefer sank. Denn sonst hätten so dicke Kalkschichten nicht entstehen können.

Die karnische Stufe Raibler Schichten

15. b) Die karnische Stufe oder die Raibler Schichten. (S. Abb. 3.) Die erstere Bezeichnung bezieht sich auf den Stamm der Carni, die im heutigen Kärnten wohnten. Die Schichten sind bei dem Dorf Raibl in Kärnten besonders gut ausgebildet.

Am Schlusse der ladinischen Zeit haben sich bedeutsame Änderungen im Bereich des alpinen Keupermeeres ergeben. Während die ladinische Stufe in ihren Hauptgesteinen ozeanische Sedimente erkennen läßt, entstanden in der karnischen Zeit Schichten, die auf ein nahes Festland schließen lassen. Es sind dunkle, sandige Schiefer und Mergel, auch feinkörnige Sandsteine. Die Raibler Schichten enthalten ferner, im Gegensatz zu den vorausgehenden, reichlich Versteinerungen, namentlich Muscheln. Durch die Verwitterung dieser Schichten entsteht ein fruchtbarer Boden, dem eine reiche Vegetation entsprießt. Daran erkennt man die Raibler Schichten schon von weitem. Ihre Mächtigkeit steigt bis zu 200 m.

Die norische Stufe Hauptdolomit

16. c) Die norische Stufe oder der Hauptdolomit. Der erstere Name ist von der römischen Provinz Noricum hergenommen. Hauptdolomit aber heißt diese Stufe wegen ihrer hohen Bedeutung für den Aufbau der westlichen Kalkalpen. (S. Abb. 3.)

Nach dem Absatz der küstennahen Raibler Schichten muß wieder ein starkes Vordringen des alpinen Meeres stattgefunden haben. Wir müssen uns immer wieder vor Augen halten, daß um diese Zeit noch kein Alpen-Gebirge vorhanden war, sondern das ozeanische Mittelmeer. Die Alpen entstanden erst in einem viel späteren Zeitabschnitt. Die Tiefe des Meeres und die lange dauernde Senkung des Meeresgrundes wird wiederum durch die Art des Gesteins und seine Mächtigkeit dargetan. Der Hauptdolomit ist ein graues Gestein von mitunter kristallinischer Struktur, bisweilen dickbankig geschichtet. Versteinerungen fehlen fast ganz. Deshalb läßt sich der Hauptdolomit kaum in Unterstufen zerlegen. Auch die Grenzen nach unten und oben sind unsicher. Die Raibler Schichten gehen allmählich in den Hauptdolomit über und dieser ebenso zum Hangenden, der rhätischen Stufe.

Die Mächtigkeit des Hauptdolomits beträgt bis zu 1000 m, steht also jener des Wettersteinkalkes nicht nach. Was dieser für die bayerischen Kalkalpen ist, das bedeutet der Hauptdolomit für die Allgäuer Alpen. Er ist das Hauptgestein des Allgäuer Hochgebirges.

Die rhätische Stufe

17. d) Die rhätische Stufe. Der Name ist, wie für die gleichaltrigen außeralpinen Schichten, von der römischen Provinz Rhätien entlehnt.

In dieser Stufe verschwinden wieder die rein kalkigen bzw. dolomitischen Absätze. Es erscheinen neuerdings mergelige und tonige Schiefer, welche auf unfernes Land hinweisen. Doch sind auch echte Kalksteine darunter. Man unterscheidet folgende Unterstufen:

Plattenkalk

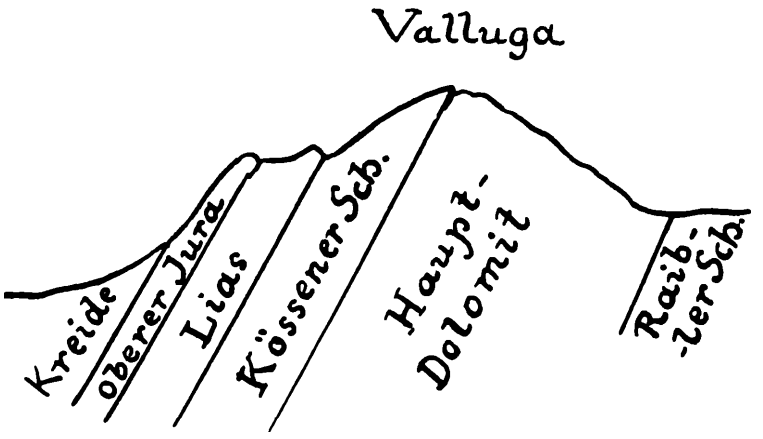
α. Plattenkalk von dunkler Farbe, wohlgeschichtet, stellenweise knollig ausgebildet. Während er im N des Allgäuer Gebirges fehlt, erreicht er im S eine Mächtigkeit bis zu 100 m. An einigen Orten findet man in ihm Fossilien. Von manchen Forschern wird diese Unterstufe noch zu den norischen Schichten gezählt.

Kössener Schichten

β. Die Kössener Schichten, so genannt nach dem Dorf Kössen an der Achen südlich vom Chiemsee. Es sind

dunkle Schiefer und Mergel mit kalkigen Zwischenlagen, mitunter auch knollig oder als Muschelbresche entwickelt, bis zu 500 m mächtig und reich an Versteinerungen. (S. Abb. 4.)

Abb. 4.



Profil durch die Valluga nördlich vom Arlberg, um die Schichtenfolge von den Raibler Schichten des Keupers durch den Jura bis zur Kreide zu zeigen. Auch hier liegen die Schichten nicht mehr aufeinander, sondern aufgerichtet voreinander. (Nach Ampferer in Leuchs, Führer durch die Kalkalpen, S. 51.)

Oberrhätischer Kalk

γ. Der oberrhätische Kalk, graue oder weiße Kalke, zum Teil Riffkalke, reich an Korallen. Auch diese Unterstufe fehlt im nördlichen Gebirgsteil. Im S wird sie bis 100 m mächtig.

Durch die namentlich in den Kössener Schichten eingeschlossenen Versteinerungen ließ sich eine Parallelisierung mit der rhätischen Stufe des deutschen Keupers durchführen. An manchen Stellen liegt eine förmliche Muschelbresche vor, in der die Muschel *Avikula contorta*, das Leitfossil für das Rhät, enthalten ist.

Die meisten Schichten der bis zu 400 m mächtigen rhätischen Stufe verwittern leicht. Nur der oberrhätische Korallenkalk widersteht und ragt in Form von Felsengruppen aus den gewöhnlich gerundeten mergeligen Höhen hervor. Da diese Mergel und Schiefer Wasser zurückhalten, so entstehen wiederum

Böden, welche dem Pflanzenwuchs günstig sind. Deshalb ziehen sich Almen und Wälder über den Felsenmauern des Hauptdolomits entlang als eine wasser- und pflanzenreiche Decke.

5. Die alpinen Triasschichten im Süden des Gebietes.

18. Wir müssen uns nun einen Überblick verschaffen, wie die im vorausgehenden erörterten Gesteinsfolgen der alpinen Trias im Allgäuer Gebirge gelagert sind. Bevor die Gebirgsbildung begann, breitete sich südlich von den jetzigen Kalkalpen die Tethys, das ozeanische Mittelmeer, aus. Dieses setzte die Sedimente in horizontalen Lagen ab.

In einer viel späteren Periode begann weiter im Süden eine gewaltige Schubbewegung. Die aus den Meeresabsätzen entstandenen Schichten wurden aus der Erdkruste herausgepreßt, als Decken nach N gewälzt, in Falten gelegt und zum Hochgebirg emporgetürmt.

Demgemäß befinden sich alle diese Schichten nicht mehr horizontal ausgebreitet, wie im süddeutschen Tafelland, sondern sie sind gebogen, verschoben, verstürzt und aufgerichtet. So entstanden in den Alpen schwer zu deutende Lagerungsverhältnisse, deren Darstellung wir aber auf später verschieben.

Hier wollen wir zunächst nur feststellen, wo wir in unserem Gebiet die in Rede stehenden Formationsglieder antreffen. Sie bilden die Hauptmasse des Hochgebirges vom Rhein bis in die Gegend von Wien. (S. Übersichtskarte Tafel II.)

Abgrenzung des alpinen Triasgebietes

19. Dieses alpine Triasgebiet beginnt im W bei Vaduz an der schönen Berggruppe der Drei Schwestern. Dann verläuft die Südgrenze längs des Rhätikons nach O, setzt sich auf der anderen Seite des Illtales fort und folgt nunmehr der Arlbergbahn längs des Kloster- und Stanzertales. Bei Landeck erreicht sie das Inntal und folgt ihm weiter nach NO.

Im N aber wird diese Triasscholle eingefaßt durch eine Grenzlinie, welche, den Drei-Schwestern-Stock umgreifend, dem Nordrand des Rhätikons folgt, bei Bludenz das Illtal überschreitet und sich von da im Bereiche des Großen und Kleinen Walsertales nach NO wendet. Sie berührt die Orte Oberstdorf, Hindelang, Pfronten. Bei Füssen erreicht sie den Lech und setzt sich dann, dem oberbayerischen Gebirgsteil folgend, nach O fort.

Südlich von der Arlbergbahn liegt das kristallinische Urgebirge der Zentralkette. Nördlich aber schließen sich an das Triasgebirge die Ablagerungen aus dem Kreide- und Tertiärmeer an.

20. In diesem so umschriebenen Gebiet sind die Triasschichten im großen und ganzen folgendermaßen verteilt.

Buntsandstein

Der Buntsandstein (skythische Schichten) ragt am Südrand der Lechtaler Alpen als schmaler Saum heraus. Er findet sich ferner im Rhätikon an verschiedenen Stellen. Im Norden des Gebietes kommen quarzitische Sandsteine, zwischen Keuper- und Juraschichten eingeklemmt, am NW-Hang des Iseler vor. Solche Vorkommnisse sind nur im Zusammenhang mit der Gebirgsbildung zu verstehen. Ursprünglich haben die skythischen Schichten die Unterlage für die folgenden Triasstufen gebildet. Durch die gewaltigen Schubkräfte wurden auch noch diese tiefen Gesteinslagen aufgewühlt und erscheinen an den bezeichneten Stellen nunmehr als vereinzelte Schubfetzen an Überschiebungsflächen.

Muschelkalk

21. Der nun folgende Muschelkalk (anisische Schichten) wird als Virgloriakalk im Rhätikon in größerem Umfange angetroffen, in unserem Gebiet aber nur im östlichen Teil, in den Vilser Alpen. Auch hier müssen wir wieder berücksichtigen, daß diese tiefen Formationsglieder, aus ihrer normalen Lagerung herausgepreßt, nur stellenweise inmitten der jüngeren Schichten auftreten.

Keuper

22. Erst mit dem Keuperstockwerk beginnt die Trias im gewaltigsten Maß in die Erscheinung zu treten. Diese oberen Schichtenkomplexe der Triasformation wurden von der Gebirgsbewegung als ganzes gefaßt und bilden nunmehr in Gestalt von Falten und Überschiebungen die Hauptmasse des Hochgebirges.

In unserem Gebiet ist der Hauptdolomit das Hauptgestein, welches die Allgäuer und Lechtaler Hochgebirgsmassive aufgebaut hat. Nur in den Vilser Alpen treffen wir an seiner Stelle den Wettersteinkalk. Wir werden später noch erfahren, wie dieser Gebirgsteil gerade dadurch dem übrigen Allgäuer Hochgebirge als etwas Fremdes gegenübersteht, und wie auch die übrigen älteren Triasglieder sich an dieses Hauptgestein der oberbayerischen Kalkalpen anschließen.

Im übrigen sind die Massive des Hauptdolomites und auch des Wettersteinkalkes umsäumt von den älteren Raiblerschichten

und den jüngeren Kössenerschichten. Das sind, wie wir im vorausgehenden vernommen haben, die Stellen, wo in verschiedener Höhe des Felsengebirges die Alpenweiden mit ihrem üppigen Pflanzenwuchs sich ausbreiten.

Mit den Kössenerschichten der rhätischen Stufe hört die Schichtenfolge auch der alpinen Trias auf.

6. Das vindelizische Gebirge.

23. Wir haben die Ausbildung der Triasformation unseres Gebietes in zwei getrennten Bezirken, im N und im S kennengelernt. In dem dazwischenliegenden Teil, in der Schwäbischen Hochebene, finden wir keine gleichalterigen Schichten.

Wir können nichts Bestimmtes darüber aussagen, wie es unter den tertiären Schichten der Hochebene aussieht. Wenige Kilometer vom Jurarand entfernt erreichen auch sehr tiefe Bohrlöcher, wie jenes 738 m tiefe von Ochsenhausen östlich von Biberach, nicht mehr das Liegende der tertiären Schichten.

Es sind Erwägungen anderer Art, welche sich mit den einstigen geologischen Verhältnissen im Bereich der jetzigen Schwäbisch-Bayerischen Hochebene befassen.

Unterschied zwischen der deutschen und alpinen Keuperfazies

Wir fanden im N unseres Heimatbezirkes eine sandig-mergelige Schichtenfolge des Keupers, die aus den von Flüssen aus einem nahen Gebirge herausgeführten Erosionsprodukten entstanden ist. In den Alpen aber trafen wir als gleichalterige Schichten die mächtigen Kalke und Dolomite an. Solche Schichten konnten nur aus einem tiefen Meere hervorgegangen sein.

Schon 1861 hat G ü m b e l *) darauf hingewiesen, daß so verschiedene Bildungen einer und derselben Formation nicht im gleichen Meer entstanden sein konnten, selbst wenn die Tiefenunterschiede dieses Meeres im N und im S noch so bedeutend angenommen würden. Hier lägen andere Ursachen vor. Er meint: damals und noch lange danach ragte an Stelle der jetzigen Hochebene ein Urgebirgsrücken, das „v i n d e l i z i s c h e U r g e b i r g e" auf als eine Scheidewand zwischen der deutschen Triasflachsee und dem alpinen Triasozean, dem damaligen ozeanischen Mittelmeer. Dieses vom Bayerischen Wald schräg über die jetzige Hochebene in die Schweiz sich erstreckende Ge-

Das vindelizische Urgebirge

*) Geogn. Beschr. d. bayer. Alpengebirges, Gotha 1861, S. 867.

birge spielte damals eine ähnliche Rolle wie die Landengen von Suez oder von Panama als Scheidewand zweier Meeresgebiete *).

24. Dieser Gümbelschen Ansicht wurde lange Zeit widersprochen. Immerhin gab sie von Anbeginn an die beste Erklärung des Faziesunterschiedes zwischen der deutschen und alpinen Trias. Nunmehr darf sie nach den eingehenden Untersuchungen von Rich. Lang **) als erwiesen gelten. Nach Lang erhob sich die Hauptmasse dieses Gebirges etwa südöstlich von Augsburg. Er schließt das aus dem Umstande, daß aus dieser Richtung die Hauptmenge des Erosionsmateriales ins Fränkische eingeschwemmt wurde.

Jetzt kennen wir auch Gesteine, die wohl einwandfrei aus diesem Gebirge stammen. Durch die später zu erörternden vulkanischen Ereignisse im Ries sind ganze Schollen des Untergrundes aus der Tiefe herausbefördert worden. Dieses Material besteht aus granitischen und gneisartigen Gesteinen, wie sie im Bayerischen Wald und im Schwarzwald vorkommen.

Die Keupersande entstammen dem vindelizischen Urgebirge

Lang meint mit Recht, daß die Hauptmasse der fränkischen Keupersedimente dem vindelizischen Gebirge entstamme. Denn es wird mit guten Gründen belegt, daß die Einschwemmung der Keupersande aus südlicher Richtung erfolgte. Der genannte Autor hat die Masse dieses Erosionsmaterials auf mindestens 20 000 Kubikkilometer errechnet. Er weist ferner nach, daß damals im süddeutschen Gebiet kein anderes Gebirge bestand, das die kolossalen Sandmassen liefern konnte. Nur der südöstliche Teil des Bayerischen Waldes konnte sich im östlichen Teil des Keupergebietes daran beteiligt haben.

Aus diesen riesigen Erosionsmassen kann endlich gefolgert werden, daß das vindelizische Gebirge nicht lediglich ein schmaler Landrücken sein konnte, sondern ein ausgedehnter Urgebirgsstock, der noch tief in die jetzige Alpenzone hineinragte.

Dieser Möglichkeit widerspricht nicht der Umstand, daß die Triasablagerungen jetzt in den nördlichen Kalkalpen deponiert sind. Denn in diesem Bereich geschah die Sedimentierung der alpinen Triasschichten sicher nicht. Das erfolgte in der Tiefe des Meeres viel weiter im Süden. Erst nachträglich wurden

---

*) Wenn wir auch für die Sandsteine des fränkischen Keupers nunmehr eine Ausschüttung des Erosionsmateriales über eine Landfläche annehmen, so bestand in anderen Epochen der Triaszeit, z. B. während der Ablagerung des Muschelbalkes im süddeutschen Triasgebiet, sicher ein Meer.

**) Das vindelizische Gebirge zur mittleren Keuperzeit, Jahresh. d. Ver. f. vaterländ. Naturkunde in Württemberg, 67. Jg. (1911), S. 218/259.

die Triasschichten aus dieser Region durch die Kräfte der Tiefe an ihre jetzige Stelle geschoben, nachdem das vindelizische Gebirge schon längst samt der voralpinen Scholle in der Tiefe des Meeres verschwunden war.

Später aber wurden einzelne Teile des ausgedehnten süddeutschen Urgebirgsgebietes wieder gehoben. Das sind die aus Urgesteinen bestehenden Massive des Bayerischen und Oberpfälzer Waldes, des Schwarzwaldes, der Vogesen. Zuvor aber wurde über die beiden letzteren Gebiete die Sedimentdecke aus der Buntsandsteinzeit ausgebreitet. Und wir haben auch Beweise, daß das Jurameer darübergeflutet haben mußte.

B. Jura.

1. Wasser- und Landverteilung.

1. Mit Beginn der Jurazeit hat sich das Meer im jetzigen süddeutschen Gebiet wieder stark ausgebreitet. Es hat eine Meerestransgression stattgefunden. Weite Landstrecken wurden allmählich überflutet. An Stelle seichter Meeresbecken und der sandigen Wüste der Keuperzeit trat wieder tiefes Meer. Wir haben schon (S. 13) erfahren, wie sich dieser Umschwung in der rhätischen Zeit des obersten Keupers anbahnte. **Das Jurameer**

Wenn wir uns wieder einen Überschlag machen, wie damals die Wasser- und Landverteilung in Mitteleuropa war, so müssen wir auf einer geologischen Karte die Ausdehnung der Juraablagerungen nachsehen. Wo sie liegen, da war Jurameer. Aber nicht nur an diesen Stellen allein. Das Jurameer bedeckte eine viel größere Fläche. Denn Schwarzwald, Odenwald, Vogesen waren damals noch keine Gebirge. Diese Landräume waren noch untergetaucht. Auf der Kuppe des Katzenbuckels im Odenwald fand man inmitten vulkanischer Auswurfsmassen Jurafossilien. Und bei Langenbrücken nordöstlich von Bruchsal ist eine merkwürdige Juraenklave, welche durch Versenkung vor der Abtragung verschont blieb. Hier liegen die gleichen Juraschichten vor, wie in der Alb. Also muß auch diese Gegend vom Jurameer bedeckt gewesen sein. **Wasser- und Landverteilung**

Mit dem Jurameer kam eine ozeanische Tierwelt ins süddeutsche Gebiet.

Aber auch an der Stelle der jetzigen Kalkalpen breitete sich das Jurameer aus. Die Sedimente dieses Meeres, die viel weiter südlich ursprünglich in horizontalen Schichten ausgebreitet waren, unterlagen später den gebirgsbildenden Vorgängen, wurden an ihre jetzige Stelle in den Kalkalpen geschoben und zu Bergketten gefaltet.

Was war die Ursache dieser allmählichen Überflutung und Ausdehnung des Meeres? Natürlich muß das Land gesunken sein, wenn man nicht annehmen will, daß sich der Grund des Weltmeeres über große Strecken gehoben hat, so daß das Meer über seine Ufer griff.

2. Der Jura in Süddeutschland.

2. Der Norden unseres Regierungsbezirkes macht einen Teil des Schwäbischen und Fränkischen Juras aus.

Der schwäbische Jura

Der Schwäbische Jura oder die Rauhe Alb. Letzterer Name soll von den Römern stammen, welche die am NW-Rand starr aufragenden weißen Felsenmauern montes albi (weiße Berge) nannten. Nach einer anderen Ansicht aber soll er keltischen Ursprunges sein und alp = Höhe bedeuten.

Die Rauhe Alb bildet ein von SW nach NO sich erstreckendes Tafelland, welches gegen NW in steilen Terrassen abfällt und hier von isolierten, in das Flachland vorgeschobenen Kegelbergen begleitet wird. Die Höhe nimmt in nordöstlicher Richtung ab: Oberhohenberg östlich von Rottweil 1010 m, Hohenzollern 850 m, Stuifen 750 m, Hohenstaufen 682 m, Bopfinger Ipf 668 m, Hesselberg 690 m.

Was aber den Schwäbischen Jura besonders kennzeichnet, ist die Nichtkongruenz des Aufbaues an den beiden Längs-

Nordwestrand

rändern. Er ist nur am NW-Rand als Gebirge ausgebildet. Hier ist der schroffe Abfall gegen das Wassergebiet des Neckars. Hier ragen die gefeierten Kaiserberge aus der Niederung hervor. Hier allein gewinnt man den Eindruck eines Gebirges.

Südostrand

Am SO-Rand aber bricht die Albtafel mit mäßigen Höhen ab. Wir werden später erfahren, welche schwierige Fragen mit der SO-Flanke der Alb verknüpft sind.

Die Alb reichte früher viel weiter nach NW

Klarer liegen die Verhältnisse im NW. Hier ist ein ausgesprochener Erosionsrand vorhanden. Früher reichte die Albtafel in dieser Richtung viel weiter, wahrscheinlich über Schwarzwald und Vogesen hinweg. Aber das Wasser hat in langer Zeiten Lauf alles, was nordwestlich vom jetzigen Albrand liegt, zerstört und die nunmehrige Steilwand bloßgelegt. Dabei wurden auch die schönen Kegelberge im württembergischen Unterland herauspräpariert. Sobald nämlich an zwei Stellen Scharten in den Plateaurand eingetieft sind, arbeitet das Wasser von rechts und links gegen den stehengebliebenen Vorsprung. Die Folge davon ist, daß dieser Vorsprung allmählich vom Plateau losgelöst und in einen kegel- oder gratförmigen Vorberg verwandelt wird. An vielen Stellen lassen sich die verschiedenen Stadien dieses Vorganges beobachten.

Rasche Erosion am NW-Rand

In Anbetracht des ungeheuren Steinmateriales, welches Jahr für Jahr am NW-Rand der Erosion zum Opfer fällt, sollte

man meinen, daß vor der Alb mächtige Schutthalden, wie an den Berghängen im Hochgebirg, den Steilwänden anliegen. Das ist aber nur im beschränkten Maße der Fall. Das niederstürzende Albgestein verschwindet erstaunlich rasch. Während nämlich die tonigen Bestandteile als solche vom Regen in die Wasserläufe geschwemmt und fortgeführt werden, setzt den Erosionsprodukten des Kalksteins das kohlensäurehaltige Wasser auch chemisch zu. Der kohlensaure Kalk wird allmählich aufgelöst.

Langsame Erosion am SO-Rand

Viel langsamer wird der SO-Rand abgetragen. Hier befinden sich nur die höchsten Juralagen, hauptsächlich der plumpe Felsenkalk. Hier fehlen im allgemeinen tonige Zwischenlagen, durch deren Unterspülung die überhängenden Felsen zum Einsturz gebracht werden. Hier fehlen auch die rasch fließenden Gebirgsbäche, die am NW-Hang wegen ihres starken Gefälles eine bedeutende Erosionskraft besitzen. Die zur Donau fließenden Wasserläufe kommen mit trägem Gefälle einher und leisten im Abtragen der Talgehänge nur wenig.

Der fränkische Jura

3. Der Fränkische Jura oder die Frankenalb. Als geographische Grenze zwischen dem Schwäbischen und Fränkischen Jura wird gewöhnlich das Wörnitztal angenommen. Wenn wir aber nach geologischen Gesichtspunkten die Grenze ziehen sollten, dann könnten wir eine genaue Linie nicht angeben. Auf dem Schwäbischen Jura ist nämlich der plumpe Felsenkalk das charakteristische Gestein, im Fränkischen aber der versteinerungsarme Dolomit, welcher oft bizarr geformte Felsengruppen bildet und so vielen Gegenden einen hohen landschaftlichen Reiz verleiht.

Bei Einhaltung dieses Einteilungsprinzipes müßten wir die Grenze ungefähr von Donauwörth über Kaisheim, Monheim, Weilheim, Hüssingen nach Wassertrüdingen verlegen. Östlich von dieser Linie beginnt im allgemeinen der Frankendolomit. Doch ist diese Grenze nicht scharf. Namentlich längs dem Nordrand des Donautales begleiten plumpe Felsenkalke den Strom weit hinab. In dieses Gestein sind auch die Engpässe der Donau und der Altmühl bei Kelheim eingeschnitten.

Umgekehrt wird stellenweise Frankendolomit in der südlichen Umgebung des Rieses angetroffen, so bei Mönchsdeggingen, im Karthäusertal usw.

In der Gegend von Neumarkt wird die Richtung von SW nach NO verlassen. Das Gebirge verläuft nunmehr nach NNW.

Dadurch entsteht eine weite Bucht, entsprechend dem Winkel, den die Richtungslinien beider Gebirgsteile bilden.

Während der Schwäbische Jura als Gebirge nur einseitig ausgestaltet ist, findet man am Frankenjura auf beiden Seiten eine gleichmäßige Entwicklung. Beiderseits fällt das Gebirge gegen die Ebene ab.

Der Südrand der Tafel von Donauwörth bis Regensburg entspricht im allgemeinen der SO-Flanke der Rauhen Alb.

Die Verminderung der Höhe, die wir im bisherigen Verlauf des Gebirges von SW nach NO festgestellt haben, nimmt im fränkischen Teil ihren Fortgang: Poppberg bei Kastel 658 m, Össinger Berg nordwestlich von Sulzbach 653 m. Mit dem Gorkum 578 m und dem Staffelberg 539 m endigt der Frankenjura am Main. Lichtenfels liegt 264 m hoch.

3. Einteilung der Juraformation.

4. Als Fundament haben wir die obersten Schichten des Keupers kennengelernt. Im Frankenjura kann dieser Nachweis am besten geführt werden. Denn hier umranden die obersten Glieder des Keuperstockwerkes die beiden Flanken des Gebirges. Es besteht kein Zweifel, daß der Keuper unter der Frankenalb hindurchreicht, und daß, wenn wir uns die Juraschichten wegdenken, eine zusammenhängende Keuperlandschaft bis zum Fichtelgebirge und Böhmerwald sich ausbreiten würde. (S. Abb. 2 auf S. 10.)

Unter dem Keuper aber scheinen die beiden älteren Stockwerke, Muschelkalk und Buntsandstein, im Bereich des Juras zu fehlen. Die vulkanischen Vorgänge im Ries haben allerdings Keuper und Urgestein emporgebracht, aber keinen Muschelkalk und keinen Buntsandstein. Dieser Umstand legt die Vermutung nahe, daß die Rieser Gegend in der dem Keuper vorangegangenen Zeit Festland war, ein Teil des damals noch bestehenden vindelizischen Landes. Die Überflutung begann erst mit dem Absinken des Landes im Verlauf der späten Keuperzeit.

Auf dem aus Sandstein und Mergel gebildeten Keuper-Fundament bauen sich die Stockwerke der Juraformation auf.

Bei dieser unterscheiden wir drei Abteilungen oder Stockwerke:

1. den schwarzen Jura oder Lias,
2. den braunen Jura oder Dogger,
3. den weißen Jura oder Malm.

Diese Dreiteilung der Juraformation rührt von Leopold von Buch, 1837, her, einem der Mitbegründer der geologischen Wissenschaft. Er war wohl der erste, der sich eingehend mit der Erforschung des deutschen Juras befaßt hat. Ist doch dieser, namentlich wegen der vielen schönen Versteinerungen, damals die Lieblingsformation der Geologen gewesen. Hier sind die Leitsätze der speziellen Geologie und Versteinerungskunde aufgestellt worden. Von hier aus breitete sich die minutiöse Schichtengliederung unter Voranstellung geeigneter „Leitfossilien" auch über die anderen Formationen aus.

Hier ist auch der Name des Tübinger Professors Friedr. Aug. Quenstedt nicht zu vergessen. Ihm verdankt die Geologie die bis ins kleinste gehende Klassifikation der Juraschichten, zunächst die Zerlegung jedes der drei Stockwerke in sechs Stufen, die er mit den ersten sechs Buchstaben des griechischen Alphabets benannte (1843).

Als dritter für die Erforschung der Formation besonders verdienter Forscher ist Alb. Oppel zu nennen, welcher die in Schwaben gemachte Einteilung des Juras zu den gleichaltrigen Schichten anderer Länder, namentlich Frankreichs und Englands, in Beziehung brachte.

Hier müssen wir die wichtige Bemerkung anknüpfen, daß die Benennung der Jurastockwerke nach der Gesteinsfarbe allerdings für Schwaben zutrifft, aber nicht für die betreffenden Formationsglieder in anderen Gebieten. Deshalb sind die englischen Ausdrücke Lias, Dogger und Malm gebräuchlicher geworden.

a) Lias oder schwarzer Jura *).

Lias oder schwarzer Jura

5. Er bildet vor dem NW-Hang der Alb in einer Mächtigkeit von 50 bis 100 m das wellige Vorland, welches vor dem Gebirgswall sich weit hinaus über der Keuperdecke ausbreitet. Aber nur im NW, nicht im SO, am Donautal. Denn hier werden die tieferen Juralagen von den sandigen und mergeligen tertiären Schichten der Hochebene verhüllt. Nur die höchsten Glieder des weißen Juras ragen daraus hervor (s. Abb. 2, S. 10).

Der schwarze Jura besteht hauptsächlich aus graublau bis schwarz gefärbten Schiefern oder dunklen Kalkbänken. Die dunkle Farbe rührt her von den Verwesungsprodukten der Organismen, die bei der Erhärtung des Schlammes in die

*) S. die Aufeinanderfolge der Jurastufen auf dem Profil Abb. 2, S. 10.

Schichten eingelagert waren. Die noch nicht völlig abgeschlossene Verwesung gibt sich auch in den Schwefelquellen zu erkennen, die aus solchen Schichten fließen, sowie in dem Schieferöl, das durch Destillation daraus gewonnen wird.

Der Lias zieht sich auf der Keuperunterlage unter dem Dogger hindurch und bildet die Unterlage für diesen.

6. Die sechs Liasstufen von unten nach oben sind:

Lias α

L i a s α. Diese Stufe wird gebildet von der Psilonotenbank, dem Angulatensandstein und dem Arietenkalksandstein.

Psilonotenbank

Die P s i l o n o t e n b a n k besteht aus einer kaum 1 m mächtigen dunkelfarbigen Schicht von bald kalkiger, bald toniger Ausbildung. Sie hat ihren Namen vom Leitfossil *Ammonites psilonotus* (psilos, glatt, notos, der Rücken).

Angulatensandstein

Darüber liegt der A n g u l a t e n s a n d s t e i n, nach dem *Ammonites angulatus*, der „gewinkelte" (angulus, Winkel), genannt, ein feinkörniger, 4—6 m mächtiger Sandstein. Er wird als Baustein benützt.

Arietenkalksandstein

Der A r i e t e n k a l k s a n d s t e i n führt seinen Namen nach der Ammonitenfamilie der Arieten (aries, Widder). In diesem blauschwarzen, einige Meter mächtigen, sehr harten Gestein findet man an vielen Orten die gekrümmte Greifenauster, *Gryphaea arcuata* (gryphus, Greif, arcus, Bogen). Das Gestein wird gebrochen und als Straßenschotter gebraucht.

Lias β, Bethaton

7. L i a s β, B e t h a t o n, eine in Württemberg bis 40 m, in Franken aber nur wenige Zentimeter dicke Tonschicht, die zu Schieferplättchen zerfällt. Sie wird nach dem Leitfossil *Ammonites raricostatus* (rarus, selten, costa, Rippe) auch die

Rarikostatenschicht

R a r i k o s t a t e n s c h i c h t genannt.

Lias γ Nummismalismergel

8. L i a s γ, N u m m i s m a l i s m e r g e l. Der Name rührt her von der *Terebratula nummismalis*, die „münzenförmige" (nummus, Münze). In Württemberg bis 20 m, in Franken nur wenige Dezimeter mächtig, bildet dieser Mergel die unfruchtbarste Gegend des Albvorlandes, die zumeist nur als Schafweide benützt wird. Stellenweise reich an Belemniten.

Lias δ, Amaltheuston

9. L i a s δ, A m a l t h e u s t o n, nach dem *Ammonites Amaltheus*. Der Name bezieht sich auf Amalthea, jene Ziege, deren Horn zum Dank dafür, daß sie den Zeus gesäugt hat, als „Füllhorn" geehrt wurde. Fette Tone, die an vielen Stellen Belemniten in Menge enthalten. Die oberen Lagen dieser Stufe

Kostatenmergel

heißen auch K o s t a t e n m e r g e l, nach dem *Ammonites costatus*, der „gerippte" (costa, Rippe). Die Mächtigkeit steigt

im Fränkischen fortwährend und erreicht bei Bayreuth 60 m, im Gegensatz zu den vorausgehenden Stufen, die nach NO fast auskeilen.

Lias ε, Posidonienschiefer

10. Lias ε, der berühmte Posidonienschiefer, nach *Posidonia Bronni* (Poseidon, der Gott des Meeres, Bronn, ein bedeutender Zoologe und Paläontologe, Professor in Heidelberg, gest. 1862). In diesem Schiefer findet man die Skelette der gewaltigen Meeressaurier neben vielen anderen prächtigen Versteinerungen. Die Skelette sind flachgedrückt. Weltberühmt sind die Brüche von B. Hauff in Holzmaden bei Kirchheim unter Teck, woher die prachtvollen Saurierskelette in den Handel kommen. Vor der Einführung des amerikanischen Petroleums hat man aus diesen Schiefern Brennöl destilliert. Der Ölgehalt ist so groß, daß die Arbeiter in diesen Gegenden jetzt noch ihr Kochfeuer mit dem Schieferabraum unterhalten. Schöne, dicke Platten werden geschliffen und auf Tischplatten, Schultafeln u. ähnl. verarbeitet. Solche Platten nennt man Fleins. In Franken ist der Posidonienschiefer nur wenige Meter mächtig.

Lias ζ, Jurensiskalk

11. Lias ζ. Jurensiskalk. Er bildet einige Meter dicke Lagen eines dunkelgrauen Tonmergels, in welchem als Leitfossil der *Ammonites jurensis* eingeschlossen ist.

b) Dogger oder brauner Jura.

Dogger oder brauner Jura

12. Wenn man über die hügelige Liaslandschaft gegen den NW-Rand der Alb wandert, dann trifft man als erste Terrasse den braunen Jura. Hier beginnt sofort das Steigen.

Auf einer geologischen Karte erkennt man deutlich, wie eng sich die Doggerzone am NW-Rand den Formen des Gebirges anschmiegt, im Gegensatz zu dem weit ins Keuperland vorstoßenden Lias. Auch der Dogger verschwindet unter den aus weißem Jura gebildeten oberen Plateauschichten. Nur am NW-Rand, sowie im Bereich des zerstückelten Riesgebietes steht er an.

Die vorherrschend braune Farbe rührt von beigemengten Eisenoxyden her. In Hohenzollern ist das Stockwerk etwa 300 m mächtig, bei Göppingen 200 m, bei Aalen nur noch 120 m, am Hesselberg etwa 30 m, gegen N steigt die Mächtigkeit wieder bis gegen 100 m an.

Zwei Drittel hiervon treffen auf die beiden untersten Stufen und nur ein Drittel auf die vier oberen zusammen.

Die Eigenart der Gesteine des braunen Juras läßt schließen, daß in der Wasseransammlung, in der sie niedergeschlagen wurden, eine Änderung eingetreten ist. Hennig*) vertritt die Ansicht, daß damals wieder ein Binnenmeer bestand, in das aus dem zum „vindelizischen Land" erniedrigten ehemaligen Gebirge die kolossalen Mengen brauner Sande eingeschwemmt wurden. Diese Landschranke gegen S sei allmählich durchbrochen worden und in der Epoche des weißen Jura endgültig untergetaucht.

Wie der schwarze Jura wird auch der braune in sechs Stufen gegliedert:

Dogger α Opalinuston

13. Dogger α, der bei schlechtem Wetter berüchtigte Opalinuston, nach *Ammonites opalinus*, der ähnlich wie Opal in verschiedenen Farben schillert. Diese Schichten bilden einen weichen, bröckeligen, mergeligen Ton, der häufig 50 bis 70m hohe steile Wände bildet, in welche vom Wasser tiefe Schluchten eingerissen wurden. Der Opalinuston ist ein wichtiger Quellenhorizont.

Dogger β Personatensandstein

14. Dogger β, Personatensandstein, nach der kleinen Kammuschel *Pecten personatus*, die „maskierte" (persona, die Maske), weil die Rippen am Steinkern erst hervortreten, wenn man die Schale weggeklopft hat. Sie wird wegen ihrer Kleinheit auch *Pecten pumilus* (pumilus, Zwerg) genannt. Der Personatensandstein ist meistens arm an Versteinerungen. Dagegen findet man bisweilen die Fährten von Seesternen als wellige Furchen im Gestein. In unserem Gebiet ist er gewöhnlich nicht fest, sondern ein lockerer, brauner Sand.

Am NW-Rand aber bildet er über dem weichen Opalinuston ein festes Schutzdach. Der Personatensandstein birgt ein wichtiges Eisenerz, den Toneisenstein von 33 bis 52% Eisen, das Material des Hüttenwerkes Wasseralfingen. Je dunkler die Farbe, um so höher der Eisengehalt.

Wenn man den Dogger β bestiegen hat, steht man auf der ersten Terrasse der Alb.

Der Bearbeiter des Doggersandsteines, Ernst Schmidtill**) ist der Ansicht, daß der Opalinuston als fein verriebenes Gesteinsmaterial durch die Flüsse in das Meer hinausgeführt und dort gleichmäßig ausgebreitet wurde. Der Doggersandstein

*) l. c. S. 173.

**) Nach L. Reuter, Abriß der Geologie von Bayern, herausg. von M. Schuster, Abt. IV, S. 66.

aber sei auf einem sterilen Küstengebiet durch den Wind in Form von Dünen zusammengeweht und ins Meer geschoben, auch hineingeweht worden. Woher der Eisengehalt stammt, hat noch keine befriedigende Erklärung gefunden.

15. Dogger γ. Man unterscheidet eine untere Sowerbyi-Schicht nach dem *Ammonites Sowerbyi* (James Sowerby, englischer Botaniker und Juraforscher, gest. 1822) und eine obere Schicht, die blauen Kalke. Beide sind durch eine Tonlage getrennt. Dogger γ Sowerbyi-Schicht — Blaue Kalke

16. Dogger δ, die Koronatenschicht nach dem *Ammonites coronatus*, der gekrönte. Sie enthält auch Riesenbelemniten und die merkwürdige Hahnenkammauster. Wie die vorige Stufe besteht auch der Dogger δ aus Kalkbänken mit tonigen Zwischenlagen. Solche Tonlagen,, welche den Riesenbelemniten, *Belemnites giganteus*, enthalten, führen den Namen Giganteustone. Dogger δ Koronatenschicht — Giganteuston

17. Dogger ε. Er besteht auch aus zwei Kalkbänken, zwischen die sich eine weichere Schicht einschiebt. Die untere Bank wird nach dem *Ammonites Parkinsoni* (James C. Parkinson, englischer Paläontologe) der Parkinson-Oolith genannt. Unter Oolith (oon, Ei), Rogenstein, versteht man ein Gestein, welches aus Kügelchen von konzentrisch-schaligem Bau und einem Bindemittel besteht und wie versteinerter Fischrogen aussieht. Die obere Bank wird vom Makrozephalus-Oolith gebildet. *Ammonites macrocephalus*, der „großköpfige". Dogger ε — Parkinson-Oolith — Makrozephalus-Oolith

18. Dogger ζ, Ornatenton, nach dem Leitfossil *Ammonites ornatus*, der „geschmückte". Diese Tonschicht birgt besonders schöne Versteinerungen, fast lauter kleine, zierliche Steinkerne, die mit goldig glänzendem Schwefelkies überzogen sind. Dogger ζ Ornatenton

19. Diese in Württemberg übliche Einteilung ist in Franken wegen der geringen Mächtigkeit der Stufen γ bis ζ im allgemeinen nicht in Gebrauch. Man faßt diese vier Stufen als den oberen braunen Jura zusammen und unterscheidet nur eine untere feste Stufe als Oolith und eine obere tonige als Ornatenton.

c) Malm oder weißer Jura.

20. Wenn man von der Schichtenmächtigkeit ausgeht, so bildet der Malm die Hauptabteilung der Formation. Das Malm oder weißer Jura

Mächtigkeitsverhältnis von Lias, Dogger und Malm stellt sich ungefähr wie 1 : 3 : 6.

Der Malm breitet sich über dem Dogger als eine 300 bis 400 m dicke Tafel aus, die am NW-Rand jäh abgebrochen ist. Senkrecht starren die gewöhnlich hell gefärbten Kalksteinfelsen empor. Wo Täler in das Plateau eingeschnitten sind, finden wir sie wieder als schroffe, häufig wild zerrissene Gruppen. Sie treten überall zutage, wo auf der Höhe des Plateaus die dünne Vegetationsdecke fehlt.

Abgesehen von einigen Stellen in der Umgebung des vulkanischen Rieses findet man auf der ganzen Albfläche kein anderes Juragestein.

Wenn man am NW-Rand die Braunjura-Terrasse erstiegen hat, beginnt die zweite Terrasse, die von Malm α und β gebildet wird (s. Abb. 2 S. 10). Wer vom württembergischen Unterland zum Albplateau emporblickt, sieht nur die von Malm α und β gebildete Mauer der zweiten Terrasse. Hat man diese erstiegen, dann befindet man sich auf dem Plateau. Die vier höheren Stufen finden wir erst oben. Der Grund dieser Terrassenbildung ist der gleiche wie für Braun α und β. Denn Weiß α erscheint wieder als ein gewaltiges Tonlager. Über diesem aber erhebt sich als eine geschlossene Kalksteinschicht Weiß β, das als schützendes Dach über den Ton vorspringt und dessen rasche Fortführung verhindert.

Aber trotz seiner Festigkeit ist der Kalkstein von Klüften und Rissen durchsetzt, in denen das Wasser versinkt. Dieses wird aber von der zähen, schmierigen Tonmasse zurückgehalten. So entsteht zwischen Weiß α und β ein wichtiger Quellenhorizont. An dieser Grenzschicht kommen viele Wasserläufe des NW-Randes zum Vorschein und stürzen über die steilen Tongehänge hinab.

Vordringen des Meeres

21. Der Wechsel im Gesteinsmaterial läßt wiederum auf einen Wechsel im Sedimentierungsvorgang schließen. Die sandigen und mergeligen Absätze des schwarzen und braunen Juras verraten ein nicht zu fernes Festland im S und O. Das Hauptgestein des weißen Juras ist Kalkstein, der aus einem Kalkschlamm entstanden ist, zu dessen Bildung das Festland kaum mehr beigetragen hat. Hier spielt nun wieder das uralte vindelizische Land herein. Es hat früher die sandigen und mergeligen Schichten des Keupers geliefert. So wurde es immer niedriger, und nach der Ansicht verschiedener Forscher

sank es am Ende der Doggerzeit zum größten Teil unter den Meeresspiegel. Demnach dürften wir weiter schließen, daß nunmehr das ozeanische Mittelmeer aus dem Süden über das Gebiet der jetzigen Hochebene nach Norden vordrang. Die Meerestiefe blieb aber nicht gleich. Immer wieder ein Auf und Nieder des Grundes. Später werden wir finden, daß in unserem Gebiet Korallen und Schwämme Riffe bauten, was wieder weniger tiefes Wasser vermuten läßt.

Wir wenden uns nun zu den sechs Malmstufen.

Malm α Impressaton

22. Malm α, Impressaton, nach der *Terebratula impressa*, die „eingedrückte", wegen einer Einbuchtung an ihrem Stirnrand. In Franken liegt unter dem Impressaton ein Tonmergel, die Transversariuszone, nach dem *Ammonites transversarius*, der „in die Quere liegende".

Transversariuszone

Malm β „wohlgeschichtete Kalkbänke"

23. Malm β, Werkkalk, Quenstedts „wohlgeschichtete Kalkbänke", ein lichter, oft gelblicher Kalkstein, der in sehr regelmäßig aufeinanderfolgenden, etwa 20 cm dicken Bänken auftritt. Er bildet den fast senkrechten Steilrand über den Hängen des Impressatons. Das Gestein wird zu Bauzwecken, als Straßenschotter, sowie zum Kalkbrennen verwendet.

Während am Steilrand der Alb der Buchenwald mit hinansteigt, aus dem die senkrechten Kalksteinfelsen herausschauen, umgibt den Wanderer auf der Weiß-β-Terrasse oben eine ganz andere Szenerie. Oben dehnen sich an Stelle des Waldes Getreidefelder aus, die mit zahllosen eckigen Kalksteinbrocken übersät sind.

Malm γ, oberer grauer Mergelkalk

24. Malm γ, oberer grauer Mergelkalk, 25 bis 30 m mächtig. Leitfossil ist die Terebratel *Rhynchonella lacunosa*, die „vertiefte", weil sie am vorderen Ende eingedrückt erscheint. Diese Mergelschicht ist zwischen zwei Kalksteinlagen, Weiß β und δ, eingeschoben, also wieder der Anlaß zur Bildung einer Terrasse, diesmal aber auf der Höhe selbst.

Von dem Mergel dieser Stufe wird das durch den darüber befindlichen δ-Kalkstein versickernde Wasser zurückgehalten. Wieder ein Quellenhorizont, aus welchem die merkwürdigen Quelltöpfe der zur Donau sich wendenden Albflüsse ihr Wasser beziehen. Wenn auch die Umrandung eines Quelltopfes aus den höheren Schichten des Malm δ oder ε besteht, so ist die Unterlage, auf welcher das in der Tiefe vagabundierende Wasser sich sammelt, der weiche γ-Mergel, von dem aus das Wasser nach

dem Gesetz der kommunizierenden Röhren nach aufwärts gedrückt wird. Oben läuft der Quelltopf über. Wegen der leichten Schichtenneigung gegen SO streben die Gewässer der Albfläche der Donau zu.

Malm δ

25. Malm δ, bestehend aus bis zu 1 m starken Kalksteinbänken zwischen mergeligen Zwischenlagen. Das ist so zu verstehen, daß auf den Absatz von Kalkschlamm eine Periode folgte, in welcher kalkig-toniger Schlamm sich absetzte. So ergab sich eine Diskontinuität in der Aufeinanderfolge der erhärteten Sedimente. Neben diesen geschichteten Kalksteinen treten aber auch massige Felsenkalke auf, die ihre Entstehung riffbildenden Schwämmen verdanken.

An manchen Orten sind reichlich Versteinerungen zu finden. An die Stelle des Leitfossiles *Rhynchonella lacunosa* von Malm γ tritt die schöne Terebratel *Rhynchonella trilobata*, die „dreilappige".

Treuchtlinger Marmor

Zum Malm δ gehört auch der „Treuchtlinger Marmor", 0,4 bis 1,2 m dicke Bänke eines sehr dichten Kalksteins. Das Gestein ist reich an Fossilien, die an den schön geschliffenen Säulen, Gesimsen u. dgl. in verschiedenen Schnittfiguren deutlich hervortreten. Diese Schichten erreichen 50 m Mächtigkeit.

26. Wir gelangen endlich zum obersten weißen Jura, den Stufen Malm ε und ζ.

Die Hochfläche der Alb

Diese beiden Stufen breiten sich über die ganze Albfläche aus und reichen auch bis zum Rand des Donautales. Hier oben verdient die Alb im Winter die Bezeichnung „rauh" Im Sommer aber wird das Auge des Wanderers erfreut von ausgedehnten Getreidefeldern und Buchenwäldern. Aber auch öde, steinige, mit Wacholder und Schlehengestrüpp bewachsene Hänge wechseln damit ab.

Sehr schlimm machte sich früher auf der Alb der Wassermangel geltend. Denn das Wasser versinkt durch die Risse und Spalten in unerreichbare Tiefen. So waren die Bewohner der Alb gezwungen, sich mit Zisternenwasser zu behelfen, sowie Wasser in Fässern aus den Tälern heraufzuführen. Diesem Notstand ist in Württemberg durch die großartige Albwasserversorgung abgeholfen worden. Dieses Riesenwerk wurde 1870 begonnen. Jetzt durchzieht das ganze Gebiet ein Röhrennetz von über 1000 km. Es ist in zehn Gruppen geteilt und

Albwasserversorgung

reicht von den Heubergen bis zum Härtfeld. Das Wasser wird aus Talquellen in Hochreservoire gepumpt und von hier verteilt.

Malm ε, Massenkalk, plumper Felsenkalk

27. Malm ε, Massenkalk, plumper Felsenkalk. Dieses Gestein ist sehr zerklüftet. Daher die Wasserarmut der Hochfläche.

Man unterscheidet verschiedene Gesteinsformen:

Korallenkalk

a) Korallenkalk, voll von verkieselten Tierresten, namentlich schönen Korallenstöcken. Weltberühmte Fundstellen waren im Wald St. Margarethen zwischen Oggenhausen und Nattheim. Wo die Korallenstöcke gefunden werden, war ehemals die Oberfläche des Riffes.

Schwammkalk

b) Schwammkalk, der Kalkschwämmen seine Entstehung verdankt. Sowohl die Korallen, als auch die Schwämme sonderten die gewaltigen Kalkmassen ab, auf denen sie sich bei sinkendem Land immer weiter in die Höhe bauten, um stets in der für ihre Lebensweise günstigsten Wassertiefe (nicht allzuweit unter dem Wasserspiegel) sich zu befinden.

Es ist aber sehr zu beachten, daß Korallen- und Schwammkalke durchaus nicht etwa auf Malm ε beschränkt sind. Sie kommen auch in den früheren Malmstufen vor. Auch in den früheren Abschnitten der Malmepoche waren in unserem Meeresbezirk die Bedingungen zu Riffbauten gegeben, wenn auch das Maximum dieser Bildungen in Malm ε fällt.

Marmorkalk

c) Marmorkalk. Man darf darunter nicht den zu den kristallinen Urgesteinen gehörenden echten Marmor verstehen. Es handelt sich hier um ein Sedimentgestein, einen sehr dichten, harten Kalkstein, der aus dem Korallen- und Schwammkalk entstanden ist. Aus ihm besteht wohl die Hauptmasse des Malm ε.

Zuckerkorn

d) Nimmt dieser Marmorkalk kristallinische Struktur an, so spricht man von zuckerkörnigem Kalkstein oder „Zuckerkorn“ Auf rauhen Bruchflächen erkennt man deutlich das kristalline Gefüge und ein Glitzern im Sonnenschein. Aber auch wohlausgebildete Kalkspatkristalle kommen an den Oberflächen der Spalten nicht selten vor. Hier hat das abrieselnde Wasser seinen kohlensauren Kalk abgegeben, woraus sich ganz langsam die Kristalle aufgebaut haben.

Dolomit

e) Dolomit. Er enthält neben kohlensaurem Kalzium wechselnde Mengen von kohlensaurem Magnesium. Das Magnesium entstammt dem Eiweiß der Meeresorganismen.

Das Dolomitgestein ist sehr hart. Wenn dennoch die Verwitterung an schwächeren Stellen ansetzt, so widersteht die Umgebung. Dadurch verläuft dieser Prozeß in dem Felsen recht unregelmäßig und die Folge davon ist, daß das Dolomitgestein ganz zerfressen aussieht. Gerade diese unregelmäßige Verwitterung schafft die wild zerrissenen Felsen, wodurch der Fränkische Jura ausgezeichnet ist.

Der Dolomit zeigt eine Mächtigkeit bis zu 100 m. Wir haben uns für die Malm-ε-Zeit in unserem engeren Gebiet ein untiefes Meer mit Korallen- und Schwammriffen, Inseln und Inselchen zu denken.

Malm ζ, Plattenkalk

28. Malm ζ, Plattenkalk, mehr oder weniger dünnschichtige Lagen, die leicht zu dünnen Platten zerfallen. Diese Platten sind stark tonhaltig, so daß sie in der Ulmer und

Zementmergel

Blaubeurener Gegend als „Zementmergel" zu Zement verarbeitet werden können.

Die Mächtigkeit des Plattenkalkes ist sehr wechselnd. Im Durchschnitt kann man sie im Schwäbischen Jura zu 50 m annehmen.

Die Plattenkalke sind gewöhnlich arm an Fossilien. Stellenweise aber beherbergen sie die Reste einer reichen Tierwelt von Ammoniten, Muscheln, Armfüßlern, Stachelhäutern usw., so in der Eichstätter Gegend, wo auch Fische, Insekten, sogar Abdrücke von Quallen gefunden werden.

Hornsteinknollen

Im Massen- und Plattenkalk sind mitunter Hornsteinknollen eingeschlossen. Diese sind gewöhnlich mit einer weißen Kieselrinde bedeckt. Das graue Innere zeigt häufig konzentrische Schichtung. Diese Knollen gelangen durch die Verwitterung des Kalksteins in die Ackererde und sind bei den Landleuten wegen Beschädigung des Pfluges als „Eisenfresser" sehr unbeliebt.

Malm ε und ζ werden gewöhnlich nicht als zeitlich aufeinanderfolgende Stufen aufgefaßt, sondern als gleichalterige Bildungen.

Man stellt sich die gegenseitigen Beziehungen folgendermaßen vor. Wo jetzt die Plattenkalke liegen, befanden sich die Lagunen hinter den Riffbauten. Hier war ruhiges Wasser, und hier wurde der feine Schlamm abgesetzt, der zu den Plattenschichten sich verfestigte.

Dendriten

Häufig findet man auf diesen Kalkplatten „Dendriten", welche von Unkundigen für Abdrücke von Moosen oder Farnen

gehalten werden. Diese schönen Gebilde sind aber Manganverbindungen, die sich aus dem solche Stoffe enthaltenden Wasser zwischen den Schichtflächen ausgeschieden haben.

Ein besonders feines, homogenes Korn besitzen die Solnhofener Platten, aus denen die lithographischen Steine geschliffen werden. Die Schicht ist bis zu 80 m mächtig und wird bei Solnhofen und Mörnsheim in Tagbauten gebrochen. Außer dem Haupterzeugnis, den lithographischen Steinen („Flinze"), kommen aus den Solnhofener Brüchen auch Dachschiefer, Bodenbelegsteine u. dgl. in den Handel. **Solnhofener Platten**

In diesen Brüchen wurden die berühmten beiden Archäopteryx-Exemplare (archaios, uralt, pteryx, Flügel) gefunden. Man darf aber nicht erwarten, bei einem Besuch dieser Brüche eine Menge schöner Versteinerungen zu finden. Diese sind ziemlich rar. Aber die Steinbrecher haben ein wachsames Auge darauf und sammeln sie. **Archäopteryx**

29. Während die aufeinanderfolgenden Jurastufen im Vorland und am NW-Hang in der ganzen Längenerstreckung der Alb eine ziemliche Gleichmäßigkeit aufweisen, treffen wir auf der Hochfläche der Alb an verschiedenen Stellen eine besondere Ausbildung der Gesteine, die man entweder zeitlich voneinander trennt oder als verschiedene Fazies auffaßt.

Wir wollen nur die für unser Gebiet wichtigsten Vorkommnisse herausgreifen.

Auf der Neuburger Alb, an den Rändern des Donautales in der Neuburger Gegend, sowie im Wellheimer Trockental wird ein geschichteter, hellgrauer, toniger, an Hornsteinknollen reicher Kalkstein gefunden, der von dem Erforscher dieses Gebietes, Th. Schneid, den Namen der Reisbergschichten (nach dem großen Steinbruch am Reisberg bei Böhmfeld nördlich von Gaimersheim) erhalten hat. **Reisbergschichten**

Diese Unterstufe ist etwa 40 m mächtig.

Als oberstes Gestein in der erwähnten Gegend wird der ebenfalls etwa 40 m mächtige Neuburger Kalk angeführt, ein heller Kalkstein, in dicken Bänken, der namentlich in Unterhausen bei Neuburg in tiefen Brüchen abgebaut wird. **Neuburger Kalk**

Eine weitere Unterstufe des obersten weißen Juras bilden dickplattige Kalkbänke, die mit feinverteilter Kieselsäure durchsetzt sind. Hierher gehört der sog. „Wilde Fels". Bei der Auslaugung solcher Schichten blieb als Rückstand die fein- **Wilder Fels**

Neuburger Weiß

körnige Kieselsäure zurück, die als „Neuburger Weiß", von dem später noch die Rede sein wird, Verwendung findet.

Brenztaloolith

30. Endlich treffen wir im Brenztal eine vielerörterte Gesteinsform des obersten Malm ζ, den sog. Brenztaloolith der Heidenheimer Gegend, der auf den Höhen über Schnaitheim in großen Steinbrüchen gewonnen wird. Dieser Oolith ist aber nicht mit dem Rogenstein, von dem schon früher die Rede war, zu verwechseln. Das „oolithische" Gefüge des harten Gesteins rührt davon her, daß winzige Schalenstückchen zusammengebacken sind. Es liegt also eine sehr feine Muschelbresche vor, offenbar eine Strandbildung, wie wir sie auch im Rhät des obersten Keupers kennengelernt haben.

Genauer äußert sich hierüber Fritz Musper*). Aus der Zusammenfassung dieser umfangreichen Abhandlung ergibt sich folgendes Bild. Am Ende der Jurazeit zog sich das Meer aus dem so lange überfluteten süddeutschen Land zurück. Vor der vom Schwarzwald über den Odenwald und die Maingegend zum Bayerisch-Böhmischen Wald sich hinziehenden Küste lag noch ein Barriereriff. Innerhalb dieses Riffes lagerte sich im ruhigen Wasser der Schlamm ab, aus dem sich der Plattenkalk bildete. In der Heidenheimer Gegend aber wurde dieses Riff durchbrochen. Das noch unverfestigte Sediment, das aus dem feinen Zerreibsel des Riffes, dem „Korallenschlick", bestand, wurde aufgewühlt. Während an andern Stellen, wie bei Solnhofen, sich in ruhigen Buchten feinster Schlamm niederschlug, hatte sich hier bei bewegtem Wasser gröberes Material angehäuft, welches zum Brenztaloolith sich verfestigte. Dieses Gestein stellt die letzten Ablagerungen des aus Süddeutschland abziehenden Meeres dar. Das so lange Zeit vom Meer bedeckte Gebiet verwandelte sich in das Festland der heraufziehenden Kreidezeit.

Höhlen

31. Sowohl der Schwäbische als auch der Fränkische Jura ist reich an Höhlen. Sie sind teils grottenartig, teils gangartig. Sie werden wohl in den meisten Fällen dem unterirdisch abfließenden Wasser ihre Entstehung verdankt haben**). Viele

Tropfsteln

sind mit Tropfsteinbildungen geschmückt. Diese hängen als Stalaktiten an der Decke und an den Wänden wie

*) Der Brenztaloolith, Jahresh. d. Ver. f. vaterl. Naturk. in Württemberg, 76. u. 77. Jg. (1920 u. 1921).

**) Über die Höhlen der Fränkischen Schweiz ist von Major Dr. Adalb. Neischl eine eingehende Untersuchung mit 24 Tafeln veröffentlicht worden, Nürnberg 1904, Schrag.

Eiszapfen herunter und ragen als Stalagmiten vom Boden empor. Ihre Entstehung haben wir uns folgendermaßen zu denken. Das kalkreiche Wasser tropft von der Decke herab. Durch Entweichen von Kohlensäure und durch Verdunsten von Wasser scheidet sich eine Spur von kohlensaurem Kalzium aus. Und an der Stelle, wo der Tropfen am Boden auffällt, findet das gleiche statt. Und wenn auch das, was der einzelne Tropfen liefert, verschwindend gering ist, so summieren sich im Lauf der Zeit diese Spuren zu ansehnlichen Gebilden, zu den erwähnten Stalaktiten und Stalagmiten bzw. Säulen, Pfeilern, Vorhängen, wenn beiderlei Tropfsteinbildungen zusammentreffen und verschmelzen.

Außer den wirklichen Höhlen gibt es auch trichterförmige Erdlöcher, Hühlen. Das an der Oberfläche zusammenlaufende Regenwasser versinkt in Spalten und nagt in der Tiefe Hohlräume aus. Durch Einsturz des Daches solcher Hohlräume bilden sich Erdlöcher, auch Wetterlöcher, Schauerlöcher, Teufelskutten usw. genannt. Weitere Ausnagungen geben die Veranlassung zu größeren Einsenkungen, den sog. Erdfällen. **Hühlen** **Erdfälle**

d) Die lehmige Albüberdeckung.

32. Es war schon früher davon die Rede, daß auf dem Juraplateau keineswegs überall die kahlen Kalkfelsen und Kalkplatten zutage treten. Die Juragesteine sind hier vielmehr größtenteils durch eine Verwitterungsdecke verhüllt, welche den für die Vegetation geeigenten Nährboden liefert. **Die lehmige Albüberdeckung**

Es handelt sich hier um Lehmschichten von weiter Ausdehnung. Und doch ist das vorherrschende Gestein auf der Alb Kalkstein! Aber dieser besteht durchaus nicht lediglich aus kohlensaurem Kalzium, sondern schließt stets mehr oder weniger, bis zu 10 %, tonige Bestandteile ein. Wenn nun dieses Gestein an der Oberfläche der Verwitterung ausgesetzt ist, dann verfällt das kohlensaure Kalzium der Auflösung durch das kohlensäurehaltige Wasser, die tonigen Partikelchen aber bleiben bestehen. Die Verwitterungsprodukte verlieren so mehr und mehr ihren Kalkgehalt und reichern sich an Ton an. Es kann sogar so weit kommen, daß aus einer Kalksteinoberfläche nichts weiter übrig bleibt, als die ursprünglich geringe tonige Beimischung, die aber der Auflösung widersteht.

Die Tonteilchen werden wegen ihrer feinflockigen Beschaffenheit vom Fließwasser fortgeführt und an niedrigeren

Stellen abgesetzt. So entstand die braune Lehmdecke, welche für den Getreidebau in dem sonst so unwirtlichen Gebiet auf dem Juraplateau einen sehr günstigen Boden abgibt.

Höhlenlehm

Auch der Höhlenlehm in den zahlreichen Höhlen der Alb ist nichts weiter als der Rückstand des verwitterten und aufgelösten Kalksteins. Er ist für die Vorgeschichte so wichtig, weil er alles, was in der Höhle liegen geblieben ist, Knochen, Steinwerkzeuge, Scherben, umschloß und getreulich aufbewahrte.

An vielen Stellen der Albfläche ist übrigens der lehmigen Albüberdeckung Sand beigemischt. Ja, dieser wird sogar manchenorts vorherrschend, so daß man in solchen Gegenden von einer sandigen Albüberdeckung sprechen kann.

4. Der Jura im Norden des Gebietes.

33. Unser Regierungsbezirk greift sowohl in den Schwäbischen, als auch in den Fränkischen Jura ein. Vom Schwäbischen Jura kommen die Ausläufer des Aalbuchs und Härtfeldes, vom Fränkischen das Altmühlgebirge in Betracht. Dazwischen liegt der durch eine gewaltige Explosion aus dem Juraplateau herausgesprengte Rieskessel.

Somit ergeben sich zwei Abschnitte, ein westlicher und ein östlicher.

Im Süden aber finden wir mächtige Ablagerungen der Juraformation im Allgäuer Hochgebirge, welche wir an die im vorausgehenden behandelten Triasschichten dieses Gebirges angliedern werden.

a) Aalbuch und Härtfeld.

34. Der Aalbuch reicht von der Bahnstrecke Ulm-Stuttgart nordöstlich bis zum Kocher- und Brenztal. Der südwestliche, der Donau zugewandte Teil wird die Ulmer Alb genannt. Das Härtfeld erstreckt sich vom Kocher- und Brenztal bis zum Ries.

Der Gebirgscharakter entspricht im allgemeinen dem, was bereits über die Schwäbische Alb mitgeteilt worden ist. Im NW brechen beide Abschnitte in Steilhängen zum württembergischen Unterland ab und weisen hier auf kurze Entfernungen eine Höhendifferenz von 150 bis 300 m auf: Kaltes Feld nordwestlich von Weißenstein 775 m — Weißenstein Stadt 542 m,

Hochberg südöstlich von Heubach 753 m, Rosenstein östlich von Heubach 721 m — Heubach 465 m, Braunenberg nordöstlich von Aalen 725 m — Aalen 428 m, Geissel 641 m — Lauchheim 491 m, Ipf 668 m — Bopfingen 467 m. Von den Vorbergen sind zu nennen: Stuifen südlich von Gmünd 757 m, Hohenrechberg 707 m, Hohenstaufen 684 m.

In südöstlicher Richtung gegen das Donautal breitet sich mit allmählicher Abdachung in gleicher Richtung eine wellige Hochfläche aus. Die Juraschichten liegen nicht horizontal, sondern sind unter Winkeln von 0,5 bis 1,5° gegen SO geneigt. In der südöstlichen Hälfte wird die Neigung stärker. Sie wird von Christian Regelmann auf 2,5° angegeben. Von diesem Knick wird hernach noch die Rede sein.

Die Höhendifferenzen zwischen dem SO-Rand der Schwäbischen Alb gegen die Hochebene stellen sich folgendermaßen dar: Kugelberg nordöstlich von Thalfingen 552 m — Thalfingen 472 m, Höhe nördlich von Niederstotzingen 542 m — Niederstotzingen 473 m, Höhe nordöstlich Obermedlingen 499 m — Obermedlingen 445 m, Höhe nördlich von Haunsheim 499 m — Haunsheim 447 m, Höhe nördlich von Bergheim 500 m — Ried südlich von Bergheim 436 m, Höhe nördlich von Mörslingen 540 m — Mörslingen 430 m, Höhe nördlich von Schwennenbach 545 m — Schwennenbach 432 m, Höhe östlich von Oppertshofen 515 m — Donaumünster 412 m.

Daß der Jurarand am Donautal so wenig gebirgsmäßig aussieht, hat aber seinen Grund auch darin, daß die verschiedensten tertiären Gebilde in tiefen Buchten den Tälern folgend in die Albtafel eindringen. Deshalb gibt es hier auch weniger felsige Steilhänge als mitten in der Hochfläche und namentlich am NW-Hang.

Es ist schon bei der Formationsbeschreibung jeweils das Vorkommen der Jurastufen für unser Gebiet erwähnt worden. Wir sahen, daß der Nordwesthang, wo das Gesamtprofil der Formation an geeigneten Stellen, z. B. an der Geislinger und an der Weißensteiner Steige, erschlossen ist, für unseren Regierungsbezirk nicht mehr in Betracht kommt. Es war aber wiederholt davon die Rede, daß im wildzerrütteten Riesgebiet die verschiedensten Stufen in anormaler Lagerung gefunden werden. Auch der Umstand wurde schon betont, daß auf dem Plateau selbst nur die beiden obersten Jurastufen, Malm ε und ζ, vorkommen und an unzähligen Stellen angetroffen werden, wo sie

nicht durch die aus der Verwitterung der Oberfläche entstandene lehmige Albüberdeckung bzw. die Vegetation verdeckt sind.

35. Nur mit der Beurteilung des am Donautal unvermittelt verschwindenden Jurakalksteines müssen wir uns noch etwas eingehender befassen.

Um die Jahrhundertwende galt die Ansicht der württembergischen Geologen als feststehend, daß im ursächlichen Zusammenhang mit der Aufrichtung des Alpengebirges hier am Jurarand, als dem Widerlager dieser gewaltigen Krustenbewegung, die Juratafel abbrach und mitsamt dem Rindenteil der jetzigen Hochebene in die Tiefe versenkt wurde. Demnach wäre die SO-Flanke der Rauhen Alb ein Bruchrand. Die Vertreter dieser Ansicht gaben auch die Zeit an, wann der Abbruch stattgefunden haben soll. Da nämlich der oberoligozäne Ulmer Landschneckenkalk regelmäßig und ungestört auf der zerbrochenen Weißjuratafel ausgebreitet ist, so müßte der Bruch vor dieser Zeit stattgefunden haben. Er wäre demnach in die ältere Tertiärzeit zu verlegen.

Donaubruchlinie

Dieser Ansicht wurde von Christian Regelmann*) widersprochen. Bei der Neigung der Schwäbischen Alb von NW nach SO tauchen nach seiner Ansicht die Juraschichten ohne Bruch unter die tertiären Ablagerungen der Hochebene unter. Die Neigung sei genügend stark, so daß in der Tiefe des 29 km vom Albrand entfernten Ochsenhausener Bohrloches bei 738 m die Juraschichten nicht mehr hätten erreicht werden können. Nun meint E. Hennig **) allerdings, in dem größtenteils ungeschichteten Massenkalk auf der Alb sei ein Einfallgesetz kaum faßbar. Ein genauer Fallwinkel könne deshalb kaum ermittelt werden.

Gegen Regelmann wandte sich Eb. Fraas ***). Regelmann habe für das Nichtvorhandensein einer Bruchlinie den Beweis nicht erbracht. Aber man kann auch nicht mit Gegenbeweisen aufwarten.

Ein wichtiger Punkt für diese Frage ist die auch von Regelmann betonte Zunahme des Schichtenfallens in der Nähe des SO-Randes der Alb. Man kann hier wohl von einer Flexur (flectere, beugen) sprechen. Dann könnte vielleicht der negative Befund im Ochsenhausener Bohrloch immer noch durch die

*) Ber. d. oberrhein. geolog. Vereins, 41. Versamml. 1908, S. 39/51.
**) Geologie von Württemberg, Berlin 1923, S. 324.
***) Ber. d. oberrhein. geolog. Ver., 43. Versamml. 1910, II. Teil, S. 77/78.

Flexur veranlaßt worden sein. Man brauchte nicht unbedingt einen Abbruch, eine Verwerfung als Grund hierfür annehmen. So scheint sich auch Hennig *) zu der Frage zu stellen. Denn er schließt seine Erörterung mit den Worten: „Außer der Bewegung, die zu einer Abbeugung des südlichen Albkörpers von längerer Dauer führte, vermag ich keine Störung von Belang, vor allem keinen Verwurf zu erblicken, dem der Name Donauabbruch gebührte"

Wir wollen uns die Situation noch einmal überlegen. Direkte Beweise für einen Abbruch der SO-Flanke der Alb können allerdings im Gelände nicht erbracht werden. Und doch sind wir zur Annahme eines solchen auf Grund der tektonischen Verhältnisse der älteren Tertiärzeit berechtigt. Wir wissen, daß in der mittleren Tertiärzeit das Meer den jetzigen Jurarand bespülte. Viele Meeresküsten laufen alten Bruchlinien entlang. Gerade solche Meeresküsten sind dadurch gekennzeichnet, daß in ihrem Bereich tätige oder erloschene Vulkane vorkommen. Auch im Verlauf der Schwäbischen Alb befinden sich an drei Stellen umfangreiche vulkanische Gebiete: im Hegau, in der Gegend von Urach und im Ries.

Wir werden später noch erfahren, wie die Eruptionstätigkeit dieser ehedem vulkanischen Gebiete in einen ursächlichen Zusammenhang mit den gewaltigen tektonischen Vorgängen bei der Aufrichtung des Alpengebirges gebracht wird. Damals sank das Gebiet der jetzigen Hochebene neuerdings in die Tiefe, anscheinend aber nicht lediglich im ruhigen, gleichmäßigen Verlauf der Oszillationen, wie sie die säkulare Hebung und Senkung der Kontinente bewirkt, sondern veranlaßt durch den von S wirkenden furchtbaren Gebirgsdruck. Diese maßlose Kraftäußerung mußte irgendwo an einem Widerlager sich gebrochen haben. Und dieses Widerlager wird eben die inzwischen konsolidierte Kalktafel der Alb gewesen sein. Daß aber beim Walten so ungeheurer Kräfte auch das Widerlager arg in Mitleidenschaft gezogen wurde, leuchtet ein. Und darauf dürfen wir nicht nur die Flexur, die Abbiegung der Neigungsachse, von der vorhin die Rede war, zurückführen, sondern auch vermuten, daß am Rand eines unnachgiebigen Kalkstein-Plateaus schwere Verletzungen eintraten, die wir eben unter dem Begriff einer Donaubruchlinie subsummieren. Legt uns doch der Umstand,

*) S. 325.

daß gerade am jetzigen Jurarand die tiefste Stelle des Landes entstand, zu der die Gewässer ihren Lauf nehmen, eine solche Vermutung nahe.

Wo aber bei der Einsenkung der Mulde im Norden des voralpinen Gebietes diese Verletzung der Erdrinde stattgefunden hat, das können wir im Gelände nicht zeigen. Die Beweise stecken in unergründlicher Tiefe. Sie liegen begraben unter den mächtigen tertiären Sedimenten *).

Das Wassersystem des Aalbuchs und des Härtfeldes

36. Die tief eingeschnittenen Täler der Brenz und des obersten Kochers trennen den Aalbuch vom Härtfeld und bilden so zwei ungefähr gleich große Plateauabschnitte. Die Wasserscheide zwischen Rhein und Donau befindet sich in der Nähe des NW-Randes. Hier entspringen die hurtigen Wasserläufe, welche das durch die Verwitterung und die Erosion abgebröckelte Gestein rasch entführen und eine ungleich größere geologische Arbeit leisten, als die viel längeren Gewässer des Gebietes, welche sich in die Donau ergießen.

Während die dem nördlichen Albtrauf zustrebenden Gewässer nicht mehr zu Bayern gehören, haben wir uns mit den der Donau tributären Wasserläufen zu beschäftigen.

Brenz

37. Da ist es vor allem die Brenz, welche ein sehr interessantes erdgeschichtliches Problem in sich birgt. Wir haben schon früher (S. 26) erfahren, daß die Alb am NW-Rand verhältnismäßig rasch Gelände verliert. Der Jura hat ja in früheren Erdzeiten über den Schwarzwald hinaus gereicht. Natürlich ist dieses alte Albplateau von jeher von Flüssen und Bächen durchzogen worden. Aber die Oberläufe reichten ehedem viel weiter nach NW. Als nun die Alb bis an ihren jetzigen Rand zurückweichen mußte, wurden natürlich die Quellgebiete dieser alten Albflüsse weggefressen. So erlitt die Donau eine große Einbuße. Die Trockentäler auf der Alb sind alte Flußläufe, deren Quellgebiete von den am NW-Rand arbeitenden Neckarnebenflüssen geräubert worden sind. So entstanden Taltorsos oder Talstumpen.

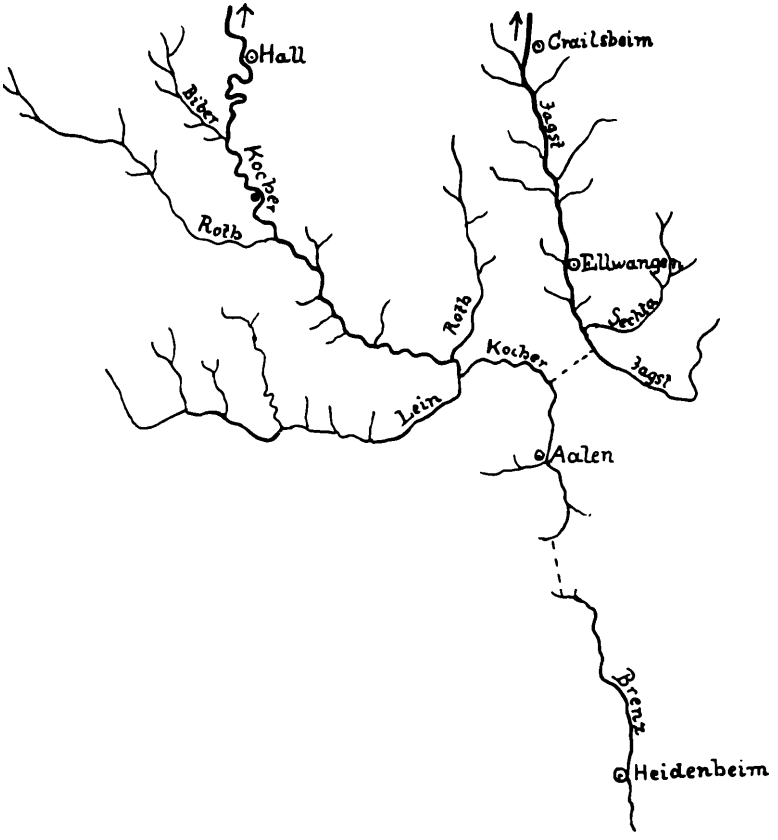
Taltorso Talstumpen

Eines der schönsten Beispiele hierfür bietet das Brenztal. Die Brenz entspringt in Königsbronn nördlich von Heidenheim in einem von Ulmen und Buchen beschatteten, von mächtigen Felsen überragten Quelltopf kristallklaren, grünlichblauen

*) Eine sehr genaue, kritische Untersuchung über die Frage des „Donauabbruches" findet man in der großen Abhandlung von Aug. Moos über das Tertiär zwischen Ulm und Donauwörth, geogn. Jahresh. 37 (1924), S. 174/7.

Wassers. Das Wasser steigt in so reicher Menge aus der Tiefe empor, daß der Abfluß des Topfes sofort eine beträchtliche Wasserkraft für die Industrie liefern kann. Dem Brenztopf gegenüber sprudelt ebenfalls unter einem Felsen die mächtige Quelle des Pfeffers hervor und treibt sofort die Maschinen eines Hüttenwerkes.

Abb. 5.



Kartenskizze des Jagst-, Kocher- und Brenzlaufes als früher zusammengehörendes Flußsystem. (Nach Eb. Fraas, Exkursionsberichte der 41. Versammlung des oberrhein. geolog. Ver. 1908, S. 25.)

Früher aber, als die Alb noch weiter nach NW reichte, war das Quellgebiet etwa 50 km weiter nördlich in der Gegend von Crailsheim und Hall *).

*) Gugenhan, Zur Talgeschichte der Brenz, Jahresh. d. Ver. f. vaterl. Naturkunde in Württemb., 59 (1903), S. 232 ff.; derselbe, Beitr. z. Bestimmung d. früheren Ausdehnung d. Flußtäler d. Schw. Alb, dieselben Jahresh. 56 (1900), S. 484 ff.; Eb. Fraas, Ber. d. oberrh. geol. Ver. 41 (1908), S. 25 ff. (Exkursionsbericht).

Das kann auf der Karte noch gezeigt werden. Denn das Talsystem des oberen Kochers und der oberen Jagst ist nichts weiter als das alte Einzugsgebiet der Brenz. Man sieht es diesem Talsystem an, daß es in der Richtung nach dem jetzigen Brenztal ausgebildet wurde. Wenn man die kurzen Zwischenstücke hinzunimmt, erhält man ein Bild, wie es einem nach S orientierten Flußgebiet zukäme.

Damals war natürlich die Brenz viel stattlicher und hat der Donau wohl ganz andere Wassermassen gebracht als heutzutage. Aber als dieses Einzugsgebiet durch den fortwährenden Landverlust der Alb im NW für die Brenz verlorenging, da verblieb der Brenz nur noch ihr Unterlauf. Alles übrige aber floß nun als Kocher und Jagst zum Neckar.

Daß das früher so war, kann man sich schon auf einer Bahnfahrt von Heidenheim nach Aalen vergegenwärtigen. Zwischen Königsbronn und Oberkochen überschreitet man die europäische Wasserscheide, ohne es im Gelände zu bemerken. Denn zwischen dem Brenztopf in Königsbronn und dem Kocherursprung südlich von Oberkochen erkennt man nicht die geringste Geländeschwelle. Die Wasserscheide befindet sich im Tal selbst.

Daß das Einzugsgebiet des Kochers und der Jagst in der Tat ehemals der Brenz gehörte, wird aber namentlich durch den Verlauf der Talterrassen und der Verbreitung der Goldshöfer Sande nachgewiesen.

38. Dieses Schicksal der Brenz ist typisch für alle andern Albflüsse westlich von ihr. Am schlimmsten ist die Donau selbst daran, die in der Donaueschinger und Tuttlinger Gegend durch Flankenangriffe von N und S bedroht wird und schon mehrere Nebenflüsse verloren hat. Überall im Gebiet der Schwäbischen Alb spielt sich ein Kampf der Donau mit dem Rhein ab, in dem die Donau unterliegt. Denn die Zuflüsse des Rheins haben wegen der tiefen Lage des Rheintales ein starkes Gefälle und deshalb eine viel bedeutendere Erosionskraft als die Donau. Sie arbeiten sich so immer weiter nach rückwärts, bis sie einem Nebenfluß der Donau in die Flanke geraten und ihn in die neue Richtung zwingen. So ging es ehedem der Wutach und der Eschach. Das gleiche kann der Donau selbst widerfahren. Schon jetzt ist sie ja dem Rhein tributär durch die Abzapfung des Wassers an den Versickerungsstellen in der Gegend von Tutt-

lingen *). Es ist zu fürchten, daß der Schaden immer weiter frißt und daß aus dem jetzigen unterirdischen Ablauf dereinst ein oberirdischer wird, wenn die Erosionsarbeit, welche die Donau zu ihrem eigenen Schaden an den Versickerungsstellen ausführt, ungehindert fortdauert.

39. Hier ist noch ein Nebenflüßchen der Brenz anzuführen, dem durch die Undichtigkeit des Juragesteins ebenso schlimm mitgespielt wird, die Lone. Sie entspringt auf der südöstlichen Abdachung der Alb und verliert ihr Wasser deshalb nicht an den Rhein, sondern wird durch einen zur Donau eilenden Wasserlauf beräubert. Das meiste Wasser der Lone, deren Tal 60 km lang ist, versickert unterhalb Breitingen. Man vermutet, daß ein Teil ihres Wassers unterirdisch abfließt und bei Langenau als Nau wieder ans Tageslicht kommt. Übrigens kann die Lone sicher nicht die ganze Nau bilden. Diese ist bei ihrem Austritt aus der Tiefe bei Langenau viel stärker und wasserreicher als die Lone. Die Nau muß demnach aus einem der vielen unterirdischen Reservoirs gespeist werden, an denen der Jura so reich ist. Jetzt wird das in der Gegend von Langenau in der Tiefe zusammenfließende Grundwasser für die württembergische Landeswasserversorgung nach Stuttgart geleitet, nicht zum Segen von Langenau und Umgebung.

Lone

Nau

40. Den ehemaligen Wasserreichtum der Alb in der Frühzeit ihres Bestehens bekunden aber noch mehrere andere Trockentäler. So mündet bei Heidenheim von W ein langes Trockental ein, das Stubental, welches zu dem berühmten vulkanischen Steinheimer Becken führt. Mit dem Stubental aber hängt das landschaftlich schöne Wendtal zusammen. Man geht in letzterem ebenen Fußes fast bis zum NW-Rand der Alb am Rosenstein. Für gewöhnlich ist kein Tropfen Wasser in diesem Tal. Aber zur Zeit der Schneeschmelze druchbraust ein reißendes Gewässer dieses Trockental und überschwemmt in Heidenheim die Straßen.

Stubental

Wendtal

41. Auch das Quellgebiet der Egau, die westlich von Neresheim entspringt, zeigt wiederum auf das deutlichste die eben erwähnte Eigenart. Hier, auf der rauhen, wasserarmen Hochfläche des Härtfeldes, verlaufen, wie man leicht auf der

Egau

*) Die hier einschlägigen Verhältnisse sind neuestens von Karl C. Berz eingehend behandelt worden in „Die Grundwasserverhältnisse im Versickerungsgebiet der oberen Donau", Mitt. d. geolog. Abt. d. Württ. Statistischen Landesamtes, Nr. 11.

Karte findet, ganze Systeme von Trockentälern, die in das obere Egautal einmünden. Bei der Frage, wohin doch die Gewässer gekommen sind, die in das obere Egautal einmündeten und diese Trockentäler eingenagt haben, werden wir wiederum auf den NW-Rand der Alb verwiesen, wo die Erosionstätigkeit der nie rastenden Zuflüßchen des Neckars ihnen die Quellgebiete geraubt haben.

Hungerbrunnen

Es gibt auf der Alb auch Hungerbrunnen, intermittierende Quellen, welche nur in nassen Jahrgängen oder bei starker Schneeschmelze laufen und hernach wieder völlig versiegen. Ein solcher Hungerbrunnen wird immer noch bei der Einmündung des Hungerbrunnentales ins Lonetal angegeben. Er hat aber schon längst den Betrieb eingestellt.

Alle diese Merkwürdigkeiten, die wir im vorhergehenden bei den Albflüssen wahrgenommen haben, bilden sehr anziehende geologische Probleme. Wir müssen uns aber mit diesen Andeutungen begnügen, da die betreffenden Vorkommnisse nicht mehr zu unserem Regierungsbezirk gehören und deshalb außerhalb des Rahmens, der dieser Abhandlung gesteckt wurde, liegen.

b) Das Altmühlgebirge.

42. Zwischen dem Härtfeld und dem Altmühlgebirge bestände ein direkter Zusammenhang, wenn nicht durch die vulkanischen Ereignisse mitten im Juratafelland ein Stück, das Ries, herausgesprengt worden wäre.

Der für unser Gebiet in Betracht kommende Teil des Altmühlgebirges erweist sich ebenfalls als ein Plateau. Der N-Rand bildet wie im Schwäbischen Jura einen Steilhang, der in Terrassen zum Flachland niedersteigt. Der S-Rand aber ist eine Fortsetzung des schon erörterten SO-Randes der Schwäbischen Alb. Auch für ihn bestehen die gleichen Erwägungen hinsichtlich eines Bruchrandes. Aber auch hier fehlen die direkten Beweise im Gelände.

An zwei Stellen, nämlich zwischen Stepperg und Neuburg, sowie auf der viel längeren Strecke zwischen Neustadt und Regensburg fällt der Südrand nicht mit dem Donautal zusammen, sondern er greift südlich darüber hinaus. Die Donau hat auf beiden Strecken ein stellenweise schluchtartiges Tal eingegraben.

Auch darin finden wir das gleiche Verhalten, wie im schwäbischen Gebirgsteil, daß die höchsten Erhebungen sich

auf der N-Seite befinden, sowohl was den isolierten Hesselberg mit 690 m betrifft, als auch das Plateau selbst. Auch die Höhendifferenz zwischen dem Rand und dem Unterland ist ziemlich beträchtlich: höchste Erhebung des Hahnenkammes 647 m — Treuchtlingen 414 m, Wülzburg 632 m — Weißenburg 415 m, Schloßberg bei Heideck 608 m — Heideck 406 m, Höhe nördlich von Ruppmannsberg 593 m — Thalmässing 414 m, Höhe westlich von Berching 568 m — Berching 383 m.

Auch im Altmühlgebirge besteht eine leichte Schichtenneigung gegen die Donau. Am S-Rand fallen die Differenzbeträge stärker aus, als zwischen Ulm und Donauwörth: die südlichen Höhen östlich von Kaisheim 563 m — Donau bei Donauwörth 398 m, bei Stepperg 385 m, Höhe nördlich von Riedensheim 477 m — Donau bei Neuburg 382 m, Höhe westlich von Kelheim 497 m, Befreiungshalle 451 m — Donau bei Kelheim 339 m.

43. Wir wollen nun auch die einzelnen Abschnitte des Altmühlgebirges kurz in Betracht ziehen. Ihre Eigenart wird namentlich durch die Flußläufe und durch die Umbiegung des Jurazuges nach N veranlaßt.

Hesselberg

Die höchste Erhebung mit 690 m bildet der Hesselberg. Er ist nebst seiner Lias-Umgebung von dem auf das Ries entfallenden Jurastück bei dem fürchterlichen Rumoren der unterirdischen Kräfte erhalten geblieben. Am Riesrand liegen die Schichten bunt durcheinander, am Hesselberg aber folgen sie sich schön aufeinandergebaut, wie an der Albmauer Württembergs. Auf dem ausgebreiteten Liassockel erhebt sich der aus Dogger bestehende Berg, der oben noch mit einer Malmdecke gekrönt ist.

Hahnenkamm

Östlich vom Hesselberg trifft man auf die Ausläufer eines nach N vorspringenden Fortsatzes des Monheimer Plateaus, den Hahnenkamm. Der Schichtenbau ist der gleiche wie am Hesselberg. Auf dem Keuper erhebt sich der ganze Schichtenkomplex des Jura, vom Lias durch den Dogger zum Malm. Bei Heidenheim erreicht der Hahnenkamm mit 649 m seine höchste Erhebung. Hier tritt zum erstenmal an Stelle des plumpen Felsenkalkes der Frankendolomit in größerer Verbreitung auf. Westlich und südwestlich von Treuchtlingen wird dieses Gestein in größerer Ausdehnung angetroffen und bildet von da ab das Hauptgestein der Hochfläche.

Weißenburger Bucht

Steil fällt der Hahnenkamm zur Weißenburger Bucht hinab. Die Zusammensetzung der in dem hügeligen Vorland ausgebreiteten Juraschichten entspricht dem bisher erörterten. Die Unterlage besteht aus Keuper. Darauf folgt ein vielfach zerlapptes Liasgelände, aus welchem Kuppen herausragen. Die südlichen, von denen der Nagelberg nordöstlich von Treuchtlingen, 543 m, am bedeutendsten ist, sind regelmäßig durch die Stufen des Doggers bis zum Malm aufgebaut.

Eichstätter Alb

Das auf unser Gebiet treffende Albplateau, die Eichstätter Alb, wird durch die Altmühl in einen nördlichen und südlichen Abschnitt gegliedert. Im nördlichen kann man das Weißenburger Gebirge zwischen Weißenburg und Eichstätt, die Ruppmansburger Höhe zwischen Anlauter und Schwarzach, sowie die Hirschberger Höhe zwischen Schwarzach und Sulz als Unterabschnitte abteilen.

Den südlichen Abschnitt scheidet das merkwürdige Wellheimer Trockental in den westlichen Monheimer und in den östlichen Ingolstädter-Kelheimer Gebirgsteil. Beide sind durch tief eingeschnittene Täler gegliedert.

44. Wenn wir uns nun auch für das Altmühlgebirge nach dem Wassersystem umsehen, so finden wir einen erheblichen Unterschied mit jenem der Schwäbischen Alb. Denn die uns nun entgegentretenden Hauptwasserläufe, die Wörnitz und die Altmühl, entspringen auf der Frankenhöhe und haben ihren alten Lauf von NW nach SO beibehalten können, obwohl ihnen die gleiche Gefahr vom Rhein droht, wie den westlichen Juraflüssen. Aber beide dringen höchst merkwürdigerweise aus dem hügeligen, niedrigeren Keuperland in den Jura ein und durchsetzen das Plateau in tief eingeschnittenen Tälern, nach wie vor der Donau zustrebend. Auch die linken Zuflüsse der Altmühl nehmen ihren Ursprung außerhalb dem Jura und arbeiten sich in die Albtafel hinein zur Einmündung in die Altmühl.

Wörnitz und Altmühl durchqueren das Juraplateau

Das sind ganz merkwürdige hydrographische Verhältnisse, daß alle diese ziemlich harmlosen Flüßchen im niedrigeren Keupervorland entspringen und im Unterlauf in das viel höhere Juragebirg eintreten, sich also ganz anders verhalten, als man es erwartet. Sie kümmern sich sozusagen gar nicht um die ihnen entgegenstarrende Albmauer. Sie tun so, wie wenn diese für sie gar nicht vorhanden wäre.

Wir fragen erstaunt: Was veranlaßt denn die Wörnitz und die Altmühl nebst ihren Trabanten zu diesem höchst sonderbaren Verhalten? Gründe hierfür

Vor allem muß immer wieder auf den Umstand hingewiesen werden, daß die Juratafel früher viel weiter nach NW gereicht hat, daß sie vermutlich den größten Teil des alten süddeutschen Triaslandes bedeckte. Als eine ungeheure Malmebene dürfte Süddeutschland bei der allmählichen Hebung des ganzen Gebietes am Schluß der Jurazeit dem Meere entstiegen sein.

Da aber sofort die erodierende Tätigkeit des Wassers begann, so mußte sich alsbald ein zunächst sehr oberflächliches System von Rinnsalen bilden, welches sich stetig eintiefte. Da ferner die Schichtenneigung des süddeutschen Schollenlandes gegen das jetzige Donautal sich geltend machte — vom jetzigen tiefen Rheintal war damals noch gar keine Rede —, so mußte ein Abfließen der Gewässer in gleicher Richtung zur Herrschaft gelangen. Und es ist sehr wahrscheinlich, daß sich von jeher Flußrinnen an den Stellen befanden, an welchen jetzt, allerdings viel tiefer, die der Wörnitz und der Altmühl angehörenden Gewässer ihren Lauf nehmen.

Wäre nun die allmähliche Abtragung des Juraplateaus in horizontalen Lamellen erfolgt, dann konnten diese uralten Wasserläufe ihre angestammten Täler unverändert beibehalten haben. Da aber ganz im Gegenteil die Wegnahme von Juragestein am NW-Rand in senkrechten Schnitten erfolgt (ähnlich, wie man von einem Kuchen Stücke wegschneidet), so mußten sich die hydrographischen Verhältnisse der Gegend viel komplizierter gestalten.

Es handelt sich hier vor allem um die Alternative: wer arbeitete rascher, die Erosion am NW-Rand der Alb oder der Fluß an der Eintiefung seines Tales? Wenn das letztere zutraf, wenn also Wörnitz und Altmühl ihre Rinnen schon genügend eingenagt hatten, als die Erosion am Albrand bis in ihre Quellgebiete vorgedrungen war, dann stände der Annahme nichts im Wege, daß die beiden genannten Flüsse ihre Plätze beibehielten, daß sie in der alten Weise in den alten Tälern verblieben. Daß im südlichen Abschnitt beider Täler der Keuper noch nicht blossgelegt ist, das würde keine weitere Schwierigkeit bedeuten. Denn das hängt mit der Schichtenneigung der ganzen

mesozoischen Tafel vom Schwarzwald bis zur Donau zusammen. Darum liegt ja der Keuper im SO viel tiefer als im NW.

Die Austiefung der Taleinschnitte durch die früheren Flußläufe im Wörnitz-Altmühlgebiet scheint aber doch weniger rasch vor sich gegangen zu sein als die Erosion des NW-Randes bis zur jetzigen Linie. Denn sowohl die alte Wörnitz als auch die alte Altmühl, aber auch deren Zuflüsse Schwarzach und Sulz wurden vor ihrem Eintritt in die Malmtafel zum See gestaut. Der erste See füllte in der späteren Tertiärzeit den Rieskessel aus, der zweite die Weißenburger Bucht, der dritte die Ausweitung des Liasgeländes bis zur Bucht von Burggriesbach, der vierte die langgestreckte Verebnung von Neumarkt, welche ähnlich wie die Weißenburger Bucht eine europäische Wasserscheide zwischen Donau und Rhein enthält, indem aus dem gleichen Moos südlich von Neumarkt die Sulz und auch die Neumarkter Rednitz ihre Quellbäche beziehen.

Anstauung der Flußläufe vor der Alb

45. Wenn wir uns nun bei der weiteren Untersuchung auf die zu unserem Gebiet gehörenden oder wenigstens direkt benachbarten Wasserläufe der Wörnitz und Altmühl beschränken, so trat erst bei einer Anstauung der Riesgewässer zu ca. 500 m Meereshöhe *) und der Gewässer in der Weißenburger Bucht zu mindestens 450 m **) ein Überfliessen der Becken ein.

Manche Forscher nahmen an, daß beide Flüsse um diese Zeit nicht zur Donau, sondern nach Norden zum Main flossen ***). Im Riesrand befindet sich im Norden eine Bresche, in welcher das Gelände nur stellenweise die vorhin mitgeteilte Höhenlinie überschreitet.

Und was die Altmühl betrifft, so liegt in dem alten Weißenburger Seekessel selbst die Wasserscheide zwischen Donau und Rhein. Das ist die historisch denkwürdige Stelle, wo Karl der Große im Jahre 793 einen Kanal anlegen ließ, um die Donau mit dem Rhein zu verbinden. Noch jetzt besteht hier ein 20 m breiter Graben, der von einem 30 m hohen Damm eingefaßt ist, die Fossa Carolina. Der Namen des Dorfes Graben läßt sich wohl auf dieses mittelalterliche Kanalprojekt zurückführen.

Fossa Carolina

*) Geschätzt nach der Lage des geschichteten Süßwasserkalkes, s. Gümbel, Erläut. z. Bl. Nördlingen, S. 27.

**) Höhe von Süßwasserablagerungen bei Georgensgmünd, s. Gümbel, Fränkische Alb, S. 249.

***) J. Schwertschlager, Altmühltal und Altmühlgebirge, Eichstätt 1905.

Ich möchte aber hinsichtlich eines Abflusses der Wörnitz und Altmühl in der damaligen Zeit nach Norden doch meine ernsten Bedenken äußern. Denn was einmal die Richtung zum Rhein eingeschlagen hat, findet den Weg zur Donau nicht wieder. Diese Wasserläufe sind für die Donau verloren. Sie erhalten rasch eine so bedeutende Höhendifferenz, daß nur eine tektonische Hebung des Landes sie rückläufig machen könnte. Nur in der Zeit vor der Einsenkung des Rheintales zwischen Schwarzwald und Vogesen wäre eine Rückläufigkeit zur Donau möglich gewesen.

Wer sich für die Einzelheiten der Ausarbeitung des Altmühltales, namentlich auch für den Eintritt des Flusses in das Juraplateau, interessiert, dem möchte ich das Studium dieses außerordentlich schwierigen Problems in den Abhandlungen von Jos. Schwertschlager und von Georg Wagner* bestens empfehlen. Hier können wir diese Frage, da die Altmühl nicht mehr zu unserem Gebiet gehört, nicht weiter verfolgen.

Dagegen müssen wir bei der Zubereitung des unteren Wörnitztales ein wenig verweilen. Hier liegen die Verhältnisse insofern einfacher, als durch die Rieskatastrophe das Vorries tief zerrüttet wurde. Das hat der Wörnitz den Abfluß nach Donauwörth wohl wesentlich erleichtert. Zuvor waren aber, wie gesagt, die in den Rieskessel einmündenden Gewässer zum Riessee gestaut worden. Die Entwässerung dieses Sees dürfen wir uns aber nicht katastrophal vorstellen. Vielmehr wird die Schüssel einfach übergelaufen sein, und zwar an einer solchen Stelle, wo am Schüsselrand eine Scharte ausgebrochen war. Hier wird, wie das bei vielen Gebirgsseen so klar zutage tritt, der Abfluß zuerst in Wasserfällen erfolgt sein, bis endlich durch die fortschreitende Wegräumung der Hindernisse alle Unebenheiten geglättet und, entsprechend der gleichzeitig verlaufenden Erniedrigung der Barre, das Niveau des Sees immer tiefer wurde, bis endlich im Rieskessel nichts mehr übrig blieb als Pfützen und Talrinnen zur Aufnahme der Wörnitz selbst und der übrigen Riesgewässer.

Riessee

46. Wir trafen also hier im Gebiet der Wörnitz und Altmühl ein ganz merkwürdiges Verhalten des Wassersystems, welches sehr im Gegensatz steht zu den verhältnismäßig ein-

*) Aus der Geschichte der Altmühl, Nürnberg 1923, Spindler.

fachen Verhältnissen des Aalbuch-Härtfeld-Abschnittes. Nicht auf der Höhe des Gebirges scheiden sich die Gewässer. Der Kampf um die Wasserscheide spielt sich vielmehr in der Keuperebene oder im nördlichen Liasvorland des Gebirges ab. Hier herrscht ein Ineinandergreifen der dem Rhein und der Donau angehörenden Wässerchen, wie es verwickelter gar nicht gedacht werden kann. Hier gibt es äußerlich gar nicht bemerkbare Wasserscheiden, da nur wenige Zuflüßchen der Rednitz aus dem Juraland Wasser empfangen.

Die Wasserscheide liegt vor dem Gebirge

Es drängt sich hierbei der Gedanke auf, daß diese Wasserscheiden in ihrem Bestand offenbar viel gesicherter sind, als diejenigen im Gebirg. Hier erzielt die Erosion wegen der Steilheit des Gefälles ganz andere Erfolge als im flachen Lande, wo der kaum bemerkbare Böschungswinkel das Gefälle des Wasserlaufes und damit die Kraft des Wassers bedeutend herabsetzt und so das Erdreich vor der stärkeren Entführung sichert.

Die Täler der Altmühl und Wörnitz sind alt

Es sei dem nur noch die Bemerkung angefügt, daß die Albflüsse des Donaugebietes sehr alte Flußläufe sind und daß ihre Talfurchen schon viel früher ausgearbeitet waren, als z. B. jene unserer Hochebene. Wir schließen das aus dem Gefälle: Wörnitz bei Reichenbach westlich von Feuchtwangen 444 m — Mündung 396 m, also Gefälle 48 m auf einer Strecke von ca. 90 km; Altmühl bei Binzwangen 435 m — Mündung 339 m, also Gefälle 96 m auf ca. 190 km; zum Vergleich: Iller bei Immenstadt 731 m — Mündung 470 m, also Gefälle 255 m auf ca. 120 km; Lech bei Füssen 796 m — Mündung 391 m, also Gefälle 405 m auf ca. 160 km.

5. Der Jura im Süden des Gebietes.

47. Das Gebiet, in welchem jetzt die nördlichen Kalkalpen aufragen, war auch zur Jurazeit vom ozeanischen Mittelmeer bedeckt, welches über den schon in der Tiefe ruhenden Triasschichten weitere mächtige Sedimente ablagerte.

Wir haben im N unseres Gebietes die Juraschichten in regelmäßiger Aufeinanderfolge vom schwarzen bis zum weißen Jura in drei Stockwerken durch achtzehn Stufen hindurch kennen gelernt.

Einteilung des alpinen Jura

In den Alpen ist von einer solchen Regelmäßigkeit keine Rede. Vor allem müssen wir wieder berücksichtigen, daß durch die Vorgänge der Gebirgsbildung die Schichten aus ihrer hori-

zontalen Lage aufgestört wurden, daß gewaltige Schichtenpakete aus dem S herausgequetscht und über eine jüngere Unterlage hinweggeschoben wurden. So ist die regelmäßige Schichtenfolge gestört worden.

Dazu kommt, daß nicht alle Stufen der drei Jurastockwerke des außeralpinen Gebietes in den Alpen gefunden werden.

Gewöhnlich unterscheidet man hier nur:

a) Lias,

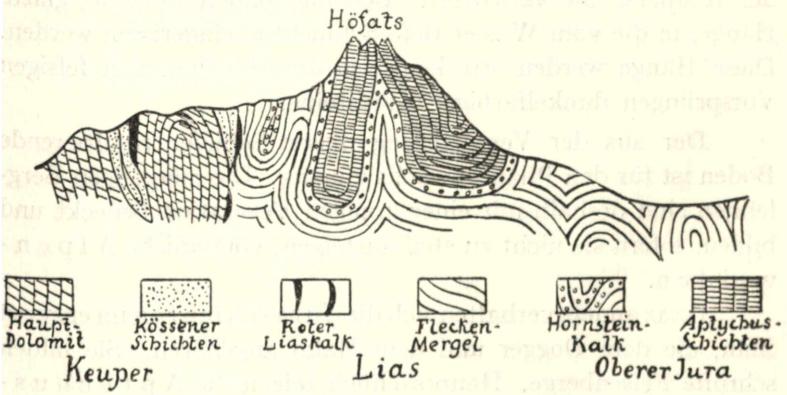
b) die jüngeren, zum Dogger und Malm gehörenden Schichten zusammengefaßt als oberen Jura oder schlechtweg Juraschichten.

48. Für das Allgäu kommen hauptsächlich folgende Schichten in Betracht.

a) Lias. (S. Abb. 4 S. 19.) In den Alpen lassen die Gesteine nicht die für den süddeutschen Jura so charakteristischen Farbenunterschiede erkennen. Die alpinen Liasschichten sind graue Mergel, Schiefer und Kalksteine. Wichtig ist der sogenannte Fleckenmergel mit dunkeln, wie man annimmt, von Algen (Fukoiden) herrührenden Flecken. **Lias** **Fleckenmergel**

Diese Schichten folgen auf die Kössener Schichten, die wir als die oberste, rhätische Stufe des Keupers kennengelernt haben. Sie sind reich an Versteinerungen, besonders Ammoniten. Da sie namentlich im Allgäu weit verbreitet sind und am Aufbau des Allgäuer Gebirges einen wesentlichen Anteil haben, so werden sie auch Allgäuschichten genannt. **Allgäuschichten**

Abb. 6.



Profil durch die Höfats, ein Beispiel für die starke Faltung der vom Hauptdolomit des Keupers bis zum obersten Jura reichenden Schichten. (Nach Haniel in Leuchs, Führer durch die Kalkalpen, S. 43.)

Oberer Jura

b) Von den Juraschichten im engeren Sinn (oberer Jura) findet man im Gebiet:

Vilser Kalk

Vilser Kalke, weiße und rötliche Kalksteine, in denen an manchen Stellen reichlich Terebrateln gefunden werden; die Vilser Kalke kommen hauptsächlich vor am Legam bei Vils, in den Tannheimer und in den Ammergauer Bergen. Diese Schichten werden zum Dogger gerechnet.

Zum Malm aber zählen die Hornsteinkalke und Aptychusschichten.

Hornsteinkalk

Die Hornsteinkalke stellen graue oder rote Kalksteine dar, die stark mit Hornsteinausscheidungen durchsetzt sind.

Aptychusschichten

Die Aptychusschichten aber haben ihren Namen davon, weil in ihnen als Versteinerungen hauptsächlich Aptychen (a, ohne, ptyche, Falte), die Verschlußdeckel von Ammoniten, gefunden werden.

Die Aptychusschichten haben, wie die Fleckenmergel, ihre Hauptverbreitung in den westlichen Kalkalpen. Mit ihnen endigt der alpine Jura.

49. Wie sind diese Schichten der Juraformation in unserem Alpengebiet verteilt? Sie sind mächtig entfaltet und nach dem Hauptdolomit am stärksten am Gebirgsaufbau beteiligt (s. Übersichtskarte Tafel II).

Lias

Vor allem erfahren wir hinsichtlich der weichen, mergeligen Liasschiefer des Fleckenmergels eine ähnliche Beziehung zur Vegetation, wie bei den Raibler und Kössener Schichten des Keupers. Sie verwittern rasch und bilden so steile, glatte Hänge, in die vom Wasser tiefe Schluchten eingerissen werden. Diese Hänge werden streckenweise unterbrochen von felsigen Vorsprüngen dunkelfarbiger Kalksteine.

Der aus der Verwitterung dieser Schiefer resultierende Boden ist für den Pflanzenwuchs günstig. Die mergeligen Berglehnen sind deshalb mit einer üppigen Vegetation bedeckt und

Alpenweiden

bilden, sofern sie nicht zu steil ansteigen, vorzügliche Alpenweiden.

Juraschichten (Dogger und Malm)

Ganz anders verhalten sich die Juraschichten im engeren Sinn, die dem Dogger und dem Malm angehören. Sie bilden schroffe Felsenberge. Hauptsächlich zeigen die Aptychuskalke eine weite Verbreitung und bedeutende Mächtigkeit. Sie erheben sich zu außerordentlich steilen Gipfeln und Graten,

deren Besteigung beschwerlich und oft gefahrvoll ist. Das gleiche gilt auch für die Hornsteinkalke.

Lagerungsverhältnisse

50. Auf der geologischen Kartenskizze finden wir, wie in der allgemeinen Richtung von SW nach NO mehrere Jurazüge auf die Keuperschichten der Allgäuer und Lechtaler Alpen gleichsam aufgesetzt sind. Das Kartenbild darf aber nicht so verstanden werden, als ob die Jurastufen in ganz regelmäßiger Fortsetzung, wie in Schwaben und Franken, über den Keuperlagen überall den höheren Teil des Gebirges darstellten. Das ist durchaus nicht der Fall. Wir müssen immer wieder bedenken, daß durch die Überschiebungen und Faltungen das Gebirge gründlich durcheinandergeschoben wurde. So kommt es, daß an zahllosen Stellen die älteren Schichten auf den jüngeren liegen. Die höchsten Erhebungen können deshalb ebensogut von den ältesten wie von den jüngsten Schichten gebildet sein. Also ist die Gipfelbildung in den Alpen durchaus nicht, wie im ungefalteten Gebirge, an die Aufeinanderfolge der Formationsglieder gebunden. Jedes der Verwitterung trotzende Gestein kann aus der weicheren Umgebung herauspräpariert worden sein und einen Hochgipfel bilden. So bestehen die Gipfel der Mädeler Gabel, des Krottenkopfes, des Hochvogels, Daumens, Nebelhorns aus Hauptdolomit, die Gipfel des Rauhecks, des Kreuzecks werden von Liasschichten, jene des Schneecks und der Höfats von Malmschichten gebildet.

C. Kreide.

1. Wasser- und Landverteilung, Einteilung der Formation.

1. Nachdem im Juragebiet die Plattenkalke abgelagert worden waren, zog eine neue geologische Epoche, die Kreidezeit, ins Land. Der Meeresgrund stieg aus dem Wasser empor, und das in dem langen Jurazeitraum abgelagerte Sediment trat als

Süddeutschland wird Festland

neues Festland ans Tageslicht. Wie es aber im Gebiet der jetzigen Hochebene damals aussah, darüber geben uns die Erdschichten keinen Aufschluß. Im östlichen Teil wird man, aus Tiefbohrungen zu schließen, eine Bedeckung durch das Kreidemeer annehmen dürfen. Daß es auch im Allgäuer Gebiet seine Sedimente absetzte, werden wir später erfahren. Wie es aber im nördlichen Tertiärland des Regierungsbezirkes zur Kreidezeit bestellt war, darüber können wir nichts aussagen. Marine Kreideschichten fehlen.

Der Name der Kreideformation bezieht sich auf jenes merkwürdige Gestein, das die Schreibkreide liefert und in Nordfrankreich und im Ostseegebiet sehr auffällig entgegentritt. Es wäre aber falsch, anzunehmen, die Schreibkreide sei das Hauptgestein der Formation. Diese setzt sich vielmehr aus den verschiedenartigsten Gesteinen zusammen: kalkigen, tonigen, sandigen. In den alpinen Kreideablagerungen fehlt die Schreibkreide gänzlich.

Einteilung der Formation

Die Formation zerfällt in zwei Hauptabteilungen mit je drei Stockwerken, nämlich:

a) Untere Kreide
   1. Neokom,
   2. Aptien,
   3. Gault;

b) Obere Kreide
   1. Cenoman,
   2. Turon,
   3. Senon.

Diese Einteilung ist französischen Ursprungs. In Frankreich ist die Kreideformation vorzüglich entwickelt und zuerst

eingehend untersucht worden. Die Stufen der Kreidestockwerke werden wir, um Wiederholungen zu vermeiden, erst bei der Besprechung der alpinen Kreide erledigen.

2. Die Kreide im Norden des Gebietes.

2. Am Schluß der Jurazeit tauchte also die süddeutsche mesozoische Tafel als junges Festland aus dem Wasser empor. Deshalb würden wir im N des Regierungsbezirkes vergebens nach marinen Ablagerungen der älteren Kreidezeit suchen *). Im Gegenteil. Auf dem Festland arbeiten sofort die darüberziehenden Wasserläufe an der Zerstörung der Schichten und entführen die Erosionsprodukte. So hätten wir also in unserem Gebiet lediglich eine Reliefbildung des neuen Landes zu erwarten, welche durch die lange Zeit der unteren Kreide anhielt. Als Belege hierfür kennt man Vertiefungen in den obersten Juralagen, in welche später Gerölle und Sande der jüngeren Kreidezeit eingeschwemmt wurden.

Erosion auf der jungen Landfläche

Es ist hier wieder darauf hinzuweisen, daß bei so lange dauernden Erosionsvorgängen nur die widerstandsfähigsten Gesteine der Zerstörung entgehen. Das sind aber namentlich diejenigen, welche der Hauptsache nach aus Kieselsäure bestehen (Quarz, Sand, Sandstein), während das kalkige Gestein, wie schon früher bemerkt wurde, rasch aufgearbeitet wird.

So werden wir wohl die meisten quarzigen Gerölle, die auf den Jurahöhen zwischen Eichstätt und Neuburg a. D. herumliegen, dieser lange dauernden Sortierungsarbeit der zerstörenden Faktoren auf der Landoberfläche zuschreiben müssen. Das Material hierzu aber lieferten diejenigen höchsten Juraschichten, von deren reichem Quarzgehalt schon die Rede war: die Reisbergschichten und der „wilde Fels". Letzteren lernten wir als dasjenige Gestein kennen, dessen reichliche feinverteilte Kieselsäure das „Neuburger Weiß", die Neuburger Kieselkreide, lieferte. Diese ist nichts weiter, als der unlösliche Rückstand dieser kieselsäurereichen Kalke. Sie hat sich in den Vertiefungen der alten Juradecke angesammelt. Durch die weiße Farbe unterscheiden sich auch die aus

Quarzgerölle

Neuburger Weiß

*) Über die Jura- und Kreideformation im N unseres Gebietes hat Th. Schneid eingehende Untersuchungen angestellt und in zwei großen Abhandlungen: Die Geologie der Fränkischen Alb zwischen Eichstätt und Neuburg a. D., in den Geognost. Jahresheften, 27. Jg. (1914), S. 59/172 u. 28. Jg. (1915), S. 1/61 veröffentlicht.

der Kreidezeit stammenden Schotter und Sande von dem Erosionsmaterial der folgenden Tertiärzeit, das von den Flüssen auf der Eichstätter Alb ausgebreitet wurde.

Meerestransgression der jüngeren Kreidezeit

3. Während in der älteren Kreidezeit unser engeres Gebiet festes Land war und lediglich der Einwirkung der abtragenden Kräfte unterlag, brachte die jüngere Kreidezeit allerdings nur für den östlichen Teil der Juralandfläche eine Änderung.

Aus W und S brach neuerdings das Meer ein und überflutete den ganzen Ostteil des Juraplateaus. Es hat nach Schneid in unserem Juragebiet Sedimente abgelagert über den Reisbergschichten und Neuburger Kalken, über den Solnhofener Plattenkalken, aber auch über dem Frankendolomit der Wellheimer Gegend.

Das war das Meer der Cenomanzeit, welches hauptsächlich als küstennahe Produkte Sandsteine, stellenweise allerdings auch Mergel und Kalksteine, absetzte. Das bekannteste

Grünsandstein

Gestein aus dieser Zeit ist der Regensburger Grünsandstein. Weitere Niederschläge des Cenomanmeeres sind der Bryozöen- (Moostierchen-) Sandstein, der Neuburger gelbe Sandstein, die versteinerungsleeren Sande der Eichstätter Alb. Diese Sedimente, welche wir in unserem Gebiet als die Absätze des Kreidemeeres ansehen müssen, sind nicht zu verwechseln mit den früher erwähnten Auslaugungsprodukten, die der Juraoberfläche entnommen wurden. Als westlichster Punkt, an welchem cenomanische Meeressedimente gefunden wurden, gilt Burgmannshofen nordwestlich von Rennertshofen. Demnach wäre das damalige Meer westwärts bis in die Linie Solnhofen-Rain vorgedrungen.

Der schwäbische Jura blieb Festland

Wir schließen daraus, daß in der Cenomanzeit der Fränkische Jura bis zur Donau sank, während der Schwäbische Jura als Festland bestehen blieb. Aug. Moos*) macht hierbei noch darauf aufmerksam, daß die Alb in der langen Kreidezeit noch nicht hoch über dem Meeresspiegel aufragte. Denn andernfalls hätte die Erosion viel höhere Beträge ergeben. Die Juraoberfläche wäre viel tiefer abgetragen worden. So aber schürften die geologischen Kräfte nur die obersten Schichten.

Dagegen wirkten die chemischen Einflüsse unabhängig von der Lage der Landfläche über dem Meeresspiegel. Während sich

*) Beiträge zur Geologie des Tertiärs im Gebiet zwischen Ulm und Donauwörth, Geogn. Jahresh. 37. Jg., (1924), S. 168.

aber in den kalten und gemäßigten Zonen unter Mitwirkung der Humussäuren aus den Verwitterungsprodukten sandig-kalkige und gelbbraune lehmige Böden bilden, findet in warmen Klimazonen die sog. Roterdeverwitterung statt, wodurch der tropische Lateritboden entsteht. Moos nimmt an, daß ein Teil der Bohnerzlehme und Bohnerze in der Ulmer Gegend schon in der Kreidezeit gebildet wurden, wenn auch ein strikter Beweis hierfür nicht erbracht werden kann.

Roterdeverwitterung

4. Daß das Klima in der Kreideepoche warm war, wird aber hauptsächlich aus der Vegetation erschlossen. Es gab damals auch in unseren Breiten immer noch die charakteristischen Vertreter einer tropischen Baumflora: Cykadeen (Sagopalmen) und Baumfarne. Von größter Bedeutung aber ist das erstmalige Erscheinen der bedecktsamigen Blütenpflanzen in der oberen Kreide. Woher kamen sie? Formen, die mit der bisherigen Pflanzenwelt vermitteln könnten, fehlen. Die Flora der geologischen Gegenwart ist auf einmal da. Während aber echt tropische Gewächse, wie Palmen, Araliaceen, Cäsalpiniaceen, gleichfalls auf ein heißes Klima schließen lassen, deuten Magnolien, Tulpenbäume, Platanen, Feigenbäume ein mediterranes, Eichen, Buchen, Weiden ein gemäßigtes Klima an. Man muß deshalb bei der Bewertung der Pflanzenwelt hinsichtlich des Klimas immerhin vorsichtig sein.

Pflanzenwelt

Gegen Ende der Kreidezeit aber wich das Meer auch aus der Fränkischen Alb zurück. Das Juragebiet blieb von nun an Festland, und damit bahnten sich in unserem Gebiet die Oberflächenverhältnisse an, die allmählich zu den gegenwärtigen überleiteten. Allerdings werden wir im Tertiär Vorgänge kennenlernen, die in der gleichmäßigen Weiterentwicklung starke Unterbrechungen verursachten.

Rückzug des Kreidemeeres

Die Kreide im Süden des Gebietes.

5. Während wir im N des Regierungsbezirkes als geologische Ergebnisse entweder nur Erosionswirkungen zu verzeichnen hatten oder Meeressedimente von geringer Mächtigkeit und Ausdehnung, finden wir im Anteil unseres Gebietes am Alpengebirge gewaltige Ablagerungen der Kreideformation. Sie bestehen aus Kalksteinen, Sandsteinen und Mergeln.

Also wogte hier immer noch das ozeanische Mittelmeer Tethys, das wir als Sedimentierungsbecken schon in der

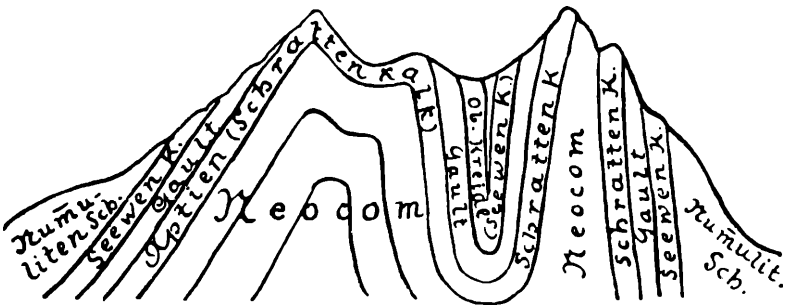
Triaszeit vorfanden. Der Vorgang der Bildung von Gesteinsschichten am Grunde hielt unausgesetzt an und schuf so die kolossalen Ablagerungen, die später aus der Erdrinde herausgepreßt die alpinen Deckensysteme des jetzigen Hochgebirges lieferten.

In diesen Gesteinsschichten aber herrscht ein beträchtlicher Unterschied westlich und östlich vom Lech. Man spricht deshalb von einer schweizerischen und einer österreichischen Kreidefazies.

Schweizerische Fazies

6. Für die schweizerische Fazies westlich vom Lech haben wir folgende Formationsglieder zu berücksichtigen.

Abb. 7.



Profil-Schema vom Grünten, um die Aufeinanderfolge der Abteilungen der helvetischen Kreide-Fazies zu zeigen. (Nach Gümbel, Geologie von Bayern, S. 110, sowie geognostische Karte, Blatt Lindau.)

a) Neokom, dunkle Mergel, über denen Kieselkalke als felsige Steilwände emporragen.

b) Aptien, harte, sehr widerstandsfähige Korallenkalke, die an der Oberfläche als von zahllosen parallelen Rinnen durchfurchte Steinwüsten erscheinen. Das sind die Karren- oder Schrattenfelder, wovon diese Stufe den Namen Schrattenkalk erhalten hat. Dieser Kalkstein bildet eines der hervorragendsten Glieder im Gebirgsbau der nördlichen schweizerischen Bergketten und starrt in wild zerrissenen Steilwänden empor, die der Berglandschaft ein imposantes Aussehen verleihen.

Schrattenkalk

c) Gault, Kalksandstein und Mergelschiefer von dunkelgrüner Farbe. Sie füllen hauptsächlich die Mulden in den Gebirgsfalten aus.

d) Die obere Kreide wird in den Westalpen von einem grauen Kalkstein repräsentiert, der nach einer Ortschaft in Basel-Land den Namen Seewenkalk führt.

Seewenkalk

7. Während in der schweizerischen Fazies hauptsächlich Vertreter der unteren Kreide enthalten sind, ist es in der österreichischen Fazies umgekehrt. Österreichische Fazies

Von der unteren Kreide kommen vor:

a) Neokom, hellgraue, dünngeschichtete Kalke und Mergel, sowie Sandsteine.

b) Gault, dünnplattige Tonschiefer von geringer Mächtigkeit.

Viel stärker ist östlich vom Lech die obere Kreide entwickelt, nämlich:

c) Cenoman, Sandsteine, Mergel, Konglomerate und Breschen.

Namentlich aber ist das

d) Senon in der österreichischen Kreidefazies bemerkenswert. Diese Stufe enthält die fossilreichen Gosau-Schichten (nach dem Dorf Gosau westlich vom Hallstatter See im Salzkammergut). Diese Schichten sind auf einer Unterlage ausgebreitet, welche in der älteren Kreidezeit Festland war. Und was die Herkunft dieser Mergel, Sandsteine, Konglomerate und Breschen betrifft, so ist man der Ansicht, daß sie einem nahen Gebirg entstammten, das am Ende der Jurazeit und unteren Kreidezeit abgetragen und in der oberen Kreide wieder überflutet wurde. Gosau-Schichten

8. In unserem Gebiet haben wir es also hauptsächlich mit der schweizerischen Kreidefazies zu tun. Während aber die Trias- und Juraablagerungen das Allgäuer und Lechtaler Hochgebirge aufbauen, finden wir die Kreideformation als wichtigstes Glied der Gebirgsbildung im Bregenzer Wald und in dessen nordöstlichem Ausläufer, dem Grünten.

Das spricht sich auch im landschaftlichen Charakter der genannten Gebirgsgruppen aus. Im Bregenzer Wald trifft man mildere Formen. Die Schichten bauen sich hauptsächlich aus weichen Mergeln auf, allerdings im Wechsel mit harten, streckenweise außerordentlich mächtigen Kalk- und Sandsteinbänken, die steilaufgerichtete, ja senkrechte, Hunderte von Metern hohe Wände bilden.

Das Kreidegebirge des Bregenzer Waldes zieht sich aus dem ebenfalls aus den Schichten der schweizerischen Kreidefazies aufgebauten Säntisgebiet über den Rhein herüber. Es beginnt in der Gegend von Feldkirch, erstreckt sich südlich von der Hohen Freschen und dem Hohen Ifen bis zur Iller nörd-

lich von Oberstdorf. Nur in der Canisfluhe ragen Juraschichten herein. Nördlich verläuft die Grenze des Kreidegebietes aus der Gegend von Dornbirn nach O und keilt nördlich von Oberstdorf an der Iller aus.

Eine Fortsetzung östlich von der Iller treffen wir erst östlich von Immenstadt, nämlich den Grünten, 1738 m. Von diesem prächtigen, dem Hochgebirge vorgelagerten Berg, berühmt durch seine Fernsicht über das schwäbische Vorland, setzen sich die Kreideschichten in einem schmalen Band nach O fort und endigen nördlich von Pfronten.

D. Tertiär.

1. Wasser- und Landverteilung.

1. Nach dem Abschluß der Kreideepoche bahnten sich die geologischen Verhältnisse an, unter denen wir jetzt leben. Die fremdartigen Tier- und Pflanzengeschlechter der früheren Erdzeiten sind inzwischen ausgestorben. Eine Tier- und Pflanzenwelt, die großenteils mit der gegenwärtigen übereinstimmt oder wenigstens in den hauptsächlichsten Typen zu ihr überleitet, breitet sich aus.

Wir wollen zunächst, wie in den vorausgehenden Abschnitten, uns ein ungefähres Bild davon entwerfen, wie bei Beginn der Tertiärepoche die Wasser- und Landverteilung zu denken ist. **Wasser- und Landverteilung**

Das Kartenbild Europas nähert sich — aber nur ganz allmählich — den gegenwärtigen Verhältnissen. Immer noch sind beträchtliche Abweichungen zu verzeichnen.

So hing damals Europa, wie aus gleichgearteten Schichten mit entsprechenden Fossileinschlüssen zu entnehmen ist, mit Spitzbergen und Nowaja-Semlja, sowie mit England zusammen. Die sog. isländische Landbrücke nach Grönland blieb noch lange Zeit hindurch bestehen und wird auch noch auf modernen Seekarten als eine weniger tiefe Meeresgegend angedeutet. Zwischen Grönland und Nordeuropa ragte eine weite Bucht des arktischen Ozeans tief nach S herein *).

Mittel- und Südeuropa aber waren immer noch von dem alten Mittelmeer Tethys bedeckt. An Stelle des jetzigen mitteleuropäischen Festlandes und der südeuropäischen Halbinseln bestand ein Archipel größerer und kleinerer Inseln. Spanien und Frankreich lagen noch immer zum größten Teil unter Wasser. Im deutschen Gebiet ragten die während der Kreidezeit gehobenen alten Urgebirgsmassive des Schwarzwaldes, Oden-

*) Diese herkömmliche Ansicht einer Landverbindung zwischen Europa und Amerika wird allerdings im Sinne der Wegener schen Anschauungen von einem früheren direkten Zusammenhang beider Kontinente und einem allmählichen Auseinanderweichen unter Bildung des Atlantischen Ozeans revidiert und modernisiert werden müssen.

waldes und der Vogesen, des uralten, nur während der Kreidezeit noch einmal vom Meer transgredierten böhmisch-mährischen Landes, sowie die mesozoischen Tafelländer als große Inseln aus dem Meer empor.

An Stelle der Alpen gab es mehrere Inseln, welche bei der schon in der Kreidezeit beginnenden Schubbewegung zu Mittelgebirgen anstiegen. Das gleiche gilt für Österreich, Italien und die Balkanhalbinsel. Im S drang das zentrale Mittelmeer tief in die Sahara hinein.

Wenn also im nachfolgenden von einem im Gebiet der jetzigen Schwäbisch-Bayerischen Hochebene vorhandenen Meer die Rede sein wird, so haben wir uns darunter nicht etwa einen unbedeutenden Meeresarm vorzustellen, sondern immer noch einen Teil des Ozeans, der allerdings, da er sich im Bereich eines ausgedehnten Hebungs- und Faltungsgebietes befand, infolge der tektonischen Vorgänge zweimal von der Verbindung mit dem offenen Meer abgeschnitten wurde, bis endlich die Erhebung der Scholle einen solchen Grad erreichte, daß das trockene Land zur endgültigen Herrschaft gelangte und die reiche Gliederung Südeuropas in ihren jetzigen Formen vollendet wurde.

2. Wir wenden uns nun zur Zergliederung des aus dem Tertiärmeer niedergeschlagenen Schichtenkomplexes und wollen die vier Stockwerke der Formation:

a) Eozän,
b) Oligozän,
c) Miozän,
d) Pliozän

der Reihe nach, soweit die betreffenden geologischen Bildungen für unser Gebiet einschlägig sind, erörtern.

2. Eozän.

3. Damals brach die Morgenröte der geologischen Gegenwart an.

Wir haben gehört, wie im Allgäuer Gebirg die gewaltige Bergmasse des Bregenzer Waldes und des Grüntenstockes aus den im Kreidemeer niedergeschlagenen Sedimenten aufgebaut wurde. Von diesem Meer hat sich im S des Gebietes eine Meerenge, ein „Ärmelkanal" erhalten. Von diesem schmalen Meeresteil haben wir nur im S, nicht aber im N, sichere Kunde. Wo die nördliche Küste lag, das bleibt uns verschlossen. Sie liegt

Das Eozänmeer

irgendwo unter den Sand- und Mergelmassen der jetzigen Hochebene verborgen und begraben. Nur im Allgäu haben die gebirgsbildenden Gewalten auch die Schichten des älteren Tertiärs in die Höhe gefaltet und dadurch der Untersuchung zugänglich gemacht.

a) Im Norden des Gebietes.

4. Das Juragebiet war schon längst Festland geworden. Deshalb können wir hier nur terrestrische Bildungen (terra, Land), von denen schon bei Besprechung der Kreidezeit die Rede war, erwarten. Solche sind das Bohnerz und der Bohnerzletten. **Bohnerz und Bohnerzletten**

Das Bohnerz besteht aus Konkretionen von Brauneisenstein in Form von Kügelchen und Knollen. Häufig sind die Kügelchen durch ein Bindemittel verkittet und zu Klumpen vereinigt. Es ist aber wohl zu beachten, daß die Bildung des Bohnerzes nicht auf das Eozän beschränkt ist. Auch in anderen Abteilungen des Tertiärs kommen Bohnerze zur Ausbildung.

Entstehung des Bohnerzes

Früher meinte man, die Bohnerzkügelchen seien in eisenhaltigen Sprudelquellen nach Art des Karlsbader Erbsensteines entstanden. Den Vorgang dachte man sich folgendermaßen. Die eisenhaltige Quelle habe aus irgendeinem Grund, vielleicht wegen Abnahme der Temperatur, das Eisenhydrat ausgeschieden. Diese feinen Häutchen legten sich um aufsprudelnde Sandkörnchen oder Gasbläschen als eine zunächst sehr dünne Schicht an. Diese wurde durch sukzessive Auflagerung weiteren Materials immer dicker, bis endlich das Kügelchen zu schwer wurde, im sprudelnden Wasser nicht mehr tanzen konnte und zu Boden sank.

Jetzt aber wird angenommen, daß im Eozän unter einem heißen Wüstenklima als Verwitterungsprodukt eine eisenhaltige Roterde entstanden und in Sümpfen und Wassertümpeln als eisenhaltiger Bolus abgesetzt worden sei. Aus letzterem habe sich der Brauneisenstein in Form von Bohnerzkügelchen abgesondert.

Vorkommen

Solche gewöhnlich rotbraune Bohnerztone finden sich zusammen mit zerbröckeltem Juramaterial an vielen Stellen der Alb in Mulden und Spalten angesammelt. Von Fundstellen des Bohnerzes sind zu nennen die Gegend von Eichstätt und Titting, woselbst das Bohnerz früher zur Eisengewinnung diente, ferner bei Staufen und Nattheim. Hier sind jetzt noch im Wald die

Gruben vorhanden, aus denen das Bohnerz für das Königsbronner Eisenwerk zur Herstellung von Gußstahl gewonnen wurde. Jetzt sind diese Gruben verlassen.

Für die Altersbestimmung der erwähnten Kluftausfüllungen sind natürlich die darin gefundenen Tierreste maßgebend. Und so ergab sich, daß sie verschiedenen Alters sind.

Aus der Eozänzeit aber stammt der Bohnerzletten bei Heidenheim am Hahnenkamm, aus welchem die Knochen, namentlich Zähne, von *Paläotherium magnum*, *Lophiodon* (eine Tapirart) *rhinoceros* und anderer großer eozäner Säugetiere stammten, die von Dr. G. A. Maack untersucht und im 18. Jahrg. (1865) der Berichte des Augsburger Naturhistorischen Vereins mit zahlreichen prächtigen Tafeln veröffentlicht wurden.

Ferner hat Lehrer Gg. Wagner 1893 in einer kleinen Spaltenausfüllung bei Bachhagel eozäne Land- und Süßwasserschnecken gefunden. Eine weitere Spaltenausfüllung mit eozänen Tierresten bei Mähringen nordwestlich von Ulm ist von W. O. Dietrich 1922 beschrieben worden.

b) Im Süden des Gebietes.

5. Am Alpenrand hat das Eozänmeer die merkwürdigen Nummuliten- und Flysch-Schichten abgesetzt (s. Übersichtskarte Tafel II).

Nummulitenschichten

Die Nummulitenschichten haben ihren Namen von großen Protozoen (Urtierchen). Während die jetzigen Vertreter dieses Stammes nur so groß sind, daß sie mit freiem Auge gerade noch gesehen werden, gab es damals Arten bis zu Talergröße. Wegen ihrer münzenförmigen Gestalt wurden sie Nummuliten (nummus, Münze) genannt. Sie werden an vielen Stellen in den Voralpen gefunden. Wichtige Fundplätze sind in der Gegend von Traunstein, am Kressenberg und bei Adelholzen. Hier werden sie vom Volk „Maria-Eck-Pfennige" genannt.

Flysch

6. Unter dem Flysch *) aber versteht man verschiedenartige Gesteine: Mergel, Sande, Sandsteine, Konglomerate und Breschen. Stellenweise enthalten diese Schichten Reste von Meeresalgen und Kriechspuren von Strandtieren.

Im Allgäu sind die Flyschschichten über große Strecken ausgebreitet und nehmen gegen Osten an Ausdehnung ab.

*) Der Name Flysch ist schweizerischen Ursprunges und kommt von abfließen, abrutschen (nach Jos. Knauer, Abriß d. Geologie von Bayern, herausgeg. von M. Schuster, II. T., S. 106).

Ebenso wie die zum Flysch gestellten Gesteine sich petrographisch unterscheiden, so auch hinsichtlich der Zeit ihrer Ablagerung. Schon in der Kreideformation begann sie und reicht bis ins Oligozän.

Und ebenso wie wir in der Kreide eine schweizerische und österreichische Fazies angenommen haben, so werden auch hinsichtlich des Flysches zwei verschiedene Ausbildungsweisen auseinandergehalten. In unserem Gebiet haben wir es nur mit der schweizerischen Fazies zu tun. Einzelheiten versparen wir uns auf die Erörterung des Allgäuer Gebirges.

Hier aber wollen wir uns kurz mit der Frage nach der Herkunft der Flyschgesteine befassen. Die vorhin erwähnten Konglomerate und Breschen, die sich unter den Flyschgesteinen befinden und oft riesige Urgesteinsblöcke einschließen, enthalten hauptsächlich Granite, Gneise und andere Urgebirgsarten, sowie eigenartige Porphyre und Diabase.

Letztere Gesteine müssen vulkanischen Ereignissen der vortertiären Zeit ihren Ursprung verdanken. Was aber das Vorkommen der Granite, Gneise, Phyllite und anderer kristallinen Schiefergesteine betrifft, so wird hervorgehoben, daß sie von außeralpinem Typus sind. Konglomerate und Breschen können nicht weither transportiert worden sein. Woher stammen sie dann?

G ü m b e l weist an zahlreichen Stellen seiner Werke auf den außeralpinen Charakter der Flyschgesteine hin und hält den v i n d e l i z i s c h e n U r g e b i r g s r ü c k e n für das Herkunftsgebiet dieser Gesteine. L e u c h s*) bekennt sich zur gleichen Ansicht. Andere Forscher, wie H e n n i g, aber lassen das vindelizische Land schon am Ende der Jurazeit untertauchen. W i l h. P f e i f f e r, der eine Monographie über „das vindelizische Land" veröffentlicht hat **), meint aber, es sei erst in der Kreide- und Tertiärzeit endgültig untergetaucht. Nach F r i t z M u s p e r in der schon früher zitierten Abhandlung über den Brenztaloolith***) mögen einzelne Inseln in der jüngsten Jurazeit noch vorhanden gewesen sein. Ich kann nicht entscheiden, wer recht hat. Es gab Zeiten, da man einen gläubigen Anhänger der Gümbelschen Hypothese vom vinde-

*) Geologie von Bayern, II. Teil, Berlin 1927, Bornträger, S. 91.
**) Oehringen 1923, Rau, S. 58.
***) Jahresh. d. Ver. f. vaterl. Naturkunde in Württ., 77. Jg. (1921), S. 38.

lizischen Urgebirge mitleidig belächelte und für rückständig hielt. Christian Regelmann richtete auf der 42. Versammlung des Oberrheinischen geologischen Vereins in Heidelberg 1909 *) ein Abschiedswort an das „vindelizische Gebirge", zitiert unter anderen auch den Ausspruch von Arnold Heim: „Heute sind die vindelizischen Phantasien eingeschlummert", und schließt: „Möge es nun in Frieden ruhen!" Man sieht aber, es ist wieder auferstanden. Wir können ohne es doch nicht auskommen. Warum aber sollte es nicht noch in der älteren Tertiärzeit bestanden und Urgebirgsmaterial nicht ebenso nach S geliefert haben wie dereinst die Keupersande nach N? Mir ist kein Grund bekannt, weshalb es nicht erst bei der Einsenkung der Scholle zwischen Jura und Alpen mit in die Tiefe gefahren sein soll.

3. Oligozän.

7. In dieser Epoche beginnt die Bildung einer mächtigen Schichtenfolge, die für unsere Hochebene von größter Bedeutung
Molasse geworden ist, nämlich die Ablagerung der Molasse**). Dieser Ausdruck stammt aus dem schweizerischen Waadtland. Dort bezeichnet man damit die tertiären Hügel, welche dem Hochgebirge vorgelagert sind. Sie bestehen aus sehr verschiedenen Gesteinen: Sand, Mergel, Geröll, auch zu Sandsteinen und Konglomeraten verfestigt.

Von alters her unterscheidet man folgende Stufen:

a) Untere Meeresmolasse — Mitteloligozän,

b) Untere Brackwasser- und Süßwassermolasse — Oberoligozän,

c) Obere Meeresmolasse — Unter- und Mittelmiozän,

d) Obere Brackwasser- und Süßwassermolasse — Mittel- und Obermiozän.

Wir werden diese Einteilung innerhalb der beiden mittleren tertiären Stockwerke beibehalten.

---

*) Ber. 1909, S. 62.

**) Das Wort ist gebildet aus molette und bedeutet einen zermahlenen Stein (Jos. Knauer, l. c. S. 2, Anm.).

a) Im Norden des Gebietes.

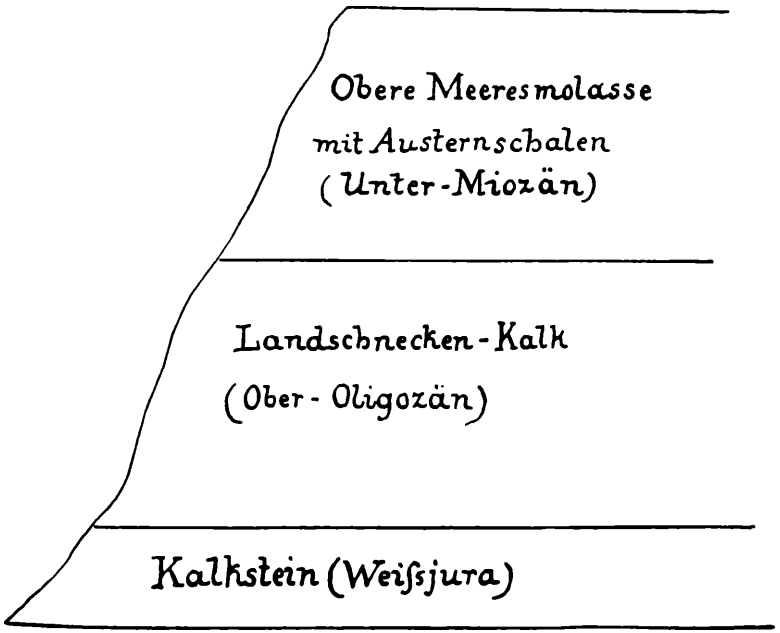
8. Aus der Oligozänzeit kennen wir marine Ablagerungen nur im Voralpengebiet, nicht aber im N der Hochebene. Wiederum müssen wir also annehmen, daß die Nordküste des oligozänen Molassemeeres irgendwo in der Tiefe der Hochebene unter den späteren Schichten begraben liegt.

Über alle nun folgenden Ablagerungen im N unseres Gebietes besitzen wir eine umfassende und bis ins einzelnste gehende Abhandlung von Aug. Moos, in der die neuesten Forschungsergebnisse verarbeitet und auf Grund der eigenen Untersuchungen ergänzt und bewertet worden sind *).

Im N des Gebietes kennt man aus dem Oligozän nur Ablagerungen auf festländischem Boden, die unter dem alten Namen Ulmer Landschneckenkalk oder wegen des häufigen Vorkommens der Schnecke *Helix rugulosa* als Rugulosenkalk beschrieben worden sind. Sie gehören der unteren Süßwassermolasse des Oberoligozäns oder der

Ulmer Landschneckenkalk
Rugulosenkalk

Abb. 8.



Profilskizze des Landschneckenkalkes mit der oberen Meeresmolasse als Hangendem und dem Jurakalk als Liegendem nördlich von Untermedlingen. (S. Gümbel, Geologie von Bayern, S. 372.)

*) Geognostische Jahreshefte, 37. Jg. (1924) S. 167/252.

Aquitanische Stufe

aquitanischen Stufe, Aquitan, an (Aquitanien, ein alter Name für das südwestliche Frankreich). Moos unterscheidet eine untere Stufe als Ramondischichten (nach *Helix Ramondi*) mit der Hauptverbreitung um Ehingen an der Donau und eine höhere als Ulmer Schichten im engeren Sinn oder Omphalosagdaschichten (nach *Omphalosagda* [*Helix*] *subrugulosa*) in der Ulmer Gegend.

Diese unteren Süßwasserschichten dehnen sich über den obersten Jurastufen Malm ε und ζ am Nordrand des Donautales aus der Umgebung von Ulm in nordöstlicher Richtung als ein etwa 10 km breites, aber oft unterbrochenes Land aus. Sie haben bei Thalfingen, Elchingen und Göttingen ihre hauptsächlichste Ausbreitung und finden bei Untermedlingen über Tag ihr Ende. Nur am Bahnhof Ziertheim entdeckte Cl. Mengele *) beim Bau der Härtfeldbahn, 1904, eine kleine Stelle des Landschneckenkalkes als bis jetzt östlichstes Vorkommnis. Südlich von der Donau sind solche Schichten nicht bekannt. Bei Thalfingen und Elchingen erreichen sie eine Mächtigkeit von etwa 25 m.

Der Landschneckenkalk wird aufgefaßt als ein Absatz kleiner Seen. Das Material besteht zumeist aus einem bald harten, bald kreidig weichen Kalkstein. Aus letzterem wurde früher in Thalfingen Schreibkreide hergestellt. Abgesehen von Land- und Süßwasserschnecken enthalten diese Schichten an bestimmten Stellen auch Knochen von Landsäugetieren.

9. Es war nicht leicht, diese Bildungen zeitlich zu fixieren. Damit ist der Name des Apothekers Aug. Wetzler in Günzburg verknüpft, der schon im 10. und 12. Bericht des Augsburger Naturhistorischen Vereins, 1857 und 1859, die Thalfinger Schneckenschichten behandelte. Von besonderer Wichtigkeit war ein Profil, welches im Hohlweg nördlich von Untermedlingen eingesehen werden kann und von Gümbel **) eingehend erörtert wurde. Es ergab die Lagerung des Landschneckenkalkes zwischen Malm ζ (Plattenkalk) als Liegendem und dem später zu besprechenden untermiozänen Meeressand als Hangendem. Also sind die Ulmer Schichten älter als das älteste Miozän in unserer Gegend. S. Abb. 8.

Die Schneckenfauna der Ulmer Schichten wurde mit oberoligozänen Arten des Mainzer Beckens verglichen und als gleichaltrig erkannt.

*) „Erdgeschichtliches Allerlei" 1916, S. 4.
**) Geologie von Bayern S. 372.

Dagegen enthielten Spaltenausfüllungen bei Arnegg, am Eselsberg und im Örlinger Tal bei Ulm, ferner bei Stubersheim und Tomerdingen (ebenfalls in der Ulmer Gegend) altoligozäne Fossilien. Am letztgenannten Platz sind auch Kiefer eines Eichhörnchens, *Pseudosciurus suevicus*, gefunden worden.

Als zum Mittelmiozän gehörig werden Säugetierreste von Solnhofen angesehen.

b) Im Süden des Gebietes.

10. Im Alpenvorland und im Allgäuer Gebirge westlich der Iller hat das Oligozän eine mächtige Ausbildung erfahren (s. Übersichtskarte Tafel II). Hier sind es vor allem die Schichten der unteren Meeresmolasse aus dem mittleren Oligozän, die, wie wir sehen, im N des Gebietes fehlt. Es handelt sich um mergelige Tone und Sandsteine von einer Gesamtmächtigkeit bis zu 1100 m. Dieses Material wird von den Petrographen wieder als außeralpin bezeichnet. Das Gebiet, welches die Erosionsprodukte für diese Schichten lieferte, lag im Norden und befindet sich nun in der Tiefe der Hochebene. Also immer wieder der Ruf nach dem vindelizischen Land.

Das Wasser wird brackisch

11. Aber die marine Beschaffenheit der Wasseransammlung hielt nicht an. Das Wasser wurde allmählich ausgesüßt. Verschiedene Ursachen mögen dabei hereingespielt haben. Vor allem ließen die aus dem nunmehr mächtig ansteigenden Hochgebirg nach Norden eilenden Alpenströme Unmengen süßen Wassers in das Molassemeer einfließen. An solchen Stellen wird der Salzgehalt stark zurückgedrängt, namentlich wenn der Strom an der Mündung das Küstenwasser ins offene Meer hineindrängt. Natürlich haben diese Flüsse aus dem immer höher werdenden Alpengebirge auch reichliches Schottermaterial mitgebracht und im Mündungsgebiet über den älteren Lagen der unteren Meeresmolasse ausgebreitet. Dadurch wurde der Meeresgrund erhöht. In weiterer Folge trat im Küstenbereich eine ausgedehnte Versumpfung ein. Die hier sich ansiedelnde reiche Vegetation hat das Material für die oberbayerische Braunkohle geliefert, die nun am Peißenberg, bei Penzberg, Miesbach, Hausham im Bergwerksbetrieb gefördert wird. Daß die Aussüßung des älteren Molassemeeres im oberbayerischen Voralpenland in der oberoligozänen Zeit stattfand, lehren uns die Organismenreste, namentlich Schnecken und Muscheln des halbsalzigen, brackischen Wassers. Namentlich ist eine Muschel,

Oberbayerische Braunkohle

Cyrenenmergel

Cyrena subarata, so häufig, daß man diese Schichten Cyrenenmergel nennt. Im übrigen enthalten diese brackischen Schichten auch Sande, Sandsteine und Konglomerate.

Im Oberbayerischen beträgt die Mächtigkeit dieser kohleführenden brackischen Schichten bis zu 1200 m. Nach W aber nehmen sie beträchtlich ab. An der Wertach erreichen sie ihr Ende. Dagegen nimmt die untere und obere sog. bunte Molasse zu.

Aber in beiden Gebieten wurden die oligozänen ebenso wie die vorausgehenden eozänen Schichten in die Vorgänge der Gebirgsbildung einbezogen und zu ansehnlichen Bergketten aufgefaltet.

4. Miozän.

12. Endlich gelangen wir zu Meeresablagerungen, welche nicht nur auf das Alpenvorland beschränkt sind, sondern auch in der südlichen Randzone des Jura vorkommen. Diese Schichten bilden

a) Die obere Meeresmolasse des Untermiozäns.

Burdigal oder Bordeauxstufe

Diese Stufe wird in fachwissenschaftlichen Kreisen das Burdigal oder die Bordeaux-Stufe genannt (Burdigala, lateinischer Name für Bordeaux).

Vordringen des Meeres, Senkung des Landes zwischen Alpen und Jura

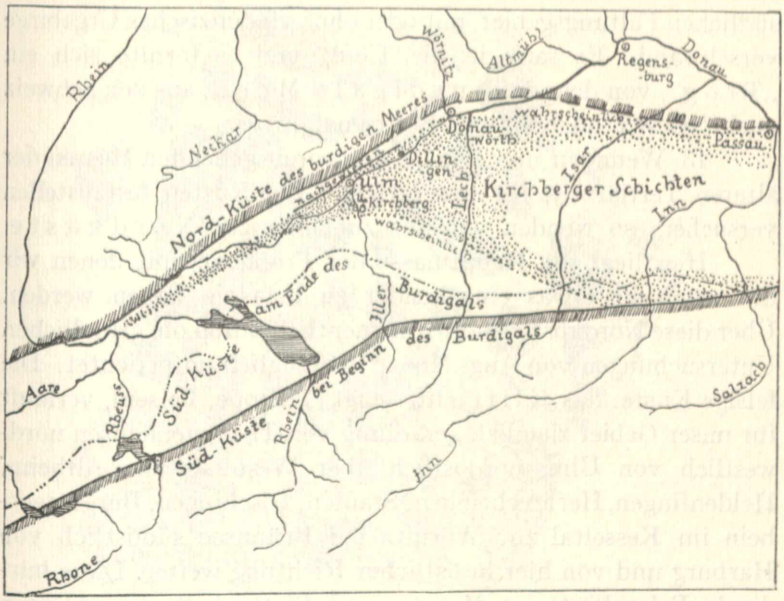
Damals hat ein neuer Vorstoß des Meeres im Gebiet der jetzigen Hochebene stattgefunden. Während der aquitanischen Zeit des Oberoligozäns begann schon die Senkung des Landes zwischen Jura und Alpen. Bei Beginn dieses Vorganges war, wie wir gesehen haben, der Jurarand noch nicht vom Meer bespült worden. Hier gab es nur die Absätze aus Süßwasserseen, welche den Ulmer Landschneckenkalk bildeten. Im S aber fanden wir immer noch eine Meeresrinne, einen „Ärmelkanal", aus welchem die untere Meeresmolasse und später die untere Brackwassermolasse zur Ablagerung kam.

Nun aber drang das burdigale Meer aus dem SW weiter vor und füllte das ganze Gebiet der Schwäbisch-Bayerischen Hochebene aus. Denn im Maximum der Gebirgsbildung wurde die ganze Scholle zwischen Jura und Alpen versenkt. Wiederum aber wollen wir uns diesen Vorgang nicht als eine Katastrophe vorstellen. Es handelt sich um einen lange dauernden, stetig fortschreitenden Prozeß. Das lehren uns die südbayerischen Kohlenfelder. Aus den Überresten der ehedem dort wachsenden Sumpfvegetation entstand Braunkohle. Die mulmige Moder-

Die Senkung des Alpenvorlandes ging langsam vor sich

masse wurde unter der Wasserbedeckung durch den darüber lastenden Druck gepreßt und allmählich verfestigt. So entstand allerdings eine dünne Kohlenschicht. Um zu erklären, wie die Hunderte von Metern mächtige Folge von Flötzen hervorgehen konnte, müssen wir ein langsam sinkendes Land voraussetzen.

Abb. 9.



Übersichtsskizze des burdigalen (untermiozänen) Meeres und der Gewässer der (mittelmiozänen) Kirchberger Schichten. (Nach Moos, Beitr. z. Geologie d. Tertiärs zwischen Ulm und Donauwörth, Geogn. Jahresh. 37. Jg. [1924], Taf. I.)

Denn wenn einmal die sumpfige Niederung bis zum Wasserspiegel mit organischen Verwesungsstoffen angefüllt ist, dann hört die Bildung von Kohle auf. Dann verwesen die abgestorbenen vegetabilischen Reste rasch an der Luft und entgehen der Fossilisierung. Dann aber mußte die Verdickung der sich in Kohle verwandelnden Schicht ihr Ende erreichen. Es ist deshalb die notwendige Voraussetzung, daß das Land ganz langsam sank, so daß die Existenzbedingungen für eine Sumpfvegetation durch zahllose Generationen bestehen blieb.

Die Senkung des Alpenvorlandes begann schon in der Kreidezeit. Und nun sei nochmals an die Streitfrage des „Donaubruchrandes" erinnert. Jetzt endlich war die Zeit gekommen, daß die unwiderstehliche Schubkraft, welche

„Donaubruchrand"

im S die Deckensysteme aus der Tiefe preßte und nach N wälzte, auch vor dem sich aufrichtenden Gebirge sich Geltung verschaffte, hier aber nicht mehr im Auffalten und Überschieben, sondern in einer Druckwirkung gegen das Widerlager. Und dieses Widerlager mußte doch wohl die sich entgegenstemmende harte Juratafel gewesen sein. Denn hier fand ja der Senkungsvorgang seine nördliche Schranke. Alles Land vom Jurarand bis zum südlichen Faltungsgebiet, mit oder ohne vindelizisches Urgebirge verschwand. Es sank in die Tiefe, und es formte sich ein „Trog", von dem das burdigale Meer, aus der Schweiz nach NO sich ausbreitend, Besitz nahm.

13. Wenn wir nun, wie bei den vorausgehenden Meeren der älteren Tertiärzeit, für unser Gebiet die Küsten festzustellen versuchen, so wenden wir uns zunächst zur Nordküste.

Nordküste

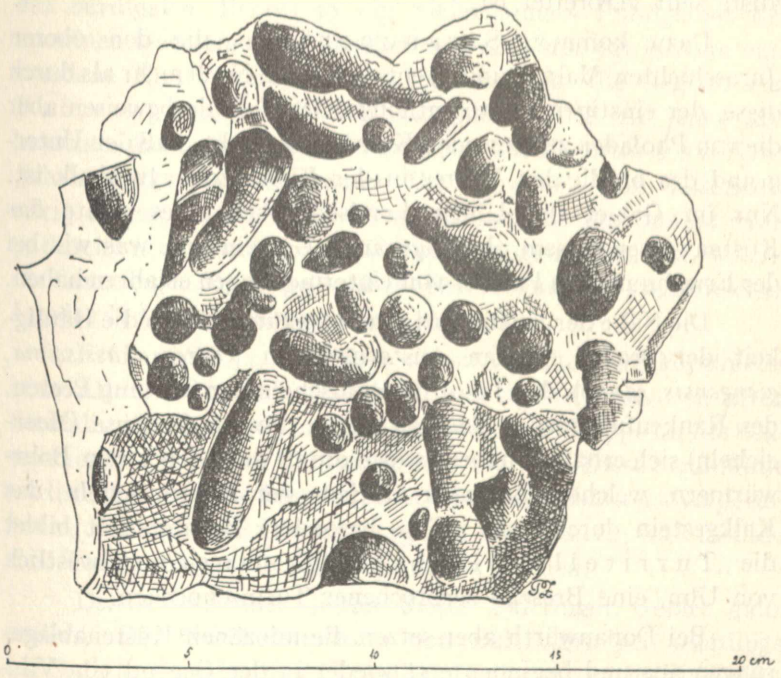
Hier liegt die Hauptmasse der Probleme, mit denen wir uns nunmehr etwas eingehender zu befassen haben werden. Über diese Nordküste sind wir namentlich durch die gründlichen Untersuchungen von Aug. Moos *) vorzüglich unterrichtet. Die felsige Küste, das Kliff (cliff [engl.], Klippe, Felsen), verläuft für unser Gebiet ziemlich geradlinig von Themmenhausen nordwestlich von Ulm, nordöstlich über Westerstetten, Altheim, Heldenfingen, Herbrechtingen, Staufen, Dischingen, Burgmagerbein im Kesseltal zur Wörnitz bei Brünnsee südöstlich von Harburg und von hier in östlicher Richtung weiter. Diese burdigale Felsenküste im Massen- und Plattenkalk des obersten Jura ist von Bohrmuscheln (Pholaden) an manchen Stellen wie ein Sieb durchlöchert. Am berühmtesten ist die nun unter dem Denkmalschutz stehende Stelle am Nordostrande des Dorfes Heldenfingen, wo jetzt noch an der Hohlkehle des Kalkfelsens zu sehen ist, wie die Brandung gearbeitet hat. Für die Tektonik unseres Gebietes erscheint die Feststellung sehr wichtig, daß diese alte Strandlinie gegen Nordosten an absoluter Höhe ständig abnimmt: Themmenhausen 670 m, Heldenfingen 585 m, im Kesseltal bei Burgmagerbein nur noch 440 m. Da die ehemalige Meeresküste um 0 m in der Zwischenzeit mehrere hundert Meter gehoben wurde, so geht daraus hervor, daß diese Hebung entweder nicht in horizontalen Beträgen erfolgte oder daß später eine Senkung oder Abbiegung nach Osten stattgefunden hat.

Heldenfinger Kliff

*) Beitr. zur Geologie d. Tertiärs zw. Ulm u. Donauwörth, Geogn. Jahresh. 37 (1924), S. 191 ff.

Ferner ist die Tatsache von hoher Bedeutung, daß die Ausfüllung der Pholadenlöcher nicht nahes Juramaterial enthält, sondern Mineralien alpiner Herkunft *). Wie kamen diese hierher? Schwerlich quer übers Meer, sondern eher durch Strömungen, die der Küste entlang liefen. Abgesehen davon be-

Abb. 10.



Kalkstein mit Pholaden- (Bohrmuschel-) Löchern (aus der Sammlung der Dillinger Hochschule).

steht der Inhalt der Pholadenlöcher aus Meeressand, in welchem zahlreiche Foraminiferen enthalten sind.

14. Von diesem alten Kliff südwärts hat das Miozänmeer einen breiten Saum von Ablagerungen hinterlassen, welche sich deutlich als Strandbildungen oder als Absätze an einer seichten, stark bewegten Meeresküste zu erkennen geben. Es handelt sich um glimmerreiche Sande, deren Grundfarbe grau ist, die aber durch Glaukonitkörnchen ein grünlich-braunes Aussehen gewinnen. Sie sind reich an Urgesteinsfragmenten, wie Feldspat. Stellenweise sind diese Meeressande durch ein Bindemittel zu mehr oder minder festem Sandstein ver-

Küstenablagerungen

*) Hennig, Geologie von Württemberg, S. 232.

kittet, der über und zwischen den Sandlagen gesimsartig herausragt.

An vielen Plätzen findet man eine ganz grobe Strandbresche, welche fast nur aus Trümmern von Muschel- und Schneckenschalen zusammengesetzt ist. Das ist der Muschelsandstein, der auch im S des Gebietes an der alpinen Meeresküste sehr verbreitet ist.

Dazu kommen Strandgerölle, die den oberen Juraschichten, Malm ε und ζ, entstammen. Noch mehr als durch diese, der einstigen Küste entnommenen Gerölle beweisen aber die von Pholaden zerfressenen Kalksteine direkt, daß der Untergrund des burdigalen Meeres in der Küstenzone Jurakalk ist. Nur im Gebiet des Ulmer Landschneckenkalkes ruhte das Küstenwasser diesem oberoligozänen Gestein auf, was wir bei der Erwähnung des Profiles von Untermedlingen erfahren haben.

Strandfauna

Die Nähe der Küste wird ferner bestätigt durch die Häufigkeit der großen, dicken Austernschalen (*Ostrea crassissima, giengensis, edulis*), der Jakobskammuscheln der Gattung Pecten, des Rankenfußkrebses *Balanus pictus*, dessen Gehäuse (Meereicheln) sich erhalten haben, sowie durch die Löcher von Bohrwürmern, welche, viel enger als jene der Bohrmuscheln, das Kalkgestein durchsetzen. Eine besondere Berühmtheit bildet die „Turritellenplatte" bei Ermingen südwestlich von Ulm, eine Bresche zerbrochener Turmschnecken.

Erminger Turritellenplatte

Bei Donauwörth aber setzen die miozänen Küstenablagerungen aus und beginnen erst wieder in der Gegend von Vilshofen. Was nun diese weite Lücke im burdigalen Küstensaum betrifft, so muß man wohl annehmen, daß die Küstenablagerungen irgendwo in der Tiefe unter den späteren tertiären Sedimenten begraben sind. Gümbel *) meint, daß auf dieser Strecke die Alb einst weiter nach S reichte und daß die Strandsedimente beim Abbruch der Juraflanke mit in die Tiefe gefahren sind.

Weite Lücke im Küstensaum

Südküste

15. Wo aber lag die Südküste des burdigalen Molassemeeres? Wir begnügen uns hier mit dem Hinweise, daß sie parallel den älteren Molasseschichten vom Bodensee über den Pfänder nach Kempten in fast schnurgerader Richtung zunächst von SW nach NO verläuft und von der Iller an in west-östlicher Richtung über Lenzfried, Leuterschach zum Auerberg zieht.

*) Geognost. Beschreibung der Fränkischen Alb, Kassel 1891, S. 151.

Am Auerberg ist die jüngere Meeresmolasse zu einer großen Falte zusammengebogen. Dann streicht die burdigale Küstenlinie nach O gegen den Peißenberg zu *).

Die jüngere Meeresmolasse im Voralpengebiet wird durch ähnliche Gesteine identifiziert, wie im Norden.

16. Nun müssen wir uns aber hinsichtlich der Ausdehnung des burdigalen Meeres in ein vielgenanntes Fundgebiet der miozänen Meeresmolasse begeben und eine erst vor kurzem entstandene Kontroverse erwägen. Gemeint ist die Gegend von Baltringen südlich von Laupheim. Das ist jenes altbekannte Molassegebiet, auf dem schon um die Mitte des vorigen Jahrhunderts der Kammerer Dr. Probst von Essendorf eifrig sammelte, einer der Prospektoren aus der uns so sympathischen, anspruchslosen älteren Geologengeneration, welche die Grundlagen für die geologische Erforschung des süddeutschen Landes lieferte (s. Kartenskizze Abb. 9). **Baltringer Meeresmolasse**

Früher hieß es: Das Meer zog sich noch in der Miozänzeit vom Albrand zurück. Dabei kam es südlich von den alten Strandlinien zu einem längeren Halt, zu einer Etappe im Zurückweichen des Meeres in südlicher Richtung **). Diese Strandlinie verlief südlich von Laupheim bei den Ortschaften Walpertshofen, Baltringen, Schemmerberg und Warthausen, wo Fossilien des Küstenwassers in Menge gefunden werden.

Dr. Moos aber deutet dieses Baltringer Gebiet ganz anders. Der Muschelsandstein von Baltringen sei allerdings ein Sediment von größter Ufernähe. Das beweisen die Pholadenbohrungen, Meereicheln, Säugetierreste usw. Diese Ablagerungen seien aber ***) nicht Strandbildungen eines Nordufers des sich nach S zurückziehenden Molassemeeres, sondern einer Südküste. In der späteren burdigalen Zeit sei das Meer nach N zurückgewichen und nur noch eine schmale Meeresrinne sei übriggeblieben, und zwar südlich der Klifflinie Themmenhausen —Dischingen und nördlich der Baltringer Strandlinie.

Diese Moossche Erklärung erscheint uns namentlich auch unter dem Gesichtspunkt plausibler als die ältere, weil inzwischen durch die Alpenflüsse riesiges Erosionsmaterial in das Molassemeer geschwemmt worden war. Dadurch mußte das seichte

*) Gümbel, Geologie von Bayern, S. 315.

**) Eb. Fraas, Die Tertiärbildungen in der Ulmer Gegend, Jahresh. d. Ver. f. vaterländ. Naturkunde in Württ., 67 (1911), S. 538.

***) Moos l. c. S. 202.

Meer vom S her mit Gebirgsschutt aufgefüllt worden sein. Und da auch die tektonische Hebung der Scholle im S stärker war, als im N, wo jetzt noch die Donaufurche die tiefste Stelle des Landes anzeigt, so erscheint es logisch, daß der Rückzug des Meeres von den alten Strandlinien nicht von den tieferen Stellen im Norden zu den seichteren im S, sondern in umgekehrter Richtung erfolgte.

Das burdigale Meer

17. Wenden wir uns nun zum burdigalen Meer der oberen Meeresmolasse selbst! Es stand durch eine Enge in der Gegend von Bern westwärts, durch eine breite Straße bei Linz ostwärts mit dem Hauptmeer in Verbindung. Es war bevölkert von Haifischen und Rochen, deren Zähne stellenweise ziemlich häufig gesammelt werden können. Ganze Skelette dieser Fische können wir nicht erwarten. Denn sie sind knorpelig und fallen der Verwesung anheim.

Das burdigale Festland

Was wissen wir aber vom Festland der damaligen Zeit in unserem Gebiet? Wie es im S zuging, werden wir später erfahren. Im N aber bildete der Jura wie heute ein Plateau mit Unebenheiten, wie sie ja auch heutzutage die Hochfläche unterbrechen. Die Ablagerungen der Flüsse, die in das Miozänmeer einmündeten, haben sich in der

Juranagelfluhe

Juranagelfluhe auf der Alb erhalten. Das Gestein besteht aus sehr harten, zusammengebackenen Geröllen, die zum Teil dem weißen Jura entstammen. Daraus schließt man, daß das Einzugsgebiet dieser alten Flüsse auf die Weißjuratafel beschränkt war. Nun wurde früher wiederholt darauf hingewiesen, daß das Albplateau einstens viel weiter nach NW reichte, so daß die Quellgebiete bei dem fortschreitenden Abdrängen des NW-Randes der Alb nach SO schon längst der Erosion zum Opfer gefallen sind, und auf der Albfläche nur noch Taltorsos (oder „Talstumpen" der württembergischen Geologen) vorhanden sind.

Diese alten, nun größtenteils trockenen Flußtäler aber zeigen uns, daß das Flußsystem auf der Alb ehedem ein ganz anderes war als heute. So suchte ein solcher verschwundener Fluß, der Juranagelfluhe absetzte, seinen Weg über Waldhausen, Bräunisheim, Altheim (Ortschaften nördlich von Ulm) zum Meer. Ein anderer kam über Gerstetten und mündete bei Heldenfingen (Ortschaften südwestlich von Heidenheim). Auch bei Dischingen scheint ein von N kommender Fluß das Meer erreicht zu haben *).

*) Bentz, Heidenheimer Heimatblätter 1928, 4. Folge, S. 28.

b) Die obere Brackwassermolasse, der Graupensandfluß und die Kirchberger Schichten des Mittelmiozäns.

18. Wir treten nun in die mittelmiozäne Zeit ein, die im süddeutschen Land durch die Wiener Stufe, Vindobon (Vindobona, der römische Name für Wien), vertreten ist. **Wiener Stufe Vindobon**

Zu dieser Stufe rechnet man die nun folgenden Graupensande und die brackischen Kirchberger Schichten.

Nach der Ablagerung der oberen Meeresmolasse hob sich der Meeresboden. Die südwestliche Verbindung des Meeresarmes zwischen Jura und Alpen nach Westen mit dem Ozean, die „Burgunder Pforte", wurde geschlossen. Das geschah wohl im ursächlichen Zusammenhang mit den tektonischen Vorgängen im Alpengebiet.

So zog sich das burdigale Meer immer weiter nach Osten zurück, und im Westen der jetzigen Hochebene erschien trockenes Land. An der Stelle des jetzigen Donautales verblieb vorerst noch ein schmaler Fortsatz des abziehenden Meeres.

19. In diesem jungen Land zog ein mächtiger Strom aus den Alpen einher (s. Abb. 9 S. 77). Er kam, wie seine Erosionsfurche zeigt, aus der Gegend von Schaffhausen über Zwiefalten, Grimmelfingen, Ulm und mündete in Niederbayern mit einem weiten Ästuarium in das vindobone Meeresbecken. Nachdem dieser Fluß zuerst mit starker Erosionskraft seine Rinne eingetieft und aus ihr die burdigale obere Meeresmolasse abtransportiert hatte, setzte er bei vermindertem Gefälle Sand und Geröll ab *). **Graupensandfluß**

Das ist der von den württembergischen Geologen vielumstrittene Grimmelfinger Graupensand. Früher hielt man ihn für eine besondere Strandfazies der oberen Meeresmolasse. Jetzt sieht man ihn nach den Untersuchungen von Aug. Moos als fluviatiles Gebilde an. **Grimmelfinger Graupensand**

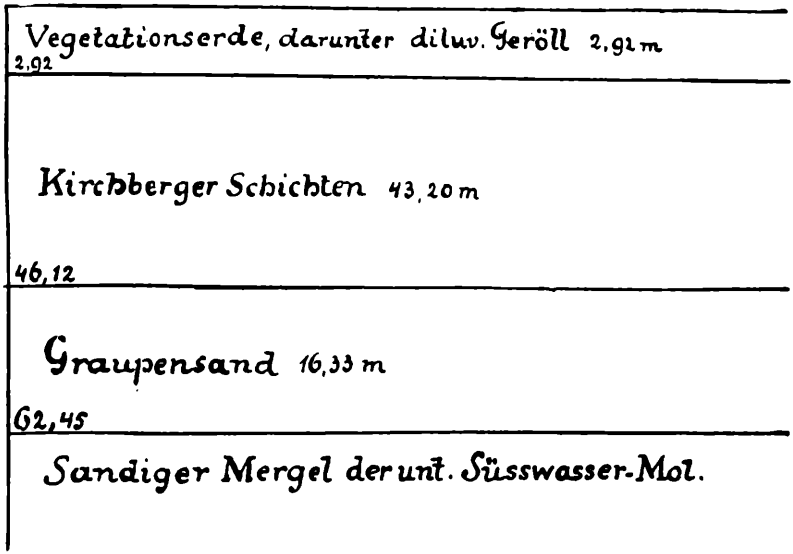
Dieser Sand hat von den großen Sandgruben bei Grimmelfingen südwestlich von Ulm seinen Namen. Er besteht aus

*) Aug. Moos, l.c., S. 204 ff. Neuestens hat Helmut Kiderlen die Graupensandvorkommnisse besucht und einschließlich der Kirchberger Schichten eingehend studiert. (S. Centralbl. f. Min. usw. 1928, Abt. B, Nr. 12, S. 601 ff.) Er fand, daß die Graupensande und Kirchberger Fossilien westlich Ulm viel weiter nach S sich erstrecken, als es in der Moosschen Skizze (s. unsere Abb. 91) eingetragen ist. Namentlich aber erklärt Kiderlen, daß die Strömung des Graupensandflusses nicht von SW nach NO, sondern in umgekehrter Richtung erfolgt sei. Die Mündung lag nach seinen Beobachtungen bei Schaffhausen.

erbsen- bis haselnußgroßen Quarzkörnern, Hornstein-, Feldspat-, Glimmerschieferstückchen (Graupen). Alle sind abgerollt, die meisten annähernd gleichgroß. Kalk fehlt. Die Körner sind in einen braungelben Sand eingebettet.

Für unser Gebiet einschlägig ist, daß bei den Brunnenbohrungen für die Stuttgarter Wasserversorgung in der Gegend

Abb. 11.



Schichtenfolge der Brunnenbohrung am Schüttenberg in Dillingen 1844. (Nach dem in Gümbel, Frankenjura, S. 187 mitgeteilten Profil. S. auch Moos, Geognost. Jahreshefte 37, 1924, S. 206.)

von Langenau-Niederstotzingen auch die Graupensande angetroffen wurden. Als östlichster Punkt, an dem diese Sande festgestellt wurden, wird Dillingen genannt. Moos schließt das aus dem von Gümbel *) mitgeteilten Profil einer Brunnenbohrung vom Jahre 1844, die bis 111 m tief hinabgetrieben wurde. Dieses Profil beginnt mit 2,92 m Vegetationserde und Geröll, darauf folgen 43,20 m sandige Mergel im oberen Teil (4 m) mit Muscheln und Schnecken der Kirchberger Schichten, darunter liegen 16,33 m grober Quarzsand mit Quarzgeröll. Die Bohrung wurde noch 49 m in einem gelben, sandigen, weichen Mergel fortgeführt, der von Moos für untere Süßwassermolasse

*) Fränkischer Jura, S. 187. Nach einer Mitteilung des Herrn cand. geol. Helmut Kiderlen (Tübingen) hat auch der in den sechziger Jahren als Landesgeologe kartierende Hauptmann H. Bach das Dillinger Bohrprofil verwertet. Seine Skala und Deutungen stimmen nicht in allen Punkten mit dem von Gümbel veröffentlichten Profil überein.

gehalten wird. Vom damaligen Bohrmaterial ist nichts mehr vorhanden. Dagegen haben Bohrungen der letzten beiden Jahre ergeben, daß in der Tat unter den Schichten mit der Kirchberger Fauna zunächst blaugraue Mergel und unter diesen ebensolche Sande liegen, die in der Tiefe reichlich Graupenkörner nach Art und Größe der Grimmelfinger enthalten. Aber aus einem dieser Bohrlöcher fanden sich in diesem Graupensand vereinzelte Schalenreste von *Paludina varicosa*. Ist der Sand dann das, was Moos unter echtem, fluviatilem Graupensand versteht, zudem die Farbe nicht gelbbraun, wie in Grimmelfingen, sondern blaugrau ist? Wir wollen in dieser lediglich orientierenden und zusammenfassenden Abhandlung diese Details nicht weiter erörtern, sondern die Folgerungen ins Auge fassen, die Moos aus den Fundergebnissen zieht.

Die Verbreitung der Graupensande folgt einer ziemlich gerade verlaufenden Grenzlinie in nordöstlicher Richtung. Diese Linie berührt die Orte Zwiefalten, Reichenstein, Kirchen, Altheim, Ringingen, Grimmelfingen, um dann unter Tag in der Donauniederung ungefähr 4 km südöstlich von Station Niederstotzingen und nordwestlich von Dillingen durchzustreichen. Moos hält diese Grenzlinie für das Nordufer der Gewässer, welche die Graupensande abgesetzt haben.

Wo aber lag das Südufer? Es verläuft nach Moos in der Linie Riedlingen—Laupheim. Und damit wären wir neuerdings am Baltringer Molassegebiet angelangt, das wir (S. 81) als die mutmaßliche Südküste des allmählich verschwindenden burdigalen Meeres angenommen hatten.

20. Wir haben den Unterabschnitt vorstehender Erörterungen „obere Brackwassermolasse" überschrieben. Bis jetzt aber haben wir nur von einem aus dem burdigalen Meer aufgetauchten Land vernommen, durch das der Graupensandfluß strömte und seinen geologischen Verpflichtungen durch Ablagerung der nach ihm benannten Sande genügte. Das Meer ist nach O abgezogen. Wie finden wir nun den Weg zu den brackischen Kirchberger Schichten? Auch hierfür bringt die so oft erwähnte Moossche Arbeit eine ganz neue Auffassung. **Kirchberger Schichten**

Früher lautete die Erklärung dieser berühmten Ablagerungen folgendermaßen: Das Miozänmeer wurde in unserem Gebiet halbsalzig, brackisch. Als Grund wurde angegeben, bei dem allmählichen Rückzug des Meeres nach O bestand in der

Ulmer Gegend eine Bucht, in welche von einem großen Fluß viel süßes Wasser einströmte.

Damals dachte man aber noch nicht an den Graupensandfluß. Denn der Graupensand wurde für eine Strandbildung gehalten.

Jetzt ist aber die Erklärung der Kirchberger Schichten nach Moos eine ganz andere. Nachdem in Süddeutschland nach dem Verschwinden des burdigalen Meeres schon lang Festland war, durch welches der Graupensandfluß nach O strömte, kam von O her eine nochmalige, letzte Überflutung des Landes *). Und nunmehr mündete der Graupensandfluß nicht mehr im Niederbayerischen ins vindobone Meer, sondern schon in der Gegend von Ulm, und zwar in eine Meeresbucht, die sich in Oberbayern auf 80 km verbreiterte, in der Passauer Gegend den ganzen Raum zwischen dem Bayerischen Wald und den Alpen ausfüllte und weiter ostwärts in das offene Meer überging (s. Abb. 9).

In diesem Stadium, welches, wie wir gehört haben, Vindobon oder Wiener Stufe genannt wird, wurden die Kirchberger Schichten abgesetzt. Denn im Mündungsgebiet des Flusses, der hier ein weites Ästuarium nach Art der Elbe bildete, war das Wasser brackisch geworden, was sich in der Eigenart der in diesen Schichten eingeschlossenen Organismenreste ausspricht.

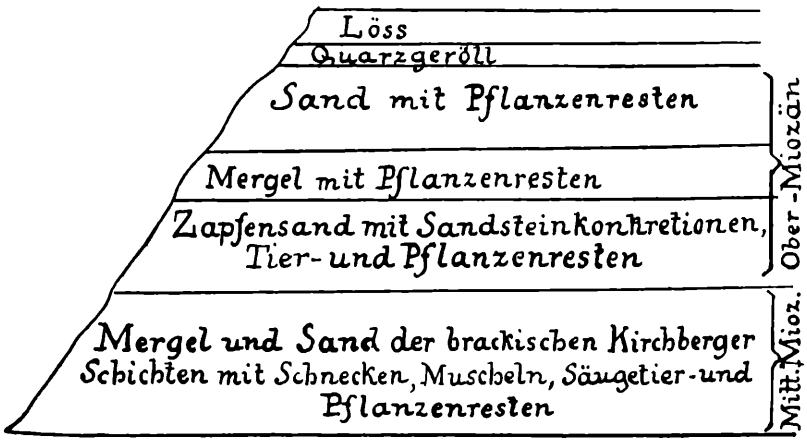
Es handelt sich um fossilienreiche, bis 25 m mächtige Sande und glimmerreiche Mergel, die zuerst an den Steilhängen der Iller bei Ober- und Unterkirchberg südlich von Ulm von Finanzrat E s e r von Ulm beobachtet wurden. Hier hat auch der Apotheker A u g. W e t z l e r, auch einer der verdienstvollsten Pioniere der schwäbischen Geologie, eifrig gesammelt und dieselben Schichten auch bei Leipheim und Günzburg festgestellt. Bei Dillingen wurden sie anläßlich der schon erwähnten Tiefbohrung von 1844 nachgewiesen. In den letzten Jahren aber sind sie bei der Reparatur der Schloßgartenmauer direkt unter dem Straßenniveau angeschnitten und zugänglich gemacht worden. Östlich von Dillingen hat man sie im schwäbischen Gebiet noch nicht gefunden.

Die Kirchberger Schichten bestehen aus grünlich-grauen Sanden, feinsandigen und glimmerigen Mergeln und mergeligen

*) H. K i d e r l e n vertritt auch hier die gegenteilige Ansicht, daß die neue Überflutung nicht von Oberbayern, sondern aus SW erfolgte. S. die Anm. auf S. 83.

Tonen. Einzelne Lagen sind auch zu einem mehr oder weniger festen Sandstein verbunden. Die Tierwelt ist artenarm, aber individuenreich. Sie besteht namentlich aus Muscheln (*Cardium, Dreissensia, Unio*) und Schnecken (*Hydrobia, Bythinia*). Dazu kommen kleine Fische (Heringe, Sprotten), sowie Reste von Schildkröten, Krokodilen, Schlangen und Säugetieren.

Abb. 12.



Profilskizze der oberen Süßwassermolasse über den Kirchberger Schichten im Hohlweg bei Reißensburg. (S. G ü m b e l, Geologie von Bayern, S. 379.)

Als Liegendes dieser Schichten wurde von Moos wohl einwandfrei der Graupensand festgestellt. Er spricht sich hierüber folgendermaßen aus: Es fand neuerdings ein Absinken des Landes statt. So drang das vindobone Meer weit nach W vor und in der Ulmer Gegend in die Senke der Graupensandrinne ein. Als Absatz kam sandiges Material in Betracht, aber auch ein mergelig-toniger Schlamm, vergleichbar den Schlicken der heutigen Nordseewatten und der in die Nordsee mündenden Ästuarien der großen Flüsse. Daraus entstanden die bituminösen Kirchberger Mergeltone.

Die Dauer dieser brackischen Ablagerungen dauerte aber nicht allzu lang. Offenbar wurde der Zusammenhang mit dem Ostmeer unterbrochen. Das westliche Nebenmeer süßte sich völlig aus, wie aus den Resten der Fauna durch alle Übergänge erschlossen werden kann. Die Paludinensande, die Cardien- und Dreissensiaschichten gehen in Fischmergeltone und Hydrobienschichten über, die nur noch schwach salziges Wasser andeuten. Darüber folgen die Bythinienschichten mit einer Fauna von

Süßwassermuscheln und -schnecken. Und schließlich finden sich ganz oben die Landschnecken der obermiozänen Sylvanaschichten eingeschwemmt.

c) Die obere Süßwassermolasse.

Sarmatische Stufe

21. Damit treten wir in die obere Miozänzeit ein, die in Süddeutschland durch die sarmatische Stufe vertreten ist. Dieser Name ist nach den sarmatischen Steppenländern im Bereich des Schwarzen Meeres gewählt worden. Denn es handelt sich im Osten um Absätze aus einem vom Weltmeer abgeschnürten brackischen Meeresbecken, das die Süddonauländer bedeckte und westlich bis nach Süddeutschland reichte.

Wir haben bereits bei der kurzen Erörterung der Kirchberger Fauna erfahren, wie der halbsalzige Charakter der Wasseransammlung allmählich in einen rein süßen übergeht, gekennzeichnet durch Schnecken und Muscheln, die auch gegenwärtig nur im süßen Wasser vorkommen. In der oberen Miozänzeit haben wir es demnach nur noch mit Ablagerungen aus dem süßen Wasser zu tun (s. Abb. 12 S. 87). Hier aber haben wir zwei petrographisch grundverschiedene Gesteinsvorkommnisse auseinanderzuhalten: die sandig-mergelige Ausfüllung des zuerst mit salzigem, dann mit halbsalzigem, endlich mit ausgesüßtem Wasser gefüllten Troges im Bereich der jetzigen Hochebene, andrerseits kalkige Schichten im Bereich des Jura, die nach der Schnecke *Helix sylvana* Sylvanakalke genannt werden.

Sylvanakalk

22. Bleiben wir zunächst bei der ersten Fazies. Das sind die mehrere hundert Meter mächtigen Sande und Mergel, in Oberbayern Flinzsand und Flinzletten genannt. In Schwaben aber führen die hier einzuordnenden grünlich-grauen, glimmerreichen Sande, die im schwäbischen Hügelland in zahllosen Sandgruben gegraben werden, den Namen Pfohsande oder auch Zapfensande. Die erstere Bezeichnung scheint mit dem altdeutschen Wort Pho = Fuchs zusammenzuhängen, weil der Fuchs darin gern seine Gänge gräbt. Zapfensande aber heißen sie wegen der beträchtlich großen Sandgebilde in Zapfenform, die sich im Sand finden. Hier erfolgte im kleinen eine Verfestigung der Sandkörnchen, wie sie im großen bei der Sandsteinbildung vorliegt. Das Bindemittel ist der vom kalkreichen Wasser ausgeschiedene kohlensaure Kalk. Da die Wasserzufuhr längere Zeit aus der gleichen Richtung erfolgte und die Kalkausscheidung anhielt, so kam es, daß die An-

Flinz

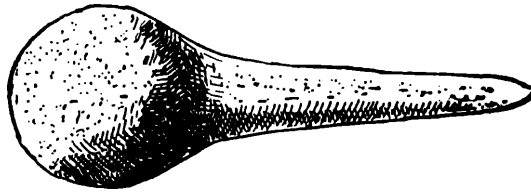
Pfohsand

Zapfensand

einanderreihung der Sandkörnchen und damit der Vergrößerung der Konkretion auch in der gleichen Richtung stattfand. So entstanden längliche Gebilde, deren Spitzen alle die gleiche Richtung weisen. S. Abb. 13.

In Schwaben bestehen alle die Hügelreihen, die von einem Wasserlauf zum anderen zu nicht unbeträchtlicher Höhe ansteigen, im Unterbau aus diesen sandigen und sandig-mergeligen

Abb. 13.



Sandsteinkonkretion im Zapfensand (aus der Sammlung der Dillinger Hochschule).

Massen. Darüber haben während der Eiszeit die Alpenflüsse eine dicke Decke jüngerer Bildungen, die Deckenschotter, ausgebreitet. In Oberbayern aber reichen die Sande über weite Strecken bis oben hinauf.

Diese obermiozänen Sande und Mergel gehen, wie erwähnt, mehrere hundert Meter in die Tiefe, wie bei Tiefbohrungen festgestellt werden konnte. Wie ist es aber dann zu verstehen, daß auf den Höhen des Albrandes die Küstenbildungen, Sande, Muschelbreschen usw., des Molassemeeres liegen, während die obersten Sandschichten, die bei der Auffüllung des späteren Süßwasserbeckens in der Hochebene sogar mit ihren höchsten Lagen in einem tieferen Niveau ausgebreitet sind?

Hier müssen wir uns immer neuerdings daran erinnern, daß die Festlandsschollen durchaus nicht unveränderlich in gleicher Höhe verharren, daß vielmehr im Verlauf langer Zeiten ein beständiges Auf und Nieder stattfindet. Als Ergebnis dieser Oszillationen haben wir ja den fortdauernden Wechsel von Meer und Festland durch alle erörterten Formationen festgestellt.

Wenn wir aber finden, daß die Nordküste des Miozänmeeres auf den Albrand beschränkt ist und südlich von der Donau fehlt, daß diese hochgelegenen Strandbildungen gegen die Hochebene zu gewissermaßen in der Luft hängen, so sind wir doch leicht versucht, wieder an die Donaubruchlinie zu denken, an welcher die Fortsetzung der dicht an die Donau-

niederung herantretenden marinen Sedimente mitsamt der Juraflanke versank.

23. Während zwischen Jura und Alpen der Trog mit den sandigen und mergeligen Massen, welche die Flüsse in den See einführten, ausgefüllt wurde, haben sich im Bereich der Alb an mehreren Stellen harte Kalksteine gebildet, die mitunter in großer Menge Süßwasserfossilien enthalten. Diese Kalke, nach *Helix sylvana* die Sylvanakalke genannt, sind die zu Gestein verfestigten Niederschläge aus kleineren Seen, von denen der einstige Riessee der umfangreichste war. Hier und im gleichfalls vulkanischen Becken von Steinheim westlich von Heidenheim gibt es Fundplätze, die wegen der erstaunlichen Mengen von Schneckenhäusern geradezu Schneckenfriedhöfe genannt werden könnten. Namentlich sind es neben dem Leitfossil *Helix sylvana* die Hydrobien, Planorbis-Arten, Limnäen usw., die einen solchen Individuenreichtum aufweisen, ferner ein winzig kleiner Muschelkrebs, *Cypris faba*.

Sylvanakalk

An manchen Stellen dieser ehedem vulkanischen Gebiete deuten die Sprudelkalke, z. B. des Wallersteinfelsens, auf heiße Quellen als letzte Zeichen des Ausklingens der vulkanischen Vorgänge.

Sprudelkalk

Fauna

24. Aber auch hinsichtlich der höheren Tierwelt sind wir aus der obermiozänen, sarmatischen Zeit gut unterrichtet. Es gab damals bei uns elefantenartige Tiere, das Mastodon (mastos, Zitze, odous, odontos, Zahn) und Dinotherium (deinos, schrecklich, therion, Tier), ferner Muntjakhirsche, Pferde, Nagetiere und Raubtiere. Bei Stätzling nordöstlich von Augsburg sind wichtige Reste von Affen aufgefunden worden*).

Im Röhricht des Riessees tummelten sich Vögel herum, Pelikane, Ibisse, Störche, Reiher und Schwimmvögel. Hier fand man sogar überkrustete Federn, sowie Nester mit Eiern.

Flora von Öningen

Endlich kennen wir auch die damalige Pflanzenwelt, die berühmte Öninger Flora, am Ausfluß des Rheines aus dem Untersee im Westen des Bodensees. Die dortigen Mergelgruben haben eine Unmasse von Pflanzenabdrucken ergeben. Sie sind aber leider seit Dezennien aufgelassen. Diese Pflanzenwelt läßt Schlüsse auf das damalige Klima zu, wobei man aber, wie wir gleich sehen werden, vorsichtig sein muß.

*) Über den Unterkiefer von Pliopithecus antiquus aus Stätzling hat neuerdings E. Stromer im 46. Ber. d. naturw. Ver. f. Schwaben u. Neuburg (1928) referiert, sowie im Sammler d. München-Augsburger Abendztg. Nr. 244, Jg. 1928, die subtrop. Lebewelt im Untergrund von München beschrieben.

Es gab damals Palmen, Sagopalmen, Akazien, Feigenbäume. Solche Pflanzen ließen auf ein sehr warmes Klima schließen. Viel zahlreicher aber sind Tulpenbäume, Kampherbäume, Lorbeer, Myrthe, immergrüne Eichen, die höchstens als subtropische Pflanzen gelten könnten. Dazu kamen aber in Menge Arten, die heutzutage in gemäßigtem, ja kaltem Klima zu Hause sind, wie Weiden, Erlen, Birken, Buchen, Ahorn, Pappeln, Ulmen, sowie Stechpalmen und Mammutbäume.

Die vormiozäne Flora war allerdings tropisch. Als aber die Alpen in die Höhe wuchsen, da mußte ein sehr fühlbarer Wechsel im Klima eingetreten sein. Denn nun wurden die warmen und feuchten Südwinde durch die Gebirgsschranke ihrer Wärme und Feuchtigkeit beraubt und das Klima nördlich vom Hochgebirge wurde kontinentaler. Klimawechsel

5. Pliozän.

25. Im vorausgehenden war davon die Rede, wie durch die ungeheuren Massen der von den Alpenflüssen ins Meer geschwemmten sandigen und mergeligen Erosionsprodukte der Grund des Süßwassersees beständig erhöht wurde. Wie es in dieser westlichsten Bucht des sarmatischen, vom Ozean abgeschnittenen Beckens im einzelnen aussah, darüber könnten nur Tiefbohrungen, die über die ganze Hochebene gleichmäßig angestellt würden, genauere Auskunft geben.

Aber das dürfen wir mit Sicherheit behaupten, daß die Senkung der süddeutschen Scholle zu Ende war, daß vielmehr eine neue Hebung vor sich ging. Jetzt ragt ja die ehedem vom Wasser bedeckte Landfläche Hunderte von Metern über das Meeresniveau empor. Es waren wiederum die Kräfte der Tiefe, welche die Hebung bewirkt haben. Hebung der süddeutschen Scholle

So war also auch in Bayern trockenes Land entstanden, nachdem dieser Vorgang in Schwaben schon lange zuvor nach der Schließung der Burgunder Pforte eingetreten war und nur durch die, geologisch gesprochen, nicht allzu lang dauernde Kirchberger Überflutung unterbrochen wurde.

Unterdessen aber war der vierte und letzte Abschnitt der Tertiärzeit, die Pliozänepoche, angebrochen.

Wie sollen wir uns nun das Neuland vorstellen?

Als der große Süßwassersee der jüngsten Miozänzeit verschwunden und die spätere Hochebene ans Tageslicht getreten war, wird keinen Augenblick ein völlig stationärer Zustand in

der geologischen Entwicklung des Landes eingetreten sein, so daß etwa eine glatt ausgebreitete Sandfläche zu sehen gewesen wäre. Denn sofort begann die gewaltige Leistung der Flüsse. Nicht mehr wie früher konnte sich jetzt das Erosionsmaterial am Grund eines stehenden Gewässers in horizontalen Schichten über das weite Gebiet gleichmäßig ausbreiten, sondern die aufbauende Arbeit der Flüsse durch Ablagerung von Alpenschutt spielte sich nunmehr auf getrennten Abschnitten ab, während in anderen das Gegenteil eintrat, nämlich eine Erosionstätigkeit der größeren und kleineren Wasserläufe, die Abtragung und Forführung ungeheurer Massen aus den ursprünglich eben ausgebreiteten Molasseschichten, wobei die Flußrinnen und Täler immer tiefer in den Grund eingenagt wurden. Die leichte Zerstörbarkeit der sandigen und mergeligen Schichten gestattete selbst den kleinsten Gewässern sich einzugraben.

Tätigkeit der Flüsse

Hierbei sind aber nicht nur die ständigen Wasserläufe am Werke, sondern auch das auf geneigter Fläche abfließende Regenwasser. An felsigen Steilhängen stürzt es herab, an leicht geneigten Sandflächen strebt es langsamer dem Tal zu und nimmt auf seinem Weg lockeres Material mit. Jeder Bach zeigt uns durch seine braune, trübe Flut an, welche Unmenge erdiger Teilchen ihm nach einem Platzregen durch das Regenwasser zugeführt worden ist. Bei dieser durch lange Zeit fortgesetzten Detailarbeit des Regenwassers vermindert sich fortwährend auch heutzutage der Böschungswinkel der von einem Tal zum anderen reichenden Tertiärabschnitte. So kommt es, daß in dem lockerschichtigen Gebiet unserer Hochebene keine Schluchten (außer im Löß) eingerissen sind, sondern daß die Täler flach zum Plateau ansteigen.

Tätigkeit des Regenwassers

Alpenflüsse

Wir können die transportierende Arbeit der Flüsse nicht hoch genug veranschlagen. Welch unermeßliches Material lag, nachdem die Aufrichtung des Alpengebirges der Hauptsache nach beendigt war, für Abtransport bereit! Welche Unmasse von Gesteinsmaterial ist bei den gewaltigen Faltungsvorgängen der soliden Unterlage beraubt worden! Wie viel Trümmer, kleine und große, flogen dabei ab! Welch enorme Bergstürze müssen in jener Zeit der Erdbeben vorgekommen sein, wenn die Bergmassen auf einer unterwaschenen, weichen Unterlage ins Rutschen kamen! Welch riesige Gesteinsmassen sind bei den ungeheuren Überschiebungen zur Seite gedrängt und in die Täler geworfen worden!

Die Hauptmasse dieses Gebirgsschuttes befindet sich aber nicht mehr im Gebirge, sondern wurde zum größten Teil von den Flüssen abtransportiert, das übrige aber liegt noch in der Hochebene ausgebreitet.

Pliozäne Flüsse

26. Aber diese pliozänen Flußläufe bewegten sich nicht etwa in den jetzigen Tälern der Hochebene. Allerdings haben wir den Graupensandfluß als tertiären Vorläufer unserer Donau kennengelernt *). Aber von einem Wassersystem, das allerdings, wie wir sehen werden, im ständigen Wechsel bis zur Gegenwart die Hochebene durchzog, können wir erst von der Pliozänzeit an reden.

Urdonau

Aber die „Urdonau" floß damals noch hoch oben auf der Blaubeurener Alb, 175 m über der jetzigen Talsohle, und gelangte über den Eselsberg in die Ulmer Gegend, immer noch 150 m hoch über dem jetzigen Donautal. Man findet in diesen Höhen quarzitische pliozäne Flußgerölle. Erst viel später hat sich die Urdonau das landschaftlich schöne Blaubeurener Tal durch den Jurakalkstein ausgearbeitet. Und noch später wurde sie daraus wieder verdrängt und mußte fortan ihren jetzigen Weg am Albrand entlang einschlagen.

Auch für die übrigen pliozänen Flüsse der Hochebene müssen wir eine entsprechend höhere Lage annehmen. Denn wenn die Einmündung der „Urriller" in die Donau in der Höhe des jetzigen Eselsberges bei Ulm, 610 m hoch, erfolgte, während die jetzige Einmündung oberhalb Ulm in 470 m Höhe liegt, so können wir daraus ermessen, daß inzwischen 140 m von dem sandigen und mergeligen Sediment der Hochebene erodiert und weggeführt wurden, ein kolossaler Betrag.

Urriller

Und ähnlich stand es im großen und ganzen auch hinsichtlich der Wasserläufe im übrigen Gebiet der Hochebene. Für die im Albgebiet verlaufenden Flüsse aber haben wir schon früher Einschlägiges kennengelernt.

6. Das Allgäuer Gebirge.

a) Die Entstehung der Kettengebirge.

27. Noch in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts nahm der Begründer der wissenschaftlichen Geologie, Gott-

*) H. Kiderlen (s. Anm. auf S. 83) erklärt, daß die Urdonau, wie die jetzige Donau, die alte Graupensandrinne benützte, aber nicht wie der Graupensandfluß von NO nach SW, sondern wie auch heutzutage von SW nach NO.

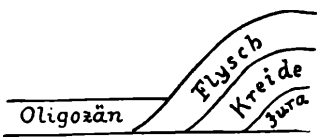
lob Abraham Werner, an, daß die Gebirge gar keine Hebungen der Erdrinde darstellen, sondern daß alle Gesteine noch so liegen, wie sie ursprünglich zur Ablagerung gekommen sind. Die Gebirge seien nur durch die Abtragung gleichsam aus ihrer Umgebung herausgeschält worden. Steil aufgerichtete Schichten galten ihm als lokale, durch Einstürze verursachte Erscheinungen. Werner ist allerdings über die nahe Umgebung seines Wohnortes, Freiberg in Sachsen, nicht hinausgekommen. Sonst hätte er seinen Irrtum selbst einsehen müssen. Aber seine Ansicht blieb wegen seines hohen wissenschaftlichen Ansehens doch lange Zeit tonangebend *).

Nach ihm hat Saussure, der erste Besteiger des Montblanc, in den Alpen allenhalben steil aufgerichtete und gefaltete Schichten vorgefunden.

Um diese Zeit erhob sich der lange dauernde Streit zwischen den Neptunisten, die gleich Werner im Wasser den alleinigen Faktor der Neubildung und Veränderung an der Erdoberfläche sahen, und den Plutonisten, die der inneren Erdwärme und den herausquellenden Massen der Tiefe einen ausschlaggebenden Einfluß auf alle geologischen Vorgänge zuschrieben. Sie sahen in dem Empordringen feuerflüssiger Massen die Ursache der Gebirgsbildung.

Einen großen Fortschritt brachte der französische Forscher Elie de Beaumont, der in vielen Fällen die geologische Zeit bestimmte, in welcher die Entstehung eines Gebirges erfolgte. Man sucht im Gebirge das Alter der jüngsten Schicht zu bestimmen, die an der Aufrichtung teilgenommen hat, hernach das Alter der ältesten Ablagerung, welche ungestört dem Fuß des Gebirges anliegt. Die Erhebung mußte demnach zwischen der Ablagerung der jüngsten aufgerichteten und der ältesten horizontal liegenden Schicht erfolgt sein. S. Abb. 14.

Abb. 14.



Schema für die Bestimmung des Alters eines Gebirges. Die gefalteten Schichten sind vor, die horizontalen nach der Aufrichtung des Gebirges abgelagert worden.

Damals glaubte man noch, daß solche Bewegungen sehr rasch erfolgten, bis die von Hoff, Lyell und Prevost eingeleitete neue Richtung in der Geologie auch in den gewaltigen Vorgängen der Gebirgsbildung nur die Summierung

*) Neumayr, Erdgeschichte, 1. Bd. (1886), S. 315 ff.

einer großen Zahl von Einzelwirkungen sah. Ein von unten nach oben wirkender plötzlicher Stoß könnte wohl die darüberliegenden Schichten zersprengen und zertrümmern, er könnte aber nie ausgedehnte, regelmäßige Faltensysteme erzeugen, wie wir sie in den Kettengebirgen allenthalten vorfinden.

Die großen Kettengebirge stellen zusammengeschobene Oberflächenteile der Erdrinde dar. War der Schub weniger stark gewesen, so entstanden Faltengebirge, z. B. der Schweizerische Jura. War der Schub jedoch sehr intensiv und lange dauernd, so war das Ergebnis ein Deckengebirge, z. B. die Alpen.

Faltengebirge

Deckengebirge

Daneben gibt es noch eine dritte Art von Gebirgen, die Horste oder Schollengebirge, z. B. der Schwarzwald, der Bayerische Wald. Hier finden wir kein Anzeichen einer horizontalen Schubbewegung. Dagegen kamen vertikale Kräfte zur Auslösung, durch welche einzelne Teile der Erdkruste an Bruchzonen in die Tiefe sanken, während das übrige als Horst stehen blieb oder gehoben wurde. So sank zwischen Schwarzwald und Vogesen das Rheintal in die Tiefe, die stehengebliebenen Teile wurden später gehoben. Erst dadurch traten Schwarzwald und Vogesen als Gebirge hervor.

Horste oder Schollengebirge

28. Nach diesen Vorbemerkungen wenden wir uns zum Vorgang der Bildung eines Kettengebirges, und zwar zuerst eines Faltengebirges. Ein vorzügliches Beispiel liefert der Schweizerische Jura *).

Entstehung eines Faltengebirges

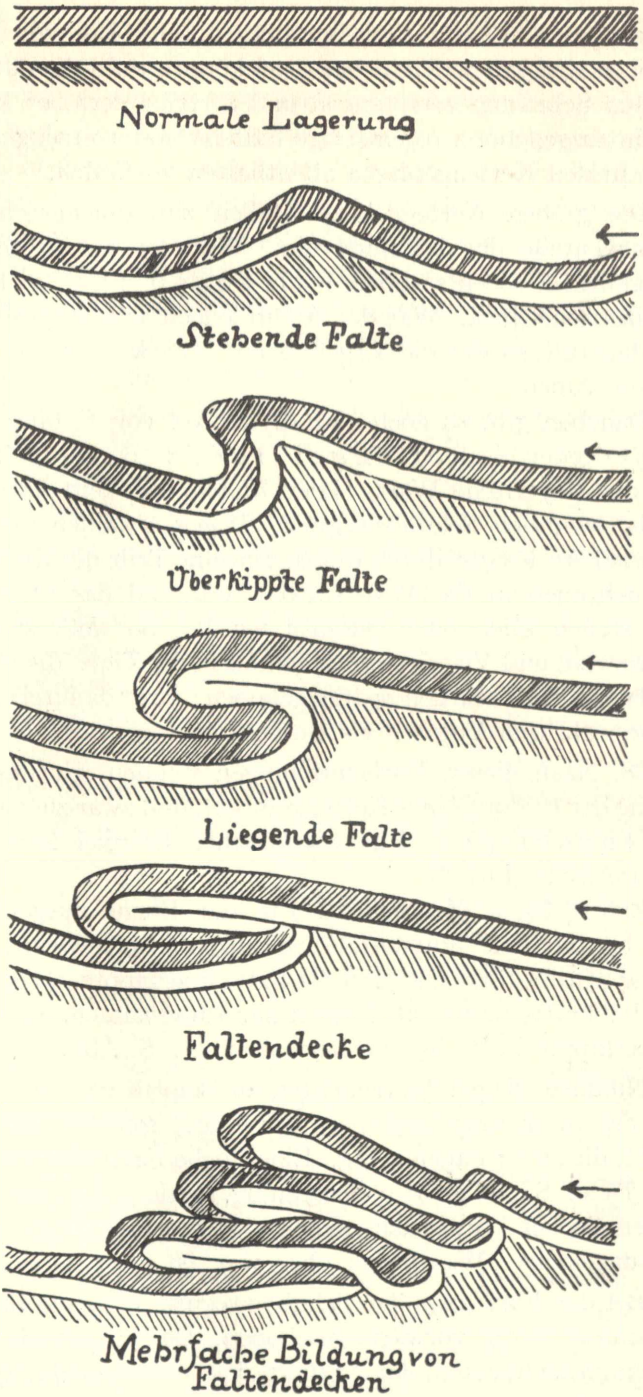
Zuerst lagen die Schichten in der Ebene ausgebreitet. Dann begann eine horizontale Schubkraft einzuwirken. Die Faltung wurde stärker, so daß die Falte überkippte. Wenn nun die Schubkräfte immer noch nicht zur Ruhe kamen, dann ging die überkippte Falte in eine liegende über. S. Abb. 15, S. 96.

Nunmehr liegen die Schichten im Bereich der Falte nicht mehr auf ihrer ursprünglichen Unterlage, sondern auf einer Schicht, die zuvor daneben lag. Eine solche Falte wurzelt nicht in der Tiefe. Sie ist nicht bodenständig, sondern liegt auf einem fremden Sockel. Außerdem haben sich die Lagerungsverhältnisse umgekehrt. Was früher oben war, ist jetzt unten.

Bei der Fortdauer der Schubbewegung wird die liegende Falte immer weiter vorwärts geschoben. Der ursprünglich einheitliche Schichtenkomplex verliert den Zusammenhang. Die

*) Hauptsächlich nach v. Bubnoff in der „Umschau", 1921, S. 224 ff.

Abb. 15.

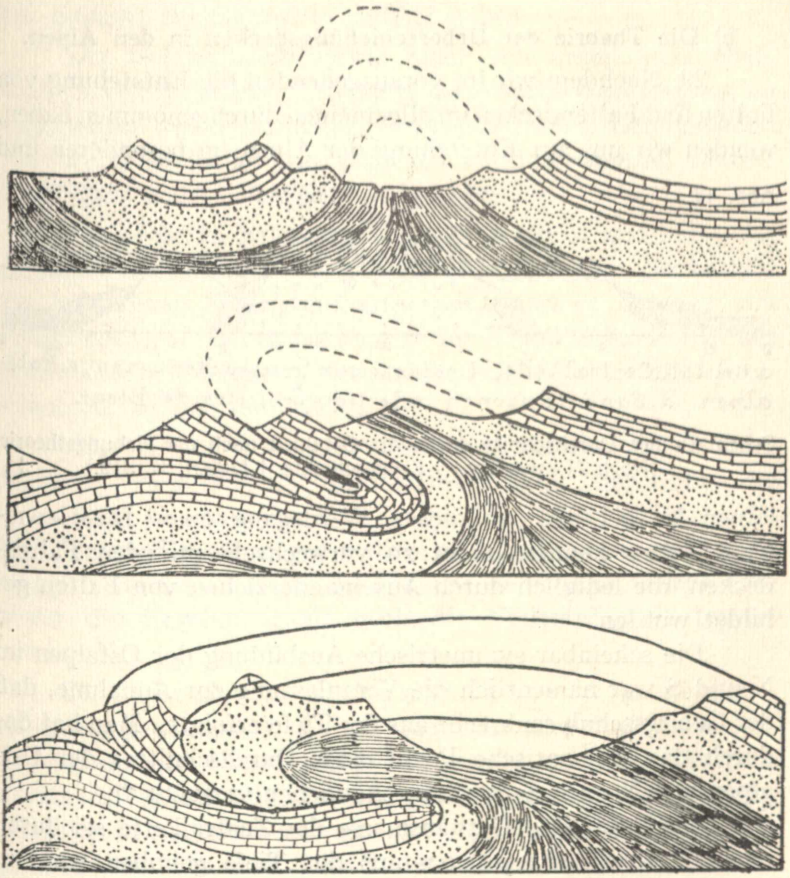


Schematische Darstellung der Bildung von Falten und Faltendecken. (Nach v. Bubnoff, Die Deckentheorie in den Alpen, in „Die Umschau" XXV [1921], S. 425.)

liegende Falte ist wurzellos geworden. Es entstand eine Faltendecke.

Wenn nunmehr der Gebirgsdruck zur Ruhe gekommen ist, dann arbeiten die Kräfte der Verwitterung und der Erosion und präparieren die Bergformen heraus, an welchen gewöhnlich die

Abb. 16.



Die Entstehung einer Faltendecke aus einer stehenden Falte. Hier sind die Faltenschenkel über dem wirklichen Schichtenbild ergänzt, um zu zeigen, was von den Gesteinsschichten der Erosion zum Opfer gefallen ist. (Nach Steinmann, Geolog. Probleme des Alpengebirgs, Ztschr. d D. u. Ö. Alpenvereins, XXXVII [1906], S. 8.)

Faltenbildung nicht mehr in unverletzten Schichten verfolgt werden kann. Man muß vielmehr in Profilen die Falten durch die Luft hindurch ausziehen und mit benachbarten gleichen Schichten kombinieren, um das ursprüngliche, unverletzte Faltungsbild theoretisch nachzukonstruieren.

Man sucht sich den Vorgang der Bildung von Ketten, gebirgen durch einen trivialen Versuch anschaulich zu machen, indem man mehrere Tuchstücke aufeinanderlegt und hernach von der einen Seite her schiebt, während auf der anderen Seite die Tuchstücke am Ausweichen verhindert werden. Dann legen sie sich in Falten.

b) Die Theorie der Ueberschiebungsdecken in den Alpen.

29. Nachdem wir im vorausgehenden die Entstehung von Falten und Faltendecken im allgemeinen durchgenommen haben, wenden wir uns zur Entstehung der Alpen im besonderen und

Abb. 17.



Schematischer Durchschnitt durch die Ostalpen nach der Hebungstheorie. (Nach Neumayr, Erdgeschichte I [1890], S. 319.)

lernen hierbei den grandiosen Werdegang eines Deckengebirges kennen, nicht zu verwechseln mit den Faltendecken, die lediglich durch Auseinanderziehen von Falten gebildet wurden.

Die scheinbar symmetrische Ausbildung der Ostalpen im N und S war namentlich die Veranlassung zur Annahme, daß der Gebirgsschub senkrecht aus der Tiefe erfolgte. Man hat das durch das schematische Profil eines Durchschnittes der Ostalpen von N nach S zu veranschaulichen versucht *).

Hebungstheorie

Die kristalline Gesteinsmasse der Zentralkette sei durch eine Masseneruption aus der Tiefe gehoben worden, habe dabei die darüberliegenden sedimentären Schichten gesprengt und nach N und S in Falten gestaut.

So sei es gekommen, daß nördlich und südlich vom Zentralmassiv zuerst paläozoische Grauwacken anliegen, auf diese die Keuper- und Juraschichten der nördlichen und südlichen Kalkalpen folgen und endlich die alttertiären Flyschgesteine den Abschluß nach N und S bilden. An diese gefalteten Schichten lagern sich horizontal die jüngeren tertiären Gebilde der Ebene an.

*) Neumayr, Erdgeschichte (1886), Bd. I, S. 319.

Diese Erklärung hat durch ihre Einfachheit bestrickt und wurde früher willig angenommen. Die zahllosen späteren Detailuntersuchungen haben aber diese Theorie umgestoßen und einen äußerst komplizierten Aufbau des ganzen Gebirges aufgedeckt. Es dauerte jedoch lange, bis man die Einzelheiten unter den kühnen Gesichtspunkten erklären und unterbringen konnte, die zur jetzigen Deckentheorie geführt haben.

Der Gebirgsdruck wirkte nicht von unten nach oben, sondern von S nach N. Trotzdem machen die Ostalpen im allgemeinen den Eindruck eines symmetrischen Gebirgsbaues. Der Grund hierfür ist aber nicht der vorhin erwähnte, sondern durch ganz andere Verhältnisse bedingt. **Ostalpen**

Die höchsten Erhebungen liegen in der Zentralkette, die gleichsam das Rückgrat des ganzen Gebirges bildet. Sie besteht aus kristallinen Schiefergesteinen mit einzelnen Stöcken von Eruptivmassen. Daran lagern sich im N und S die Zonen der paläozoischen Schichten, der mesozoischen Trias- und Juraschichten, endlich der Flysch an.

Aber in den Westalpen finden wir eine ganz andere Struktur. Hier fehlt der symmetrische Bau. Hier stoßen die kristallinen Gesteine der sog. Zentralkette unmittelbar an die Po-Ebene und brechen gegen diese ab. Erst östlich vom Lago maggiore finden wir auch eine südliche Nebenzone, welche aber weder die Regelmäßigkeit noch die Vollständigkeit besitzt wie im N. **Westalpen**

30. So ist also die Hebungstheorie für die Alpen unhaltbar geworden *). Es war aber sehr schwer, diese so verlockend einfache Theorie durch eine neue zu ersetzen. Zunächst mußte man sich mit der Erklärung begnügen, daß die Gesteinsschichten in aufrechte, geneigte und liegende Falten zusammengeschoben worden sind. Erst in den letzten Dezennien bildeten namentlich die schweizerischen Geologen die Theorie der Überschiebungsdecken aus, eine Theorie, die anfangs durch ihre Kühnheit verblüffte, jetzt aber allgemeine Anerkennung findet. **Theorie der Ueberschiebungsdecken**

An der Spitze der modernen Alpengeologie stehen die Altmeister Ed. Sueß (Professor in Wien) und Alb. Heim (Professor in Zürich). Sueß hat schon 1875 in seiner Abhandlung „Die Entstehung der Alpen", und hernach in dem großen Werk

*) Neumayr l. c. S. 322.

„Das Antlitz der Erde" die Deckentheorie entworfen. Alb. Heim aber hat in seinem klassischen Werk „Der Mechanismus der Gebirgsbildung", 1897, ebenfalls die komplizierte Deckenbildung der Schweizer Alpen behandelt*.)

1893 trat Hans Schardt, 1895 Maurice Lugeon mit Arbeiten hervor, welche die Deckentheorie weiter ausbildeten. Daraufhin entstand eine ganze Schule junger Gelehrter, welche die kühnen Behauptungen, daß Überschiebungsdecken sich auf riesige Entfernungen von S nach N wälzten, durch eine Menge von Untersuchungen im Gelände stützten und ihnen zum Sieg verhalfen.

1902 darf man als das Jahr annehmen, in dem Lugeon's Deckenstruktur, die er im Chablais und in den Voralpen festgestellt hatte, für die ganzen schweizerischen Alpen als eine unanfechtbare Tatsache angesehen wurde.

1903 aber ging es über die Ostalpen. Im August tagte der Internationale Geologenkongreß in Wien. Hier wurden hitzige Kämpfe auf den Schlachtfeldern der Deckentheorie ausgefochten. Nach diesem Kongreß suchte Pierre Termier auf der Exkursion ins Zillertal den Beweis zu erbringen, daß auch die Ostalpen als Decken von S nach N geschoben wurden. Er fand bei vielen Exkursionsteilnehmern keinen Glauben. Es dauerte aber kein Jahr, und die Deckentheorie war auch für die Ostalpen anerkannt, allerdings mit verschiedenen Bedenken bzw. Berichtigungen hinsichtlich der Schubrichtung und der Struktur, wovon später kurz die Rede sein wird.

Man müsse hier zweierlei Decken unterscheiden:

a) Die Decke kann eine liegende Falte sein, die sich aus dem ursprünglichen Zusammenhang bzw. ihrer Wurzelregion durch weiteres Vorwärtsdrängen entfernt hat. Eine Bildung solcher Faltendecken haben wir im Schema der Gebirgsfaltung kennengelernt.

b) Die Decke kann aber auch ein Teil der Erdrinde sein und aus ihrer ursprünglichen Lage herausgepreßt und weithin über fremde Schichten gewälzt worden sein. Das sind die Überschiebungsdecken.

Deckenbildungen der ersten Art, also Faltendecken, kommen sowohl im schweizerischen Jura, als auch in den Alpen,

*) Ich folge hier dem Vortrag eines der Begründer der Deckentheorie, Pierre Termier (Prof. an der Ecole des mines in Paris), La Synthèse géologique des Alpes, der am 26. 1. 1906 in Lüttich gehalten wurde. Liège 1906, Imprimerie moderne.

vor. Die Überschiebungsdecken aber haben zur Bildung des Alpengebirges geführt. Wir haben schon eingangs dieses Abschnittes unterschieden: Faltengebirge (schweizerischer Jura), Deckengebirge (Alpen).

31. Es kann hier nur skizzenhaft besprochen werden, wie in der Alpengeologie eine ganz neue Zeit angebrochen ist. Man scheut sich jetzt nicht mehr, eine Schollenbewegung von solcher Großartigkeit und Ausdehnung anzunehmen, wie man sie früher, ohne verlacht zu werden, nicht auszusprechen wagte.

Aus den im S befindlichen Wurzelregionen wuchsen also Überschiebungsdecken heraus. Sie wurden wie eine Teigmasse durch einen kolossalen, von S nach N fortwirkenden Druck nach N geschoben, eine über die andere.

Die Deckentheorie verlangt, daß diese Schubbewegung einheitlich von S nach N gegangen sein mußte. Dann gelangt man aber zu riesenhaften Überschiebungsbeträgen*). Die Kalkberge der Nordschweiz mußten im Gotthardmassiv ihre Wurzeln gehabt haben, bevor ihre Decken hier aus der Tiefe herausgequetscht und nach N geschoben wurden. Einige im nördlichen Randgebiet des Hochgebirges fremdartige Schichtenkomplexe, wie die hernach zu besprechenden Mythen östlich von Brunnen am Vierwaldstätter See seien noch weiter im S, etwa am Comer See, beheimatet gewesen. Mehr als hundert Kilometer mußten diese Schichten über eine fremde Unterlage nach N sich wälzen.

Die Schubbewegung ging von S nach N

Heute aber sehen wir nicht mehr die großen Decken unverletzt, sondern nur noch Reste. Das meiste hat die zerstörende Kraft des Wassers, des Eises und des Windes schon entfernt. Durch die mit unermüdlichem Fleiß durchgeführten Untersuchungen der Alpengeologen konnten aber einwandfrei auf Profilen die ursprünglichen Zusammenhänge nachgewiesen werden.

In den Ostalpen aber sei diese Schubbewegung noch großartiger gewesen. Die Kalkalpen zwischen Bayern und den Tauern ruhen auf einer fremden Unterlage und sollen aus der Gegend zwischen Gail und Drau und aus dem Gebiet des jetzigen Pustertales gekommen sein.

Aber gerade für die Ostalpen muß die Deckentheorie nach dem Schema der schweizerischen Geologen modifiziert

Unterschied zwischen Ost- und Westalpen

*) S. Geolog. Rundschau 1. Bd. (1910): O. Wilckens, Referat über den Schlußband von Sueß, Antlitz d. Erde, S. 29 ff., 2. Bd. (1911): O. Wilckens, Über mesozoische Faltungen in den tertiären Kettengebirgen Europas, S. 251 ff.

werden. Für die Westalpen habe dieses Schema Berechtigung. Die Ostalpen aber seien in ihrem Bau nicht in allen Stücken den Westalpen an die Seite zu stellen. Namentlich Rothpletz bewies, daß hier nicht nur Schubbewegungen von S nach N, sondern auch von O nach W erfolgt sind. Die Entstehungsweise der Ostalpen gebe kein einheitliches Gesamtbild, wie jene der Westalpen.

Wir ersehen daraus, wie man sich auch hier wieder davor hüten muß, eine Theorie zu verallgemeinern, wie es nicht angängig ist, die in der Schweiz gewonnenen Erkenntnisse ohne weiteres auf die Ostalpen zu übertragen. Das ist aber nicht so zu verstehen, daß die Deckentheorie als solche angezweifelt werde. Sondern nur die in der Schweiz gefundene SN-Richtung des Schubes stimmt nicht in allen Stücken für die ostalpine Deckenbewegung.

Ursache der Faltenbildung

32. Als Ursache der Faltenbildung nahm man früher lediglich die Schrumpfung der Erdkruste infolge des Wärmeverlustes an. Beim Durcheilen des kalten Weltenraumes verliert die Erde fortwährend Wärme. Die Wärme dehnt die Körper aus, die Kälte zieht sie zusammen. Deshalb müsse sich die Erdoberfläche runzeln, wie ein Apfel beim Austrocknen.

Aber auch in diesem Punkt werden neuerdings ernste Bedenken geäußert *). Man meint, die Schrumpfungstheorie könnte allerdings zur Erklärung der Faltung genügen, wenn die Erdoberfläche gleichmäßig am ganzen Umfang in schwache Falten gelegt würde. Man könne aber nicht begreifen, weshalb nur bestimmte Bezirke der Erdkruste dieser Wirkung ausgesetzt waren und gerunzelt wurden. In diesem Fall müßte die ganze Erdschale nach den Streifen der jetzigen Kettengebirge hin sich bewegt haben.

Ein Blick auf die Weltkarte lehrt, daß der der Gebirgsbildung unterworfene Teil der Erdkruste einen mehr oder weniger breiten Streifen darstellt, der in den Cordilleren an der amerikanischen Westküste beginnt, über den Atlantischen Ozean nach Europa übergreift, Spanien bedeckt und über die Alpen, den Kaukasus, das Himalayagebirge nach den südchinesischen Gebirgen hinüberzieht. Diese strecken einen Fortsatz nach NO zur Beringstraße, nach SO zum australischen Archipel aus.

*) S. v. Bubnoff, Die Grundlage der Deckentheorie in den Alpen, Stuttgart, Schweizerbarth.

Der Inselkranz der Alëuten verbindet das System der Kettengebirge der alten Welt mit jenem der neuen.

Man vertritt demgemäß die Ansicht, daß die Ursache der Bewegung im Untergrund der Erdkruste, und zwar in den Änderungen der zähen oder halbflüssigen Unterlage der Erdrinde liege. Diese Unterlage sei in den Gebieten der jetzigen Falten- und Deckengebirge schon vor deren Bildung anders beschaffen gewesen, als in der ungefalteten Umgebung. Deshalb sei hier durch die Schubkräfte eine Faltenbildung oder sogar eine Herausquetschung der Decken vor sich gegangen, anderswo aber nicht.

c) Die vier Deckensysteme in den Alpen.

33. Wir mußten den allgemeinen Teil der Deckentheorie vorausschicken, da sonst ein Verständnis ihrer Anwendung für die Einteilung des Alpengebirges nach der Struktur seines Aufbaues nicht möglich wäre.

Vier Deckensysteme

Nach dieser Theorie unterscheiden wir in den Alpen vier Gebirgszonen oder Deckensysteme, nämlich:

a) die helvetische Decke,
b) die penninische Decke einschließlich der lepontinischen oder Klippendecke)*),
c) die ostalpine Decke,
d) die südalpine Decke.

Betrachten wir diese vier Gebiete im Anschluß an die Kartenskizze Abb. 18, S. 104, etwas genauer **).

Die helvetische Zone grenzt im W und N an das tertiäre Molasseland, welches in der Nähe des Gebirges auch gefaltet ist, also auch noch in die Gebirgsbildung einbezogen wurde. Im W bildet die helvetische Ausbildung des Gebirges ein breites Band, im O aber wird sie zu einem schmalen Streifen ausgezogen.

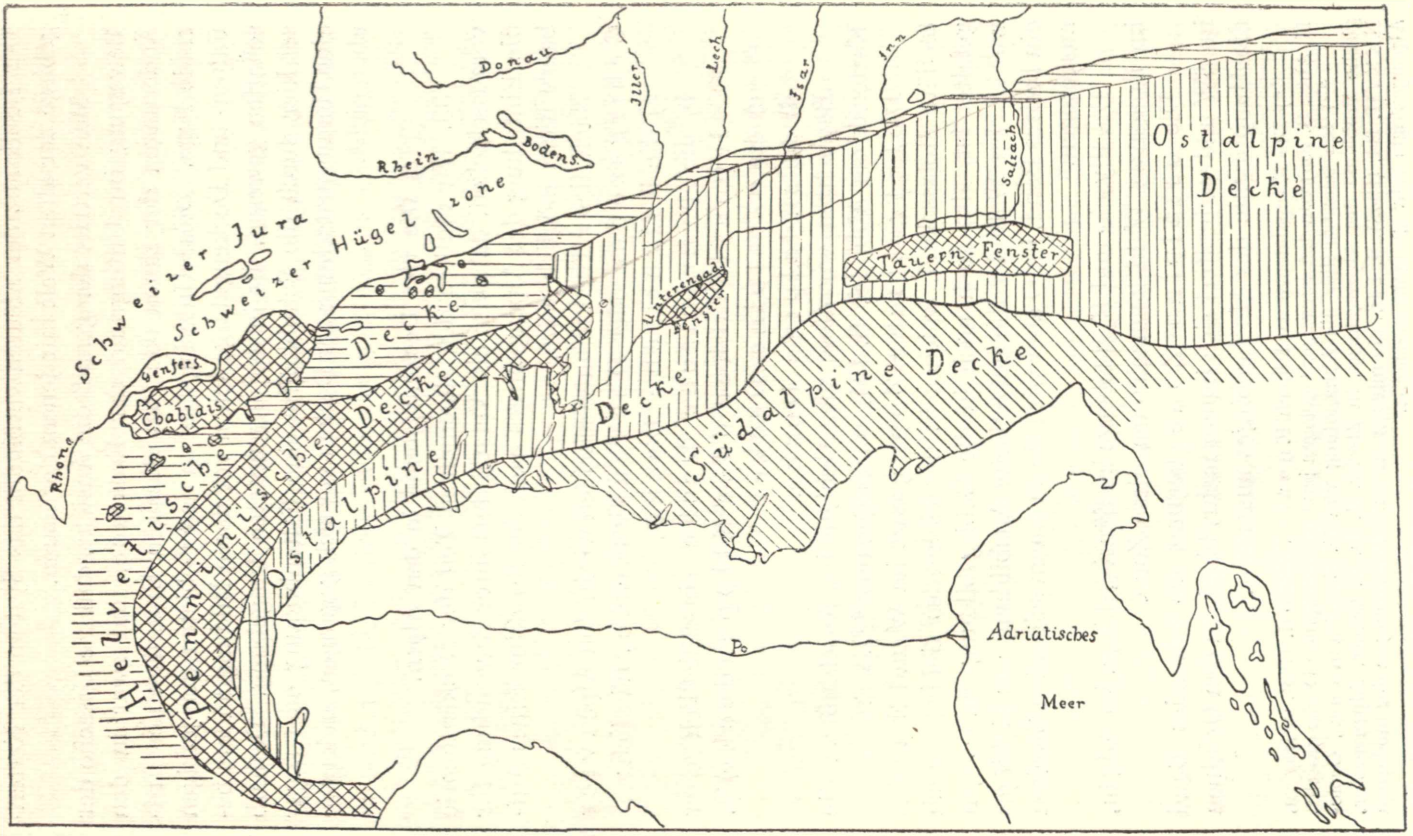
Die Flysch- und Kreideberge im Säntisgebirge, im Allgäu, im Bregenzer Wald kennzeichnen diese Zone.

Die ostalpine Zone beginnt als schmales Band im SW und verbreitert sich immer mehr, bis sie in den Ostalpen die Hauptmasse des Hochgebirges ausmacht.

*) Die Klippendecke wird (nach Knauer, Abriß d. Geol. v. Bayern, II. Abt., S. 155) von den schweizer Geologen jetzt zur ostalpinen Decke gestellt.

**) Ich benütze hier die Abhandlung von G. Steinmann, Geologische Probleme des Alpengebirgs, in Ztschr. d. D. u. Österr. Alpenvereins, XXXVII. Bd. (1906), S. 1 ff., die mir zur ersten Orientierung in der modernen Alpengeologie sehr geeignet erscheint.

Abb. 18.



Die vier großen Deckensysteme der Alpen. (Nach Steinmann, Geolog. Probleme des Alpengebirgs, Ztschr. d. D. u. Ö. Alpenvereins, XXXVII [1906], S. 35.)

Sie ist charakterisiert durch die schroffen, kahlen Felsenberge des triasischen Dolomits, der Jurakalke in den Kalkalpen, der kristallinen Massive in den Zentralalpen.

Und nun treffen wir die penninische Zone im SW als ein zusammenhängendes, breites Band, dem die Seealpen, die Grajischen und Walliser Alpen angehören. Nördlich von diesem geschlossenen Gebiet findet man penninische Gebirgsteile, so namentlich das Chablais und die Freiburger Alpen und wie Inseln losgelöst sogenannte Klippen, so die erwähnten beiden Mythen. Diese vor der penninischen Hauptdecke befindlichen Erosionsreste werden als Teile einer besonderen, der lepontinischen oder Klippendecke angesehen. In den Ostalpen aber kennen wir nur an zwei Stellen eine penninische Ausbildung des Gebirges, nämlich im Unterengadin und in den Hohen Tauern.

Als charakteristische Gesteine der penninischen Zone gelten mächtige, dunkle tertiäre und mesozoische Schiefergesteine, die sog. Bündener Schiefer, Serpentine usw. Es kommen aber auch Kalksteine vor.

Die südalpine Zone aber ist ganz auf den südlichen Teil der Ostalpen beschränkt und greift nicht in die anderen

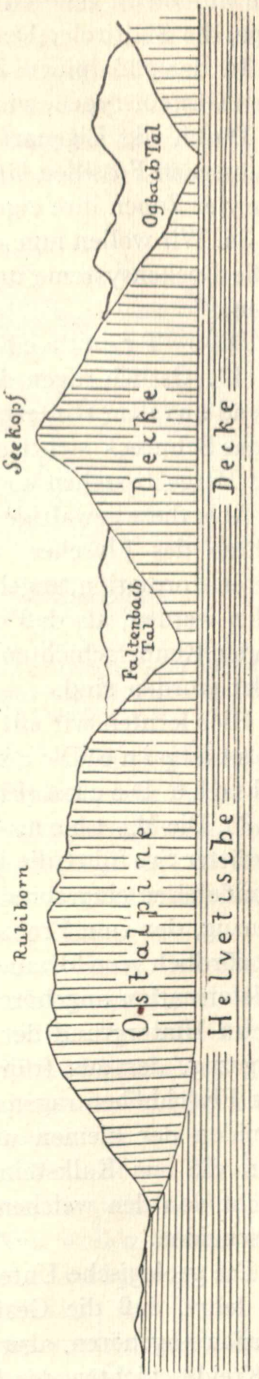


Abb. 19. Die ostalpine Decke über der helvetischen; Dolomitberge östlich von Oberstdorf auf der Flyschunterlage. (Nach einem photograph. Bild in Tornquist, Grundzüge der geologischen Formations- und Gebirgskunde, S. 253.)

Zonen ein. Zu ihr gehören die Bergamasker Alpen, die Adamellogruppe, die Südtiroler Dolomiten, die Julischen Alpen.

In der südalpinen Zone treten wieder die felsig-dolomitischen Gesteinstypen, wie in der ostalpinen, in die Erscheinung.

Durch die Eigenart der Gesteine, sowie der darin eingeschlossenen Fossilien läßt sich der Nachweis führen, daß jede dieser vier Zonen ihre eigene geologische Geschichte hat.

34. Wir wollen nun an folgenden Beispielen uns überlegen, wie die Deckensysteme unterschieden und auseinandergehalten werden.

Oberstdorf

Das Trettachtal bei Oberstdorf. Siehe Abb. 19. Östlich ragen das Rubihorn und der Seekopf empor, während aus dem Hintergrund des Oybachtales der Schochen und das Schneeck sichtbar sind. Die steilen Felsenwände aller dieser Berge bestehen aus dem Hauptdolomit des Keupers.

Aber diese gewaltige Gebirgsmasse ruht auf den Sandsteinschichten des Flysches, welche dem Tertiär, also einer viel jüngeren Formation, angehören. Das kann gar nicht anders verstanden werden, als daß die zur sog. Allgäuer Schubmasse gehörenden Keuperschichten über den viel jüngeren Flysch hinübergewälzt worden sind.

Hier lernten wir ein Beispiel für die Deckenlehre kennen. Die ostalpine Decke (Hauptdolomit) ist über die helvetische Decke (Flysch) geschoben worden.

Die Mythen

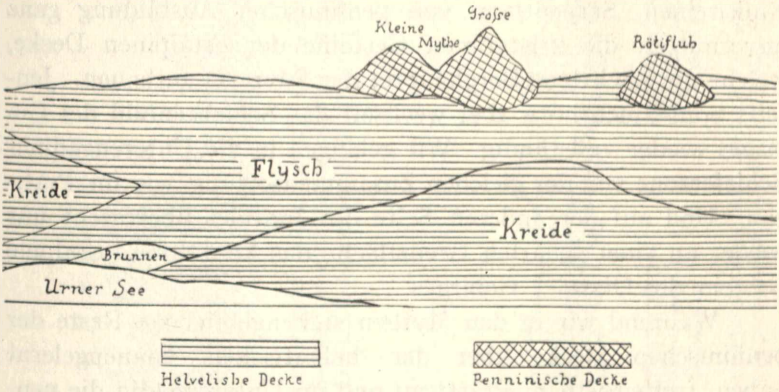
35. Die Mythen. S. Abb. 20. Von Brunnen am Vierwaldstätter See führt die berühmte Axenstraße nach S. Sie ist in Kreidefelsen eingesprengt, die allenthalben in dem waldigen Höhenzug, der zum Frohnalpstock hinaufsteigt, herausschauen. Auch nördlich von Brunnen erheben sich Bergrücken, die der Kreideformation angehören.

Im Hintergrund der Brunnener Mulde erstreckt sich ein Gebirgszug, der aus frühtertiärem Flysch besteht. Und aus diesen Flyschhöhen ragen ganz unvermittelt die steilen Felsenpyramiden der kleinen und großen Mythe und der Rötifluh empor, die aus Kalksteinwänden bestehen und sich in jeder Hinsicht von den weichen Flyschgesteinen ihres Fundamentes unterscheiden.

Die geologische Untersuchung dieser fremdartigen Felsenberge lehrt, daß die Gesteine der Trias-, Jura- und Kreideformation angehören, also ungeheuer älter sind, als die Flysch- und Kreideschichten der Unterlage.

Früher stellte man sich vor, daß das Gestein solcher Klippenberge aus der Tiefe heraufgedrungen sei, daß sie in der Tiefe wurzeln. Es läßt sich aber der Beweis führen, daß das nicht der Fall ist, daß sie wurzellos sind und auf ihrer Unterlage „schwimmen", so in der Gegend von Iberg bei Einsiedeln. Die Klippen müssen also auf die Flyschunterlage hinaufgeschoben

Abb. 20.



Die Mythen bei Brunnen als Beispiel für die Überlagerung der helvetischen Decke durch die penninische. (Nach einem photograph. Bild in Steinmann, Geologische Probleme des Alpengebirgs, Ztschr. d. D. u. Ö. Alpenvereins XXXVII [1906], S. 21.)

worden sein, aber natürlich nicht als isolierte Felsenkegel. Sondern es hat sich früher eine zusammenhängende Decke dieser exotischen Gesteinsmassen über der Flyschunterlage ausgebreitet. Die Mythen und andere derartige Klippenberge sind die letzten Reste dieser Decke. Alles übrige von der Decke fiel der Erosion zum Opfer, wurde abgetragen und fortgeführt.

Die Mythen und die Rötifluh sind Reste des obersten Gliedes der penninischen Decke, welche die lepontinische oder Klippendecke genannt wird. Sie ist über die Flysch- und Kreideschichten der helvetischen Decke geschoben worden und lag, wie wir sahen, ursprünglich zusammenhängend über der helvetischen Decke.

Unterengadiner Fenster

36. Das Unterengadiner Fenster. Im vorigen Beispiel von den Mythen sahen wir, wie die penninische Decke über der helvetischen Decke liegt. Nun wollen wir an einem weiteren Beispiel untersuchen, wie die ostalpine Decke auf der penninischen ausgebreitet ist.

Wir haben aus der Deckenskizze ersehen, daß die ostalpine Ausbildung des Gebirges die Ostalpen fast in ihrer ganzen

Ausdehnung von N nach S umfaßt. Nur zwei große, fremdartige Gebiete treten wie Inseln heraus. Das eine wird gebildet von der Tauernkette und ihrer westlichen Fortsetzung bis zu den Ötztaler Bergen. Die andere Insel aber liegt im Unterengadin zwischen den Ötztaler Alpen und der Silvrettagruppe. S. Abb. 21, S. 109.

Betrachten wir ein Profil durch das letztere Gebiet, so finden wir bei St. Antönien im Prätigau auf den Schiefern, Kalksteinen, Serpentinen von penninischer Ausbildung ganz unvermittelt die kristallinen Gesteine der ostalpinen Decke, welche die mächtigen Berghäupter der Silvretta aufbauen. Jenseits vom Fluchthorn aber wechselt das Schichtenbild des Gebirges wieder vollständig. Wir gelangen in die Unterengadiner Schieferzone von der gleichen Zusammensetzung wie im Prätigau. Und auf der anderen Seite des Inntales überrascht uns wieder an einer scharfen Grenzfläche das kristalline, ostalpine Gestein des Ötztaler Gebirges.

Während wir in den Mythen stehengebliebene Reste der penninischen Decke über der helvetischen kennengelernt haben, treffen wir im Prättigau und im Unterengadin die penninische Decke selbst unter der ostalpinen. Solche Stellen, wo in den Überdeckungsschichten durch Erosion eine untere Decke bloßgelegt ist, nennt man „Fenster" Diese Bezeichnung stammt von Sueß. Durch ein solches Fenster schaut der Untergrund heraus.

„Fenster"

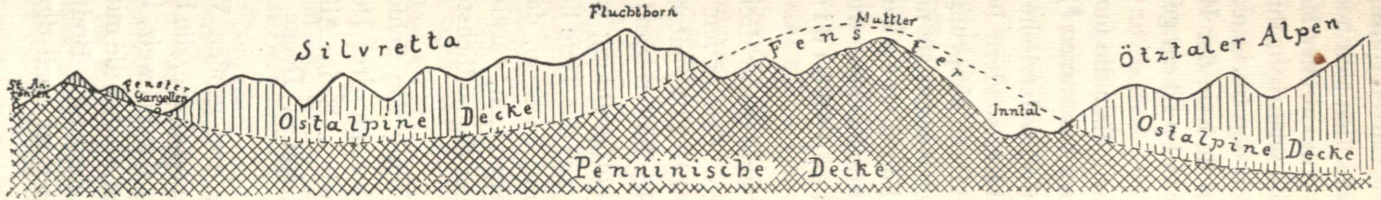
Ein viel größeres Fenster in der ostalpinen Decke bilden die Tauern.

Damit ist die Einrangierung der penninischen Decke zwischen der älteren helvetischen und der jüngeren ostalpinen festgelegt. Im ersten Beispiel vom Trettachtal haben wir allerdings die penninische Decke zwischen der ostalpinen und der helvetischen nicht vorgefunden. Sie ist im S hinter der ostalpinen Decke zurückgeblieben. Die ostalpine Decke ist über die penninische nach N hinausgequetscht worden.

Die südalpine Zone

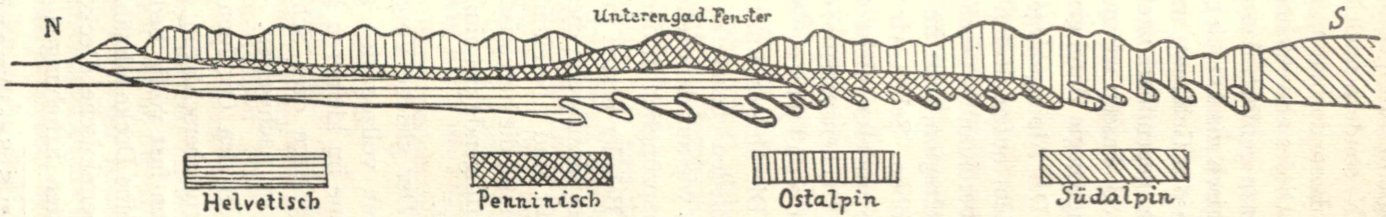
37. Die südalpine Zone können wir unerörtert lassen. Sie bildet ein Gebiet für sich. Hier fehlen die Anhaltspunkte für die Annahme, daß sie sich (etwa als ein viertes Deckensystem) über die Ostalpen gelegt haben könnte. Es hat vielmehr den Anschein, als ob es in seiner Struktur und Entstehungsgeschichte den übrigen Alpen fremd gegenüberstehe. Die südalpinen Falten und Überschiebungen sind nicht, wie man nach

Abb. 21.



Profilskizze vom Prättigau über die Silvretta, das Unterengadin zu den Ötztaler Alpen, durch das kleine Gargellen- und große Unterengadiner Fenster, in welchen die penninische Decke zwischen der ostalpinen freigelegt ist. (Nach Steinmann, Geologische Probleme des Alpengebirgs, Ztschr. d. D. u. Ö. Alpenvereins XXXVII [1906], S. 37.)

Abb. 22.



Die vier alpinen Deckensysteme. Die Skizze gibt nur ein Schema der Aufeinanderfolge der Decken. (Nach Steinmann, Geologische Probleme des Alpengebirgs, Ztschr. d. D. u. Ö. Alpenvereins XXXVII [1906], S. 39.)

Analogie der übrigen drei Deckensysteme erwarten sollte, auch nach N, sondern nach S gerichtet. Dazu gesellen sich noch gewisse Besonderheiten, wie die Ausbrüche vulkanischer Massen.

Dieses abweichende Verhalten in allen wichtigen Punkten hat dazu geführt, das südalpine Gebiet von den übrigen Alpen

Dinariden geologisch als Dinariden abzutrennen und sie der Haupt-

Alpiden masse des Gebirges, welche von Sueß die Alpiden genannt wurde, gegenüberzustellen.

Zusammenfassung 38. Fassen wir nun das ganze, was wir über die moderne Alpengeologie durchgenommen haben, kurz zusammen *)!

Das Alpengebirge wird nicht, wie der schweizerische Jura, aus dem aufgefalteten Untergrunde gebildet, sondern besteht aus übereinander geschobenen Decken, die ihren Ursprung, ihre Wurzelregion, weit im S haben. Von dort wurden sie nach N geschoben. Sehen wir von der südalpinen Decke, die in die anderen nicht eingreift, ab, so unterscheiden wir drei große Deckensysteme: das helvetische, penninische und ostalpine.

Die Meeresräume, in denen die Gesteine dieser drei ganz verschieden gearteten Schichtenkomplexe entstanden sind, lagen, wie aus dem schematischen Profil Abb. 22 zu entnehmen ist, ursprünglich in der gleichen Reihenfolge hintereinander.

Bei der ersten großen Phase der Gebirgsbildung wurden die Gesteinsmassen dieser Sedimentzonen aus der Tiefe herausgepreßt und übereinander geschichtet, und zwar so, daß die vorderste, die helvetische, zu unterst zu liegen kam, darüber die nächstfolgende penninische, und über dieser die südlichste ostalpine.

Der gleiche Vorgang der Überschiebung von Schichtenpaketen vollzog sich auch innerhalb jedes der drei Deckensysteme im kleineren Maße. So können wir z. B. im Allgäuer Hochgebirge drei Schubmassen der ostalpinen Decke übereinander nachweisen.

In den Ostalpen haben sich *) die drei großen Wellen derartig überschlagen, daß die oberste, die ostalpine, die beiden tieferen fast völlig bedeckt. Gegen W, in der Schweiz, ist die ostalpine Decke allmählich zurückgeblieben, so daß die mittlere, die penninische Decke, mit immer zunehmender Breite die höchsten Erhebungen bildet. Im SW aber ist auch die pen-

*) S. Steinmann, l. c. S. 38.

ninische Decke nur wenig vorgedrungen und hat die helvetische Decke über große Flächen unbedeckt gelassen.

Nachdem die Decken aus der Tiefe herausgequollen und übereinander nach N gewälzt worden waren, kam der zweite Akt des gewaltigen tektonischen Prozesses. Durch die gleichen Schubkräfte aus dem S wurden die drei Deckensysteme samt ihrer Unterlage der Länge und Quere nach gewellt. Es bildeten sich Faltensättel und Faltenmulden. Die fachmännischen Ausdrücke hierfür sind: Antiklinalen (anti, gegen, klinein, neigen) und Synklinalen (syn, zusammen).

Antiklinale
Synklinale

Schließlich haben Verwitterung, Wasser, Eis die Bergformen herausgearbeitet, wie sie jetzt unser Auge schaut. Ungeheure Mengen von Schutt fielen dabei ab und wurden von den Wasserläufen abtransportiert. Dieser Vorgang dauert auch in der Gegenwart noch an.

Nun möchte ich aber ausdrücklich betonen, daß hinsichtlich der speziellen Anwendung der Deckentheorie durchaus nicht eine solche Übereinstimmung herrscht, wie sie aus meiner vorstehenden Darstellung herausgelesen werden könnte. Hier ist vielmehr alles noch im Fluß. Jedes Jahr bringt neue Forschungsresultate und neue Gesichtspunkte, wodurch manche ältere Ansicht überholt und auch umgestoßen wird.

In eine Kritik dieser strittigen Punkte hier einzutreten, wäre kaum am Platze, im Hinblick auf den Zweck dieser Abhandlung, den Lehrern und sonstigen Naturfreunden ein Buch zum erstmaligen Studium der Heimatgeologie in die Hand zu geben. Sie würden verwirrt und auch ermüdet werden. So blieb es bei einer nur skizzenhaften Darstellung auch im folgenden speziellen Abschnitt unter Vorkehrung der Hauptgesichtspunkte.

d) Der Aufbau des Allgäuer Gebirges.

39. Nachdem wir die Deckensysteme und ihre gegenseitigen Beziehungen kennengelernt haben, können wir endlich dazu übergehen, den zu unserem Heimatgebiet gehörenden Gebirgsteil unter den Gesichtspunkten der Deckenlehre zu gliedern. Dabei müssen wir auch die benachbarten Tiroler und Vorarlberger Gebirgsteile mithereinbeziehen. Denn die Allgäuer Alpen im engeren Sinne bilden mit den Lechtaler Alpen ein morphologisches Ganzes. Und der Grüntenstock ist nichts weiter als eine Fortsetzung des Kreidesystems des Bregenzer Waldes. Wir werden finden, daß die im nachfolgenden zu besprechenden

Gebirgsteile zur ostalpinen und helvetischen Zone gehören. Zur ersteren rechnen wir das eigentliche Hochgebirge des Allgäus, zur letzteren den Bregenzer Wald mit seiner alttertiären Umrandung. Das S. 106 untersuchte Profil der Berge östlich vom Trettachtal gibt uns ein Bild dafür, wie wir die Lagerung der beiden Deckensysteme aufzufassen haben. Penninische Fenster (s. S. 108) im Allgäuer Gebiet sind mir aus der Literatur nicht bekannt *).

40. In den früheren stratigraphischen (stratum, Schicht) Abschnitten haben wir den Aufbau unseres Gebirges aus den Formationsstufen kennengelernt. Im nachfolgenden handelt es sich um die tektonische (tectum, Dach, Decke) Seite des Gebirgsbaues, um die von den Schubkräften der Tiefe hervorgebrachten Gebirgsformen und -gruppen, die großenteils auch in der geographischen Gliederung des Gebietes zum Ausdrucke kommt.

Einteilung des Allgäuer Gebirges

Wir teilen danach das Allgäuer Gebirge in fünf Bezirke:

1. die Lechtaler Alpen,
2. die Allgäuer Alpen im engeren Sinn,
3. die Vilser Alpen,
4. den Bregenzer Wald mit dem Grüntenstock,
5. die Zone der Vorberge.

1. Die Lechtaler Alpen.

Lechtaler Alpen

41. Sie werden im N begrenzt (s. Kartenskizze Taf. II) vom großen Walsertal, dem Schadonapaß, dem Sattel von Hochkrumbach, dem Lechtal von Lechleiten bis Reutte, von da ab von den Orten Heiterwang, Bichelbach und Lermoos. Im O bildet die Strecke Fernpaß-Imst die Grenze. Im S endigen sie an der großen Furche, welche vom Illtal und Klostertal über den Arlberg durch das Stanzer Tal verläuft.

Die höchsten Gipfel sind: die Parseyer Spitze, 3039 m und die Eisenspitze, 2820 m; beide nordwestlich von Landeck, die Wetterspitze, 2898 m und die Freispitze, 2882 m, nord-

*) Für die folgenden Ausführungen habe ich namentlich benützt: Kurt Leuchs, Geolog. Führer durch die Kalkalpen, München 1921, Lindauerscher Verlag; derselbe, Geologie von Bayern, 2. T., Bayerische Alpen, Berlin 1927, Bornträger; J. Knauer, Abriß d. Geologie von Bayern, herausgegeben von M. Schuster, II. Abt., München 1928, Oldenbourg, Piloty und Löhle; M. Richter, Geolog. Führer durch die Allgäuer Alpen, Berlin 1924, Bornträger.

westlich von den erstgenannten Bergen, die Vallugaspitze, 2811 m, nördlich vom Arlbergtunnel.

Die Lechtaler Alpen sind in geologischer Hinsicht so eng mit den Allgäuer Alpen verknüpft, daß wir sie, obwohl sie außerhalb der Landesgrenze liegen, nicht umgehen dürfen. Beide Gebirgsteile sind hinsichtlich der Formationsbestandteile und der Tektonik analog gebaut. Dem entspricht auch die Übereinstimmung beider Gebirge im landschaftlichen Charakter. **Ähnlichkeit der Lechtaler mit den Allgäuer Alpen**

In beiden ist nämlich der Hauptdolomit für die Gestaltung des Landschaftsbildes ausschlaggebend. In beiden treffen wir den Unterschied zwischen den kahlen, rauhen, felsigen Dolomitwänden und -gipfeln einerseits, den weichen Liasschiefern, Raibler und Kössener Schichten andererseits. Sie liefern den Boden für die Vegetation, für die Alpenweiden. Abgesehen vom Hauptdolomit bilden auch die Hornsteinkalke und Aptychusschichten des oberen Jura schroffe Gipfel (Parseyer Spitze, Rote Wand).

42. Um den Aufbau der Lechtaler Alpen zu verstehen, betrachten wir ein Profil quer über das oberste Lechtal bei Holzgau. S. Abb. 23. **Profil quer über das oberste Lechtal**

Wenn man von N, vom Krottenkopf kommend, zum Lechtal hinabsteigt, so gelangt man über folgende Schichten: Hauptdolomit des Keupers, Kössener Schichten des Rhät, Fleckenmergel des Lias, Aptychusschichten des oberen Jura, woraus die Jochspitze gebildet ist, endlich den Seewenkalk der oberen Kreide. Die Umbiegung dieser Schichten gegen das Lechtal lehrt uns, daß sie gefaltet sind. Zwischen den beiden Faltenschenkeln liegt eine Mulde, die mit Kreideschichten ausgefüllt ist.

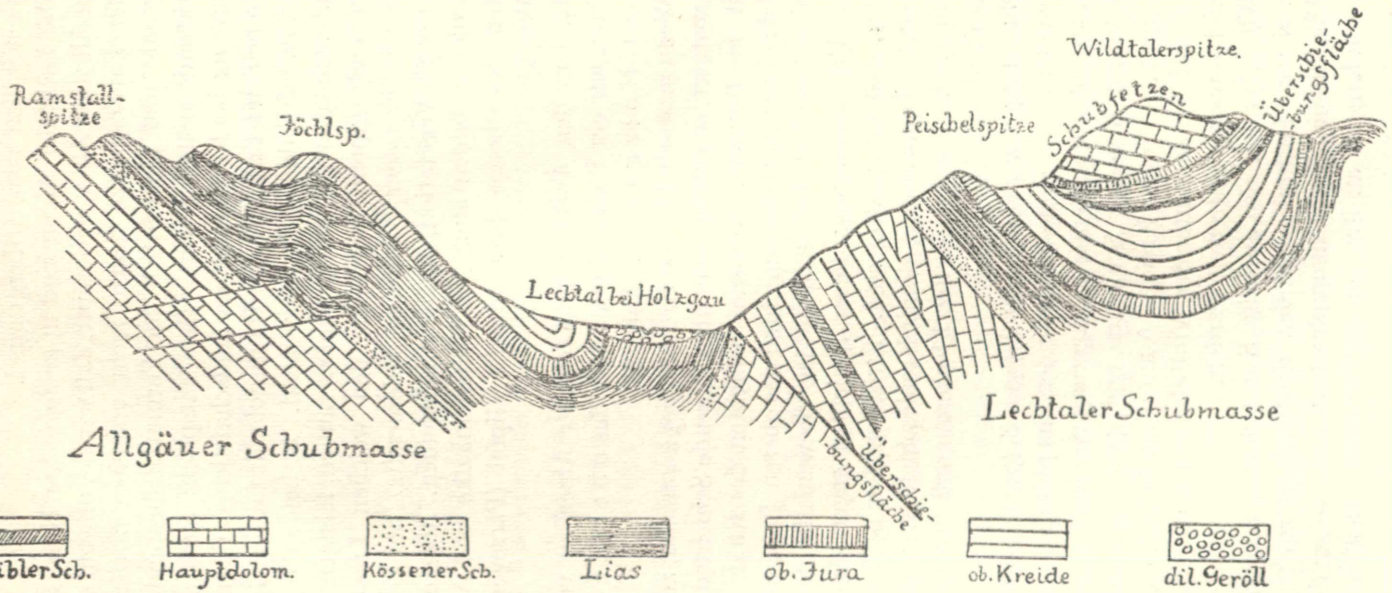
Im Lechtal selbst ist der Fleckenmergel des Lias durch Flußgeröll überdeckt.

Nun steigen wir vom Lechtal gegen S, gegen die Wildtalerspitze wieder in die Höhe und befinden uns plötzlich wieder vor dem Hauptdolomit mit einer Einlagerung von Raibler Schichten. Darauf folgen Kössener Schichten und ganz regelmäßig Lias, oberer Jura und obere Kreide. Auch diese Schichten sind gefaltet, so daß wir sie hinter der Wildtaler Spitze in umgekehrter Reihenfolge wieder antreffen würden.

Wir erkennen also auch im S die gleiche Schichtenfolge, wie im N vom Lechtal gegen den Krottenkopf zu.

Aber dieser Schichtenkomplex liegt nicht neben dem nördlichen, sondern ist an ihm hinaufgeschoben. Denken wir uns

Abb. 23.



Profilskizze quer durch das obere Lechtal, um die Überschiebungsfläche zwischen der Allgäuer und Lechtaler Decke zu zeigen. (Nach Ampferer in Leuchs, Führer durch die Kalkalpen, S. 48.)

die Lechtaler Schichten nach N fortgesetzt, so kämen sie über die Allgäuer Schichten zu liegen. Das ist auch, wie wir noch sehen werden, an anderen Stellen tatsächlich der Fall. Hier aber hat der Lech bei der Eintiefung seines Tales die Überschiebungsschichten erodiert und fortgeführt.

Die Überschiebungsstelle liegt an der S-Seite des Lechtales. Die Lechtaler Gebirgsgruppe stellt demnach eine ungeheure Schubmasse dar, die sich ursprünglich über das Lechtal hinüber fortsetzte, in der Holzgauer Gegend aber durch Erosion entfernt wurde.

Wir sind aber bei der Betrachtung des Profils noch nicht zu Ende. Denn die Wildtaler Spitze besteht ja aus einer Scholle Hauptdolomit mit Lias und oberem Jura. Das ist nichts weiteres als der Rest einer zweiten Schubmasse, welche auf der unteren Lechtaler Schubmasse „schwimmt"

So erkennen wir im Aufbau des Lechtaler Gebirges einen Überschiebungsvorgang von nicht geringer Komplikation. Und man ersieht schon aus diesem Beispiel, wie die Alpengeologie ganz andere, viel schwierigere Aufgaben an den kartierenden Geologen stellt, als das regelmäßig in ungefalteten Schichten aufgebaute Tafelland Süddeutschlands.

2. Die Allgäuer Alpen.

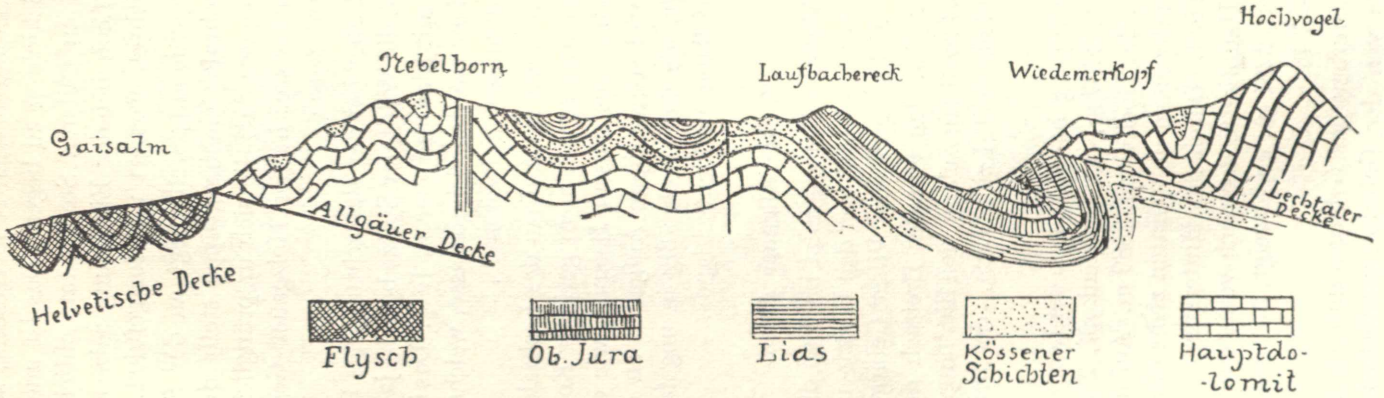
Allgäuer Alpen

43. Die Allgäuer Kette grenzt im S an die Lechtaler. Die N-Grenze aber wird gebildet von den Flysch- und Kreidebergen des Bregenzer Waldes und vom Vilser Gebirge. Sie läuft vom kleinen Walser Tal, das von der Breitach durchflossen wird, über Oberstdorf nach Hindelang, von hier längs dem Vorderjoch und dem Tannheimer Tal zum Lech, der bei Weißenbach erreicht wird.

Die Gipfelhöhe geht unter jene der Lechtaler Alpen herab: das hohe Licht, 2687 m, der Krottenkopf, 2655 m, die Mädeler Gabel, 2643 m, der Hochvogel, 2589 m. Auf den wildesten und höchsten Dolomitzacken und Graten zieht die Grenze zwischen Bayern und Tirol. Durch das Hintersteiner Tal der Osterach wird von der Hauptkette der reich verästelte Gebirgsstock des Hohen Daumen, 2281 m, abgezweigt, mit dem aussichtsreichen Nebelhorn, 2251 m.

44. Den Aufbau des Gebirges untersuchen wir an einem Profil, welches von der Geisalpe nordöstlich von Oberstdorf

Abb. 24.



Profilskizze durch die Allgäuer Alpen zwischen Nebelhorn und Hochvogel, um die Überschiebung der helvetischen Decke durch die Allgäuer Schubmasse und letzterer durch die Lechtaler Schubmasse zu zeigen. (Nach Rothpletz in Leuchs, Führer durch die Kalkalpen, S. 41.)

über das Nebelhorn, das Laufbacher Eck zum Hochvogel reicht. S. Abb. 24.

Profil vom Nebelhorn zum Hochvogel

Über die Geisalm geht man auf tertiärem Flysch, der stark gefaltet ist, also auch in die Gebirgsbildung mit einbezogen wurde. Wir haben schon bei dem früheren Profil vom Trettachtal (S. 105) gesehen, daß dieser tertiäre Flysch die Unterlage des daraufliegenden viel älteren, triasischen Felsengebirges ist, und haben diese Unterlage als die helvetische Decke kennengelernt.

Nun aber steht man auf einmal vor den Felsenmauern des Hauptdolomits. Und hier beginnt die ostalpine Decke. Dieser ganze folgende Schichtenkomplex wurde über die schwach nach NW ansteigende Flysch-Unterlage hinaufgeschoben.

Der Hauptdolomit ist auch gefaltet. Die Mulden werden am Nebelhorn von den Kössener Schichten des Rhät und von Liasschiefern ausgefüllt. Beim Laufbacher Eck aber beginnt über dem Quellgebiet der Osterach zum Wiedemer Kopf hinüber eine Faltenmulde, in welcher auf die Liasschiefer ganz regelmäßig der obere Jura folgt.

Nun geht's zum Hochvogel hinan. Ganz unvermittelt steht man vor einer Schichtenstörung. Denn auf dem oberen Jura beginnt wieder der Hauptdolomit. Er faltet sich mit einer kleinen, durch Kössener Schichten ausgefüllten Mulde zum Gipfel des Hochvogels hinan.

Wir finden also in diesem Profil eine Wiederkehr der Gesteinsfolge, die man von der Geisalpe über das Nebelhorn und Laufbacher Eck und endlich über das Osterachtal bis zum Wiedemer Kopf schon durchquert hat.

Also ist beim Wiedemer Kopf eine neue Decke aufgeschoben worden. Hier ist die Überschiebungsfläche.

Wir teilen nun das Profil in drei Abschnitte:

a) den Untergrund, bestehend aus Flysch,

b) die Allgäuer Schubmasse, auf welche beim Hochvogel

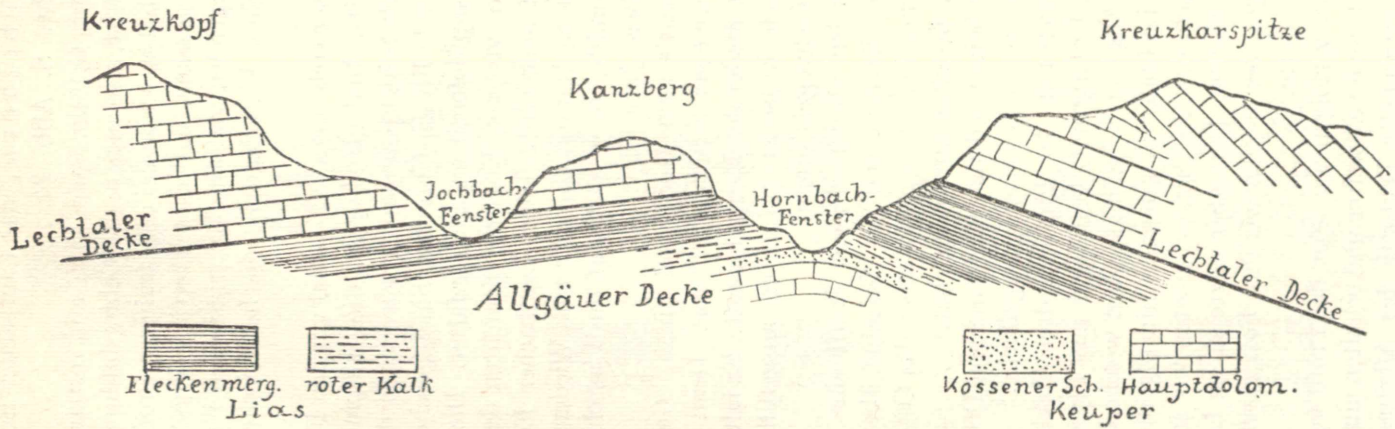
c) die Lechtaler Schubmasse hinaufgerückt ist.

Die Lechtaler Schubmasse lernten wir schon beim Holzgauer Profil kennen. Dort aber setzte sie im Lechtal aus. Hier am Hochvogel aber treffen wir ihre Fortsetzung am Hochgrat der Allgäuer Kette.

Profil vom Hochvogel zur Hornbachkette

45. Nun verfolgen wir aber das Profil vom Hochvogel nach S zum Lechtal weiter und erhalten einen weiteren Einblick in die verwickelte Tektonik des Allgäuer Hochgebirges.

Abb. 25.



Fortsetzung der Profilskizze Abb. 24 vom Hochvogel nach S zum Lechtal, um die Überschiebung der Allgäuer Schubmasse durch die Lechtaler an der Bloßlegung der ersteren in zwei Fenstern zu zeigen. (Nach Ampferer in Leuchs, Führer durch die Kalkalpen, S. 41.)

Wir beginnen am Kreuzkopf westlich vom Hochvogel und überqueren das Jochbachtal, gelangen über den Kanzberg ins Hornbachtal und steigen dann zur Kreuzkarspitze der Hornbachkette hinan. Von hier geht es dann zum Lech bei Elbigenalp hinab. S. Abb. 25.

Wir finden bei dieser Wanderung den Hauptdolomit der Lechtaler Schubmasse auf dem Lias der Allgäuer Schubmasse. Südlich vom Hornbachtal macht die Überschiebungsfläche einen Knick.

Im höhergelegenen Jochbachtal hat sich der Bach in den Fleckenmergel des Lias eingerissen, im tieferen Hornbachtal aber reicht die Erosion durch den Fleckenmergel und den darunter befindlichen roten Liaskalk hindurch bis zu den Kössener Schichten der Allgäuer Schubmasse.

Solche Stellen, wo in den Überdeckungsschichten durch die Erosion eine untere Decke bloßgelegt worden ist, nennt man, wie wir schon früher vernommen haben, Fenster.

Wir rekapitulieren also: In der Allgäuer Kette sind drei Schichtenkomplexe auseinanderzuhalten:

a) als basales Gebirge der tertiäre Flysch der helvetischen Decke,
b) darüber die Allgäuer Schubmasse (Hauptdolomit des Keupers bis Jura),
c) oben die Lechtaler Schubmasse wieder mit dem Hauptdolomit beginnend.

Die beiden genannten Schubmassen gehören zur ostalpinen Decke.

Während das Holzgauer Profil den Flyschuntergrund nicht erschlossen hat, finden wir ihn in der Allgäuer Kette. Nichts beweist ja stärker, daß Überschiebungen im größten Maße stattgefunden haben, als gerade der Umstand, daß im Untergrund ein viel jüngeres, tertiäres Gestein liegt, auf welches die viel älteren Keupergesteine nicht anders als durch Überschiebung hinaufgelangt sein können.

3. Die Vilser Alpen.

Vilser Alpen

46. Der kleine Gebirgsabschnitt, den die Vils umfließt, ragt wie ein geologischer Fremdkörper in das Allgäuer Hochgebirge hinein.

Wenn man als geographische Grenze zwischen den Allgäuer und oberbayerischen Alpen das Lechtal annimmt, so gilt das

nicht in geologischer Hinsicht. Denn nach seinem geologischen Aufbau gehört das Vilser Gebirge zu den oberbayerischen Alpen.

Der Vilser Gebirgsstock wird umfaßt im O vom Lechtal, im N vom Weißensee und von der Straße Füssen-Nesselwang, im W von der Vils, im S vom Tannheimer Tal und von seiner südöstlichen Fortsetzung über den Haldensee, Nesselwängle und den Paß Gacht, der nach Weißenbach am Lech hinüberführt. Durch diese Südgrenze wird der Vilser Gebirgsteil von der Allgäuer Kette abgetrennt.

Sehr merkwürdig ist das Verhalten der Vils. Sie erreicht bei Pfronten fast den Gebirgsrand, biegt aber wieder um und fließt in das Gebirge hinein, um, anstatt in die Wertach, in den Lech einzumünden.

Vom Vilser Gebirge gehört nur ein Teil zu Bayern, nämlich der N-Hang des Aggensteins, 1983 m, der Breitenberg, 1838 m, der Kienberg, 1535 m, und die nördlich vom Vilstal gelegene Falkensteingruppe, 1268 m.

Die Hauptberge sind auf tiroler Gebiet, nämlich: der Brenten, 2050 m, die Köllespitze (gewöhnlich Metzenarsch oder Hochschießer genannt), 2240 m, der Gimpel, 2176 m, die Gachtspitze, 1988 m.

47. Der Aufbau dieser Gebirgsgruppe ist sehr verwickelt. Denn das Gebiet ist durch eine Menge Verwerfungen in viele größere und kleinere Schollen und Deckenfetzen zerstückelt. Namentlich aber finden wir in den Vilser Bergen ganz andere Keuperstufen, als in den Allgäuer Alpen, nämlich Schichten, die für die bayerischen Alpen charakteristisch sind, vor allem das erstmalige Auftreten des Wettersteinkalkes, der dem ganzen Aussehen des Vilser Gebirges sein Gepräge verleiht.

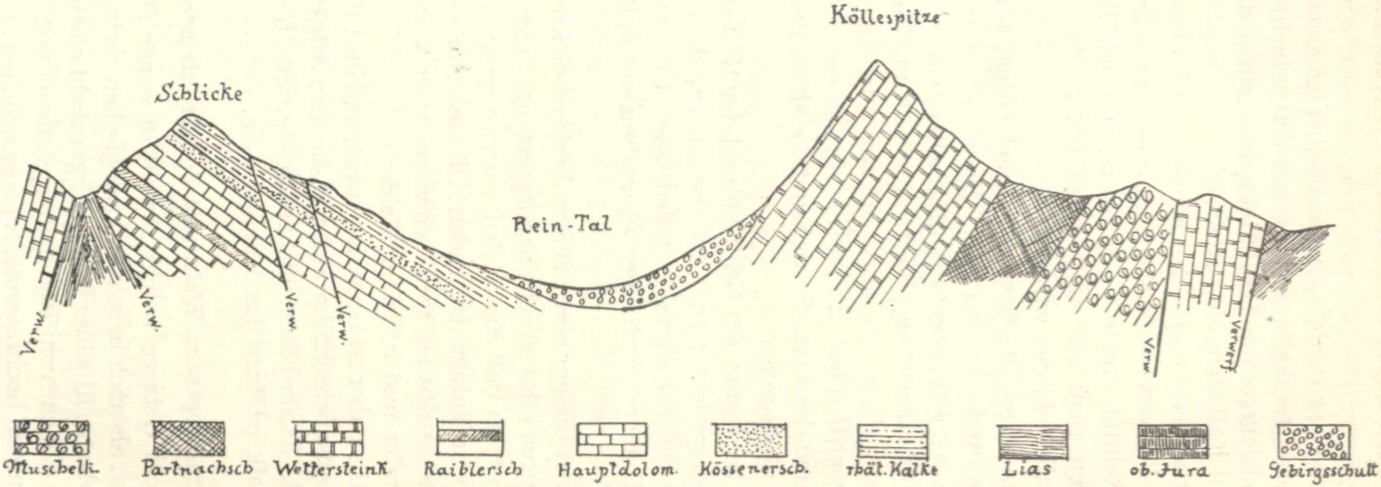
Wir können diesen kleinen Gebirgsstock nicht bis zu den Einzelheiten untersuchen, sondern müssen uns, wie bei den vorausgehenden Gebirgsabschnitten, darauf beschränken, an einem Profil lediglich das zu besprechen, was die Eigenart dieses Gebirgsteiles ausmacht, und wodurch er sich vom übrigen Allgäuer Hochgebirge unterscheidet.

Hierzu wählen wir einen Schnitt durch die höchsten Teile der Gruppe, von der Schlicke durch die Reintalmulde zur Köllespitze. S. Abb. 26.

Profil von der Schlicke zur Köllespitze

Wenn man vom Kegelberg zur Hundsarschalm hinab und dann zur Schlicke hinaufsteigt, so findet man als Hauptgestein beider Berge den Wettersteinkalk, dazwischen Liasschiefer,

Abb. 26.



Profilskizze von der Schlicke über das Reintal zur Köllespitze in den Vilser Alpen. (Nach Rothpletz in Leuchs, Führer durch die Kalkalpen, S. 57.)

welcher den fruchtbaren Weideboden der vorgenannten Alm bildet.

Beim Anstieg zur Schlicke aber erscheinen ganz regelmäßig über dem Wettersteinkalk die jüngeren Triasschichten, nämlich die Raibler Schichten, der Hauptdolomit, darüber die Kössener Schichten und Kalksteine des Rhät.

Auf der anderen Seite der Schlicke sind diese Schichten durch zwei Verwerfungen gegeneinander verschoben. Nun kommt das Reintal, das mit Gebirgsschutt angefüllt ist. Über letzteren steigt man zur Köllespitze hinan, die wieder von Wettersteinkalk gebildet wird.

Und nun folgen die älteren Triasschichten, nämlich Partnachschichten und Muschelkalk. Diese Schichtenfolge wird wieder durch eine Verwerfung abgeschnitten. Jenseits von dieser Stelle steht neuerdings Wettersteinkalk an. Und nun folgt noch eine Verwerfung, die aber viel tiefer in das Gefüge des Gebirges eingegriffen hat. Denn sie führt zu den Schichten des oberen Jura und des Lias. So tief sind die älteren Schichten an dieser Stelle abgesunken.

Da die Schichten der Schlicke und der Köllespitze gegen das Reintal zu gerichtet sind, so ersehen wir daraus, daß das Reintal als eine Faltenmulde aufzufassen ist. Die Gebirgsfaltung wird aber durch die Verwerfungen unübersichtlich gemacht.

Schon aus diesem einen Beispiel erkennen wir, wie durch die Verwerfungen alles durcheinandergemengt und ineinandergeschachtelt ist, so daß die in den vorausgegangenen Gebirgsabschnitten klar zutage tretenden Überschiebungsdecken als Grundlage des Aufbaues weit schwieriger zu verfolgen sind, wie im Lechtaler und Allgäuer Gebirge.

Namentlich aber ist bemerkenswert, daß im Vilser Gebirge eine ganz neue Schichtenfolge auftritt, die dem Allgäuer Gebirge gänzlich fehlt. Es sind die Schichten des unteren Keupers. Der Wettersteinkalk ist hier das Hauptgestein.

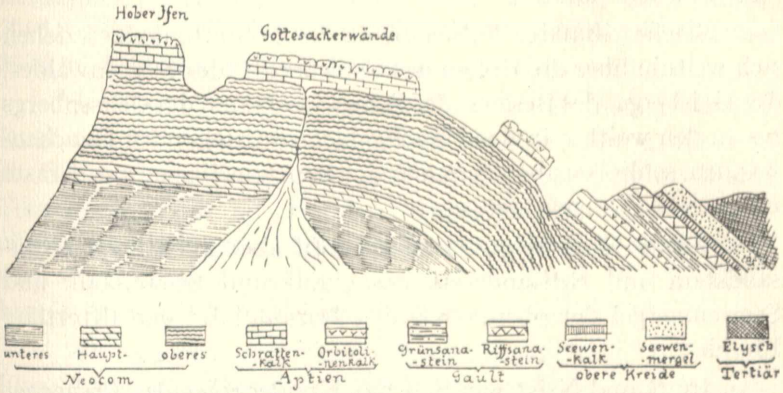
4. Der Bregenzer Wald und der Grüntenstock.

Bregenzer Wald

48. Dieses Gebirge weicht sowohl in seiner Oberflächenbeschaffenheit, als auch in seinem geologischen Aufbau von dem bisher geschilderten Allgäuer Hochgebirge erheblich ab. Zwischen zwei breiten Zonen von Flyschablagerungen mit gerundeten Rücken bauen sich hochragende, im wesentlichen aus Schichten

der Kreideformation bestehende Berge auf. Sie stellen viele meistens geborstene und mit scharfen, mauerartigen Felsrippen gekrönte Falten dar. Hierbei tritt vielfach ein rascher Wechsel ein zwischen sehr festen, schwer verwitternden und weichen, der Zersetzung leicht anheimfallenden Schichten.

Abb. 27.



Profilskizze des Gebietes vom Hohen Ifen und den Gottesackerwänden. (Nach Gümbel, Geologie von Bayern, S. 108.)

Dieser Wechsel fällt schon äußerlich sehr in die Augen und verleiht dem Bregenzer Wald einen sehr eigenartigen, sonst nicht mehr vorkommenden Charakter. Wohlgerundete, kuppige Berge mit flachen Hängen sind mit schroffen, riffartig aufragenden, zackigen Felsenmauern bedeckt. Oder auf den glatten Abhängen stehen mehrere, nahezu parallel verlaufende Felsenwände terrassenartig wie Mauerwerk übereinander. Zahlreiche Täler, stellenweise zu finsteren Schluchten und engen Klammen ausgeformt, zerklüften das ganze Gebirge. So schildert Gümbel den Bregenzer Wald *).

Profil des Hohen Ifen und der Gottesackerwände

49. Als eines der großartigsten Beispiele dieses im Bregenzer Wald herrschenden Gebirgscharakters sei der Hohe Ifen mit den Gottesackerwänden angeführt. Wir betrachten ein Profil von S nach N. S. Abb. 27.

Der Berg erhebt sich zu einer etwa 600 m hohen fast senkrechten Wand. Ihr oberer Teil besteht aus Orbitolinenkalk und Schrattenkalk des Aptien, darunter befinden sich dunkle Schichten des Neokom, beides, wie wir früher erfahren haben, Stufen der unteren alpinen Kreide. Oben breitet sich ein Karrenfeld in

*) Geologie von Bayern, S. 102 ff.

Gestalt eines schauerlich öden Felsenmeeres aus. Der Name Gottesackerwände rührt wohl von der Friedhof-Einsamkeit dieses wüsten Trümmerfeldes her. Bei dem schwierigen Gang über diese Steinwüste lernt man die Erfolge würdigen, welche die Ausnagung durch das Regen- und Schneewasser im Lauf der Jahrtausende in dem harten, scheinbar unzerstörbaren Schrattenkalk bewirkt hat.

Solche riffartige Felsenwände des Schrattenkalkes ziehen sich weithin über die Höhen des Osterberges, des Sonnenwaldes, des Geisbergs, des Beslers, des Schwarzenbergs, des Ochsenbergs bis zu den weithin in das Flyschgebiet vordringenden Gauchenwänden, schließen aber zwischen sich meistens flache, gut beraste und reiche Alpenweiden ein.

Gegen N zu zeigt uns das Profil aber auch noch Grünsandstein und Riffsandstein des Gault und Seewenkalk und Seewenmergel der oberen Kreide. Darauf folgt der alttertiäre Flysch.

Im S und N ist nämlich das Kreidegebiet des Bregenzer Waldes von Flysch eingefaßt. Dieser grenzt mit schräg einfallenden Überschiebungsflächen an die Kreide. Das ganze Gebiet ist nämlich in Streifen zerlegt, und zwar so, daß ein südlicher Schichtenstoß jeweils an dem nördlichen hinaufgeschoben ist.

Der gleiche Vorgang hat auch am Südrand der südlichen Flyschzone stattgefunden. Hier ist es aber die Lechtaler Schubmasse, die mit schräger Überschiebungsfläche an den Flysch grenzt.

Grünten

50. Gegen NO hat der Bregenzer Wald einen Vorposten über das Illertal vorgeschoben, den Grüntenstock. Ein gewaltiger Schub hat hier die Kreideschichten fast bis an den Rand des Hochgebirges vorgerückt. Auch hier (s. Profil, Abb. 7 S. 64) finden wir, daß die Schichten des älteren Tertiärs in stark zerstörter Lagerung an die Kreide stoßen. Von der Kreideformation erscheint Neokom und Schrattenkalk der älteren Kreideabteilung, darüber auch noch der Seewenkalk, der in der schweizerischen Kreidefazies die jüngere Abteilung repräsentiert.

Diese Schichten sind aber, wie wir aus dem Profil entnehmen, sehr stark zusammengeschoben und gefaltet. Wir können uns hier recht gut eine Vorstellung machen, welch enorme Schubkräfte zur Auslösung gekommen sind.

51. Die beiden dem Bregenzer Wald vorgelegten Flyschzonen sind ebenfalls stark gefaltet und steigen auch zu beträchtlicher Höhe an. Die beiden Flyschzonen

In dem südlichen Flyschzug zwischen dem Kreidegebiet und den Lechtaler Alpen finden wir aus der Gegend von Feldkirch bis Oberstdorf: Kuhspitze, 1982 m, Hoch Gerach, 1960 m, Löffelspitze, 1958 m, Damülser Horn, 2130 m, Zafer Kopf, 2010 m, First, 1996 m, Tobler Mann, 2009 m, Unscheller Spitze, 2036 m, Fellhorn, 2030 m, Söller Kopf, 1937 m.

Der nördliche Flyschzug aber verläuft als weniger breites Band von Dornbirn über Sonthofen südlich vom Grünten in die Gegend von Füssen und findet seine Fortsetzung im Hohen Trauchberg, 1658 m. Die bedeutendsten Erhebungen dieser nördlichen Flyschumrandung des Bregenzer Waldes sind, von W nach O: Hochälpele, 1462 m, Feuerstätter Kopf, 1641 m, Riedberger Horn, 1784 m, Bolgen, 1730 m.

Wir ersehen aus dieser Zusammenstellung, daß diese Flyschberge den Hochgipfeln des Bregenzer Waldes kaum nachstehen und sich auch gegenüber den Felsenbergen des Allgäuer Hochgebirges recht wohl sehen lassen können.

5. Die Allgäuer Voralpen.

52. Nördlich von der nördlichen Flyschzone erreicht das Allgäuer Gebirge noch nicht sein Ende. Auch die auf das Eozän, zu welchem der Flysch großenteils und die Nummulitenschichten gehören, folgenden Stockwerke des Oligozäns und Miozäns sind noch stark in die Gebirgsfaltung einbezogen worden. Allgäuer Voralpen

Aus diesen Molasseschichten setzt sich eine 20 km breite Zone zusammen, die von mehreren aus SW nach NO ziehenden Bergketten gebildet wird. Als Gesteine finden wir hier Mergel, Sandstein und Konglomerat.

Je mehr diese Schichten sich dem Bregenzer Wald nähern, um so steiler sind sie aufgerichtet, stellenweise überkippt.

Im W nennt man diese Voralpenzone den Vorderen Bregenzer Wald. Hier sind auch die bedeutendsten Erhebungen: Hochgrat, 1833 m, Rindalphorn, 1822 m, beide Berge südöstlich von Oberstaufen, Stuiben, 1749 m, südwestlich von Immenstadt. Einer der bekanntesten Berge des vorderen Waldes ist der Pfänder bei Bregenz, 1064 m, mit seiner herrlichen Aussicht über den Bodensee. Vorderer Bregenzer Wald

Gegen O zu nimmt die Breite der Voralpen ab. Hier sind die Molasseschichten häufig durch diluviale Ablagerungen verhüllt. Hier finden wir auch noch vorgeschobene, isolierte Berge: Auerberg, 1055 m, Peißenberg, 988 m.

Aber auch in diesem östlichen Teil sind die tertiären Schichten ebenso stark gefaltet, wie im W. Sie schließen, wie wir schon früher vernommen haben, die wichtigen Braunkohlenflöze ein.

Der Südrand dieser Molassezone ist gegen den Flysch durch eine Bruchlinie abgesetzt.

53. Wir sind am Ende der nur skizzenhaften Schilderung des Gebirgsbaues unseres Gebietes angelangt. Ein tieferes Eindringen in den verwickelten Mechanismus der Gebirgsbildung und Gebirgsformung ist in dem engen Rahmen dieser lediglich orientierenden Abhandlung nicht möglich. Sie soll dem Leser gewissermaßen nur einen Vorgeschmack geben, ihn aber nicht verwirren. Zur Vertiefung können die in der Anm. S. 112 genannten Werke herangezogen werden.

Herausarbeitung der Gebirgsformen

Jetzt käme aber eigentlich erst noch die Ausarbeitung der durch die Gebirgsbildung hoch aufgetürmten Falten daran. Wir hätten zu untersuchen, wie das Gebirge zu dem wurde, was es jetzt ist. Denn es stellt ja in der Gegenwart nicht im entferntesten mehr das vor, was es früher war oder hätte werden können. Denn je höher die Falten emporgestemmt wurden, um so mehr machten sich die entgegengesetzten Einflüsse geltend, die Verwitterung und die Erosion im Zusammenhang mit dem Abtransport des Gebirgsschuttes durch die Wasserläufe. Denn ganz anders kam nun die Macht dieser Kräfte zur Geltung. Sie arbeiteten unermüdlich an der Ausgestaltung des Reliefs, an der Ausmeißelung der Zacken, Zinnen und Türme. So entstand im langen und zähen Kampf zwischen Aufstauung und Abtragung unser herrliches Hochgebirge.

Klimatische Folgen

Diese maßlos großartigen Vorgänge der Auftürmung der Alpen mußte aber auch für das ganze mitteleuropäische Gebiet tiefgreifende Folgen nach sich ziehen. Eine ganz neue Rolle hatte die über dem so gründlich veränderten Rindenteil gelagerte Lufthülle zu übernehmen, als die kahlen Felsengipfel sich vordrängten in die Räume niedrigerer Temperatur.

Da tat sich eine Schranke auf, die von den warmen Luftströmungen des Südens überstiegen werden mußte. Reichliche Niederschläge sind die wohlbekannte Folge solcher rasch sich

abspielenden Temperaturunterschiede in dem Wasserdampfvorrat des Luftozeans. Ungeheuer vermehrte sich die Bergfeuchtigkeit. Und an Stelle des bescheidenen, lieblichen Spiels der Bäche des ehemaligen Mittelgebirges trat die zerstörende Wildheit des Gießbäche des Hochgebirges.

7. Das Ries.

a) Die drei vulkanischen Gebiete im Bereich der Schwäbischen Alb.

54. In dem Gebiet der jetztigen Hochebene war im ursächlichen Zusammenhang mit den tektonischen Vorgängen der alpinen Gebirgsbildung der Oberflächenteil der Erdrinde eingebrochen und vom burdigalen Meer überflutet worden. Dieses Meer bespülte den SO-Rand der Juratafel. Das geschah in der unteren und mittleren Miozänzeit. In der oberen Miozänzeit, als in dem vom Ozean abgeschnittenen Süßwasserbecken die obere Süßwassermolasse abgesetzt wurde, regten sich in der ehedem so ruhigen Alb vulkanische Kräfte und verursachten an drei ungefähr gleichweit voneinander entfernten Stellen schwere Ausbrüche ganz verschiedener Art.

Hegau

Im Hegau drang an vielen Stellen der Schmelzfluß aus der Tiefe empor. Aus den zu Basalt- und Phonolithgesteinen erstarrten Magmamassen (magma, knetbare Masse) und den bei den Eruptionen ausgeschleuderten Produkten wurden mitten in dem eingesunkenen Kessel die Kegelberge des Hohentwiel, Hohenkrähen, Hohenhöwen usw. geformt. Bei diesen Vorgängen im Hegau handelt es sich nach W. Branca *) nicht um wirkliche Lavaströme, sondern es wurden zunächst durch Eruptionen Aschenkegel aufgehäuft, wie das ja auch bei den jetzigen Vulkanen der Fall ist. Der basaltische bzw. phonolithische Schmelzfluß aber, der aus der Tiefe emporquoll, vergrößerte den Ausbruchskanal zu einem glockenförmigen Hohlraum, erstarrte aber im Innern des Aschenkegels, ohne die obere Öffnung erreicht zu haben. Nachdem dann der Aschenkegel allmählich der Erosion zum Opfer gefallen war, wurde der Steinkern des Innern bloßgelegt und ragt nun als Kegelberg mit steilen Wänden aus der Niederung empor.

Uracher Vulkangebiet

Etwa 80 km nordöstlich vom Hegau befindet sich das zweite vulkanische Gebiet in der Gegend von Urach und

*) Vulkan-Embryonen, Stuttgart 1894, Schweizerbart, S. 167.

Kirchheim, und zwar mitten in der Albhochfläche. Ihm widmete W. Branca eine große Abhandlung, Schwabens 125 Vulkan-Embryonen. Inzwischen sind noch einige hinzugekommen. Hier tritt uns ein ganz anderes Bild vulkanischer Ereignisse entgegen, als im Hegau. Keine vulkanischen Kegelberge, keine ausgedehnten Ablagerungen von Eruptivmassen sind hier vorhanden, sondern lediglich Ausbruchskanäle. Der Schmelzfluß blieb in der Tiefe stecken. Die Kanäle sind nur mit zerblasenem Magma und zertrümmertem Albgestein erfüllt. Da hier das vulkanische Phänomen auf einem frühen Entwicklungsstadium stehenblieb und nicht zur völligen Entfaltung gelangte, so nannte Branca die Uracher Vorkommnisse Vulkanembryonen.

Ries

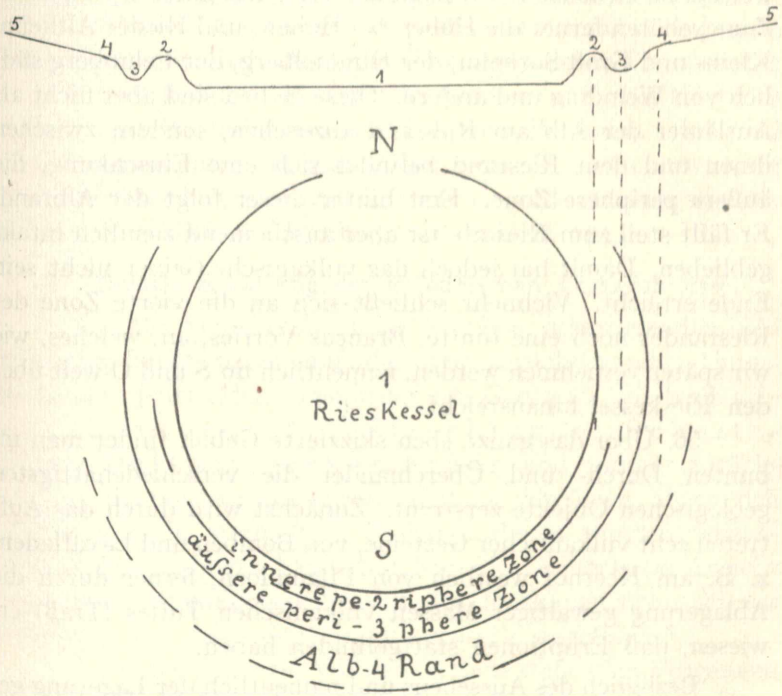
Das dritte vulkanische Albgebiet aber ist das Ries, eine der größten geologischen Merkwürdigkeiten Deutschlands. Schon ein Blick auf die geologische Karte lehrt uns, daß die ehedem in regelmäßiger Aufeinanderfolge abgesetzten Sedimentgesteine im Umkreis dieses Arbeitsfeldes der unterirdischen Kräfte aufs heftigste in Mitleidenschaft gezogen worden sind. Abgesehen von echt vulkanischen Auswurfsprodukten finden wir hier eine tiefgreifende Veränderung und Zertrümmerung der Gesteine, wir finden Verwerfungen, Aufrichtung und Überschiebung gewaltiger Massen, wir finden endlich, daß selbst der alte, feste Untergrund, die kristallinen Urgesteine, auf welchen die Sedimente anscheinend so sicher fundamentiert sind, in die Höhe geschoben und gleichfalls arg mitgenommen wurde. Es ist klar, daß hier im Ries, wo alle Regel aufhört, wo altes Gestein über jüngerem liegt, wo die verschiedensten Gebilde bunt durcheinandergewürfelt sind, die geologische Forschung vor immer neuen Problemen steht, deren Lösung nur durch sorgfältigste Detailstudien und durch Konfrontieren der Ergebnisse der verdienstvollen Forscher, welche sich mit dieser überaus schwierigen und spröden wissenschaftlichen Materie befaßt haben, nähergebracht werden kann. Mitunter platzten die entgegengesetzten Anschauungen der Riesgeologen scharf aufeinander und führten zu wissenschaftlichen Fehden, die etwa um die Jahrhundertwende einsetzten und bis zur Gegenwart anhielten, so daß man von einem dreißigjährigen Krieg auf diesem auch während des geschichtlichen ebenso genannten Krieges schwer umkämpften Gebiet reden möchte.

Geographische Beschreibung des Gebietes

55. Das Ries bildet einen in die Alb eingesenkten Kessel von etwa 25 km Durchmesser und etwa 380 qkm Fläche. Die

am Schluß der Katastrophen sehr uneben zurückgelassene Oberfläche wurde durch spätere Einschwemmungen völlig ausgeglichen, so daß eine weite Verebnung entstand, die 420—430 m über dem Meer liegt. Im N ist die Juraumrandung des Kessels unterbrochen. Hier dringt, wie wir früher gesehen haben, der

Abb. 28.



Schema der fünf Rieszonen. (Nach Branca und Fraas, Das vulkanische Ries bei Nördlingen, Abhandl. d. Kgl. Preuß. Akad. d. Wiss. 1901, S. 39.)

fränkische Keuper in ansehnlicher Breite vor und bildet untermischt mit Schichten des schwarzen und braunen Jura die nördliche Grenze des Kessels. Vor diesem weitgeöffneten Tor steht als vorgeschobener Posten der Hesselberg, welcher durch seinen regelmäßigen Schichtenbau Zeugnis ablegt, daß die Alb sich ehedem bis hierher erstreckt hat. Im übrigen ist der Riesrand eine bunte Musterkarte der verschiedensten Gebirgstrümmer (s. Übersichtskarte Tafel I).

Im S wollen wir die Topographie des Gebietes etwas genauer durchführen. Hier unterscheiden W. Branca und

Fünf Rieszonen

E b. F r a a s *) folgende fünf Zonen. An den zentralen Teil des Rieskessels schließen sich zunächst zwei periphere Zonen, eine innere höhere und äußere tiefere an. Die innere periphere Zone besteht aus einem Kranz stattlicher Höhen, der aber nicht geschlossen, sondern vielfach unterbrochen ist. Das größte zusammenhängende Stück ist der Allbuck südlich von Nördlingen, welcher bis zu 536 m Meereshöhe ansteigt. Zur inneren peripheren Zone gehören ferner die Höhen bei Hohen- und Nieder-Altheim, Klein- und Groß-Sorheim, der Himmelberg, der Lehmberg südlich von Wemding und andere. Diese Höhen sind aber nicht als Ausläufer der Alb am Riesrand anzusehen, sondern zwischen ihnen und dem Riesrand befindet sich eine Einsenkung, die äußere periphere Zone. Erst hinter dieser folgt der Albrand. Er fällt steil zum Ries ab, ist aber anscheinend ziemlich intakt geblieben. Damit hat jedoch das vulkanische Gebiet nicht sein Ende erreicht. Vielmehr schließt sich an die vierte Zone des Riesrandes noch eine fünfte, Brancas Vorries, an, welches, wie wir später vernehmen werden, namentlich im S und O weit über den Rieskessel hinausreicht.

„Riesrätsel"

56. Über das ganze eben skizzierte Gebiet findet man im bunten Durch- und Übereinander die verschiedenartigsten geologischen Objekte zerstreut. Zunächst wird durch das Auftreten echt vulkanischer Gesteine, von Bomben und Lavafladen, z. B. am Heerhof westlich von Pflaumloch, ferner durch die Ablagerung gewaltiger Massen vulkanischen Tuffes (Traß) erwiesen, daß Eruptionen stattgefunden haben.

Bezüglich des Aussehens und namentlich der Lagerung gewisser Gesteine aber werden den Geologen die schwersten Rätsel aufgegeben **). Vor allem gehört hierher das mitten im Juragebiet ganz unerwartete Auftreten kristalliner Urgesteine, von Granit und Gneis, und zwar in stark zerrüttetem Zustand. Diese Urgesteinsmassen aber befinden sich im Niveau des braunen, auf dem Vorries sogar des weißen Jura, also viel höher, als es ihrer normalen Lagerung zukäme.

Wir treffen aber auch auf andere Unregelmäßigkeiten in der Lagerung verschiedener Schichten. Hier liegen mächtige Massen von braunem Jura auf weißem, dort ganze Bergtrümmer von oberem weißem Jura auf braunem, aber ohne die sonst vor-

*) Das vulkanische Ries, Abhandlungen der Kgl. Preuß. Akademie d. Wissensch., Berlin 1901, S. 39 ff.

**) Nach W. Branca und Eb. Fraas, Das vulkanische Ries, S. 4.

handenen Zwischenstufen. An anderen Orten sind die Juraschichten geneigt, aufgerichtet, verstürzt, wie wenn hier die gebirgsbildenden Kräfte eingesetzt hätten.

Über weite Strecken des Vorrieses finden wir den Kalkstein des obersten weißen Jura gänzlich zertrümmert und durch ein Bindemittel zu einer Bresche, den „Juragrieß", verkittet.

Endlich liegen an verschiedenen Stellen, z. B. am Lauchheimer Tunnel, Tonmassen, in denen man deutlich gekritzte Gerölle gefunden hat. Auch die Unterlage solcher Tonschichten ist geglättet und mit Schrammen versehen, z. B. bei Härtfeldhausen, bei Weilheim nordwestlich von Monheim. Das sind aber Vorkommnisse, die man früher stets auf Gletscherwirkung zurückgeführt hat, hier aber in einer Gegend, die weit von der alpinen eiszeitlichen Gletschergrenze entfernt ist.

b) Gümbels Erklärung der vulkanischen Vorkommnisse.

Gümbels Riesvulkan

57. Wir können in dieser lediglich orientierenden Abhandlung nicht näher auf die weit zurückliegenden Untersuchungen jener alten Generation von Geologen, wie Schafhäutl, von Cotta, Frickhinger, Schnitzlein, Deffner, Oskar Fraas und anderer zurückgreifen, die um so mehr unsere Achtung verdienen, als es sich hierbei um ein erstmaliges Beackern dieses spröden wissenschaftlichen Gebietes handelte. Nur die Gümbelsche Ansicht über den mutmaßlichen Verlauf der Rieskatastrophe sei zur Eröffnung der folgenden Hypothesenserie angeführt *).

Gümbel meinte: Vor den in Rede stehenden Vorgängen war ohne Zweifel das Juraplateau auch über dem jetzigen Rieskessel ausgebreitet. Auch darüber ist man einig, daß die Eintiefung des Rieskessels von einer vulkanischen Ursache herrührt. Die Zeit, in welcher das geschah, wird als das Mittelmiozän angegeben **). Bei Beginn der Eruptionstätigkeit fand vom Zentrum des vulkanischen Herdes aus eine Zersprengung und Zertrümmerung der darüber gelegenen Juraschichten statt. Der Untergrund wurde gehoben. Damit aber waren Verrückungen und Abrutschungen von Gesteinsmassen verknüpft. Als wichtigster Beleg für diese Aufwärtsbewegung des Untergrundes

*) Geologie von Bayern, 1894, S. 809, Erläuterungen z. Blatt Nördlingen, 1889, S. 24 ff., geognost. Beschreibung der Fränkischen Alb, 1891, S. 223 ff.

**) Nach einer wichtigen Beobachtung von Kranz ist die Zeit der Katastrophe ziemlich genau im Obermiozän zwischen der tortonischen und sarmatischen Stufe zu fixieren, s. Hennig, Geologie v. Württ., S. 299.

wird die gegenwärtige Lagerung von Urgebirgsteilen im Niveau des Jura angesehen.

Diesen Ereignissen folgte die eigentliche Eruption. Es wurden gewaltige Massen vulkanischer Asche, Bomben und Lavafladen ausgeschleudert. Das vulkanische Material fiel zur Erde nieder, wurde mit dem atmosphärischen Wasser durchtränkt und verfestigte sich zu Tuff (Traß). Möglicherweise, meint Gümbel, erhob sich in der Mitte des jetzigen Rieskessels ein Vulkankegel, der aber, nachdem die vulkanische Kraft sich erschöpft hatte, wieder weggeräumt wurde.

Mit diesen Eruptionsvorgängen Hand in Hand fanden weitere Zerstörungen statt. Endlich erfolgte wieder eine Rücksenkung des gehobenen Gebietes, wodurch der Rieskessel in seinem jetzigen Zustand ausgeformt wurde. In dem Kessel aber stauten sich die von allen Seiten zuströmenden Gewässer zum See. Gümbel vergleicht den Rieskessel mit den Maaren der Eifel.

Als Nachspiel der vulkanischen Vorgänge ergossen sich aus der Tiefe und an den Rändern des Sees kalk- und kohlensäurereiche Quellen, aus denen sich mächtige Sprudelkalke absetzten. An sumpfigen Stellen aber bildeten sich Torfmoore, die das Material zur Bildung von Braunkohlenflözen lieferten.

Endlich entwässerte sich der Riessee durch das Felsental bei Harburg zur Donau. Der ehemalige Seeboden bedeckte sich in der Diluvialzeit mit Sand und Löß.

c) Die Lakkoliththeorie von W. Branca und Eb. Fraas.

58. Vor den vulkanischen Ereignissen lagen die Sedimentgesteine auch im jetzigen Riesgebiet regelmäßig in horizontalen Schichten ausgebreitet wie in der übrigen Alb. Jedoch wird angenommen, daß, bevor die Katastrophe begann, das Gebiet stark erodiert war. So hätten die Kräfte der Tiefe gerade an dieser Stelle ein weniger dickes Dach über sich gehabt.

Starke Erosion vor der Katastrophe

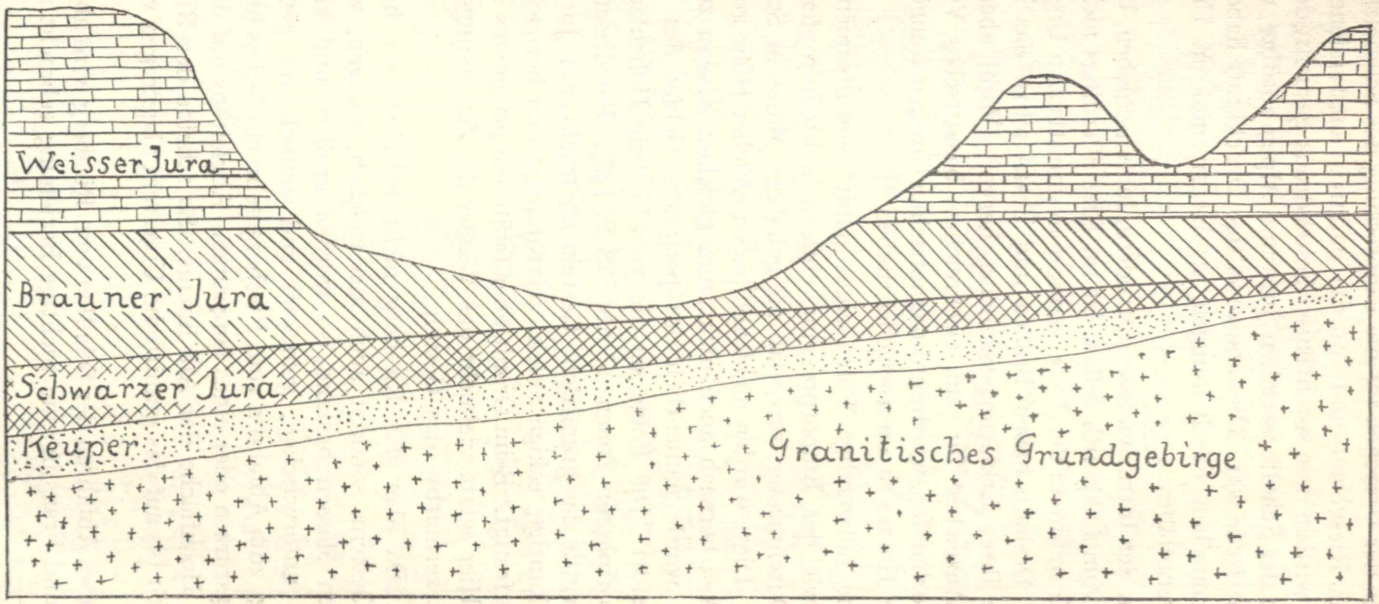
In der mittelmiozänen Zeit drang nun in das granitische Grundgebirge, welches die Unterlage der schwäbischen Alb bildet, ein Schmelzfluß, ein Lakkolith (lakkos, Loch, Grube, lithos, Stein)*), ein. Die Folge davon war ein Aufblähen und eine Emporwölbung der darüberliegenden Schichten. Es entstand ein Riesberg, welcher hoch über das Albplateau hinausragte.

Eindringen des Schmelzflusses in das granitische Grundgebirge

Riesberg

*) Lakkolithen nannten die amerikanischen Geologen brotlaibartige Eruptivmassen, die sich zwischen andere Gesteinsschichten eindrängten, die Erdoberfläche aber nicht erreichen konnten.

Abb. 29.



Profilskizze des Riesgebietes vor Eintritt der Katastrophe. Starke vormiozäne Erosion. (Nach W. Branca und Eb. Fraas, Das vulkanische Ries, Tafel Fig. 1.)

Eine der Ursachen für die Einpressung des Schmelzflusses unter das Riesgebiet und für die dadurch entstandene Aufwölbung wird in dem furchtbaren Seitendruck gesucht, den das Absinken der Scholle zwischen Jura und Alpen ausübte, wovon früher die Rede war. Dieselbe gewaltige Druckkraft habe auch die vulkanischen Erscheinungen im Hegau und im Uracher Gebiet veranlaßt.

Von der Intrusivmasse (intrudere, hineinschieben, hineinstoßen), vom Lakkolith selbst, ist im Ries allerdings nichts zu sehen. Er müßte in der Tiefe, unter dem granitischen Urgestein stecken. Deshalb heben Branca und Fraas selbst das Hypothetische ihres Erklärungsversuches hervor. Wohl aber sind gewisse Anzeichen für ein eisenreiches, basaltisches Vulkangestein vorhanden, wie die erdmagnetischen Untersuchungen von Professor H a u s m a n n ergeben haben *).

Zertrümmerung des gehobenen Gebietes

Eine notwendige Folge eines derart gewaltsamen Vorganges, wie der Emporpressung eines Schichtenpfropfens von 25 km Durchmesser, war, daß die gehobene Masse in Schollen zerbarst. Diese wurden nicht alle bis zu gleicher Höhe gehoben und sanken hernach auch nicht zum gleichen Niveau zurück. Dadurch wurde namentlich das periphere Gebiet des Rieses stark gestört. Die Folge sei die verschiedene Höhenlage der beiden peripheren Zonen (s. Abb. 28 S. 129). Bei diesen Vorgängen wurde das granitische Gestein zerdrückt, der Jurakalkstein in kantige, eckige Stücke zertrümmert und hernach zum Grieß verfestigt. Beim Granit aber fehlte ein geeignetes Bindemittel. Hier setzte vielmehr das Wasser die Zersetzungsarbeit fort und zermürbte das Gestein.

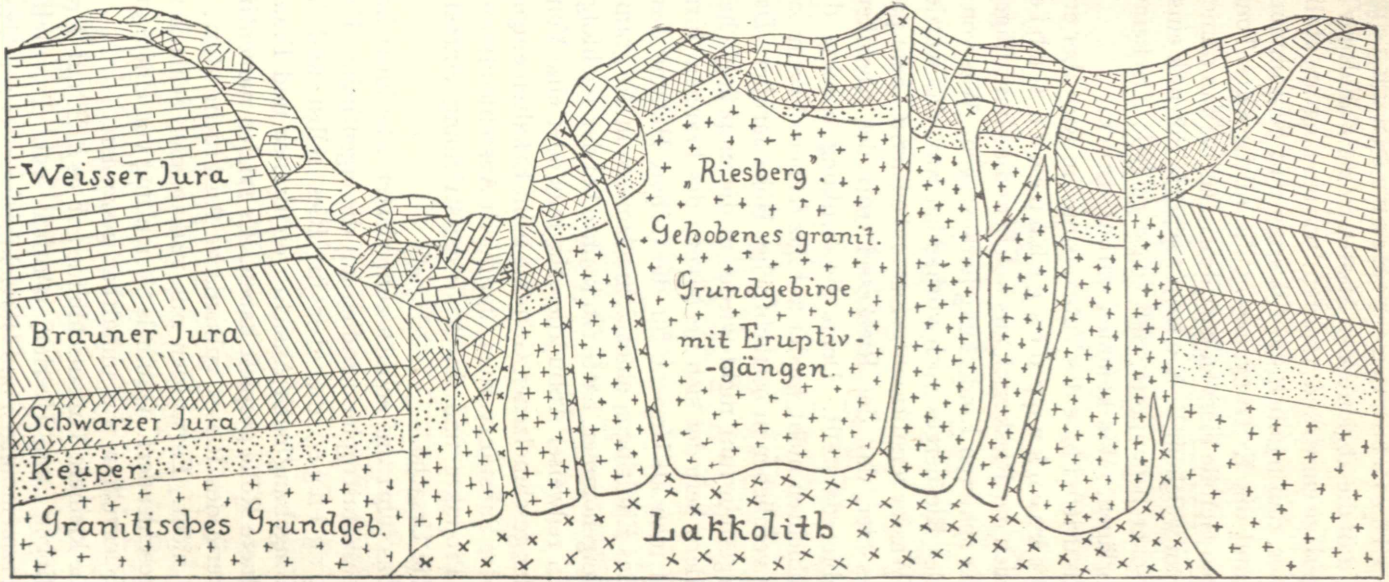
Abrutschungen und Ueberschiebungen

59. Da aber der Riesberg nicht lediglich aus hartem, festem Gestein, sondern auch aus weichen, tonigen, wasserbindenden Massen bestand, so wurden größere und kleinere Schollen unterwaschen, gelockert und endlich auf geneigter Unterlage zum Abfahren vom Riesberg gebracht, sei es in Form von Bergstürzen oder eines langsamen Abgleitens auf die umgebende Hochfläche der Alb hinaus. So scheine der Riesberg allmählich bis auf das granitische Urgestein abgetragen worden zu sein.

Dieses Abfahren der Schollen vom Riesberg wird aber von Branca und Fraas in eine wichtige Beziehung gebracht zu den

*) Branca und Fraas, S. 53 ff., Karte, S. 127.

Abb. 30.



Emporwölbung der sedimentären Schichten durch das Eindringen des Lakkoliths in das Grundgebirge. (Nach W. Branca und Eb. Fraas, Das vulkanische Ries, Tafel Fig. 2.)

Glazialartige Erscheinungen

erwähnten glazialartigen Erscheinungen. Sie behaupten, daß die abgleitenden Massen in ganz analoger Weise auf die Unterlage einwirken konnten, wie ein langsam abfließender Gletscher, daß nämlich die Glättung und Schrammung der Unterlage und die Kritzung der in die mitbewegte Tonmasse eingebetteten Gerölle hiervon herrühre. Das ist nun namentlich der Punkt, an welchem E. Kokens scharfe Polemik einsetzte. Dieser Forscher behauptete, daß echte glaziale Erscheinungen im Ries vorlägen. Wir kommen darauf zurück.

Zurücksenkung des gehobenen Gebietes

60. Als dritte Phase des Vulkanismus im Ries aber erfolgte eine Zurücksenkung des gehobenen Gebietes. So bildete sich der Rieskessel, aus welchem die Granithügel jetzt noch aus der späteren Eindeckung herausragen. Was von Juraschichten des Riesberges noch vorhanden war, das wurde vom fließenden Wasser zerstört, aufgelöst und entfernt. Sehr paradox erscheint es hier, daß der Rieskessel trotz des Absinkens ein Hebungsgebiet darstellt. Denn die Senkung brachte die gehobenen Schichten nicht wieder auf das frühere Niveau zurück, sondern sie verblieben in beträchtlicher Höhe darüber. Das granitische Urgestein fuhr nicht wieder in die ursprüngliche Tiefe hinab, sondern befindet sich im Niveau des braunen Jura.

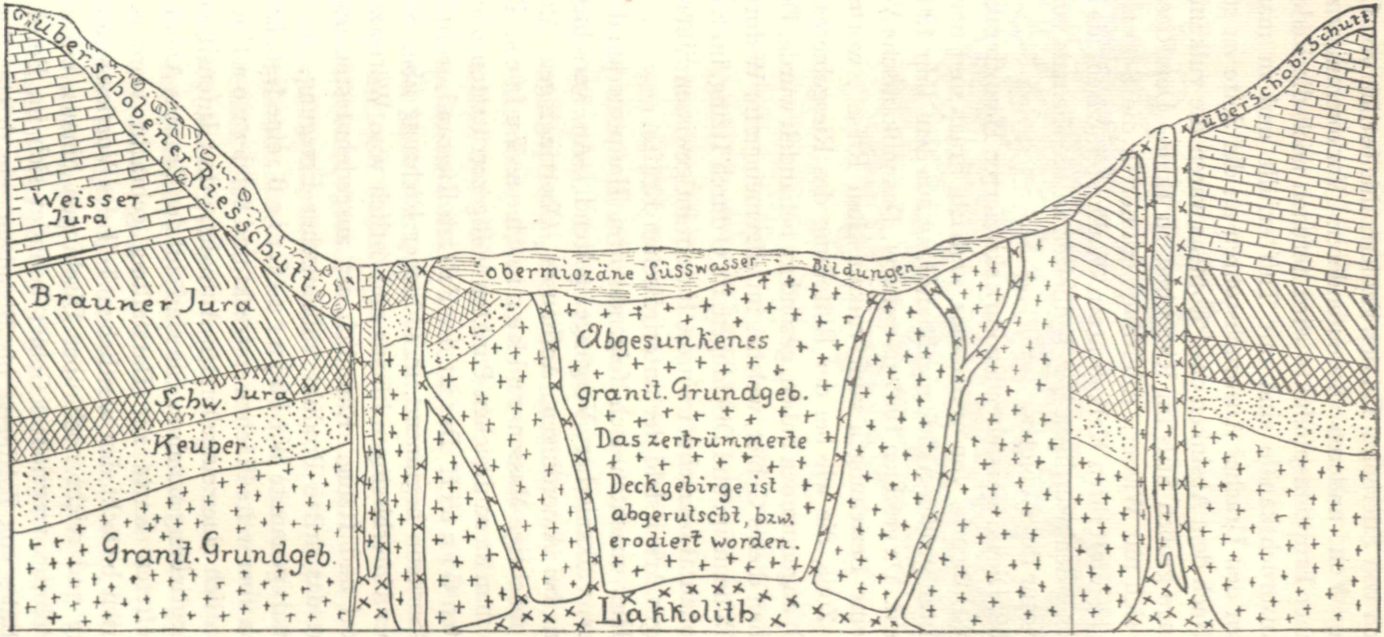
Wenn man als Ursache für die frühere Hebung des Riespfropfens das Eindringen einer Schmelzmasse in die granitische Unterlage angenommen hatte, so könnte bei der nachfolgenden Senkung ein teilweiser Abfluß des Magmas oder eine Volumenabnahme der geschmolzenen Gesteine beim Erkalten eingetreten sein, oder der Substanzverlust, der durch Ausschleuderung vulkanischer Produkte und durch Gasausströmung eintrat, war vielleicht die Ursache.

Eruptionsvorgänge

61. Das führt uns endlich zum vierten Abschnitt im Verfolg der Rieskatastrophe, nämlich auf die eigentlichen Eruptionsvorgänge, die aber im Ries selbst und in der nächsten Umgebung nach Ansicht von Branca und Fraas eine untergeordnete Rolle gespielt haben. Es fanden namentlich an der Peripherie des Rieses vulkanische Ausbrüche statt. Lava floß dabei nicht. Es wurden nur vulkanische Schlacken und Asche ausgeschleudert. Gümbels Vermutung von einem großen, zentralen Riesvulkan war unhaltbar geworden.

Solche kleinere Vulkanschlünde gab es z. B. auf der Höhe von Zipplingen, am Heerhof nördlich von Trochtelfingen, zwischen Utzmemmingen und Härtfeldhausen, bei der Altenbürg

Abb. 31.



Das spätere Absinken des Riesberges. (Nach W. Branca und Eb. Fraas, Das vulkanische Ries, Tafel Fig. 3.)

westlich von Ederheim, bei der Papiermühle östlich von Christgarten. Von anderen bedeutenderen Vorkommnissen vulkanischer Eruptionsprodukte wird hernach noch die Rede sein. Die Ausbruchskanäle sind mit Tuff erfüllt und in manchen Stücken den Uracher Ausbruchsröhren an die Seite zu stellen.

Nach dem Absinken des Pfropfens waren die vulkanischen Vorgänge großen Stils im Riesgebiet zu Ende. Der Rieskessel füllte sich mit Wasser. Allerdings erinnerten die Sprudelquellen mit ihren Kalkabsätzen (Wallersteinfelsen) als Nachspiel jener denkwürdigen Begebenheiten an die ehemals vulkanische Natur des Gebietes.

Sprudelquellen

62. Die im vorstehenden kurz skizzierten Hauptpunkte der Lakkoliththeorie von W. Branca und Eb. Fraas sind der ersterwähnten großen Akademieabhandlung aus dem Jahr 1901 entnommen. Da erschien 1903 als weitere „Das vulkanische Vorries und seine Beziehungen zum vulkanischen Riese", worin jene fünfte Zone, die wir bei der Einteilung des Riesgebietes im S (S. 129) angenommen haben, gesondert behandelt wurde. Damals hielt man dieses Gebiet, welches im allgemeinen im W durch die Orte Ohmenheim und Dischingen, im O durch Itzing, im S durch das Donautal bezeichnet wurde, für ein im gewissen Sinne selbständiges Arbeitsfeld der unterirdischen Kräfte.

Vorries

Hier machten sich folgende drei Hauptmerkmale ehemaliger vulkanischer Vorgänge geltend. An verschiedenen Stellen, bei Amerdingen, Aufhausen, Oberringingen, Mauren, liegen mächtige Massen vulkanischen Tuffes. Ferner findet man an zahlreichen Punkten völlig zerrütteten oder zerdrückten Granit. Das ist der Fall am Riesrand, südlich von Klein-Sorheim beginnend, in südlicher Richtung über Stillnau bis über Unterbissingen hinaus und östlich vom Wörnitztal bei Sulzdorf und Itzing. Räumlich am ausgedehntesten aber erscheint das dritte Produkt vulkanischer Erregung, der schon mehrmals genannte Weißjura-Grieß, eine feste Bresche, die sich über weite Flächen erstreckt und bei der von Knebel gelegentlich einer eingehenden Aufnahme drei Intensitätsgrade der Vergrießung annahm. Sie sind auf der Brancas Abhandlung angehefteten Karte zur Darstellung gebracht worden. Der Juragrieß bedeckt den westlichen Teil des Vorrieses fast vollständig und reicht noch über Dischingen hinaus, ein zweites ausgedehntes vergrießtes Gebiet befindet sich im Bereich des Kesseltales von Zoltingen bis Bissingen, ein drittes längs des

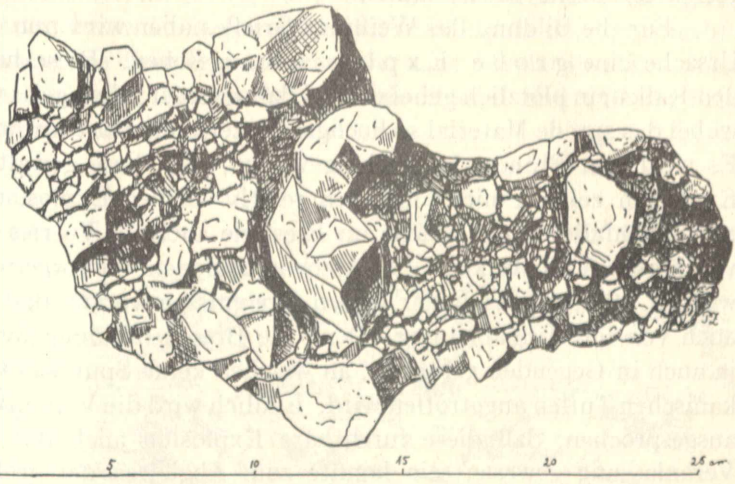
Vulkanischer Tuff

Granit

Weißjuragrieß

Wörnitztales südlich von Harburg bis Donauwörth. Im S reicht der Juragrieß bis an den Rand des Donautales bei Bergheim, am Goldberg bei Mörslingen und bei Wolpertstetten.

Abb. 32.



Weißjura-Grieß. (Aus der Sammlung der Dillinger Hochschule.)

Was nun die Deutung dieser Vorkommnisse weitab von den Vorgängen im Ries betrifft, so müssen wir zunächst bei der Entstehung des vulkanischen Tuffes und der granitischen Enklaven verweilen. Die Traßtuffe sind nach Branca das Resultat von Eruptionen, die denen im Riesbereich beim Heerhof, bei der Altenbürg und anderen Orten an die Seite zu stellen sind. Lava floß auch im Vorries nicht. Es wurden nur lose Auswürflinge in die Luft geblasen, die, zur Erde niedergefallen, hernach unter Mitwirkung des Wassers die festen Tuffe lieferten. Allerdings sind die Tuffmassen des Vorrieses viel bedeutender als jene des Rieses. Trotzdem aber gelte auch für sie, daß die vulkanische Eruptionskraft nicht voll zur Geltung kam, daß das geheimnisvolle Magma des Lakkolithen hier wie im Ries in der Tiefe stecken blieb, daß also auch hier der Vulkanismus auf einem embryonalen Stadium wie bei Urach stehen blieb.

Bei den granitischen Eruptionsprodukten aber handle es sich um wesentlich anders geartete Vorkommnisse. Branca unterscheidet streng zwischen einheitlichen, aber völlig zerdrückten Granitmassen, welche als eine Aufpressung aus der Tiefe aufzufassen seien, und völlig zertrümmertem, zerblasenem Granitmaterial, welches bei Gasexplosionen ausgeschleudert

wurde und als Explosionsprodukt von Branca dem aufgepreßten Granit gegenübergestellt wird. Die angeführten Lokalitäten werden von Branca eingehend behandelt. Wir werden die jetzt geltenden Anschauungen hinsichtlich der Tuffe und Granite an geeigneter Stelle wiederfinden.

Große Explosion

Für die Bildung des Weißjura-Grießes aber wird nun als Ursache eine große Explosion angesehen. Diese habe den Kalkstein plötzlich gehoben und dann wieder fallen gelassen, wobei das spröde Material so hochgradig zerschmettert wurde*). Es wird von Branca darauf hingewiesen, daß diese gewaltige Explosion zeitlich nicht mit den relativ kleinen Explosionen zusammenfalle, durch welche im Ries wie auch im Vorries die vulkanischen Schlacken und Ascheneruptionen hervorgerufen wurden. Sie ging vielmehr diesen Ereignissen voraus und ist auch von ihnen unabhängig. Denn die Breschenbildung werde ja auch in Gegenden gefunden, an welchen keine Spur von vulkanischen Tuffen angetroffen wird. Endlich wird die Vermutung ausgesprochen, daß diese furchtbare Explosion auch mit die Veranlassung gewesen sein könnte zum Abgleiten der großen Überschiebungsmassen vom Riesberg, soweit das nicht schon durch die Schwere der Schollen allein vor sich gegangen war.

So dachte man damals über den Grieß. Daß Kalkstein- und Granitmassen von der Größe ganzer Hügel aus dem Ries bis zu 25 km Entfernung durch die Luft sausten, das getraute man sich um diese Zeit noch nicht zu behaupten.

Bahnbau Donauwörth-Treuchtlingen

63. Da kam 1904 der Bau der Bahnstrecke Donauwörth-Treuchtlingen. Sie durchzieht das östliche Vorries. Das war eine sehr willkommene Gelegenheit, in die Geheimnisse dieses Gebietes einzudringen. Aus allen Richtungen tauchten die daran interessierten Geologen auf, als bekannt wurde, daß in den gewaltigen Bahneinschnitten ungeheure Massen von „bunter Bresche" zutage traten.

Bunte Bresche

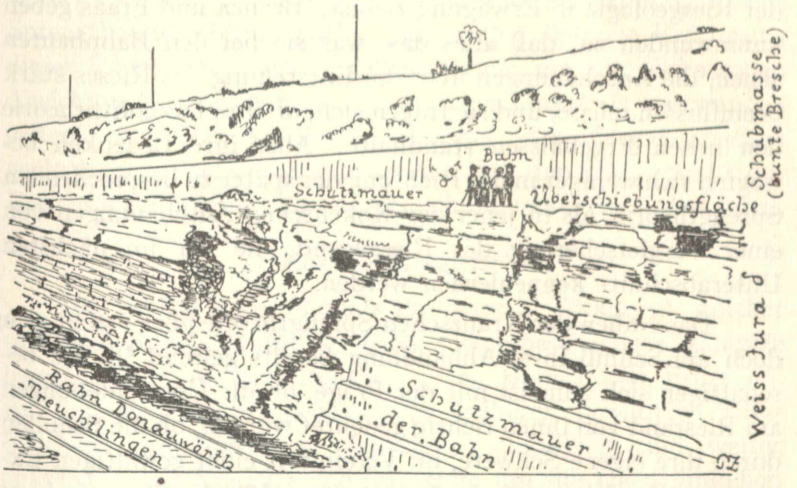
Der Ausdruck „bunte Breccie" stammt von Gümbel. Er war besonders für die durch Keuperletten buntgefärbten Massen in der Umgebung des Rieses gewählt worden. Jetzt wird er allerdings ganz allgemein auf die brecciösen Gemenge von Granit mit sedimentären Gesteinen vom Keuper bis einschließlich Braunjura angewendet, während die viel häufigere und umfang-

*) Branca, Die Grießbreccien des Vorrieses als von Spalten unabhängige, früheste Stadien embryonaler Vulkanbildung, Sitzber. d. Kgl. Preuß. Akad. d. Wiss. XXXVI (1903), S. 2.

reichere Weißjurabresche als „Juragrieß" der bunten Bresche gegenübergestellt wurde.

Die Bahningenieure hatten an diesem Material allerdings wenig Freude. Denn da sie nach alter Bausitte den Abraum aus den Einschnitten zur Aufschüttung der benachbarten Bahndämme verwendeten, so mußten sie alsbald mit Besorgnis wahrnehmen, wie diese Dämme unter der Last der darüberfahrenden Züge sich nach beiden Seiten verbreiterten und wie ein Teig auseinanderquollen.

Abb. 33.



Überschiebung der bunten Bresche über Weiß-Jura δ, nördlich der Bahnbrücke nordwestlich von Weilheim, Bezirksamts Donauwörth. Die 4 Männer stehen auf der mit Schrammen versehenen Schlifffläche. (Nach einer Photographie des Landbauamtes Donauwörth.)

Die Geologen aber nahmen diesen Riesschutt von seiner guten Seite und fanden hier ein Gegenstück zu den im S des Rieskessels schon bekannten Verhältnissen.

Von bayerischer Seite studierte L. von Ammon *) diese Aufschlüsse. W. Branca und Eb. Fraas aber widmeten sich den hier vorliegenden neuen Gesichtspunkten namentlich im Zusammenhalt mit ihren bisherigen Anschauungen und veröffentlichten ihre Ergebnisse in einer weiteren Akademieabhandlung **).

Nach ihrer Ansicht stammt die bunte Bresche zweifellos

*) Die Bahnaufschlüsse bei Fünfstetten usw., Geogn. Jahresh. 1903, S. 145 ff.; Die Scheuerfläche von Weilheim usw., dieselben Hefte, 1905, S. 153 ff.

**) Die Lagerungsverhältnisse bunter Breccie an der Bahnlinie Donauwörth-Treuchtlingen usw., Abhandl. d. Kgl. Preuß. Akademie d. Wiss., 1907.

aus dem Riesuntergrund. Sie könnte allerdings durch eine brisante Explosion aus dem Sprengtrichter herausgeschleudert worden sein. Aber ihre Struktur lasse erkennen, daß die Masse durcheinandergewürgt, gewälzt und gequetscht worden sei. Ein solches „gequältes" Gestein könne nur unter der Last einer darüber geschobenen schweren Scholle entstanden sein, ähnlich wie die Grundmoräne unter einem Gletscher.

Revision der Lakkolithhypothese

Wir können hier nicht in die Details dieser wichtigen Veröffentlichungen eintreten, wollen vielmehr nur in diesem historischen Resümee ihre Bedeutung für die großen Gesichtspunkte der Riesgeologie in Erwägung ziehen. Branca und Fraas geben unumwunden zu, daß alles das, was sie bei den Bahnbauten sahen, die Anschauungen über die Entstehung des Rieses stark beeinflussen müsse, und sie fragen sich, ob ihre Lakkoliththeorie den neuen Ergebnissen standhalte. Aber ihre Bedenken bewegten sich weniger in der Richtung der später zu besprechenden Sprengtheorie, als in jener der Kokenschen Anschauungen von einer Vergletscherung der Riesgegend, die wir im nächsten Unterabschnitt kennenlernen werden.

Das Nahen der Kranzschen Sprengtheorie aber macht sich doch am Schluß ihrer Abhandlung bereits geltend *). Sie beschäftigen sich zumeist mit der Frage, ob die Überschiebungen am Riesrand von ihnen richtig gedeutet wurden, ob die Schollen durch ihre eigene Schwere, im Verein mit einer gewaltigen Explosion, abgefahren sind. Sie erwägen **) die Frage, ob es möglich ist, in ihrer Vorstellungsreihe „den Lakkolith und damit den Riesberg zu streichen und allein die Explosion als Triebkraft der riesigen Wirkungen zu betrachten".

Wir sehen, die „gewaltige Explosion", die 1905 zunächst zur Erklärung der Bildung des Juragrießes herangezogen wurde, tritt nun in den Vordergrund. Branca und Fraas meinen aber ***): „Es stellen sich der Annahme, diese Riesphänomene könnten nur allein durch eine gewaltige Explosion entstanden sein, überaus große Schwierigkeiten entgegen, die sofort verschwinden, sobald wir als Erstes eine Hebung des Riesgebietes zu einem Riesberg annehmen und dann erst eine den Vorgang des Abgleitens unterstützende kleinere Explosion." „Wenn es somit †) auch

*) l. c. S. 45 ff.
**) S. 46.
***) S. 49.
†) S. 50.

vielleicht einfacher erscheinen mag, nur eine übergewaltige Explosion als Ursache der so eigenartigen Riesphänomene anzunehmen, als eine Aufpressung durch einen Lakkolith im Verein mit einer Explosion, so ergeben sich doch bei genauer Betrachtung so sehr große Schwierigkeiten für die erstere Lösung ., daß uns die von uns gegebene Lösung bisher immer noch als die wahrscheinlichste dünken will."

Wir sehen, daß hier zum erstenmal der Unterschied zwischen einer großen und kleinen Explosion erwähnt wird, der den Hauptpunkt der etwas gereizten Polemik bildete, die W. B r a n c a kurze Zeit vor seinem Ableben gegen die Kranzsche Sprengtheorie eröffnet hat*). Wir wollen aber die Erörterung dieser Theorie erst später folgen lassen, um die Kokenschen Ansichten kennenzulernen, die ja schon längst als überwunden gelten, auf der Nördlinger Tagung des Oberrheinischen geologischen Vereins im April 1903 aber den Hauptpunkt der Kontroverse bildeten und deshalb nicht übergangen werden sollen.

d) Kokens Riesgletscher.

64. E. K o k e n (damals Professor in Tübingen), welcher sich auch eingehend mit der Riesgeologie beschäftigte, kämpfte hauptsächlich in zwei Punkten gegen Branca und Fraas an. Er hat sich hierbei gewisse von früheren bewährten Riesforschern ausgesprochene Ansichten angeeignet und weiter ausgebaut. Es handelte sich fürs erste um die eigentümlichen Lagerungsstörungen, jene „K l i p p e n", namentlich die Auflagerung von braunem Jura auf weißem, wovon schon S. 130 die Rede war. Fürs zweite sind die ebenfalls schon gestreiften glazialartigen Erscheinungen, die Schrammung und Kritzung der Rollstücke und der Unterlage jener Klippen, die von Branca und Fraas als vom Riesberg abgefahrene Schollen angesehen wurden, gemeint. „Klippen"

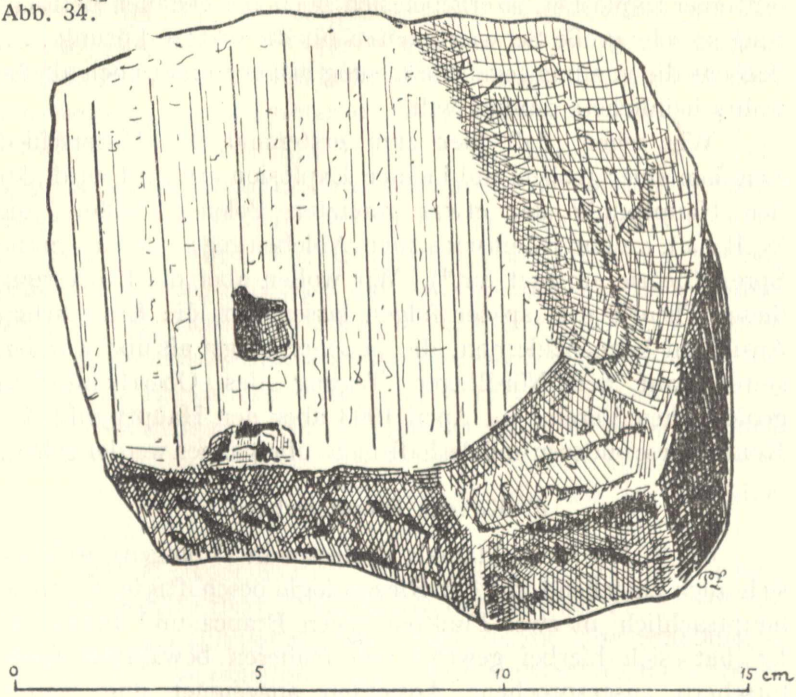
Bezüglich des ersteren Punktes hat schon vor vielen Jahren Q u e n s t e d t behauptet, der Braunjura sei auf Spalten durch den weißen Jura heraufgepreßt worden. Derartige Aufpressungen sind allerdings andernorts bekannt. Aber es müssen zwei Hauptbedingungen erfüllt sein **). Einmal müssen Spalten vorhanden sein, in denen die Aufpressungen ihren Weg nach oben

*) Das bisherige Ergebnis der Rieshypothesen, Jahresber. u. Mitt. d. Oberrhein. geolog. Ver., neue Folge XVI (1927), S. 85/129.

**) Branca und Fraas, Das vulk. Ries, S. 86 ff.

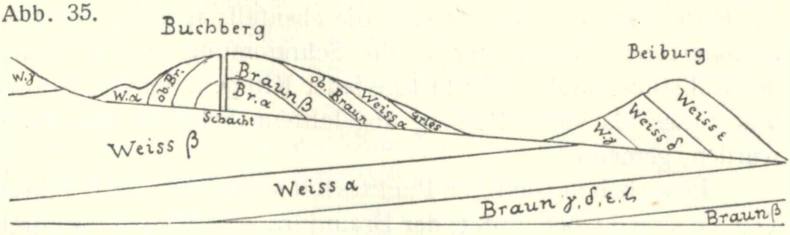
finden, und zweitens müssen sehr schwere Massen durch ihren Druck die Aufpressung veranlassen und in Gang bringen. Branca und Fraas verlangten ferner, daß das in den Spalten

Abb. 34.



Geglätteter und geschrammter Plattenkalk von der am 17. April 1903 von Eb. Fraas unter der Doggerüberschiebung bei Härtsfeldhausen ausgegrabenen und für die Exkursionsteilnehmer zerschlagenen Platte (in der Sammlung der Dillinger Hochschule).

Abb. 35.



Profilskizze durch den Buchberg und die Beiburg südlich von Bopfingen. (Nach Branca und Fraas, Sitzungsbericht der Kgl. Preuß. Akad. d. Wiss. XXII, 1901 [25. 4. 01], S. 6, und Ber. d. Oberrhein. geolog. Ver. 36. Vers. 1903, S. 18.)

aufquellende Material in einem plastischen Zustand sich befinden müsse, was man sich bei den Braunjurakalken nur schwer vorstellen könne. Sie bestritten das Vorliegen dieser Vorbedingungen.

Buchberg bei Bopfingen

Der wissenschaftliche Streit hierüber konzentrierte sich namentlich um den Buchberg bei Bopfingen. Hier liegt auf Weiß β ein Schichtensystem des Braunjura von Braun β durch alle Stufen hinauf. Es kommt aber noch der Umstand hinzu, daß am Rand dieser Braunjurakappe die Unterlage geglättet und geschrammt ist. S Abb. 35, S. 144.

Die Deutung solcher Vorkommnisse von Branca und Eb. Fraas kennen wir. Es handelt sich nach ihnen um eine vom Riesberg abgefahrene Braunjurascholle, welche die „pseudoglazialen" Erscheinungen hervorgerufen habe. Koken aber bestritt das und behauptete, die Braunjuramasse sei durch den Weißjura hinaufgepreßt worden. Später aber habe der Riesgletscher die Buchbergmasse am Rande bearbeitet. So seien die Schliffe und Schrammen entstanden. Diese seien deshalb nur am Rande der Kappe, nicht aber weiter innen vorhanden.

Hier war es schwer, zu einer Entscheidung zu gelangen, weil das Innere der Buchbergkappe mit gewöhnlichen Mitteln nicht eingesehen werden konnte. Da mußte ein Experimentum crucis entscheiden. Und das wurde auch mit Geldbewilligung der Kgl. Preußischen Akademie der Wissenschaften 1901 angestellt. Es wurde ein 26¼ m tiefer Schacht durch die ganze Braunjuramasse abgetäuft *). Das Resultat dieses bedeutsamen Unternehmens gab Branca und Fraas recht. Man stieß am Grunde unter dem braunen Jura auf weißen Jura. Dieser war, wie am Rande, geglättet und geschrammt, sowie bedeckt mit einem grundmoränenartigen Material von Sand und Geröll, den sog. Buchberggeschieben. Damit fiel die Kokensche Annahme von selbst. Der Braunjura ist an seine jetzige Stelle geschoben worden und hat an seiner Unterlage die „pseudoglazialen" Erscheinungen hervorgerufen.

Der Riesgletscher

65. Wir sahen soeben, daß Koken am Buchberg eine eiszeitliche Gletscherwirkung angenommen hat. Das ganze Ries sei damals vereist gewesen. Hierbei folgte er Deffner, der schon in den sechziger Jahren auf die Moränenstruktur der Schuttmassen, auf die gekritzten Geschiebe, auf die geschrammte Randpartie am Buchberg usw. hingewiesen hat.

*) S. Branca und Eb. Fraas, Beweis für die Richtigkeit unserer Erklärung des vulkanischen Rieses, Sitzber. der Kgl. Preuß. Akad. d. Wiss. 1901, XXII. S. auch Deffner und Oskar Fraas, Begleitwort z. Bl. Bopfingen, 1977, Vorwort. Hier wird erwähnt, daß schon 1868 wegen des Buchberges so schroffe Meinungsverschiedenheiten auftraten, daß man die Streitfrage ohne Abtäufung eines Schachtes nicht lösen zu können vermeinte.

Es ist sehr bemerkenswert, wie Koken sich seinen Riesgletscher vorstellte. Er meinte, der Rieskessel habe in der Eiszeit geradezu als Akkumulator für Eis und Schnee gedient. Der Riesgletscher habe für seine hochgelegene Umgebung eine ähnliche Rolle gespielt, wie in viel größerem Maße die Ostseesenke für das nordische Eis.

Die glazialartigen Spuren befinden sich aber nicht im Rieskessel, sondern oben auf der Alb. Wie konnte das Eis die Höhe erklimmen und dort Arbeit verrichten? Koken hebt hervor, daß in einer Ansammlung von Eis ganz andere Bewegungsmomente maßgebend sind, wie für das Wasser. Das Eis habe nicht das Streben, eine Niveaufläche herzustellen, sondern der glaziostatische Druck suche eine möglichst gleiche Mächtigkeit durch die ganze Masse zu erzielen. Deshalb bewege sich das Eis von den dickeren Schichten zu den dünneren, also im Rieskessel vom Innern gegen den Rand. Es könne auch einen Hang hinaufströmen, wenn dort eine geringere Mächtigkeit besteht, wie an den tieferen Stellen. So sei also das Eis aus dem Rieskessel am Rand hinaufgekrochen, habe die Höhe gewonnen und z. B. am Buchberg die erwähnten glazialen Erscheinungen hervorgerufen.

Gegen alle diese Annahmen wandten sich Branca und Fraas, welche mit Penck und Gümbel eine Vergletscherung des Rieses nicht zugeben wollen. Die Bohrung am Buchberg hat ihnen, wie wir sahen, recht gegeben.

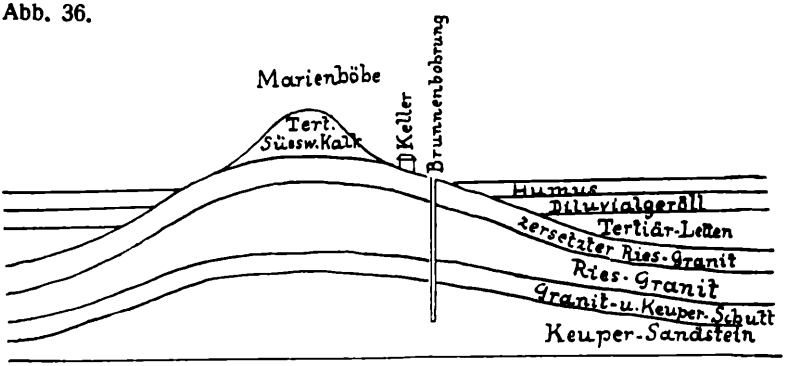
e) Die Kranzsche Sprengtheorie.

66. Wer 1903 auf der Frühjahrsversammlung des Oberrheinischen geologischen Vereins in Nördlingen dem Vortrag von Eb. Fraas gefolgt war und hernach unter dessen meisterhafter Führung die damals wichtigsten Punkte und Streitobjekte im Gelände kennenlernte, der kehrte als Anhänger der Lakkoliththeorie nach Hause zurück. Erst beim ruhigen Nachdenken stiegen doch manche Zweifel auf: Wie wurde denn der Rieskessel so sauber von den Trümmern des abgesunkenen Riesberges befreit? Wie kamen denn die Juraklippen, die Braunjuramasse des Buchbergs weit über den Riesrand hinaus? Wie konnten sie von einem selbst sehr hohen Riesberg bei doch nur wenigen Graden Gesamtgefälle zwölf und noch mehr Kilometer abfahren?

Da wurde 1911 unter der Aufsicht von L. Reuter am Nordfuß der Marienhöhe südöstlich von Nördlingen eine Brunnenbohrung bis 74 m Tiefe ausgeführt *). Der Bohrmeißel durchdrang oberflächliche diluviale Bildungen, dann

Brunnenbohrung an der Marienhöhe

Abb. 36.



Profilskizze von der Brunnenbohrung am Sommerkeller nordöstlich von der Marienhöhe bei Nördlingen. (Nach Kranz, Der geolog. Aufbau des Nördlinger Rieses, Rieser Heimatbuch I, S. 27.)

zersetzten Riesgranit, darunter normalen Riesgranit. In 43 m Tiefe aber kam die große Überraschung. Denn nun brachte der Bohrer zuerst Granit- und Keuperschutt und dann normalen Keupersand und Keuperletten.

Das durfte nach der Lakkoliththeorie nicht vorkommen. Denn nach Branca und Fraas wäre der Granit der Marienhöhe nichts weiter, als das durch den Lakkolith heraufgepreßte Urgebirge des Riesuntergrundes, und unter diesem käme der Lakkolith selbst daran, aber beileibe nicht Keuper.

Da ferner die angebohrte Keuperschicht sehr wasserreich war, so handelt es sich nicht etwa nur um eine kleine Keuperlinse, sondern der Keuper muß eine größere Ausdehnung besitzen, er bildet wahrscheinlich eine Fortsetzung der Keuperschichten im N des Rieses. Jedenfalls gehört der Granit hier im Untergrund nicht auf den normal gelagerten Keuper, er bildet eine ortsfremde Masse. Alles das drängte nach einer befriedigenden Erklärung.

67. Im Jahre 1909 erklärte der Wiener Geologe E d. Sueß unter Aufgabe seiner früheren anderslautenden Anschauungen, das Ries sei durch eine gewaltige Wasserdampfexplosion aus-

Ältere Vertreter der Sprengtheorie

*) Ich folge dem Vortrag von Dr. W. Kranz in Nördlingen, abgedruckt in Rieser Heimatbuch, München 1922, C. H. Beck.

gesprengt worden. Auch der Berliner Geograph und Eiszeitforscher Alb. Penck hatte schon seit längerem eine ähnliche Deutung des Problems gegeben. Solche furchtbare Wasserdampfexplosionen waren etwas nicht Unbekanntes. Der entsetzlichste solcher Vorgänge war der Krakatauausbruch 1883, wobei der größte Teil der Krakatauinsel in die Luft gesprengt wurde.

Da sah man im Jahresbericht des Oberrheinischen geolog. Vereins 1912 (Neue Folge II, 1. H., S. 61) eine eigentümliche Figur,

Swinemünder Sprengversuch

darstellend die Wirkung einer Minensprengung, die der damalige Pionier-Hauptmann W. Kranz auf Anraten von Penck in Swinemünde angestellt hatte. Er ging dem Riesproblem von seinem pioniertechnischen Standpunkt aus zu Leibe und baute darauf seine Sprengtheorie auf, die zur Zeit wohl als allgemein anerkannt gelten darf.

Er schreibt: „Brisante" Sprengstoffe der Natur können schmale Durchschlagsröhren, „Maare" erzeugen, „treibende" natürliche Sprengmittel wirken verhältnismäßig langsamer und können auch Überschiebungen entlang der Erdoberfläche hervorrufen. „Normal" geladene Minen sprengen aus der Erdoberfläche Trichter heraus, deren Kegelwände im Querschnitt ungefähr rechtwinklig aufeinanderstehen, schwach geladene erzeugen spitzwinklige Trichter oder bleiben als „Quetscher" unter Tag, „überladene" Minen bringen stumpfwinklige Trichter hervor.

Durch eine riesige natürliche Fladdermine sei der Rieskessel ausgesprengt worden.

Kranz bringt den Rieskessel in Beziehung zu den annähernd so großen Kratern des Katmai in Alaska von 15 km Durchmesser, des Ringgit auf Java von 21 km, des Ngorongoro im ehemaligen Deutsch-Ostafrika von 22 km.

Ältere Fassung

68. Nach der älteren Kranzschen Theorie befinden sich

Zwei vulkanische Herde

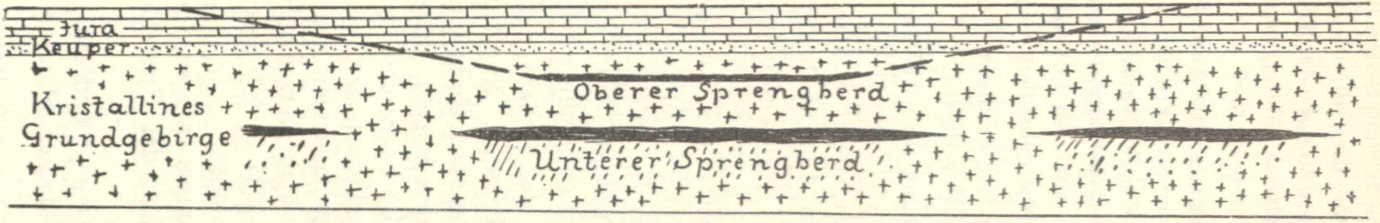
in der Tiefe des Rieses zwei übereinanderliegende vulkanische Herde, deren Magma empordrang und sich in Hohlräumen des Grundgebirges ausbreitete. In der obermiozänen Zeit drangen plötzlich bei einer tektonischen oder vulkanischen Erschütterung des Gebietes größere Grundwassermassen auf Spalten zu dem glühend-flüssigen oberen Magmaherd hinab und

Wasserdampfexplosion

verursachten eine gewaltige Wasserdampfexplosion.

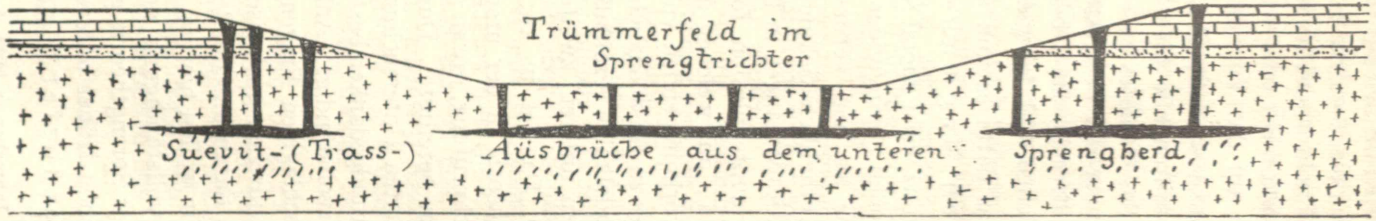
Dieses „treibende" Sprengmittel der Natur warf nicht nur die überlagernden Grundgebirgs-, Keuper-, Jura- und Tertiärgesteine in den verschiedensten Richtungen von der

Abb. 37.



Schema der Kranzschen Sprengtheorie nach der älteren Fassung. (Nach W. Kranz, Der geologische Aufbau und Werdegang der Nördlinger Rieses, Rieser Heimatbuch, S. 33.) 1. Phase.

Abb. 38.



Schema der Kranzschen Sprengtheorie nach der älteren Fassung, 2. Phase.

Senkrechten bis fast zur Wagerechten nach allen Seiten aus dem Kessel heraus, sondern schob auch noch über dem soeben erzeugten Trichterrand des Rieses ungeheure Mengen der Trümmermassen und mehr oder weniger im Verband gebliebene größere Schollen auf das Vorries hinaus.

Kranz schließt diesen Gedankengang mit den Worten: „Damit wären alle bis jetzt bekannten geologischen Erscheinungen des Gebietes zu erklären, wie die Zertrümmerung und Vergrießung der Felsgesteine, die regellose Durchknetung der Bunten Breccie, die Überschiebungen mit den geschrammten Schliffflächen und den gekritzten ‚Buchberggeröllen' usw."

Der zweite Magmaherd

Was hatte es nun aber mit dem tiefer unten liegenden zweiten Magmaherd für eine Bewandtnis?

Kranz weist zuerst auf die Erfahrungen im Weltkrieg hin. Nach großen Sprengungen sammelten sich in den oberen Schichten Gase an und verursachten, da sie unter hohem Druck standen, erhebliche Sekundärexplosionen. Auch das bringt Kranz zu den Riesvorgängen in Beziehung. Er meint, nach der furchtbaren Hauptexplosion folgten kleinere Nachexplosionen, aus welchen die allenthalben in der Umgebung des Rieses vorkommenden vulkanischen Tuffe stammten. Schließlich sei es zu Gasaushauchungen gekommen, welche die Bildung der Sprudelkalke veranlaßten. Diese Produkte, Tuffe und Gase, seien dem unteren, zweiten Magmaherd entnommen worden.

Nachexplosionen

69. Das ist in kurzen Worten der Gedankengang der Sprengtheorie in der ursprünglichen Fassung. Nun kam aber die Durchprüfung, woran sich außer Kranz eine Reihe erfahrener Geologen beteiligte. Durch ihre in den letzten Jahren veröffentlichten Untersuchungen wurde die Kranzsche Theorie in ihren Grundgedanken bestätigt, in Einzelheiten aber modifiziert bzw. vervollständigt. Anlaß zu einer umfassenden Behandlung der einschlägigen Fragen gab die Frühjahrsversammlung des Oberrheinischen geologischen Vereins 1924 in Nördlingen und die sich daran anschließenden Exkursionen.

Wir wollen hiervon einige Ergebnisse anfügen, soweit sie zur Vervollständigung des Gesamtbildes der Riesbildung im Sinne der Sprengtheorie geeignet sind.

Schon früher untersuchten A. Sauer und sein Schüler R. Oberdorfer *) vom petrographischen Standpunkt aus

*) Jahresber. u. Mitt. d. Oberrhein. geol. Ver., XIII (1924), S. 115/118.

die ausgeworfenen Massen und fanden, daß es sich hier nicht, wie man ehedem annahm, um liparitische Gesteine handelt, sondern um solche von basaltischer Zusammensetzung mit reichlich eingeschmolzenem Granit und Gneis. Sauer hat diesem Gestein den Namen Suevit gegeben.

Suevit

Hier setzt nun Rich. Löffler mit seinen Anschauungen über die Riesbildung ein *). Er schließt sich der Kranzschen Sprengtheorie an, meint aber, es handle sich bei der Riesexplosion weniger um den Wasserdampf als treibendes Agens, als vielmehr um die Gase, welche beim Einschmelzen des Grundgebirges frei wurden. Das Grundgebirge saugte sich wie ein Schwamm mit diesen Gasen voll. Der Gasdruck habe sich zuerst in wippenden Bewegungen geäußert, wodurch die Decke über dem Sprengherd herausgebrochen und zertrümmert wurde. Dann folgte die große Explosion. Die Trümmer wurden nach allen Seiten hinausgeschleudert. Je flacher der Explosionswinkel war, um so mehr ging die fliegende Bewegung in eine Überschiebung am Riesrand über, wodurch die früher erörterten pseudoglazialen Erscheinungen bewirkt wurden.

Einschmelzgase als Treibmittel

Zu den gleichen Anschauungen gelangte, unabhängig von Löffler, Matth. Schuster **). Er bringt sie auch in seinem Schema des Explosionsvorganges zur Darstellung ***). Unter dem Ries drang das Magma in das Grundgebirge vor. Es erfolgte die Einschmelzung des Granites. Dabei bildete sich eine große Menge hochexplosiver Gase, welche sich über der Schmelzzone ansammelten. Es erfolgte die Explosion und die Aussprengung des Rieskessels. Das nachsteigende Magma hob die den Rieskessel bedeckenden Trümmer. Und nun kam es noch zu den schwächeren vulkanischen Äußerungen, indem auf Klüften und Sprüngen oder durch das lockere Haufwerk der Trümmer hindurch die Massen ausgeschleudert wurden, welche nach ihrer Verfestigung den Traß bildeten.

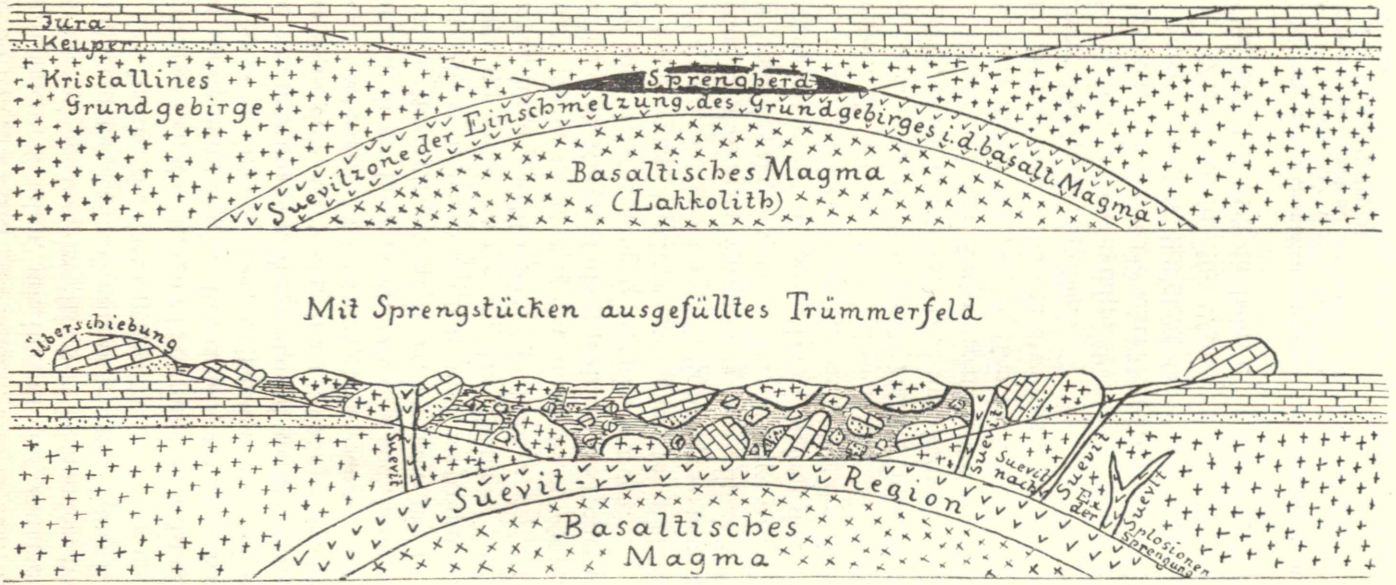
Diese neuen Gesichtspunkte sind auch von Kranz anerkannt worden. Er revidierte seine ältere Sprengtheorie, indem er die Möglichkeit zuließ, daß nicht das in den Magmaherd eindringende Wasser allein die Wasserdampfexplosion hervorbrachte, sondern daß auch die beim Einschmelzen des Granites

*) Beiträge zur Riesentstehungshypothese, Jahresber. u. Mitt. des Oberrhein. geolog. Ver. XIV (1925), S. 26/83.

**) Neues zum Problem des Rieses, Jahresber. u. Mitt. d. Oberrhein. geol. Ver., XIV (1925), S. 280/91.

***) S. 283.

Abb. 39.



Schema der Sprengtheorie nach der neueren Fassung. (W. Kranz, Zum Problem des Rieses usw., Jahresber. u. Mitt. d. Oberrhein. geolog. Ver. 1926, S. 90.)

freigewordenen Gase — diese werden wohl auch nichts anderes als Wasserdampf gewesen sein — bei der Explosion mitwirkten. Auch die Annahme zweier Explosionsherde übereinander wird als nicht mehr nötig fallen gelassen *).

70. Damit gelangen wir zu einer kurzen Besprechung, wie die Suevitausbrüche, die den für die Zementindustrie und als Baustein so wichtigen Traß geliefert haben, zu denken sind. Hierüber hat Th. Schnell eine größere Abhandlung veröffentlicht **). Wir wollen seine eigenen Ansichten über die Art des Aufsteigens des Magmas übergehen, um in unsere lediglich orientierende Zusammenfassung keine weitere Komplikation hineinzubringen. Wichtig aber ist Löfflers Hinweis, daß die ausgeschleuderten Tuffmassen im Vorries umfangreicher sind, als im Ries und in seiner nächsten Umgebung. Im südlichen Vorries sind zu nennen die großen Traßvorkommnisse von Amerdingen, Aufhausen, Bollstadt, Ringingen, Fronhofen, Mauren, im östlichen Vorries die großen Brüche in der Gegend von Otting und Fünfstetten. Löffler meint, hier müßte der Vulkanismus größere Kraft entwickelt haben, um zur Oberfläche zu gelangen, als in dem schon zertrümmerten Riesgebiet. Bei diesen Traßlagern unterscheidet man Schlottrasse, bei denen die Explosionsröhre in die Tiefe verfolgt werden kann, z. B. Fronhofen, Bollstadt und Wannentrasse, bei denen eine Fortsetzung in die Tiefe nicht erkennbar ist, z. B. Amerdingen.

Traß

Schlottraß

Wannentraß

Was nun das Gestein Traß selbst betrifft, so stammt nach Schnell der Name von terra (Erde). Er ist kein geologischer, sondern ein technischer Begriff.

Man versteht darunter ein vulkanisches Gestein, das in Pulverform beim Anrühren mit Kalk und Wasser unter chemischer Bindung des Wassers erstarrt und ein im Wasser unlösliches Produkt bildet. Es entspricht so dem Zement.

Vom geologischen Standpunkt aus ist der Traß ein vulkanischer Tuff, entstanden aus vulkanischen Auswurfmassen, die durch Wasser, bzw. durch ein vom Wasser ausgelaugtes Bindemittel verfestigt wurden.

Wie aber sind die zahlreichen Granitvorkommnisse im Vorries zu deuten? Branca und Fraas nahmen auch hierfür lokale Explosionen an, durch welche diese Grund-

Granit im Vorries

*) Zum Problem des Rieses usw., Jahresber. u. Mitt. d. oberrhein. geolog. Ver. XIV (1925), S. 84/98.

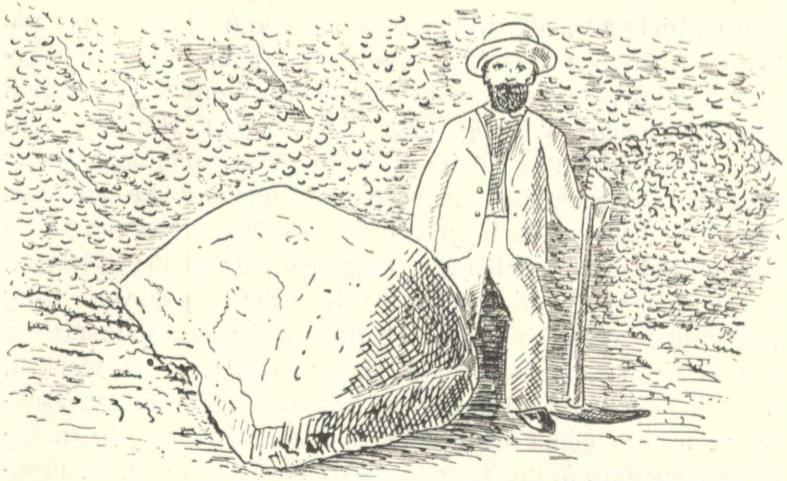
**) Jahresber. u. Mitt. des oberrhein. geolog. Vereins, XIV (1925), S. 222/279.

gebirgsbestandteile aus der Tiefe heraufbefördert wurden. Aber die vermuteten Explosionsröhren konnten der Nachprüfung nicht standhalten.

Und die Malmbresche, der Gries? Die ältere Anschauung war, daß der Jurakalkstein da, wo er lag, durch den furchtbaren Stoß der großen Riesexplosion zerschmettert und hernach wieder

Juragries

Abb. 40.



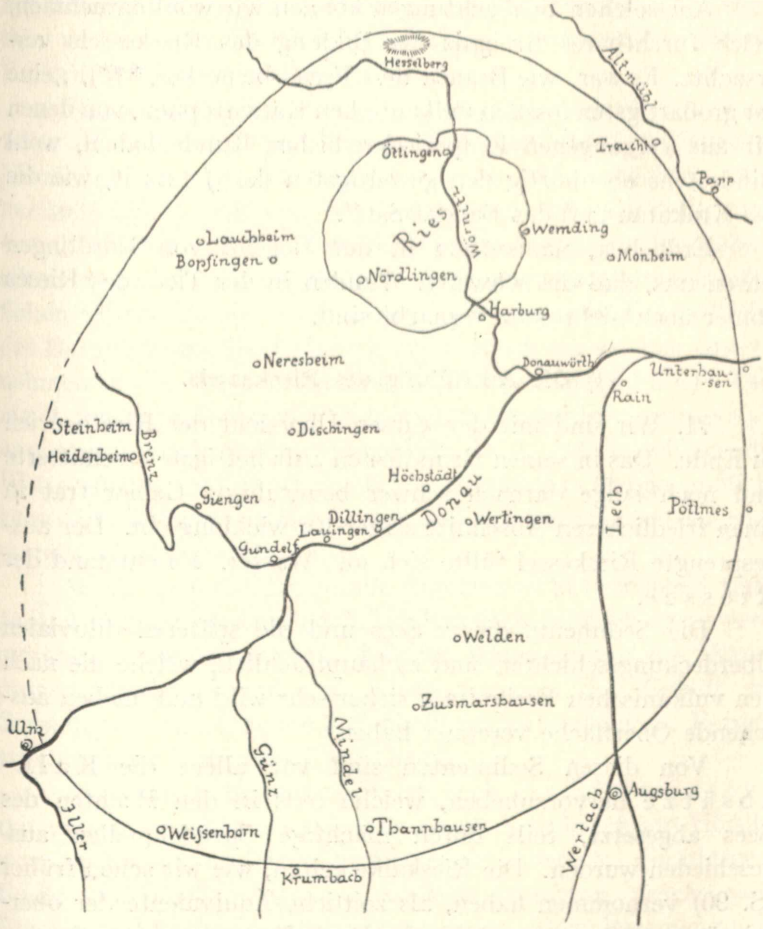
Ein aus dem Ries geschleudertes Projektil (Reuterscher Stein), Jurakalk, 1,5 m l., 0,8—1,3 m br., 1 m h., in der Höchstädter Kiesgrube. (S. Jahresh. d. Ver. f. vaterländ. Naturkunde in Württ., 69 [1913], S. 201; sowie Reuter, Die Verbreitung jurassischer Kalkblöcke aus dem Ries, Jahresber. u. Mitt. d. oberrhein. geolog. Ver. XIV [1925], Anm. S. 206.)

zusammengekittet wurde. Wie schon früher erwähnt wurde, scheute man sich anfänglich, eine Sprengwirkung in dem Grade anzunehmen, daß ganze Gebirgsfetzen aus dem Ries weit hinausgeschleudert wurden. Jetzt hat man sich daran gewöhnt. Und man nimmt keinen Anstoß mehr an der Behauptung, daß alles ortsfremde in der weiteren Umgebung des Rieskessels, mit Ausnahme der in der Tat auf kleinen Explosionstrichtern aus der Tiefe geschleuderten, zu Tuff erhärteten Massen, bei der Hauptexplosion aus dem Ries durch die Luft an seine jetzige Stelle fuhr. Also nicht nur die „bunte Bresche", sondern auch der Granit, Braunjura und Juragries stammen aus dem Ries. Bis 25 km Entfernung wurden Gesteinsmassen im Zusammenhang geschleudert (Scheuenberg, nordöstlich von Giengen). Sie liegen alle wurzellos der ungestörten Unterlage auf. Beim Aufschlagen der durch die Luft geschleuderten Trümmer des Weißen Jura

erfolgte die Zerschmetterung. Was den Grad der „Vergriesung" anbetrifft, so scheint es mir hauptsächlich darauf anzukommen, ob der Felsblock auf hartes Juragestein oder auf weichen Meeressand niedersauste.

Grad der Vergriesung

Abb. 41.



Verbreitungsgebiet der bei der Riesexplosion herausgeschleuderten Projektile der „Reuterschen Steine". (Nach Loth. Reuter, Die Verbreitung jurasischer Kalkblöcke aus dem Ries usw., Jahresber. u. Mitt. d. oberrhein. geol. Ver. 1926, S. 212.)

Aber kleinere Projektile hielten sich nicht an die 25-km-Grenze. L. Reuter hat schon seit langem die erratischen Jurablöcke notiert, die im weiten Umkreis vom Ries gefunden werden. In seiner Abhandlung: Die Verbreitung jurassischer Kalkblöcke aus dem Ries im südbayerischen Diluvialge-

„Reutersche Steine"

biet *), findet man auf der beigegebenen Kartenskizze **) das Verbreitungsgebiet dieser Projektile begrenzt durch die Linie: Hesselberg, Treuchtlingen, Unterhausen bei Neuburg, Pöttmes, Augsburg, Krumbach, Weißenhorn, Ulm, Steinheim bei Heidenheim. S. Abb. 41, S. 155 u. Abb. 40, S. 154.

Aus solchen Beobachtungen können wir wohl entnehmen, welch furchtbares Ereignis die Bildung des Rieskessels verursachte. Es war, wie Branca und Fraas bemerken ***), „eine der großartigsten fossilen vulkanischen Katastrophen, von denen wir aus vergangenen Erdperioden bisher Kunde haben, wohl mindestens ebenbürtig den gewaltigsten der Jetztzeit, wie die des Krakatau und des Bandai-San"

Erdbeben, namentlich in der Gegend von Nördlingen lehren uns, daß die schweren Wunden in der Tiefe des Rieses immer noch nicht ganz vernarbt sind.

f) Die Ausfüllung des Rieskessels.

71. Wir sind mit der kurzen Übersicht der Riestheorien zu Ende. Das in seinen Grundfesten aufs heftigste erschütterte und noch lange darnach schwer beunruhigte Gebiet trat in einen friedlicheren Abschnitt seiner Entwicklung ein. Der ausgesprengte Rieskessel füllte sich mit Wasser. Es entstand der

Riessee

R i e s s e e.

Die Sedimente dieses Sees und die späteren diluvialen Überdeckungsschichten sind es hauptsächlich, welche die nach den vulkanischen Ereignissen sicher sehr wild und uneben aussehende Oberfläche verebnet haben.

Rieskalk

Von diesen Sedimenten sind vor allem die K a l k a b s ä t z e hervorzuheben, welche teils in den Buchten des Sees abgesetzt, teils durch mächtige Sprudelquellen ausgeschieden wurden. Die Rieskalke gelten, wie wir schon früher (S. 90) vernommen haben, als zeitliche Äquivalente der obermiozänen Süßwassermolasse der Hochebene.

Die Rieskalke sind erfüllt mit den Schälchen einer kleinen Schnecke, *Hydrobia trochulus*, und eines kleinen Muschelkrebses, *Cypris faba*, und zwar in solcher Menge, daß das Gestein fast nur aus diesen Schälchen zu bestehen scheint. Außerdem finden

*) Jahresber. u. Mitt. des oberrhein. geolog. Vereins XIV (1925), S. 191/218.

**) l. c. S. 212.

***) Die Lagerungsverhältnisse bunter Breccie an der Bahnlinie Donauwörth-Treuchtlingen, S. 45.

sich darin eingeschwemmte Landschnecken, vor allem *Helix sylvana*, ferner Reste von Schilfgräsern und Armleuchteralgen, *Chara*. Ferner kommen vor Knochen von Vögeln, namentlich von Pelikanen. Ja, man hat sogar (am Hahnenberg nördlich von Möttingen) die mit Kalk inkrustierten Nester solcher Vögel mit Eiern gefunden. Dazu kommen die Knochen kleiner Säugetiere und der vom Wallerstein stammende prachtvoll erhaltene Kalkabguß einer Schildkröte.

72. In tieferen Schichten des Rieskessels findet sich stellenweise Braunkohle. Sie gehört ebenfalls der jüngsten Miozänzeit an. Die Flöze sind bis zu 2,8 m mächtig. Sie wechseln mit Lagen von Torf, Sand und Süßwasserkalk und erstrecken sich von Nördlingen bis gegen Öttingen. Sie haben schon wiederholt zu schüchternen Bergbauversuchen veranlaßt. Schon 1858/59 haben Deffner und Fraas mit Geldmitteln des Barons von Gaisberg zu Neudeck ein solches Unternehmen in die Wege leiten wollen *). Es scheiterte aber. Die meist mulmige Kohle war mit viel Schwefelkies verunreinigt und von schlechter Beschaffenheit. Dazu traten schlagende Wetter auf, es entströmte Schwefelwasserstoff in Menge, endlich kam so viel Wasser in die Grube, daß der Bergbau wieder eingestellt werden mußte. Braunkohle

Wenn auch das finanzielle Ergebnis recht betrübend war, so sind doch die wissenschaftlichen Resultate sehr schätzenswert gewesen. Denn sie zeigten, daß das Mineralwasser des Wemdinger Wildbades und von Klosterzimmern den Gehalt an Schwefelwasserstoff einem Braunkohlenlager verdanken. Ferner stieß man im Untergrund auf Granit.

Als weitere Besonderheit ist noch der Süßwasserquarz zu erwähnen, welcher in einem Steinbruch am Hörnle gewonnen wurde und Straßenpflastersteine lieferte. Im übrigen findet man auch tonige und sandige Schichten, welche von Flüssen und Bächen herbeigeführt wurden. Dazu kommen noch Gerölle und Löß als diluviale Gebilde. Süßwasserquarz

*) Begleitwort z. Blatt Bopfingen 1877, S. 13 ff.

E. Diluvium.

1. Man setzt bei uns gewöhnlich Diluvium gleich Eiszeit. Das ist nicht ganz richtig. Denn die Verschlechterung des Klimas trat nicht etwa plötzlich am Ende der Tertiärzeit ein, sondern erfolgte schrittweise im Verlauf eines längeren Zeitabschnittes.

Daß wir von diesem präglazialen Abschnitt des Diluviums so wenig wissen, hängt damit zusammen, daß, wie wir schon bei früheren Gelegenheiten fanden, terrestrische Bildungen weit weniger ins Gewicht fallen als marine. Das ist aber um so mehr vorauszusetzen, wenn ein Land von so grandiosen Umwälzungen betroffen wurde, wie unser Gebiet von den Folgeerscheinungen der Eiszeit.

So ist über eine präglaziale Periode bei uns kaum etwas auszusagen.

Endlich ist zu berücksichtigen, daß für alle übrigen Länder, über die eine Eiszeit nicht hereingebrochen ist, das Diluvium eben eine geologische Epoche bedeutet, in welcher, wie in den vorausgegangenen, Sedimentierungsvorgänge stattgefunden haben.

1. Die Eiszeit.

2. Nach der Tertiärzeit erfolgte von N her eine klimatische Depression, die sich immer stärker auswirkte und zur Eiszeit führte. Die verschiedensten Ursachen wurden zur Erklärung dieses Phänomens herangezogen, die wir aber hier nicht erörtern wollen.

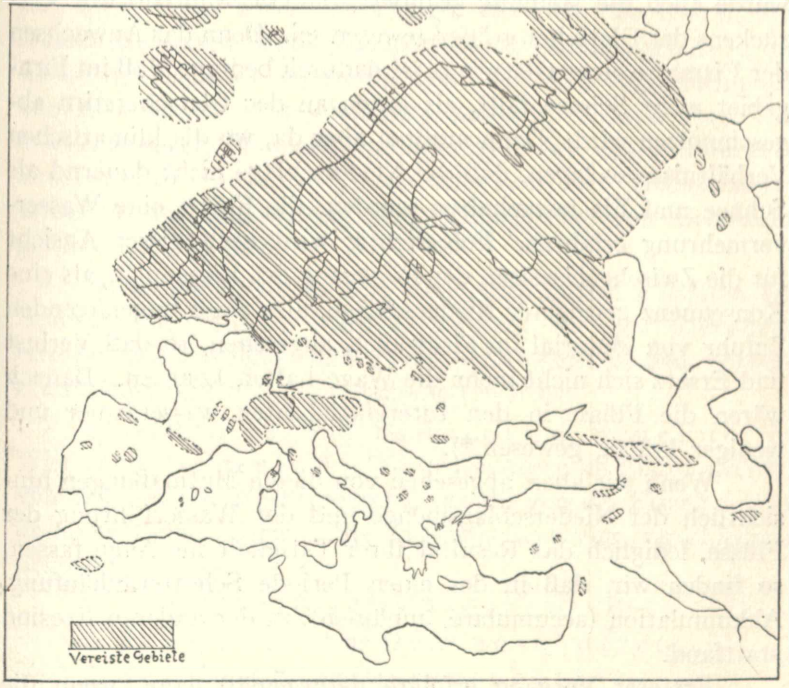
Vereisung von Mitteleuropa

Vom hohen Norden rückten enorme Eismassen heran, füllten das Ostseebecken aus und schoben sich über die norddeutsche Tiefebene hinweg. Aus den Alpen aber drangen fabelhaft riesige Gletscher heraus. Vor dem Gebirge flossen sie mit ihren Rändern zusammen, so daß den Alpen eine trostlose Eiswüste vorgelagert war.

Aber auch die deutschen Mittelgebirge waren vergletschert. So wurde das im Sommer eisfreie Mitteleuropa sehr eingeengt. Es bestand lediglich aus einem Landstreifen zwischen München und Dresden, der sich im O und W rasch verbreiterte.

Nord- und Mittelschwaben war nicht vergletschert. Die Eiswüste ging über die Linie Schussenried—Memmingen—Mindelheim—Türkheim—Buchloe—Schongau nicht hinaus. Südlich dieser Grenze herrschte das permanente Eis. Aber auch das nördlich vorgelagerte Gebiet war in besonderer Weise in Mitleidenschaft gezogen worden.

Abb. 42.



Europa zur Zeit der stärksten Vereisung (Rißeiszeit).

3. Die Bildung der geologischen Schichten dieser Periode beruht hauptsächlich auf der Tätigkeit der Flüsse.

Die Flüsse während der Eiszeit

Es ist klar, daß die Oszillationen im Vordringen und Zurückweichen der Gletscher für die Wasserführung der Alpenflüsse von ausschlaggebender Bedeutung waren.

Die von den meisten Eiszeitforschern vertretene Ansicht ist, daß die Flüsse während der Vereisung verhältnismäßig wasserarm waren und das mitgeführte Schuttmaterial bald liegen ließen, weil ihre Transportkraft erlahmte. Während der Zwischeneiszeiten aber schwollen die Flüsse durch das Abschmelzen der Eismassen mächtig an, erlangten eine größere

Transport- und Erosionsfähigkeit und reinigten ihre Täler vom Schutt.

Die Bewertung der Leistungen der eiszeitlichen Flüsse hängt aber nicht nur von den Temperaturverhältnissen während der Eiszeitphasen ab, sondern in erster Linie von der Menge der Niederschläge. War die Niederschlagsmenge während der Eiszeiten oder während der Zwischeneiszeiten größer? Hierzu wurde auch die Meinung geäußert, daß sie während des Vorrückens der Gletscher größer gewesen sei. Denn das Anwachsen der Eismasse eines Gletschers ist dadurch bedingt, daß im Firngebiet mehr Schnee fällt, als unten an der Gletscherstirn abgeschmolzen wird. Dann mußten aber da, wo die klimatischen Verhältnisse so lagen, daß die Niederschläge nicht dauernd als Schnee und Eis festgehalten wurden, die Flüsse eine Wasservermehrung erfahren. Folgerichtig wird nach dieser Ansicht für die Zwischeneiszeiten der Rückgang des Eises mehr als eine Konsequenz geringerer Niederschläge, also einer ungenügenden Zufuhr von Material im Firngebiet, angesehen, so daß Verlust und Ersatz sich nicht mehr die Wage halten konnten. Danach wären die Flüsse in den Interglazialzeiten wasserärmer und weniger kräftig gewesen *).

Wenn wir aber, abgesehen von diesen Mutmaßungen hinsichtlich der Niederschlagsmenge und der Wasserführung der Flüsse, lediglich das Resultat ihrer Tätigkeit ins Auge fassen, so finden wir, daß in der einen Periode Schotteranhäufung, Akkumulation (accumulare, anhäufen), in der anderen Erosion stattfand.

Ersterer Vorgang erfolgte naturgemäß dann, wenn die Gletscher im Vorland die gewaltigen Massen von Gebirgsschutt in den Stirnmoränen anhäuften, so daß die Gletscherbäche, die allenthalben unter dem Eisrand hervorkamen, sich dieses Materials am bequemsten bemächtigen konnten.

Wenn auch schon im Tertiär die Flußtäler im Gebirge angelegt waren und das Wasser in ihnen seinen vorgezeichneten Lauf genommen hatte, so wurde das während der Vereisung des Vorlandes wesentlich anders. Fließendes Wasser wird um diese Zeit nur wenig im Gebirge zu finden gewesen sein, wohl aber unten am Eisrand, wo die Sonne das Eis schmolz. Hier aber hielten sich die Gletscherbäche wenig an die vorgezeichneten

*) E. Koken, Beitr. z. Kenntnis des schwäbischen Diluviums, Neues Jahrb. f. Mineralogie usw., Beil. Bd. XIV (1901), S. 126/7.

Wege, sondern wandten sich, wie das bei den kilometerbreiten Gletschern im Polargebiet zu sehen ist, bald rechts, bald links in dem ebenen Vorgelände.

So konnte aber eine viel weitere Ausbreitung der Schotterflächen herbeigeführt werden, wie in den Zwischeneiszeiten, als die Gletscher sich wieder in das Innere des Gebirges zurückgezogen hatten und in den Alpentälern die Flüsse und Bäche ihre alten Wege wieder einschlagen konnten. So trat in den Zwischeneiszeiten das fließende Wasser zusammengefaßt in die Ebene hinaus und benützte die von früher her vorgezeichneten oder auch später neugeschaffenen Rinnsale. Da war somit das Wasser in engem Flußbett vereinigt und konnte eine viel stärkere Erosionskraft entfalten. Nur zeitweise, bei Hochwässern, erreichte die Ausbreitung und Umlagerung von Schottern größere Dimensionen.

So gelangen wir zu dem Ende, daß in den Eiszeiten die Schotter ausgegossen wurden, während in den Zwischeneiszeiten die Erosions- und Transporttätigkeit in den Vordergrund trat, und die Täler eingetieft wurden.

4. Albr. Penck in Berlin und Ed. Brückner in Wien gehen in ihrem großen Werk: Die Alpen im Eiszeitalter *), von den riesigen Schottermassen aus, die von der Eiszeit her in unserem Gebiet liegen. Sie unterscheiden vier verschiedene Schotter:

Die glazialen Schotter

1. den älteren Deckenschotter,
2. den jüngeren Deckenschotter,
3. den Hochterrassenschotter,
4. den Niederterrassenschotter.

Vier Eiszeiten

Penck nimmt nun für die vier verschieden alten Schotter wegen ihrer Verknüpfung mit Moränen einen fluvioglazialen (fluvius, Fluß, glacialis, eisig) Ursprung an. Da demnach ein viermaliger Wechsel in der geologischen Leistung der Eiszeitflüsse eintrat, so mußte auch eine viermalige Wiederholung der Ursache dieses Wechsels eingetreten sein. So führte das Studium der außeralpinen Schottergebiete zur Annahme von vier verschiedenen Epochen der Vergletscherung. Diese aber werden von Penck nach solchen Gebieten benannt, deren Schotterbildungen hierzu geeignet erschienen. Demnach unterschied er:

*) 3 Bände, Leipzig 1909, Tauschnitz.

1. die Günzeiszeit. Ihr entspricht der ältere Deckenschotter;
2. die Mindeleiszeit. Sie führte zur Aufschüttung des jüngeren Deckenschotters;
3. die Rißeiszeit. Sie hat die Anhäufung des Hochterrassenschotters veranlaßt;
4. die Würmeiszeit. In ihr gelangte der Niederterrassenschotter zur Ablagerung.

So sind unsere bescheidenen Flüßlein berühmt geworden und werden von den Geologen aller Länder genannt.

Drei Interglazialzeiten oder Zwischeneiszeiten

Zwischen den Eiszeiten bestanden drei Zwischeneiszeiten oder Interglazialzeiten, nämlich:

1. die Günz-Mindel-Interglazialzeit,
2. die Mindel-Riß-Interglazialzeit,
3. die Riß-Würm-Interglazialzeit.

5. Es fand demnach ein mehrmaliger Szeneriewechsel statt, den wir im einzelnen verfolgen wollen.

Günzeiszeit

Die erste Eiszeit, die Günzeiszeit, hatte ihren Einzug gehalten. Zum erstenmal brach die Polarkälte über unser Heimatland herein. Zum erstenmal stießen die Alpengletscher in die Hochebene hinaus. Und allenthalben entströmten dem Eisrand die Gletscherbäche. Sie wandten sich im flachen Vorland bald rechts, bald links und veränderten fortwährend ihre vielarmigen untiefen Rinnen.

Sie trugen enorme Gesteinsmassen aus dem vor den Gletscherstirnen sich ansammelnden Moränenschutt in die Ebene hinaus, mußten sie aber, da ihre Transportkraft nicht stark genug war, bald liegen lassen. So bildete sich eine unübersehbare Geröllplatte, die als eine ursprünglich ziemlich gleichmäßige Decke über die Hochebene ausgegossen wurde.

Älterer Deckenschotter

Das ist Pencks älterer Deckenschotter. Er liegt oben auf den tertiären Hügelzügen der Hochebene. Denn der ältere Deckenschotter wurde zu einer Zeit ausgebreitet, als die Ebene noch nicht durch die Flußläufe in die jetzigen Plateauabschnitte zerlegt worden war. S. auch für das Folgende Abb. 43.

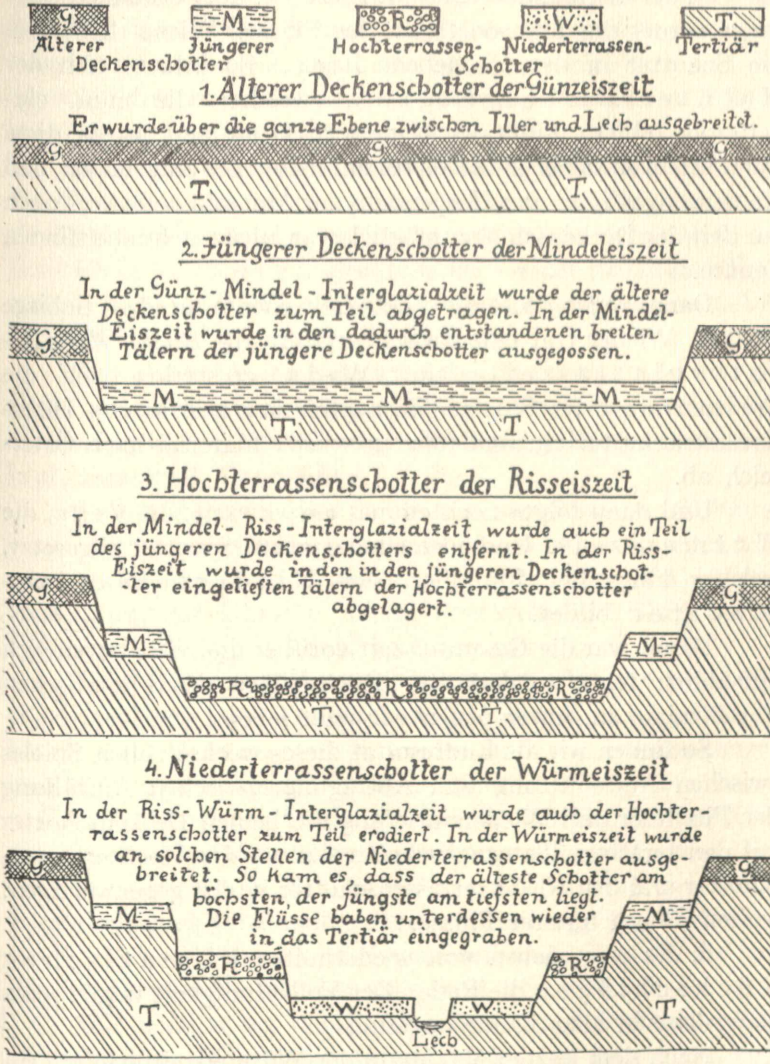
Günz-Mindel-Interglazialzeit

Nach der Günzeiszeit kam die erste Zwischeneiszeit, die Günz-Mindel-Interglazialzeit. Die Gletscher haben sich in das Gebirge zurückgezogen, und die Alpenflüsse haben aus den angeführten Gründen eine größere Erosionskraft gewonnen. Sie haben ihre Täler eingetieft und einen Teil des in der Eiszeit deponierten Schotters fortgeführt.

Dann kam die zweite Eiszeit, die Mindeleiszeit. Neuerdings trat eine Lage ein wie in der Günzeiszeit. Und nun wurde in den weiten in der Zwischeneiszeit ausgearbeiteten

Mindeleiszeit

Abb. 43.



Die Entstehung der vier eiszeitlichen Schotter und der schwäbischen Flußtäler.

Tälern der jüngere Deckenschotter ausgebreitet. Natürlich ragt der ältere Deckenschotter über ihn hinaus an den Stellen, wo er von der Erosion in der vorausgegangenen Zwischeneiszeit nicht erreicht worden ist.

Jüngerer Deckenschotter

Mindel-Riß-Interglazialzeit

Darauf folgte die Mindel-Riß-Interglazialzeit. In dieser haben die wieder transportkräftiger gewordenen Flüsse in den jüngeren Deckenschotter sich eingenagt und ungeheure Mengen dieses Schotters weiter verfrachtet.

Rißeiszeit

In der dritten, der Riß-Eiszeit, aber erlahmte allerdings wieder die Transportkraft der Flüsse. Wieder ließen sie die Schotter in der Hochebene liegen. So bildete sich der

Hochterrassenschotter

Hochterrassenschotter, welcher die nun eingetieften breiten Flußtäler begleitet. Denn nun waren diese Täler schon so sicher in die tertiären Sedimente eingelassen, daß ein derartiges Hin- und Herpendeln der Alpenflüsse, wie es noch zur Zeit der Deckenschotter möglich war, nicht mehr stattfinden konnte.

Dann zogen sich die Gletscher wieder in das Gebirge

Riß-Würm-Interglazialzeit

zurück. Wieder trat eine Zwischeneiszeit, die Riß-Würm-Interglazialzeit, ein. Wieder verstärkte sich die Transportkraft der Flüsse. Sie nagten sich nun in den Hochterrassenschotter ein und führten wieder Material nach Österreich ab.

Und dann folgte noch einmal eine Eiszeit, die vierte, die

Würmeiszeit

Würmeiszeit. Und noch einmal wurde Schotter abgesetzt, welcher längs der Flußtäler den

Niederterrassenschotter

Niederterrassenschotter bildet.

Damit war die Gesamteiszeit vorüber und es bahnten sich allmählich trotz wiederholter Rückschläge die klimatischen Verhältnisse an, unter denen wir jetzt leben.

So finden wir als Endresultat dieses wechselvollen Spieles zwischen Aufschüttung und Abtragung, zwischen Auffüllung der Flußtäler und Wiedereintiefung die beiden Deckenschotter auf den tertiären Plateauabschnitten, sowie den Hochterrassenschotter und den Niederterrassenschotter in den gegenwärtigen, weiten Tälern unserer Flüsse.

6. Es war soeben von wiederholten klimatischen Rückschlägen die Rede. Der Vollständigkeit wegen seien auch diese in aller Kürze angeführt.

Nach dem letzten Maximum der Würmeiszeit erfolgte zunächst ein sehr starker Gletscher-Rückzug, veranlaßt durch eine länger dauernde Wärmeperiode. Damals wurde die Schottermasse dem Abfluß des Achensees vorgelagert und damit die

Achenschwankung

Anstauung des Sees veranlaßt. Daher der Name Achenschwankung.

Nach ihr kam es wieder zu einem Kälterückschlag, zu einem neuen Anwachsen der Gletscher, die aber nicht bis zu den Würmmoränen vordrangen. Dieses Stadium wurde das Bühlstadium genannt, hergenommen vom Rückzug des Inngletschers bis in die Gegend von Kufstein und Kirchbichl. Hier hat Penck einen Endmoränengürtel konstatiert, der einen längeren stationären Zustand des Gletschers, ein Verweilen der Gletscherstirn in dieser Gegend, anzeigt. Die kleinen Schutthügel dieser Gegend heißt man Bühle, daher Bühlstadium.

Bühlstadium

Hernach trat der definitive Rückzug der Gletscher tief in die Alpentäler und ins Innere des Gebirges ein. Doch machten sie doch noch zweimal einen längeren Halt. Der erste wird das Gschnitzstadium genannt, nach einer mächtigen Endmoräne im Gschnitztal, einer Abzweigung des Wipptales südlich von Innsbruck.

Gschnitzstadium

Der zweite Aufenthalt wird das Daunstadium genannt, nach den Endmoränen im obersten Stubaital (südwestlich von Innsbruck), anschließend an die dortigen Bergnamen Daunkopf, Daunkogl, Daunbühl.

Daunstadium

7. Wir folgten bisher der Penckschen Theorie. Sie ist so exakt durchgearbeitet und hat sich ein so hohes Ansehen verschafft, daß man sich bemühte, die eiszeitlichen Verhältnisse auch in anderen Ländern auf die Pencksche Einteilung zu beziehen und mit ihr in Einklang zu bringen.

Doch fehlte es nicht an Widerspruch. Es gibt unter den Glazialgeologen auch Vertreter, welche eine Einheitlichkeit der Eiszeit befürworten und nur Schwankungen innerhalb einer einzigen großen Glazialepoche gelten lassen wollen. Andere gehen bei der Gliederung des Eiszeitalters über die Vierzahl der Penckschen Eiszeitphasen hinaus. Man muß eben berücksichtigen, daß in anderen Ländern die eiszeitliche Vergletscherung ganz andere Bahnen einschlug. Man denke nur an die riesige Fläche des nordamerikanischen Glazials, die jene des vergletscherten Nordeuropas weit übertraf.

Andere Einteilungsschemata der Eiszeit

Wir können bei der Erörterung solcher Probleme nicht stehenbleiben. Nur zwei Arbeiten der letzten Jahre seien kurz angeführt, weil es sich in beiden um Methoden handelt, die ihre Daten in erster Linie nicht vom rein geologischen Gebiet, sondern von ganz anderen Wissenszweigen herleiten.

Im Jahre 1927 trat der Direktor der anthropologischen und der prähistorischen Abteilung des Wiener naturhistorischen

Museums, Joseph Bayer, mit seinem Eiszeitschema vor die breitere Öffentlichkeit *). Wenn man die graphische Darstellung dieses Schemas **) betrachtet, so findet man zunächst kaum eine Vergleichsmöglichkeit mit dem Penckschen. Bayer geht vom Standpunkt des Prähistorikers aus. Bis jetzt haben sich die Prähistoriker redlich Mühe gegeben, ihre Fundergebnisse in die Penckschen vier Eiszeiten und drei Zwischeneiszeiten einzuordnen. Sie nahmen diese Einteilung als fixe Grundlage an. Bayer aber ist nicht so fügsam. Er sagt einfach, das geht nicht. Er bestreitet die Existenz eines Riß-Würm-Interglazials. Die Pencksche Riß- und Würmeiszeit seien nur Maxima einer und derselben Vereisung. Und im älteren Diluvium habe Penck auch eine Eiszeit zuviel eingesetzt.

Bayer gibt nun folgende Einteilung: Die Pencksche Günz- und Mindeleiszeit waren eine einheitliche Eiszeitperiode, ohne daß eine Zwischeneiszeit nachzuweisen wäre. Der großen älteren Eiszeit folgt eine sehr lange Zwischeneiszeit. Im jüngeren Diluvium aber bestanden auch nicht zwei getrennte Eiszeiten. Die jüngere Eiszeit zeige lediglich zwei Vorstöße (Pencks Riß- und Würmeiszeit), zwischen denen sich aber das Klima nicht so weit besserte, daß man von einer warmen Zwischeneiszeit reden könnte.

Wieder von einem ganz anderen Ausgangspunkt faßt Bartholomäus Eberl***) das Eiszeitproblem an. Professor M. Milankowitch in Belgrad hat neuerdings astronomische Methoden zur Berechnung der Dauer der Eiszeitphasen herangezogen. Er verwertet hierfür die Änderungen im Betrag der Sonnenstrahlung, die sich ergeben aus der Ekliptikschiefe, der Exzentrizität der Erdbahn und der heliozentrischen Länge des Perihels. Aus diesen Elementen hat Milankowitch den Strahlungsbetrag berechnet und das Ergebnis in Form einer Kurve für einen Zeitraum von einer Million Jahren dargelegt. Die Kurve umfaßt die Zeit vom Pliozän bis zum Ende der Würmeiszeit. Solche Berechnungen mit dem Zweck, die Dauer der Eiszeitphasen nach Jahreszahlen anzugeben, sind nicht neu. Sie wurden schon vor mehreren Jahrzehnten von Adhémar,

*) Der Mensch im Eiszeitalter, Leipzig und Wien 1927, Deuticke.
**) S. 175.
***) Zur Chronologie und Gliederung des Eiszeitalters im Bereich des alpinen Glazials, Anthropol. Anzeiger, V (1928), H. 3, S. 250/259. Ferner: Zur Gliederung und Zeitrechnung des alpinen Glazials, Ztschr. d. Deutschen geolog. Ges. Bd. 80 (1928), Monatsbericht 3/4, S. 107/117.

Croll, Pilar, Wallace ausgebildet, blieben aber auch nicht unwidersprochen.

Eberl hat nun mit großem Fleiß die diluvialen Ablagerungen Südschwabens untersucht und eine Übereinstimmung mit dem Schema des Belgrader Gelehrten herausgefunden. Und zwar bringt er die stärksten Ausschläge in der Kurve von Milankowitch zur Deckung mit den weitesten Entfernungen der Moränen der verschiedenen Eiszeitphasen vom Gebirgsrand. Hierbei hält sich Eberl an die vier Penckschen Eiszeiten. Doch teilt er sie auf Grund seiner eigenen sorgfältigen Aufnahmen in Unterphasen. So erhält er für die Würmeiszeit deren drei, für die Riß-, Mindel- und Günzeiszeit je zwei. Dazu führt er eine fünfte Eiszeit ein, die Donaueiszeit mit drei Unterphasen, welche an Aufschlüssen durch Lößbänder voneinander geschieden werden.

Wenn es sich bewahrheiten sollte, daß Eberls Eiszeitphasen mit Milankowitchs Zeitintervallen zusammenfallen, dann fiele die Würmeiszeit in die Zeit vor etwa 20—120 000 Jahren, die Rißeiszeit vor etwa 190—230 000 Jahren, die Mindeleiszeit vor 430—470 000 Jahren, die Günzeiszeit vor 550—590 000 Jahren, die Donaueiszeit vor 690—760 000 Jahren.

Hinsichtlich der Gesamtdauer der Eiszeit schwanken die Angaben der verschiedenen Forscher beträchtlich, sie bewegen sich zwischen ½ bis 1 Million Jahren.

Inzwischen sind auch die von dem jüngst verstorbenen Stuttgarter Professor L u d w. P i l g r i m mit einem Riesenfleiß errechneten Tabellen von Walter Wundt veröffentlicht worden*). Pilgrim hat ebenfalls nach astronomischen Daten bis vor etwa 1 Million Jahren Eiszeiten herausgebracht und vor der Penckschen Günzeiszeit noch eine Reihe weiterer angegeben. Bei einer Ausdehnung der Berechnung auf die Zeit bis vor 1,3 Millionen Jahren würden sich noch weitere drei bis vier Eiszeiten nebst ihren Untergliederungen herausstellen.

2. Die Verteilung der vier Eiszeitschotter in unserem Gebiet und die Ausbildung des heimatlichen Flußsystems.

a) Der ältere Deckenschotter.

8. Die Günzeiszeit war über unser Gebiet hereingebrochen, nicht plötzlich, sondern ganz allmählich. Nun aber starrte im Süden alles in Eis und Schnee. S. Übersichtskarte Tafel III.

*) Jahresh. d. Ver. f. vaterländ. Naturkunde in Württ., 84. Jg. (1928), S. 1 ff.

Im W dehnte sich der gewaltige Rheingletscher über das württembergische Oberschwaben aus. Nach O folgte der Illergletscher, der Lechgletscher, der Isargletscher. Das Glazialgebiet wird erst später besprochen werden. Hier haben wir es mit den fluvioglazialen Bildungen, mit den aus dem Moränengebiet entführten Schuttmassen zu tun. Die Gesteinstrümmer wurden von den Flüssen weiter verarbeitet. Die Ecken und Kanten wurden abgeschliffen. Die Steine wurden in gerundete Gerölle verwandelt. Diese ungeheuren Schottermassen wurden ziemlich gleichmäßig über das alpine Vorland, die jetzige Hügelzone, ausgebreitet.

Wenn man in dem Gebiet zwischen Iller und Lech aus den Tälern der größeren und kleineren Wasserläufe die dazwischenliegenden Plateauabschnitte, die zwischen zwei Tälern sich erstreckenden sog. Riedel, hinansteigt, dann überschreitet man zuerst die tertiären, sandigen oder mergeligen, mit Vegetation bedeckten unteren Partien. Dann gelangt man an eine durch sämtliche Riedel sich erstreckende Tafel alpiner Gerölle, welche entweder unverfestigt oder zur diluvialen Nagelfluhe durch ein vom Wasser ausgeschiedenes kalkiges Bindemittel verkittet sind. Auf dieser Gerölldecke liegt über das ganze Gebiet der diluviale Löß, aus dem die fruchtbare Ackererde hervorging, ausgebreitet. Die erwähnte Gerölltafel ist Pencks

Älterer Deckenschotter

älterer Deckenschotter.

Wir müssen uns dieses mächtige Kieslager, da es im ungefähr gleichen Horizont zwischen den tertiären Sand- und Mergelschichten und dem Löß durch das ganze schwäbische Gebiet an den Talgehängen aufgeschlossen ist, als eine ursprünglich zusammenhängende Gerölltafel bzw. vor der Auflagerung des Lösses als eine unübersehbare Gerölldecke vorstellen. Wie mag eine solche Geröllwüste ausgesehen haben? Wenn man in der Gegenwart sich nach Vergleichsbeispielen umsieht, so könnte man etwa die riesigen Geröllfelder Oberitaliens heranziehen, wie sie z. B. der Tagliamento und die übrigen Flüsse Friauls abgesetzt haben, und welche unsere Truppen nach der Durchbrechung der Isonzofront staunend überschreiten mußten.

Präglaziale Erosion

9. Es wurde schon früher erörtert, wie die schwäbischen Wasserläufe im Pliozän viel höher flossen als heute; daß mehr als hundert Meter der tertiären Sedimente schon vor der Eiszeit abtransportiert worden sind. Von diesem alten Flußsystem ist

jetzt auf der Iller-Lechplatte nichts mehr zu sehen. Es wurde bei der Ablagerung des älteren Deckenschotters gänzlich verwischt.

Die Arbeit dieser präglazialen Wasserläufe war leicht. Es ist doch etwas anderes, wenn einem Fluß im felsigen Juragebirge nichts anderes übrigbleibt, als nach einem genau vorgeschriebenen Plan sein Tal zu vertiefen, als wenn ein Fluß in der sandig-mergeligen Hochebene im leichten Kampf mit entgegenstehenden Hindernissen bald rechts, bald links sich Raum schafft und seine Rinne so fortwährend ändern kann. Hier ist es ja eine bekannte Erfahrung, daß ein Fluß an den Stellen, wo er auf Widerstand stößt, zunächst abgelenkt wird. Es entsteht eine Schleife. Dann aber hat das Ufer an der konkaven Seite den vollen Druck der Strömung auszuhalten, während an der konvexen Uferseite die Kraft des Stoßes nicht zur Geltung gelangt. So wird die konkave Uferseite unterwaschen, es entsteht ein Steilufer, und die größere Tiefe rückt auf diese Seite. An der konvexen Uferseite aber werden Sand und Kies abgesetzt. Hier entsteht ein flaches Ufer mit Kiesbänken.

In diesem so einfachen, an jedem Fluß zu beobachtenden Verhalten liegt aber auch die Ursache der Abhoblung und Glättung einer ausgedehnten Landoberfläche, wenn nur die Flüsse bei konstanten orographischen und klimatischen Verhältnissen genügend Zeit zur Verfügung haben, in immer neuen Schlingen und Schleifen durch Wegspülung weichschichtiger Konkavufer alle höheren Teile des Landes zu entfernen. Diese Art von Erosionsarbeit wird von William M. Davis als die Tätigkeit „greisenhafter" Flüsse hingestellt, welche im weichen Schichtenbau sich der leichten Mühe des Weglösens erdigen Materials hingaben, während frische, jugendkräftige Flüsse ihre Rinnen immer tiefer beißen.

Das also war die Situation im Iller-Lechgebiet, bevor die Ablagerung des älteren Deckenschotters begann.

Der ältere Deckenschotter bildet also ein ungeheures Kieslager, eine ursprünglich zusammenhängende Geröllplatte, die ehedem über die später eingenagten kleineren und größeren Täler hinüberreichte. Die Allgäugewässer flossen also damals in der Höhe der jetzt zwischen den Tälern sich erhebenden Riedel.

Im N bildet das Donautal die Grenze des älteren Deckenschotters. Aber er läßt sich hier nur bis zur Donauenge vor Neuburg verfolgen. Von hier setzt er aus. Im Ingolstädter

Becken fehlt er gänzlich. Daraus wird geschlossen, daß damals die Donau durch das jetzige Wellheimer Trockental in das Altmühltal einmündete und erst bei Kelheim wieder die Hochebene betrat.

Alter Donaulauf durch das Wellheimer und Altmühltal

10. Wir wollen diese vielbesprochene alte Flußlaufverlegung etwas näher betrachten. Das jetzige Donautal längs des Jurarandes ist die uralte Senke, die tiefste Stelle des Landes, wo sich der letzte Rest des nach O abziehenden Binnenmeeres noch am längsten halten konnte, wo hernach die fließenden Gewässer aus allen Richtungen zusammenliefen und die Urdonau ausmachten.

In unserem Gebiet finden wir die Donau in einem breiten Tal zwischen dem Albrand und der tertiären Hügelzone im S. S. Übersichtskarte Tafel I.

Verfolgen wir die Urdonau, die nebst ihren Nebenflüssen, wie immer wieder betont werden muß, in der Höhe des auf den Plateauabschnitten ausgebreiteten älteren Deckenschotters einherkam, weiter nach O. Hier ist zu beachten, daß östlich der Straße Mühlhausen (nordöstlich von Augsburg)—Pöttmes—Neuburg die Höhen standen, welche die Allgäugewässer an der weiteren Ausbreitung hinderten und sie zwangen, auf ihrer Geröllwüste nach N zur Donau weiterzufließen. Im N aber fanden sie samt der Donau eine unüberschreitbare Schranke an den Jurahöhen. Daß am SO-Rand der Alb die Allgäugewässer zur Änderung ihres SN-Laufes gezwungen wurden, nimmt nicht wunder, wohl aber, daß die tertiären Hügel östlich der vorhin bezeichneten Straße eine Einfassung gebildet haben. Denn gerade in dem Dreieck Mühlhausen—Neuburg—Rain werden die Gerölle des älteren Deckenschotters noch in Höhen angetroffen, welche den tertiären Hügeln gleichkommen. Daß die Allgäugewässer der Günzeiszeit trotzdem diese Straße nicht überschritten haben, kann demnach nicht am Gesteinsmaterial liegen, sondern die Günzeiszeit ging eben zu Ende und damit auch die Expansion des Deckenschotters nach O. Dabei wollen wir ganz davon absehen, daß Wasserscheideschranken gar nicht hoch zu sein brauchen. Man denke an die Fossa Carolina!

Damit gelangen wir aber an eine merkwürdige Stelle. Alles deutet nämlich darauf hin, daß die gegenwärtige Donauenge zwischen Stepperg und Neuburg damals noch nicht bestand *), sondern daß sich die gewaltigen Fluten durch

*) Baybergers gegenteilige Ansicht werden wir später kennenlernen.

das jetzige Wellheimer Trockental wälzten, bei Dollnstein das jetzige Altmühltal erreichten und das letztere benützend erst bei Kelheim wieder in die Hochebene hinaus gelangten.

Schon bei der Betrachtung einer geographischen Karte erscheint das gewundene Wellheimer Tal, in welchem gegenwärtig kein einigermaßen beträchtlicher Bach läuft, absonderlich. Die Höhenverhältnisse sind: Donau bei Rennertshofen 368 m, Wasserscheide bei Konstein 398 m, Altmühl bei Dollnstein 395 m. Da nun die Geröllbänke des älteren Deckenschotters im N der Iller-Lechplatte weit über diese Höhen hinausgehen, so steht nichts der Behauptung im Wege, daß die Allgäugewässer, welche diese Geschiebe ausgossen und demnach in solcher Höhe einherkamen, durch das Wellheimer Tal ihren Weg nahmen.

Es werden aber auch wirkliche Belege dafür angegeben. Denn bei Hütting im Wellheimer Tal, ferner bei Walting, Arnsberg, Kipfenberg und Riedenburg im Altmühltal werden Gerölle alpiner Herkunft gefunden.

Es kommt hinzu, daß gerade von Dollnstein ab eine auffallende Erweiterung des Altmühltales eintritt, und zwar in direkter Verlängerung des Wellheimer Tales und um einen solchen Betrag, daß die Talweiten beider ungefähr gleich sind und für einen bedeutenden Strom ausreichenden Raum darbieten.

Die Stepperg-Neuburger Talenge

11. Später aber wurde es anders. Die Donau fand ihren Weg von Stepperg ostwärts durch das jetzige Engtal und floß von nun an über Neuburg. Das Wellheimer Tal vertrocknete und von Dollnstein abwärts wurde es still und friedlich. Die bescheidene Altmühl nahm fortan Besitz von dem weiten Tal und vereinigt sich jetzt erst bei Kelheim mit der Donau, während sie früher bei Dollnstein schon in die Donau einmündete.

Aber wie ging das her? Förmliche Beweise im Gelände sind hierfür nicht zu erbringen. Man kann deshalb nur Vermutungen hierüber aussprechen. Wenn wir aber daran denken, wie heimtückisch der von Klüften durchsetzte Jurakalkstein für einen Wasserlauf ist, wie die obere Donau auf diese Weise auf Abwege geraten ist und zunächst unterirdisch, später oberirdisch eine neue Laufrichtung erhält, so könnten wir uns recht wohl eine ähnliche Lage, wie gegenwärtig in der Gegend von Tuttlingen, so auch bei Stepperg, wo einst die Donau von O nach N umbog, vorstellen. Es könnte zunächst,

wie bei Immendingen, ein Teil des Donauwassers auf einer Spalte in die Tiefe versunken sein. Die Spalte wurde weiter, endlich brach der Fluß bei starkem Gefälle und starker Erosionskraft unter Einstürzen oberirdisch durch. Die Hindernisse wurden weggeräumt, und endlich war das schöne, waldige Engtal zur Aufnahme des nun ruhig hindurchfließenden Stromes fertiggestellt.

So mußte das Wellheimer Tal verlassen werden. Denn die neue Strecke Stepperg—Kelheim wurde bedeutend kürzer, der Strom erhielt so ein stärkeres Gefälle, erodierte weiter und konnte deshalb von selbst nie mehr den alten Weg wiederfinden.

Wann das geschah, können wir ziemlich genau angeben. Man findet nämlich von Neuburg abwärts gewaltige Massen von Niederterrassenschotter der vierten, der Würmeiszeit, in breitester Ausdehnung abgesetzt. Also muß um diese Zeit die Änderung im Donaulauf beendet gewesen sein. Reuter gibt als Grund hierfür an *), daß gegen Ende der Diluvialzeit eine Hebung des Jura und eine Absenkung des südlichen Vorlandes zwischen Neuburg, Ingolstadt und Neustadt die Donau endgültig in die neue Richtung abgelenkt haben.

Das Problem des Wellheimer und des Altmühltales hat schon Gümbel und seitdem viele Geologen beschäftigt, namentlich Jos. Schwertschlager**), Franz Bayberger***) und Gg. Wagner†). Jeder bringt neue Beobachtungen, aus denen immer wieder neue Fragestellungen sich ergeben, ein Zeichen dafür, wie problematisch dieses außerordentlich schwierige Arbeitsgebiet ist. Ich kann das Studium dieser Spezialuntersuchungen bestens empfehlen. Man wird eine Menge interessanter Anregungen empfangen. Hier die ganze Altmühlfrage aufzurollen, würde zu weit führen und läge außerhalb des Rahmens unseres Gebietes.

Entstehung des Wellheimer Tales

12. Aber einen wichtigen Punkt müssen wir herausgreifen: Welcher Flußlauf hat denn eigentlich das Wellheimer Trockental geformt? Die Donau? Das wäre schwer zu beweisen. Denn für die Donau samt ihren alpinen Trabanten bildete ja der Jura ein Bis-hierher-und-nicht-weiter. So hoch flossen alle diese Wasserläufe nicht, daß sie

*) Abriß der Geologie von Bayern, herausgegeben von M. Schuster, S. 116.

**) Altmühltal und Altmühlgebirge, Eichstätt 1905, Brönner (Seitz).

***) Zum Problem des Wellheimer Trockentales, Mitt. d. Geogr. Ges. in München, 4. Bd., 2. H. (1909), S. 179/233.

†) Aus d. Geschichte d. Altmühl, Nürnberg 1923, Spindler.

diese Schranke in dem fraglichen Gebiet überwunden hätten. Wäre es irgend möglich gewesen, so hätten sie es getan. Denn die Stromrichtung der Allgäugewässer weist ja direkt zum Jura. So bleibt also kaum eine andere Anschauung, als daß die Donau das Wellheimer Tal schon offen fand oder wenigstens so weit hergerichtet, daß sie nur mehr Kleinarbeit verrichten mußte. Diese Frage hat wohl B a y b e r g e r am gründlichsten durchgearbeitet. S c h w e r t s c h l a g e r meint, das Wellheimer Tal sei von der Altmühl angelegt worden. Die Altmühl sei durch dieses Tal zur Donau abgeflossen. Dem letzteren stimmt auch Bayberger zu, indem er namentlich darauf hinweist, daß die Wasserscheide im Wellheimer Tal nur 2—3 km vom Altmühltal, aber 20 km von der Donau entfernt ist. Das deute auf eine Strömung von N nach S. Aber er meint, das Gefälle des einstigen Flusses im Wellheimer Tal sei so schwach gewesen wie jenes der jetzigen Altmühl. Man erhalte den Eindruck einer reifen Tallandschaft.

Deshalb weist Bayberger *) auf das jetzige Trockental von Tagmersheim, das Spitaltal **), hin. Bei 15 km Länge zeigt es ein Gefälle von mehr als 100 m. Ein Wasserlauf mit solchem Gefälle müßte wohl etwas fertigbringen. Von der einstigen Einmündung des Spitalflusses erweitert sich das Trockental gegen die Donau, also wieder das Zeichen einer Strömung von N nach S.

Rätselhaft sei auch der Ursprung der Schutter mitten im Wellheimer Tal. Gleich unterhalb der Feldmühle beginnt sie ihren östlichen Durchbruch gegen Nassenfels ohne jedes besondere Kennzeichen erosiver Kraft. Hat das auch der Spitaltalfluß verübt? Aber woher nahm er denn das viele Wasser, das doch zu solcher Erosionsarbeit nötig gewesen wäre?

Und nun das Talstück Konstein—Dollnstein! B a y b e r g e r wendet sich zu der von manchen vertretenen Anschauung, daß das Wellheimer Tal von der Altmühl geformt wurde. Er kann aber nicht zugeben, daß es eine Fortsetzung des oberen Altmühltales, also ein Erosionsprodukt der Pappenheimer Altmühl, sei. Ebensowenig kann er das breite Tal bei Eichstätt diesem kleinen schwachen Fluß zuschreiben. Er glaubt vielmehr, daß das alles eine v o n O s t e n k o m m e n d e

*) l. c. S. 182.
**) Auf der Karte „Spindeltal".

A l t m ü h l verbrochen habe *). Das Wellheimer Tal sei das Erosionstal der Pappenheimer und Eichstätter Altmühl **). Erst als mit der Vertiefung des Donautales in der obermiozänen Zeit eine Erosionsbelebung einsetzte, da sei durch ein Flüßchen von Kelheim her durch rückwärtsschreitende Erosion der Altmühl das Kelheimer Tor geöffnet worden. Das Wellheimer Tal wurde ein Trockental.

Auch hinsichtlich des Stepperg-Neuburger Donaudefilees vertritt Bayberger eine ganz andere Ansicht als meine früher dargelegte. Das Neuburger Tor sei schon in spättertiärer Zeit offen gestanden ***). Dann falle aber jeder Anlaß hinweg, die ganze Donau über Wellheim zu leiten. Höchstens zur Zeit großer Hochwasser oder Stauungen habe die Donau das von der Altmühl verlassene Wellheimer Tal gewissermaßen als Notausgang benützt und einen Arm in das Altmühltal entsendet. Also im Neuburger Durchbruch, nicht aber im Wellheimer Tal finde man das Werk der Urdonau †).

Wir haben uns lang beim Wellheimer Problem aufgehalten. Man findet ebenso viel verschiedene Auffassungen wie Forscher. Und jede Behauptung wird durch plausible Gründe belegt. Der Leser kann nach Belieben auswählen.

Ich möchte aber nur noch folgende Gedankengänge zu erwägen geben. Donau und Allgäugewässer flossen, wie wir sahen, in der Pliozänzeit weit über 100 m höher als heutzutage. Oberhalb Ulm nahmen sie ihren Weg über die Alb. Auf der Alb ist eine Menge alter Flußtäler, die jetzt trockenliegen. Gehörte das Wellheimer Tal auch dazu und wurde es später nur noch mehr eingetieft? Und wie war die Fortsetzung der Alb nach SO vor dem „Donauabbruch" oder der Flexur? War darauf vielleicht der Lauf einer Urdonau mit der Fortsetzung in das Wellheimer Tal hinein? Das läßt sich allerdings nicht beweisen. Aber im Bereich der Möglichkeit liegt es. War aber das Wellheimer Tal schon stark eingetieft, dann konnte es auch ohne weiteres von der Donau und den Allgäugewässern passiert werden.

Ich für meinen Teil glaube an das Einmünden der g a n z e n Donau in das Wellheimer Tal, und zwar während der Günz-

*) l. c. S. 212.
**) S. 233.
***) l. c. S. 192.
†) S. 207.

eiszeit, da die Geröllplatte des älteren Deckenschotters tatsächlich an der Straße Mühlhausen—Pöttmes—Neuburg seine östliche Grenze findet, die Allgäugewässer infolgedessen an den Stepperger Juravorsprung gedrängt wurden und die erste sich darbietende Gelegenheit benützten, ihre ursprüngliche SN-Richtung in den Jura hinein fortzusetzen.

b) Der jüngere Deckenschotter.

13. Nach der Günzeiszeit kam die erste Zwischeneiszeit, die Günz-Mindel-Interglazialzeit. Die Gletscher zogen sich ins Gebirge zurück, das Alpenvorland wurde wieder eisfrei, es trat wieder ein gemäßigtes Klima ein. Die Alpenflüsse hörten auf, Schottermassen in der Hochebene anzuhäufen. Sie gingen zur umgekehrten Tätigkeit, der Erosion, über, tieften ihre Betten durch den älteren Deckenschotter hindurch in die tertiären Sand- und Mergelschichten ein und führten den Schotter ab.

Günz-Mindel-Interglazialzeit

Dann kam die zweite, die Mindeleiszeit. Wieder rückten die Gletscher aus den Alpentoren in das Vorgebirge hinaus. Wieder kehrte das hochnordische Klima zurück. Und in den Leistungen der Alpenflüsse trat neuerdings ein Wechsel von der Erosion zur Akkumulation, zur Anhäufung von Geröll, in der Hochebene ein. Nun wurde der jüngere Deckenschotter ausgebreitet. Natürlich ragt der ältere Deckenschotter über ihn hinaus, an den Rändern der in der Zwischeneiszeit eingegrabenen weiten Täler, über welche hinaus die Erosion der Flüsse nicht vorgedrungen war. Auch reichte die Geröllauffüllung dieser Täler nicht bis zur Höhe des älteren Schotters hinauf. S. Abb. 43, S. 163.

Mindeleiszeit

Jüngerer Deckenschotter

14. Der jüngere Deckenschotter bildet nicht wie der ältere eine ursprünglich zusammenhängende Gerölltafel von der Iller bis zum Lech, sondern ist in seinem jetzigen Bestand auf drei große Felder beschränkt *).

Das erste wird das Grönenbacher Feld genannt. Es befindet sich in der Gegend von Memmingen und biegt nach NW zur württembergischen Roth ab.

Das zweite folgt im wesentlichen dem Lauf der Mindel. Deshalb wurde ja die zweite Eiszeit die Mindeleiszeit genannt. Bei Mindelheim bildet der jüngere Deckenschotter eine deckenartige Ausbreitung, weiter abwärts aber eine verhältnismäßig

*) Penck und Brückner, Die Alpen im Eiszeitalter, Bd. 1, S. 54/55.

schmale, hochgelegene Terrasse. Diese wurde früher als eine zur dritten Eiszeit gehörende Hochterrasse angesehen. Penck weist aber nach, daß die Höhenlinien damit nicht stimmen. Denn unterhalb Burgau erreicht dieser Schotter das Donautal in 470 m Höhe, während der zunächst gelegene wirkliche Hochterrassenschotter am linken Donauufer nur 450 m hoch liegt. So glaubt Penck den jüngeren Deckenschotter und den Hochterrassenschotter im mittleren Teil unseres Gebietes auseinanderhalten zu können.

Das dritte ist das Rotwaldfeld östlich von Kaufbeuren zwischen Wertach und Lech. Es läßt sich vom Rand des Moränengürtels nordwestlich von Schongau bis in die Gegend westlich von Landsberg verfolgen. Weiter abwärts fehlt der jüngere Deckenschotter, ebenso im Donautal.

15. Die ältere Geologengeneration und Penck selbst noch in seinen ersten Eiszeitabhandlungen unterschieden nur drei diluviale Schotter: den Deckenschotter, den Hochterrassen- und den Niederterrassenschotter. Aber auch später wurde Pencks jüngerer Deckenschotter nicht allgemein anerkannt. Es ist deshalb hier der geeignete Platz, zu zeigen, wie Penck zu seinen vier Eiszeitschottern, nach denen er vier Eiszeiten unterschied, gekommen ist.

Es sind hauptsächlich zwei Gebiete, die Penck zu diesem Zweck eingehend studiert hat: die Umgebung von Kaufbeuren und von Memmingen. Wir wählen die letztere*), da hier die Lagerungsverhältnisse einfacher gruppiert sind und sich zur Orientierung besser eignen.

Südlich von Memmingen erstreckt sich ein Trockental, in welchem die Bahnlinie Memmingen—Kempten verläuft. Es wurde von der Iller einstens durchflossen. Zwischen ihm und dem jetzigen Lauf der Iller steigt ein Höhenzug, ein Riedel, stufenförmig an.

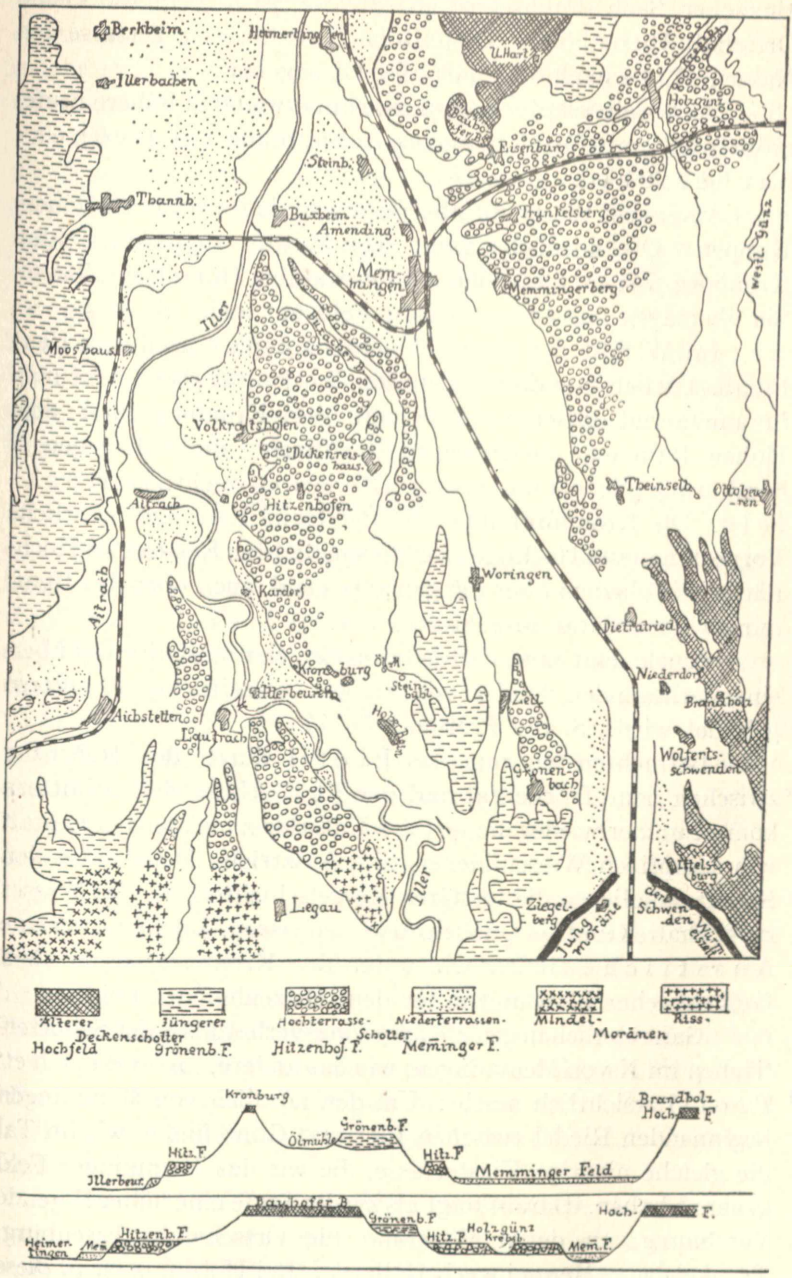
Die vier Memminger Felder

Am Westrand der Stadt Memmingen beginnt eine niedrige Kiesterrasse, welche von den Ortschaften Amendingen, Steinheim und Buxheim eingefaßt wird. Sie wird von Penck das Memminger Feld genannt.

Südlich von dieser Terrasse aber steigt der Riedel um etwa 20 m und bildet ein weites, fruchtbares Feld, welches großenteils Ackerland ist. Es dehnt sich zwischen den Ort-

*) Die Alpen im Eiszeitalter, 1. Bd., S. 28 ff.

Abb. 44.



Die vier Felder von Memmingen. (Nach Penck und Brückner, Die Alpen im Eiszeitalter, I, S. 29.) Darunter das „südliche“ und „nördliche“ Profil (S. 31).

schaften Dickenreishaufen und Volkratshofen aus und wird vom Buxacher Bach durchschnitten. In der Mitte liegt die kleine Ortschaft Hitzenhofen. Deshalb hat Penck dieser Terrasse den Namen Hitzenhofener Feld gegeben.

Noch weiter südlich folgt eine um etwa 60 m höhere Stufe, größtenteils mit Wald bewachsen. Sie bildet das Grönenbacher Feld.

An seiner Westseite aber erheben sich zwei noch höhere Kuppen. Die nördliche trägt das weithin sichtbare Schloß Kronburg, 744 m, die andere ist der waldige Hohe Rain, 744 m. Sie überragen das Grönenbacher Feld um mehr als 40 m.

Im W fällt der ganze Schichtenkomplex nach dem Illertal ab. Östlich von dem genannten Trockental aber findet man in annähernd gleicher Höhe mit der Kronburg und dem Hohen Rain eine ausgedehnte Hochfläche, die sich gegen N handförmig gliedert und fast bis Ottobeuren reicht, das Hochfeld. Die Kronburgkuppe und der Hohe Rain sind westliche Vorposten dieses Hochfeldes, stehengebliebene Reste einer Hochfläche, die ehedem über die ganze Gegend, auch über das Memminger Trockental ausgebreitet war.

Penck zeigt nun, daß jedes dieser vier staffelförmig übereinanderliegenden Felder von alpinen, eiszeitlichen Schottern gebildet wird. S. die Profile Abb. 44.

Profil durch die vier Felder

Betrachten wir nun das Profil durch den Höhenzug zwischen dem Trockental und der Iller! Unter den Schottern kommt immer wieder die tertiäre Unterlage, meistens in Gestalt von sumpfigen Wiesenflächen zum Ausstrich. Denn unter den Kiesflächen liegen die tertiären Mergelschichten, die das Wasser zurückhalten und als Quellen austreten lassen. Solche tertiäre Ausstriche finden wir unter der Kronburg, unter dem Grönenbacher Feld und unter dem Hitzenhofener Feld.

Das „nördliche" Profil

Ganz ähnlich liegen die Lagerungsverhältnisse der Schotterflächen im N von Memmingen, wie das andere, „nördliche" Profil ersichtlich macht. Um den nördlich von Memmingen beginnenden Riedel zwischen Iller und Günz finden wir im Tal die gleiche niedrige Kiesterrasse, die wir das Memminger Feld genannt haben. Darauf folgt als zweite Stufe eine höher liegende Verebnung, an deren Westrand die Ortschaften Eisenburg, Trunkelsberg, Memmingerberg liegen. Bei Holzgünz ist in diese Terrasse der Krebsbach eingetieft. Sie entspricht dem Hitzenhofener Feld. Wo dann am östlichen Gehänge des Riedels der

Wald beginnt, steigt man zu einer dritten Stufe hinan, welche auch in der Höhenlage mit dem Grönenbacher Feld in Übereinstimmung gebracht werden kann. Und wie dort, auch gegen W, erhebt sich darüber eine Hochfläche, der Bauhofer Berg, entsprechend der Kronburg und dem Hohen Rain, also das Hochfeld.

Die weitere Verfolgung dieser Schotterflächen gab Penck die Grundlage dafür, diese vier Gerölltafeln als Glieder der vier großen Kieslager zu erklären, die über die ganze Iller-Lechplatte sich erstrecken. Das Memminger Feld gehört zur Niederterrasse, das Hitzenhofener zur Hochterrasse, das Grönenbacher zum jüngeren Deckenschotter das Hochfeld zum älteren Deckenschotter. Durch die genauen Untersuchungen solcher Vorkommnisse wie bei Memmingen kam Penck zur Unterscheidung der vier Eiszeitschotter.

c) Der Hochterrassenschotter.

16. Auf die Mindeleiszeit, während welcher der jüngere Deckenschotter zur Ablagerung kam, folgte die Mindel-Riß-Interglazialzeit, während welcher wiederum die Akkumulation von Schotter durch eine Zeit der Erosion unterbrochen wurde. Damals wurden die Haupttäler unseres Heimatgebietes ausgearbeitet. Mindel-Riß-Interglazialzeit

In der dritten, der Rißeiszeit, aber begann wieder eine Periode der Akkumulation, der Anhäufung des aus dem Moränengebiet durch die Flüsse fortgeschafften Gerölles. Wiederum breiteten sie es in der Hochebene aus und bildeten den Hochterrassenschotter, der die nun vorhandenen, aus der vorhergehenden Zwischeneiszeit stammenden, breiten Täler ausfüllte, aber wiederum nicht bis zur Höhe der über ihn hinausragenden Deckenschotter auf den zwischen den jetzigen Tälern ansteigenden Riedel. Denn jetzt waren diese Täler schon so tief in die tertiären Schichten eingelassen, daß ein derartiges Hin- und Herpendeln der Alpenflüsse, wie es zur Zeit der Ablagerung der Deckenschotter möglich war, nicht mehr stattfinden konnte. Rißeiszeit Hochterrassenschotter

Warum aber heißen diese Geröllflächen Hochterrassen? Wir werden später vernehmen, daß auch in die Geröllausfüllungen der Rißeiszeit die Flüsse wieder ihre Rinnen einnagten und alles erreichbare Geröll wieder fortschafften, so daß nur noch die Reste davon übrigblieben, die nun als sehr steil

abgeschnittene Terrassen in den breiten Tälern die Niederung überragen.

Die Donau wird, soweit sie unser Gebiet durchfließt, von einem riesigen Kieslager in Form einer solchen hochgelegenen Terrasse begleitet. Die Städte Gundelfingen, Lauingen, Dillingen, Höchstädt stehen darauf. Südlich der Donau, zwischen diesen Städten und dem tertiären Hügelland aber fehlt sie. Hier wurde sie von der Donau schon längst wieder entfernt.

Da auch westlich von Ingolstadt Hochterrassenschotter liegen, so müssen wir daraus schließen, daß um diese Zeit, also während des Rißglazials, die Donau hier floß. Auch südlich von Neuburg ist auf dem Blatt Ingolstadt des Gümbelschen geologischen Kartenwerkes an der nordwestlichen Ecke des Donaumooses eine kleine Stelle als Hochterrassenschotter eingetragen. Daraus schließt Penck *), daß zur Hochterrassenzeit die Donau schon das Stepperg-Neuburger Defilee benützte, obwohl in der Talenge selbst keine Hochterrasse gefunden wird. S. Übersichtskarte Tafel I.

Stepperg-Neuburger Engtal

Die Donau hätte aber zu der angeführten Terrasse auch einen anderen Weg, nämlich durch das Leidling-Sinning-Rohrenfelser Tal, finden können, auf das auch Bayberger in der früher zitierten Abhandlung hinweist.

Sinninger Tal

An die westlich von Ingolstadt befindlichen Hochterrassen im Unterlauf der Schutter könnte sich aber eine andere Frage knüpfen: Sollte zur Hochterrassenzeit die Donau vielleicht von Wellheim aus durch das jetzige Schuttertal nach Ingolstadt gelangt sein? Denn dieses Tal hätte recht wohl einen großen Fluß beherbergen können.

Schuttertal

17. Im übrigen Gebiet, südlich von der Donau, aber ist der Hochterrassenschotter folgendermaßen verteilt. Das größte Geröllfeld dieses Schotters begleitet im württembergischen Oberschwaben die Riß. Deshalb hat Penck den Namen Riß-Eiszeit für diese Glazialepoche gewählt. Hier verläuft die Hochterrasse abwärts auch längs des jetzigen Donaulaufes. Die alte Strecke durch das Blaubeurener Tal muß also zugunsten der südlichen Strecke am Albrand verlassen worden sein.

Riß

Eine zweite ausgedehnte Hochterrasse findet man im Tal der bayerischen Roth, eine weitere im Günztal, im Kammlachtal und im Lechtal.

*) l. c. S. 56.

Im unteren Illertal und Mindeltal aber ist bis jetzt kein Hochterrassenschotter festgestellt worden. Was auf der Gümbelschen Karte im Mindeltal als Hochterrassenschotter eingetragen ist, wird, wie früher (S. 176) auseinandergesetzt wurde, von Penck zum jüngeren Deckenschotter gerechnet.

Aus dieser kurzen Übersicht folgern wir, daß um diese Zeit eine ganz andere Einteilung des schwäbischen Wassernetzes bestand als heute.

Es leuchtet ohne weiteres ein, daß die bayerische Roth, die Günz und die Kammlach die alpinen Geröllmassen nicht herbeigeschafft haben konnten. Das geschah im Roth- und Günztal durch die Iller, im Kammlachtal durch die Wertach. S. Übersichtskarte Tafel III.

Vor allem ist es nicht zweifelhaft, daß das breite Trockental südlich von Memmingen, in welchem jetzt nur ganz unbedeutende Bächlein hinschleichen, von der aus der Gegend von Dietmannsried nach N fließenden Iller ausgeformt wurde. Erst später hat die Iller sich ihr jetziges Tal gegen Illerbeuren hergerichtet. Das Memminger Trockental aber setzt sich nach N in das Günztal fort. Das breite Günztal ist ein Werk der Iller. Sie brachte den Hochterrassenschotter aus den Alpen mit.

Memminger Trockental

Günz

In einem anderen Abschnitt der Rißeiszeit aber drang die Iller zwischen Memmingen und Kellmünz in das jetzige Rothtal ein, das sie zu seiner stattlichen Breite ausweitete und mit alpinem Hochterrassenschotter füllte.

Bayerische Roth

Wer die genannten Täler durchwandert oder auf der Karte studiert, dem drängen sich solche Kombinationen von selbst auf. Namentlich aber ist man überrascht, wenn man nach der Überquerung des Illertales zwischen Oberkirchberg und Senden bei Wullenstetten den Riedel hinansteigt und bei Witzighausen plötzlich das weite Rothtal bei Weißenhorn vor sich liegen sieht. Während das Illertal bei Senden eine Breite von 2½ km besitzt, dehnt sich das Rothtal zwischen Witzighausen und Weißenhorn über 4 km aus. Und dieses breite Erosionstal öffnet sich südöstlich von Kellmünz ohne bemerkbare Wasserscheide und bleibt in solch ansehnlicher Breite bis zur Einmündung in die Donau.

Bedeutend schmäler, nur selten 1½ km überschreitend, ist das Günztal. Daraus könnten wir wohl vermuten, daß das wilde Allgäugewässer darin nicht so lang hauste, wie im Rothtal.

Sehr beachtenswert ist endlich, daß im Hochterrassenschotter des bayerischen Rothtales Gerölle vorkommen, die dem Moränengebiet des Rheingletschers entstammen. Also müssen um diese Zeit auch Abflußrinnen des Rheingletschers einen Zugang zum Rothtal gefunden haben *).

Kammlach

18. Die Hochterrasse des oberen Mindeltales aber streicht nach Penck **) ins Kammlachtal. Wer von Pfaffenhausen mit der Bahn vom Mindeltal ins Kammlachtal fährt, findet auch hier nur eine unbedeutende Geländeschwelle. Und die Eiszeitflüsse kamen ja viel höher einher als jetzt! Wer aber hat die gewaltige Mengen alpinen Hochterrassenschotters ins Kammlachtal hereingebracht? Wir werden es gleich erfahren.

Mindel

Das breite Mindeltal ist sicher nicht von dem bescheidenen Bächlein, das bei Dirlewang in den weiten Mindelheimer Kessel heraustritt, ausgearbeitet worden, sondern von der Wertach, die während der Mindeleiszeit bei Türkheim ins Flossachtal und von hier ins Mindeltal übertrat und hier den jüngeren Deckenschotter zur Ablagerung brachte. Auch heute noch würde die Überschreitung einer Geländeschwelle von 5 m genügen, um der Wertach bei Türkheim wieder den Eintritt in ihr altes Tal zu öffnen. Während der Rißeiszeit aber drang die Wertach an der bezeichneten Stelle in das Kammlachtal ein und setzte hier den Hochterrassenschotter ab, der im unteren Mindeltal nach Penck fehlt.

Das sind Umgestaltungen der hydrographischen Verhältnisse unseres Gebietes, die aus der Karte recht wohl ersichtlich sind und uns lehren, daß auch in der Rißeiszeit das schwäbische Flußsystem sich immer noch nicht konsolidiert hatte.

Eine kurze Besprechung des mächtigen Hochterrassenschotters im Lech- und Wertachtal ersparen wir uns auf den folgenden Abschnitt, da hier ein Ineinandergreifen des Hoch- und Niederterrassenschotters zutage tritt, das besser bei der Erörterung des letzteren erledigt werden kann.

d) Der Niederterrassenschotter.

Riß-Würm-Interglazialzeit

19. Wieder zogen sich die Gletscher ins Gebirge zurück, wieder wurde das Alpenvorland eisfrei, und die Alpenflüsse traten neuerdings von der Akkumulation zur Erosion über.

*) Penck, l. c. S. 56.
**) S. 55.

Dann kam noch einmal eine Eiszeit über das Land, die vierte, die Würmeiszeit. Neuerdings wurde Schotter abgesetzt und längs der Flußtäler als Niederterrassenschotter angehäuft. Während aber der Hochterrassenschotter bis 50 m über die jetzigen Talsohlen ansteigt, bleibt beim Niederterrassenschotter die Mächtigkeit unter 10 m.

Würmeiszeit

Niederterrassenschotter

Diese Gerölle halten sich genau an die jetzigen Flußläufe. Ein wichtiges Merkmal des Niederterrassenschotters ist, daß er nirgends vom Löß bedeckt ist. Seine Felder sind deshalb gewöhnlich trockene Riede.

Wie sind nun die Niederterrassen in unserem Gebiet verteilt?

Die Iller ist nun auch im Unterlauf von einer mächtigen Niederterrasse begleitet. Diesen Schotter hat nicht nur die Iller herbeigeschafft. Ein großer Teil ist von der Aitrach aus dem Leutkircher Moränengebiet zugeführt worden. Eine große Ausbreitung findet dieser Schotter in der Memminger Gegend, wo wir ihn bei Besprechung der vier Memminger Felder kennengelernt haben. Wenn nun auch im Roth- und Günztal schmale Niederterrassenstufen sich vorfinden, so zeigt uns doch die gewaltige Entwicklung dieses Schotters im Illertal, daß die Iller die beiden genannten Täler noch während der Würmeiszeit verlassen und von ihrem jetzigen Tal Besitz ergriffen hat.

Iller

Auffallend ist es aber, daß dieses mächtige Kieslager nicht seine Fortsetzung im Donautal findet. Bis Neuburg hinab kennt man keine Niederterrasse. Es ist kaum anzunehmen, daß die Bildung einer solchen hier gänzlich unterblieb. Aber die Donau hat in der langen Zwischenzeit damit aufgeräumt. Bei ihren zahllosen Mäandern auf beiden Uferseiten hat sie sich ihr mehrere Kilometer breites Tal ausgeformt und die lockeren Kiesmassen der letzten Eiszeit abtransportiert. Allerdings trifft man in unseren Rieden mehrere Meter starke Kieslagen. Nirgends aber findet man sie in Form von Terrassen. So kann man kaum mit Sicherheit sagen, ob die vielen Kiesgruben in den Rieden im unteren Niveau einer einstigen Hoch- oder Niederterrasse oder in den Alluvionen der jetzigen Donau angelegt sind. Erst bei Neuburg, unmittelbar südlich von der Stadt, beginnt eine Niederterrasse, die sich südlich der Bahn nach O erstreckt

Donau

und in der Gegend von Ingolstadt zu bedeutender Breite sich entwickelt hat. Nun besteht allerdings kein Zweifel mehr, daß die Donau inzwischen den Weg durch die Stepperg-Neuburger Enge eingeschlagen hat.

Ein ausgedehntes Niederterrassenfeld ist ferner in der Gegend von Mindelheim, Türkheim und Wörishofen. Wer die dortigen großen Kiesgruben in dem lockeren Geröll kennt, der ist nicht im Zweifel, daß das nicht junge alluviale Bildungen der Jetztzeit sind, sondern eiszeitliche Kiesdepots, die zu ihrer Auffüllung den langen Zeitraum einer Eiszeitperiode gebraucht haben. Dieses Niederterrassenfeld setzt sich sowohl ins Mindeltal, als auch ins Wertachtal fort. Daraus

Wertach

entnehmen wir, daß die Wertach erst in der Würmeiszeit in ihr jetziges Tal hinübergewechselt hat. S. Übersichtskarte Tafel III.

Und nun beginnt im direkten Anschluß an die Kaufbeurer und Schongauer Moränen ein gewaltiges Kieslager in den breiten Tälern der Wertach und des

Lech

Lechs. Von der Linie Türkheim—Buchloe—Landsberg an besteht eigentlich nur ein Tal dieser beiden Flüsse. Lediglich ein schmaler jüngerer Deckenschotterstreifen des Rotwaldfeldes ragt nach N bis Hurlach über diese Linie hinaus. Wertach und Lech werden nur durch eine breite bis 15 m aufragende Hochterrasse getrennt, die in Augsburg endigt. Sie

Augsburger Feld

wird von Penck das Augsburger Feld genannt. Im W und O begleiten dieses Feld die Niederterrassen der Wertach und des Lechs. Jene der Wertach ist großenteils ein feuchtes, vertorftes Ried. Die Niederterrasse des Lechs aber ist das

Lechfeld

Lechfeld, eine dürre Weidefläche mit dünner Vegetationsdecke.

In dieses breite Wertach-Lechtal dringt von O noch ein

Paar

dritter Wasserlauf ein, die Paar, die sich recht sonderbar benimmt. Sie betritt bei Mering das Lechtal, fließt in diesem weiten Tal eine Strecke weit und biegt bei Ottmaring höchst auffallenderweise wieder nach NO ab, indem sie bei Ottmaring neuerdings in das tertiäre Hügelland hineinfließt und bei Großmering östlich von Ingolstadt in die Donau mündet.

Die einfachste Erklärung dieses sonderbaren Verhaltens wird wohl folgende sein. Im ganzen Verlauf des unteren Paartales findet sich Niederterrassenschotter. Also wird wohl der Lech selbst während eines Teiles der Würmeiszeit durch dieses

Tal geflossen sein. Später aber verbarrikadierte er sich den Zugang durch Geröll und mußte wieder die Nordrichtung einschlagen. Die Paar aber, die sich bescheiden am Ostrand des Lechtales hielt, wurde durch die gleichen Gerölle vom Lech getrennt, konnte in das Ottmaringer Defilee eintreten und es sich in dem weiten Tal bequem machen.

Wir sind mit der Erörterung der eiszeitlichen Geschichte des Wassernetzes der Iller-Lechplatte zu Ende. Denn die Beschreibung der zahllosen kleineren Wasserläufe gehört mehr in das Gebiet der Geographie, als der Geologie. Sie würde uns hier zu weit führen.

3. Das Moränengebiet.

20. Es mag etwas sonderbar erscheinen, daß wir bei der Besprechung der eiszeitlichen Verhältnisse in unserem Heimatgebiet zuerst das mittelschwäbische Hügelland mit seinem Flußsystem erörtert haben und jetzt erst dazu übergehen, die Auswirkung der gewaltigen Allgäuer Eiszeitgletscher zu untersuchen.

Aber das hing mit der P e n c k schen Methode zusammen. Nicht im Gebirge hat er die Resultate gewonnen, die zur Vierteilung der Eiszeit geführt haben, sondern im Vorland, namentlich an den Ursprungsstellen der Schotterlager.

Das war aber der umgekehrte Weg als jener, welcher früher von den Glazialgeologen eingeschlagen wurde. Damals gingen die Forscher von den jetzt noch vorhandenen Alpengletschern aus und verfolgten die Spuren ihrer Tätigkeit bis ins Vorland hinaus. Penck aber fing hier an und wanderte aus dem Vorland ins Gebirg hinein. Nicht nach den Gletschern, sondern nach den Schotterfeldern hat er seine vier Eiszeiten unterschieden und benannt. Aus diesem Grunde mußten wir die Besprechung dieser Schotter zuerst erledigen und wenden uns jetzt erst zum Moränengebiet, wo die Gletscher im Vorland haltgemacht haben.

a) Die Allgäuer Eiszeitgletscher.

21. Zwei Riesengletscher kamen aus dem Gebirge heraus: der Illergletscher und der Lechgletscher. S. Übersichtskarte Tafel III.

Illergletscher

Über den I l l e r g l e t s c h e r hat M a r t i n K e l l e n b e r g e r eine sehr gründliche Studie *) veröffentlicht, der ich

*) Aus dem Eiszeitalter in der Umgebung der Stadt Kempten (ohne Verlag und Druckjahr). Diese Schrift eignet sich namentlich auch zur Begehung des Kemptener Moränengebietes.

im nachstehenden manches entnommen habe. Der Gletscher kam aus dem oberen Illertal und sammelte auch die Eisströme, die aus den Seitentälern wie Nebenflüsse in ihn einmündeten. So kam es, daß auch vom rechten Nachbarn, dem Lechgletscher, Seitenzweige den Weg zu ihm fanden.

Vor dem Gebirge bedeckte er das ganze Kemptener Gebiet bis nach Legau, Grönenbach und Ronsberg. Im O des Vorlandes verschmolz der Illergletscher mit dem Lechgletscher. Im W aber bestand wohl in den älteren Eiszeiten eine Verbindung mit dem Rheingletscher. In der Würmeiszeit aber reichten die Endmoränen nicht mehr über den Zug der Vorberge zwischen Isny und Kempten zum Rheingletscher hinüber.

Lechgletscher

Der Lechgletscher folgte dem oberen Lechtal. Bei Weißenbach trat ein Seitenzweig über den Paß Gacht ins Tannheimer Tal und von hier ins obere Wertachtal über. Hier war auch die Stelle, wo schon im Gebirge eine Verbindung des Iller- und Lechgletschers hergestellt wurde. Bei Vils zweigte ein weiterer Seitenstrom ins Vilstal ab. Und nun schob sich die ganze Eismasse aus dem Gebirge ins Vorland hinaus, aus dem Wertachtal, über den Falkensteinzug bei Pfronten und aus der Lechpforte bei Füssen. Die Eiswüste des Lechgletschers reichte während der weitesten Ausdehnung in der Rißeiszeit bis über Türkheim, Buchloe und Landsberg hinaus, während der Würmeiszeit aber nur über Kaufbeuren und Schongau.

Der Illergletscher und der Lechgletscher kamen aus dem Innersten des Hochgebirges. Aber auch die Allgäuer Alpen hatten eine starke eigene Vergletscherung mit einer größeren Zahl von Lokalgletschern, die in den Tälern ihre Spuren hinterlassen haben.

22. In allen Tälern, durch welche Gletscher zogen, machten sich die Wirkungen dieser gewaltig schweren, langsam sich abwärts wälzenden Eismassen geltend. Die Talsohlen wurden stellenweise vertieft, namentlich aber wurden die Täler gründlichst ausgeräumt. Die V-förmigen Flußtäler wurden in U-förmige glaziale Trogtäler verwandelt. In den Firngebieten bildeten sich Bergnischen, Kare, mit übertieftem Boden, in verschiedener Höhe aus.

Trogtäler

Kare

Man muß für solche Wirkungen die kolossale Mächtigkeit der Eiszeitgletscher in Betracht ziehen, die Hunderte von Metern betrug. Gümbel fand eiszeitliche Ablagerungen am

Auerberg fast bis zur Höhe der Kuppe hinauf (1055 m). Der Auerberg wird also vom Eis überflossen worden sein.

In den Zwischeneiszeiten zogen sich die Gletscher wieder in das Gebirge zurück, und den Alpentoren entströmten wieder die Flüsse.

b) Die Jungmoränen.

23. Wenn wir uns nunmehr im Moränengebiet des Alpenvorlandes orientieren wollen, so müssen wir bei der letzten, der Würmeiszeit, beginnen. Aus dieser Epoche stammen die Jungmoränen, die in einer Entfernung von 25—30 km vor dem Gebirge in einem äußersten Gürtel konvex gegen das Flachland vorspringen. Diese Moränen sind noch am frischesten. Man findet sie aber nicht nur am äußersten Rand der damaligen Vorlandsvergletscherung, sondern auch innerhalb dieser Linie. Denn die weiter hinten gelegenen Moränenhügel entsprechen den Rückzugsstadien der Gletscher. Hier haben sie immer wieder einen längeren Halt gemacht. Während dieses Aufenthaltes ist wieder eine Unmasse Gebirgsschutt über die Gletscherstirn heruntergefallen, hat sich angehäuft und ist nach dem Abschmelzen des Eises als Moränenhügel bestehen geblieben. Jungmoränen

24. Hinter einem Moränenwall fällt das Gelände zu einer beckenförmigen Eintiefung. Denn hier hat das Gletscherende, die Gletscherzunge, mit gewaltiger Kraft gescharrt und gewühlt. Man nennt solche Mulden Zungenbecken. Diese erscheinen gewöhnlich als ringsum geschlossene Wannen, welche Seen beherbergen oder einst beherbergt haben. Bei Kempten bestand ein solcher Gletschersee. Das wird nachgewiesen durch ein Flußdelta bei der Stadt, einen Schuttkegel, bestehend aus den schief zum Seeboden einfallenden Geröllschichten, die der Fluß bei der Einmündung in den See abgesetzt hat. Das größte Zungenbecken unseres Gebietes ist der Bodensee. Daß dieser große See aus der Eiszeit sich bis heute erhalten konnte, wird den Schwierigkeiten verdankt, die dem Rhein, namentlich bei Schaffhausen, hinsichtlich Tieferlegung seiner Rinne entgegenstehen. Wenn einmal der Jurariegel des Rheinfalles weggeräumt sein wird, dann würde der Spiegel des Bodensees um 30 m sinken und sein Flächen- und Rauminhalt um ein Viertel abnehmen. Eine solche Senkung der Wasserfläche aber würde die Tätigkeit seiner Zuflüsse, namentlich des Rheins, sehr beleben. Er würde bei um so viel stärkerem Gefälle enorme Zungenbecken

Kemptner See

Bodensee

Schuttmassen herbeiführen und die verkleinerte Wanne rasch ausfüllen *). Weitere Zungenbecken finden sich bei Wildpoldsried und Markt Oberdorf.

Füssener See

Dagegen gehört der ehemalige große Füssener See zu einer anderen Gruppe eiszeitlicher Seen. Es handelt sich hier um einen übertieften weiten Ausgangstrichter des Lechs. Bei Reutte in Tirol hat das Lechtal eine Breite von 4 km. Von hier aus erweitert sich der Ausgangstrichter auf über 20 km. Auch dieses eingetiefte Alpenvorgelände wurde in der Nacheiszeit zu einem großen See gestaut, von dem nur noch einige Reste übriggeblieben sind: der Weißensee, der noch eine Tiefe von 25 m besitzt, der Hopfen- und Bannwaldsee, deren Tiefe nur noch 11 m erreicht **). Das übrige Becken hat der Lech schon längst mit seinen Geröllen ausgefüllt.

25. Eine weitere Merkwürdigkeit einer Moränenlandschaft bilden Gruppen von Hügeln von elliptischem Grundriß. Ihre Längsachsen sind in der Richtung der Eisbewegung eingestellt. Sie sind also fächerförmig aus dem Zungenbecken gegen den Bogen des Moränenwalles orientiert. Diese Hügel heißen

Drumlins

Drumlins (ein englisches Wort, welches flache, langgestreckte Hügel bedeutet) ***). Förmliche Schwärme von Drumlins befinden sich in der Umgebung von Kempten. Sie wurden von M. Kellenberger sorgfältig auf der seiner Abhandlung angefügten Kartenskizze eingetragen. Eine weitere Gruppe liegt nördlich vom Weißensee bei Füssen. Die größte noch in unser Gebiet hineinragende Drumlinlandschaft aber befindet sich im nördlichen Vorgelände des Bodensees und ist auf der Penckschen Karte des Rheingletschers †) sichtbar gemacht. Über die Bildungsweise dieser merkwürdigen Hügel ist man sich noch nicht ganz im klaren. Hennig ††) meint, sie seien durch knetende, pressende, ausräumende Einwirkung des vorrückenden Eises vornehmlich auf leicht ansteigendem, plastischem Untergrund zustande gekommen. M. Kellen-

---

*) Penck und Brückner, Die Alpen im Eiszeitalter, II Bd., S. 418. S. auch die Karte hinter S. 396.

**) Penck und Brückner, l. c. I. Bd., S. 202; Ludw. Simon, Die Entstehung der voralpinen bayerischen Seen (Forschungen z. bay. Landeskunde, 2. H.), Natur und Kultur, München, S. 58/60.

***) Nach M. Kellenberger stammt das Wort aus dem Gälischen (Hochschottland) und ist das Verkleinerungswort von Druim, das „Rücken" bedeutet.

†) Alpen im Eiszeitalter, Bd. II, hinter S. 396.

††) Geologie v. Württemberg, S. 257.

berger, der ja in Kempten von Drumlins förmlich umringt ist, äußert sich über das Material, aus denen diese Rücken bestehen, folgendermaßen: Die meisten enthalten Grundmoränenmaterial, es gibt aber auch solche, die sich aus Schotter zusammensetzen, die einen Felskern umschließen. Wieder andere sind aus dem tertiären Untergrund herausgeschliffen.

c) Die Altmoränen.

26. Vor den Jungmoränen der Würmeiszeit findet man die Spuren der vorausgegangenen Riß- und Mindeleiszeit, die Altmoränen. Im Illerabschnitt gehen sie nur wenig über die Jungmoränen hinaus. Im Moränengebiet des Lechgletschers aber treffen wir einen weit nach N reichenden Fortsatz von Altmoränen bis über Mattsies, Türkheim und Buchloe hinaus. Östlich davon weichen die Altmoränen der Rißeiszeit weit nach S zurück, so daß zwischen den Rißeiszeitgletschern des Lechs und der Isar eine 10 km breite, von der Gennach bis zum Lech reichende Lücke bestand. Anscheinend floß der Lech während der Rißeiszeit über Kaufbeuren im jetzigen Wertachtal und wurde erst hernach in sein jetziges Tal nach O abgelenkt. Östlich von dieser Lücke greift das riesige Moränengebiet des Isargletschers weit nach N vor. **Altmoränen**

27. Diese vor dem Gürtel der Jungmoränen liegenden Altmoränen unterscheiden sich von diesen erheblich. Die Jungmoränen deuten uns jetzt noch durch ihre konvex vorspringenden Bögen den Verlauf der Gletscherstirnen an. Bei den Altmoränen in unserem Gebiet ist das nicht der Fall. Sie bilden vielmehr Höhenzüge, die sich nach dem Lauf der jetzigen Flüsse richten, geradeso wie die tertiären Hügelzüge Mittelschwabens. Daraus entnehmen wir, daß sie in der viel längeren Zeit, die seit ihrer Anlage verstrichen ist, sehr energisch vom fließenden Wasser bearbeitet worden sind. Deshalb haben sie die ursprüngliche Moränenform gänzlich eingebüßt. **Unterschied zwischen Alt- und Jungmoränen**

Aber ihre Zusammensetzung, ihr Inhalt verweist sie nicht zu den Schottern, sondern zu den Moränen.

Daraus geht hervor, wie außerordentlich schwierig es war, die Altmoränen auf die älteren Eiszeiten zu verteilen. Für die Riß- und Mindeleiszeit konnte Penck diese Verteilung durchführen. Die Methode ist theoretisch sehr einfach, praktisch aber mit nicht geringen Schwierigkeiten verbunden. Man geht dem

Decken- bzw. Terrassenschotter nach S entlang, bis man bei der Moräne anlangt, von welcher der Eiszeitfluß die Gesteine aus dem dort angehäuften Gebirgsschutt herausgeholt und mitgenommen hat. Hier ist der Schotter mit dem Moränenmaterial „verzahnt" Beide gehen ineinander über.

„Verzahnung" des Schotters mit der zugehörigen Moräne

Wir betrachten daraufhin die Kartenskizze der vier Memminger Felder (S. 177) noch einmal. Es ist darauf ersichtlich, wie südöstlich von Grönenbach der Niederterrassenschotter der Würmeiszeit in die hier vorzüglich erkennbare Jungmoräne übergeht. Und südlich von Lautrach ist der Anschluß des Hochterrassenschotters und des Deckenschotters an entsprechende Altmoränen gefunden worden. Nur rückwärts, gegen das Gebirge zu, von den Schotterfeldern im N zum Moränengürtel im S, konnte diese Austeilung der Altmoränen auf die Riß- und Mindeleiszeit vorgenommen werden.

Rißmoränen Mindelmoränen

So gelang es, den Hochterrassenschotter der Rißeiszeit und den jüngeren Deckenschotter der Mindeleiszeit mit bestimmten Altmoränen zu verknüpfen. Bei diesen Untersuchungen ergab sich, daß die Rißmoränen am weitesten nach N vorgedrungen sind, daß also die Eiswüste vor dem Gebirge in der dritten, der Rißeiszeit, ihre größte Ausdehnung erreicht hat.

Günzmoränen

Wo aber liegen die Altmoränen der Günzeiszeit? Hiervon war noch gar nicht die Rede. Hierüber findet man keine Angaben. Offenbar lagen die Altmoränen der Günzeiszeit innerhalb des Gürtels der Jungmoränen der Würmeiszeit. Dann ist es aber klar, daß ihre Spuren verwischt sind, daß sie von den Eismassen der späteren Eiszeiten und vom fließenden Wasser schon längst aufgearbeitet worden sind.

28. Nun erhebt sich aber die weitere Frage: Wie kann man denn an solchen Stellen, wo die Schotterfelder mit den Moränen verzahnt sind, zwischen dem Moränenmaterial und dem Schotter unterscheiden?

Unterschied zwischen Moränenschutt und Schotter

Wie eine Kiesgrube aussieht, weiß jedermann. Wir finden hier wohlgeschichtete Lagen von abgerundeten Gesteinsstücken verschiedener Arten, wie sie eben der Gletscher aus dem Gebirge mitgebracht hatte. Die Ecken sind durch den Transport am Grund des Wassers abgerundet, die Kanten abgeschliffen worden. Das geschah durch das Aneinanderstoßen der Steine und die Reibung bei der langsamen, schiebenden Fortbewegung.

Zwischen den Kieslagen findet man Sandschichten. Also ist bei der Geröllverfrachtung durch den Fluß an einer ruhigen Stelle der Sand liegen geblieben und der Kies vorübergerollt. Bisweilen sind die Kies- und Sandschichten kohlig. Hier war eben einst die Anschütte, das Kiesbett bewachsen. Bei der Vermoderung der Pflanzenwurzel ist die Kohle gebildet worden.

Die Hauptsache aber ist immer die regelmäßige Schichtung der Kies- und Sandlagen in einer Kiesgrube. Auch der Umstand, daß die Gerölle nicht auf der Kante stehen, sondern mit der flachen Seite aufliegen, zeigt den Transport durch das fließende Wasser an. Endlich besteht in der Kiesgrube, wie schon der Name sagt, die Hauptmasse aus Kies, die sandige Grundlage tritt zurück.

Wesentlich anders liegen die Verhältnisse bei den Moränen. Im Moränenschutt eines jetzigen Gletschers hat man zu unterscheiden zwischen

a) dem Material, welches auf dem Rücken des Gletschers in den oberflächlichen Moränenstreifen mit dem Eisstrom langsam ins Tal mitgenommen wird, und — Oberflächliche Moräne

b) dem Material, welches in den Zwischenraum zwischen dem Gletscher und der Bergwand oder in eine Gletscherspalte hinabfällt und am Grunde des Gletschers ebenfalls die Talfahrt mitmachen muß. — Grundmoräne

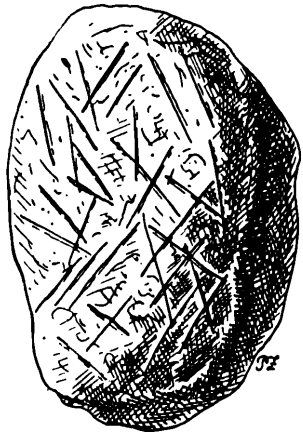
Das erstere Gesteinsmaterial wird wenig verändert. Nachdem es beim Herunterkollern vom Berg auf dem Gletscher heftig aufgeschlagen ist, widerfährt ihm nichts mehr, bis es vorn an der Gletscherstirn wieder herunterpurzelt. Dann bleibt es liegen, wie es kam.

Dagegen wird den Gesteinstrümmern, welche das Unglück hatten, auf den Gletschergrund zu geraten, übel zugesetzt. Sie werden in den hier befindlichen nassen Gletscherschlamm eingehüllt und geraten dann beim langsamen Weitergleiten irgendwo unter den furchtbaren Druck des mächtigen Eisstromes. Dann werden bei der langsamen Fortbewegung wie beim Schub eines Flusses, auch die Ecken und Kanten abgeschliffen. Es kommt aber noch eine Besonderheit hinzu. Wenn unter einem so gewaltigen Druck zwei Steine aneinander vorbeigeschoben werden,

dann gibt es Schrammen und Kritzen, wie wenn man einen Meißel unter Druck über einen Stein hinwegführt. Solche gekritzte Steine findet man in den Moränen. Die Schrammen sind scharf und laufen kreuz und quer, wie eben der Stein jeweils lag.

Gekritzte Geschiebe

Abb. 45



Gekritztes Geröllstück.

In der Kiesgrube liegen die Gerölle und der Sand wohl geschichtet. In der Moräne sind die Steine wirr durcheinander in die sandig-tonige Grundmasse eingebettet. In der Kiesgrube herrscht das Kies vor, in der Moräne die Grundmasse. Denn bei unseren eiszeitlichen Moränen handelt es sich hauptsächlich um Grundmoränenmaterial.

29. So haben wir die Spuren der Eiszeit an uns vorüberziehen lassen, zuerst die Schotterfelder, welche die Flüsse im Flachland ausgebreitet haben, und hernach das Moränengebiet mit den untrüglichsten Zeichen der ehemaligen Vergletscherung des Vorlandes vor dem Gebirge. Und beim Verfolg der Tätigkeit der eiszeitlichen Flüsse erkannten wir, daß die Eiszeit diejenige geologische Epoche war, welche unserem Heimatgebiet seine landschaftliche Form, sein Relief, gegeben hat.

Landschaftsbild während der Eiszeit

In welchem Zustand befand sich aber damals unser Gebiet? Wie haben wir uns das Landschaftsbild vorzustellen? Es sind genug Anzeichen vorhanden, daß in gewissen

Tundra

Zeiten der Eiszeit in Mitteleuropa sich eine Tundra oder Moossteppe ausgebreitet hatte, vergleichbar den unwirtlichen Gegenden Nordsibiriens. Da dort schon in geringer Tiefe der Boden dauernd fest gefroren ist, so können keine Baumwurzeln ernährt werden. Deshalb bedecken sich die endlosen Flächen nur mit krautiger Vegetation, hauptsächlich mit genügsamen Moosen und Flechten. Damals lebten in unserem

Tierwelt

Heimatland das Renntier, das wollhaarige Mammut, der Höhlenbär, Eisfuchs, Vielfraß, Moschusochse, Pfeifhase. Aber auch

Mensch

der Mensch war Zeuge der traurigen klimatischen Verhältnisse dieses mitteleuropäischen Grönlands. Im Moor bei Schus-

senried, in den Höhlen des Blautales, in der Ofnet bei Nördlingen sind die unzweideutigen Beweise seiner Anwesenheit gefunden worden.

Da aber kalte Eiszeitphasen mit warmen Zwischeneiszeiten abwechselten, so mußte auch das Vegetationsbild jeweils ein anderes gewesen sein. So deutet eine besondere Tier- und Pflanzenwelt auf eine von Stürmen durchtobte Grassteppe hin. Es haben sich aber auch Reste vorgefunden, die auf ausgedehnte Waldbestände schließen lassen, die zwischen Tundra und Grassteppe eingeschaltet waren. Das war natürlich in den Zwischeneiszeiten der Fall. War ja doch Deutschland noch zur Römerzeit mit sumpfigem Urwald bedeckt, dem Schrecken der Legionen. Er bestände jetzt noch, wenn sich nicht die Bodenkultur des Waldlandes bemächtigt hätte.

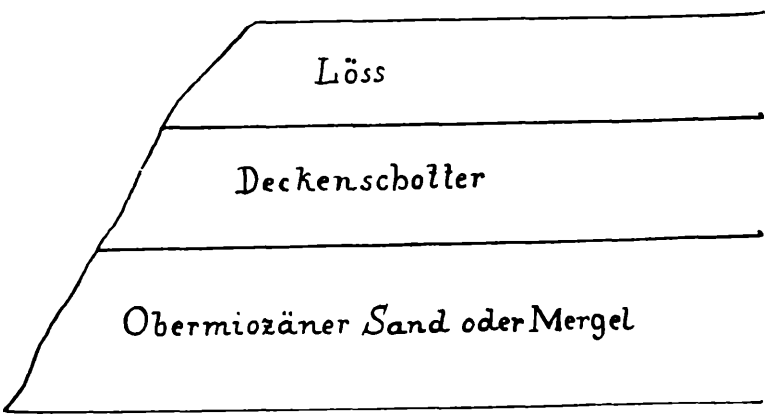
Grassteppe
Wald

Wir sehen also, daß sich für die verschiedenen Phasen der Eiszeit recht wechselvolle Landschaftsbilder auftun.

4. Löß und Lehm.

30. Als eine besondere Bodenart, deren Entstehung sich auf die Eiszeit zurückführt, ist die stellenweise bis zu 20 m dicke Lößdecke zu erwähnen, welche die große Fruchtbarkeit

Abb. 46.



Aufeinanderfolge der Schichten in der schwäbischen Hügelzone.

des Hügellandes südlich der Donau bedingt. Sie ist über den eiszeitlichen Geröllfeldern ausgebreitet und bildet die oberste geologische Schicht der plateauartigen Verebnungen, welche

von einem Tal zum anderen reichen. Allerdings findet man den Löß auch tiefer an den Talrändern. Hier aber befindet er sich auf sekundärer Lagerstätte. Er ist von den Höhen abgeschwemmt oder auch abgeweht worden. Deshalb unterscheidet man

Höhenlöß Gehängelöß

Höhenlöß auf dem Plateau und Gehängelöß längs der Täler.

Wir wollen zunächst vom petrographischen Standpunkt aus den Löß und den Lehm untersuchen. Beide gehören zu den Tongesteinen und unterscheiden sich chemisch dadurch, daß der Löß 10—30% kohlensaures Kalzium enthält, während dieses beim Lehm fast ganz fehlt. Die braune Farbe beider rührt von Eisenhydrat her. Der Löß ist scheinbar ungeschichtet, wenn auch horizontale Einlagerungen vorkommen. Dagegen ist er, wie an Steilwänden deutlich zu sehen ist, vertikal zerklüftet, so daß er sich in senkrecht sich ablösenden Schollen abblättert. Daher hat er wohl seinen Namen erhalten. Diese vertikalen Risse sind von den in die Tiefe gehenden Pflanzenwurzeln veranlaßt worden. Ferner kommen im Löß Kalkkonkretionen vor, die

Lößkindchen

sogenannten Lößmännchen oder Lößkindchen, von verschiedener Form. Diese entstanden durch Ausscheidung von kohlensaurem Kalzium aus dem durchsickernden kalkreichen Wasser. Solche Ausscheidungen haben sich auch um die feinen Wurzelfasern gebildet.

Endlich findet man häufig die weißen Schalen kleiner Landschnecken, hauptsächlich von *Helix hispida*, *Succinea oblonga* und *Pupa muscorum*.

Löß und Lehm vermögen das Wasser zurückzuhalten, besitzen aber immerhin ausreichende Durchlässigkeit, um, abgesehen von ihrem Reichtum an den für die Pflanzen wichtigen Salzen einen ausgezeichneten Ackerboden abzugeben.

31. Wenn wir uns nun der schwierigen Frage nach der

Entstehung des Lößes

Entstehung des Lößes zuwenden, so müssen wir vor allem diejenigen Merkmale herausgreifen, die wir aus der Verknüpfung des Lößes mit anderen Schichten entnehmen können. Hier scheint der Umstand nicht unwichtig zu sein, daß im Gebiet der tertiären Quarzgerölle östlich vom Lech der Lehm, auf den kalkführenden Diluvialgeröllen der Iller-Lechplatte der kalkreiche Löß vorherrscht. Dazu kommt der bereits mitgeteilte Umstand, daß der Niederterrassenschotter nirgends mit Löß bedeckt ist, daß die Bildung des Lößes also vor der Würmvergletscherung beendigt war. Sie wäre demnach auf die Zeit

nach der Ablagerung des älteren Deckenschotters bis zur Zeit vor der Ausbreitung des Niederterrassenschotters beschränkt gewesen. Da ferner der Löß auf den Geröllflächen liegt, so würde die Lößablagerung jeweils in die Zeiten zwischen den Geröllanhäufungen, also in die Zwischeneiszeiten hineinfallen. Die Schotter wären demnach Produkte der Glazialzeiten, die Lößablagerungen der Interglazialzeiten *).

Gümbel **) hielt den Löß für einen aus Hochfluten abgesetzten Flußschlamm. Er entstammt nach seiner Meinung vorherrschend den gewaltigen Überschwemmungen während niederschlagsreichen Perioden der Eiszeit, bzw. während des vermehrten Abschmelzens der Eiszeitgletscher, was eine Rückstauung der Allgäuer Flüsse zur Folge gehabt haben müsse. In solchen Staugewässern sei der Löß niedergeschlagen worden.

Auch der norddeutsche Löß wird von Wahnschaffe und Koken als Absatz der ungeheuren Wasserfluten angesehen, welche beim Abschmelzen der letzten Inlandeisdecke entstanden und vor deren Rand zu bedeutender Höhe aufgestaut wurden ***).

Äolische Bildung des Lößes

Doch neigt man gegenwärtig mehr zur äolischen (Aeolus, Gott der Winde) Entstehung des Lößes, die von Freiherr von Richthofen in seinem großen Werk über China vertreten wurde. Hier kommen Lößschichten bis zu 300 m Mächtigkeit vor. Dieser Löß besteht aus feinsten Verwitterungsteilchen der Gesteine, die vom Wind zusammengeweht und angehäuft wurden.

Eine Anhäufung solcher Teilchen setzt aber das Vorhandensein einer Grassteppe voraus. Denn wo der Staub auf einen vegetationslosen Boden niederfällt, da kann er nicht liegen bleiben. Da wird er immer wieder emporgewirbelt und fortgetrieben. Ganz anders aber ist es, wenn der Staub auf einer mit Gras bewachsenen Steppe abgesetzt wird. Hier verleihen ihm die Grashälmchen Halt. Und hier sind die Bedingungen zur Bildung dicker Staubschichten gegeben. Denn die Grasdecke durchdringt alsbald die Staubdecke und sprießt aus ihr neuerdings hervor. Dann aber kann der gleichsam unter das Gras hinabgezogene Staub nicht mehr im großen vom Wind

*) Penck u. Brückner, Bd. I, S. 111.
**) Geognost. Beschr. der fränkischen Alb, S. 168.
***) Kayser, Lehrb. d. Geologie, II. T., S. 507.

fortgetragen werden. Das Gras wächst über den Staub hinweg. Es wird vom Staub immer höher geschoben. Wenn sich dieser Vorgang fortgesetzt wiederholt, dann entsteht allerdings eine mächtige Ablagerung solcher feiner erdiger Teilchen. So ist also nach dieser Richthofenschen Erklärung die Grundlage unserer fruchtbaren Ackererde unter Staubstürmen in jenen Zeitläuften gebildet worden, für die wir eine sturmdurchtobte Grassteppe angenommen haben.

In der Tat wurden von Nehring im Braunschweigischen Reste einer reichen, zum großen Teil aus charakteristischen Steppentieren zusammengesetzten Fauna im Löß nachgewiesen.

32. Wenn nun die Ansicht von der äolischen Bildung des Lößes auch für unser Heimatland die herrschende geworden ist, so soll doch nochmals auf die Möglichkeit einer fluviatilen Entstehung für gewisse Gebiete hingewiesen werden. Bei Frühlingshochwässern wird ja auch in der Gegenwart massenhaft gelbbrauner Schlamm aus dem Gebirg herausgebracht und in den breiten Flußniederungen nach dem Ablaufen der Hauptflut liegen gelassen. Auf den überschwemmten Wiesen und Auen aber wird er von der krautigen Vegetation geradeso festgehalten, wie wir uns das bei der äolischen Bildungsweise überlegt haben. Der Effekt wäre hier folglich genau der gleiche wie in der Grassteppe.

Fluviatile Entstehung

Die Vertreter der äolischen Herkunft des Lößes machen aber geltend, daß die massenhaften kleinen Landschnecken darin enthalten sind. Das dürfte bei der fluviatilen Entstehungsweise nicht vorkommen. Aber sind nicht auch im Süßwasserkalk massenhaft Landschnecken hineingeschwemmt worden? Haben diese Schichten nicht gerade von Landschnecken, der *Helix sylvana*, und der *Helix rugulosa* ihren Namen erhalten?

So käme man vielleicht für die Flußniederungen auf einen fluviatilen Ursprung des Lößes zurück, aber mit einer besonderen Modifikation. Der Gümbelschen Ansicht scheint nämlich unter Berücksichtigung der Struktureigentümlichkeiten des Lößes eine gewisse Schwierigkeit anzuhaften. Denn unter einer länger dauernden Wasserbedeckung würde eine horizontale Schichtung resultieren, während beim Löß, wie wir gesehen haben, gerade das Gegenteil der Fall ist, die Zerklüftung erfolgt in vertikaler Richtung.

Vertikalstruktur des Lößes

Aber gerade diese Struktur läßt sich sehr gut zur Mitwirkung der Vegetation bei der Lößbildung in Beziehung bringen.

Denn die Pflanzenwurzeln durchsetzen ja den Boden in absteigender und die Sprosse in aufsteigender Richtung. Eine ursprünglich allerdings horizontale Auflagerung der Schicht wird demnach fortwährend gestört und durchbrochen. Und wenn noch der Umstand hinzukommt, daß die abgestorbenen Wurzeln mit Kalk inkrustiert wurden und so vertikal verlaufende Kalkröhrchen hinterblieben, dann ist die Vertikalstruktur des Lößes und seine senkrechte Abblätterung eine Folge hiervon.

33. Nach den vorstehenden Ausführungen besteht demnach eine Gegensätzlichkeit zwischen den beiden Richtungen: hie äolische, hie fluviatile Bildung des Lößes.

Nun aber ist eine Vereinigung beider Ansichten nicht nur möglich, sondern auch sehr wahrscheinlich, wenn wir folgenden Gedankengang einschlagen.

Der Löß ist verwehter Überschwemmungslehm

Albr. Penck*) hält den Löß für verwehten Überschwemmungslehm, der vom Wind umgelagert wurde. So wäre er doch auf die Tätigkeit der Flüsse zurückzuführen und demnach fluviatilen Ursprungs. Bei Überschwemmungen breiteten die Flüsse den Schlamm über das Land aus. Im Sommer hielt ihn die Vegetation fest. Im Winter aber fegten die Staubstürme über die Steppe und verwehten den Staub. Die Lößbildung wird von Penck gegen den Schluß der letzten Zwischeneiszeit angesetzt.

5. Die Vegetationserde.

34. Wir gelangen so endlich zur obersten Schicht, in welcher der Pflanzenwuchs gedeiht und an deren Ausgestaltung die Pflanzenwelt selbst in hervorragender Weise mitarbeitet. Im wissenschaftlichen Sinn nennt man dieses geologische Produkt eine eluviale (eluvio, Überschwemmung, Überflutung) Bildung und versteht unter Eluvium jene in den allerobersten Erdschichten stattfindenden Veränderungen, die sich an Ort und Stelle selbst vollziehen, ohne daß Zu- oder Abführung von Material durch das fließende Wasser in Frage kommt.

Eluvium

Hierher gehören die oberflächlichen Verwitterungs- und Zersetzungsvorgänge, bei denen Luft und atmosphärische Feuchtigkeit, Hitze und Frost, aber auch das Pflanzenreich be-

*) Nach dem Referat über einen Vortrag Pencks in der Naturw. Umschau d. Chemiker-Ztg., Febr. 1922, Sp. 28 ff.

ständig ineinander arbeiten, wobei letzteres seine abgestorbenen Teile zur Verfügung stellt. So werden die verschiedensten chemischen Reaktionen eingeleitet, durch welche, abgesehen davon, daß sie zu einer Auflockerung des Gefüges der größeren und kleineren Gesteinsstücke beitragen, endlich das Ganze in eine weiche, erdige Masse verwandelt wird. Namentlich darf die lösende Kraft des kohlensäurehaltigen Wassers nicht unerwähnt bleiben, wodurch dem zerkleinerten Material ein beträchtlicher Teil des kohlensauren Kalziums entzogen wird. Immerhin bleibt aber noch übergenug davon übrig, so daß in unserem Gebiet kalkreicher Boden vorherrscht.

So ging, wie früher erörtert wurde, der sterile, felsige Juraboden in fruchtbares Erdreich über. So bildete sich auch über den Geröllflächen, wo immer die Wasserverhältnisse es gestatten, ein locker-sandiger Boden. Und wenn auch diese weiche, krümelige Schicht nur wenige Zentimeter dick ist, so ist nunmehr doch die Gelegenheit geboten, daß zunächst einige anspruchslose, krautige Pflanzen sich ansiedeln. Ihre von Jahr zu Jahr absterbenden Organe aber bleiben in der Erde stecken, vermodern und verwandeln das ursprünglich rein anorganische Material in humöses Erdreich. Lange Jahre mag sich auf dürftigem, dem Wasser entstiegenem Gelände dieser Prozeß des Werdens und Vergehens abgespielt haben, bis das Erdreich so vorbereitet war, daß Sträucher und Bäume Wurzel fassen und ihre Nahrung finden konnten.

Mitwirkung der Tierwelt

Es kommt hinzu, daß auch die Tierwelt an der Zubereitung und Erhaltung der Vegetationserde beteiligt ist. Würmer, Insektenlarven und andere zeitweise oder immer in der Erde lebende Tiere verursachen eine Unterwühlung des Bodens, wodurch nicht nur eine Vermengung der oberen mit den unteren Schichten herbeigeführt wird, sondern auch eine fortwährende Auflockerung und Durchlüftung, so daß der Luftsauerstoff auch in die Tiefe dringen und seine oxydierende Wirkung ausüben kann.

Das sind die hauptsächlichsten Prozesse, welche sich in der von Pflanzen besiedelten Schicht, in der Ackererde, im Waldboden, seit alter Zeit abgespielt haben und sich fortwährend abspielen. Es kommt nun ganz auf die Dauer der eben skizzierten Vorgänge, die Tiefe der lockererdigen Schicht, die Bewässerungsverhältnisse, die Höhenlage usw. an, welchen

Charakter die Vegetation erhält, die mit oder ohne Zutun des Menschen sich angesiedelt hat.

6. Die Torfmoore und Riede.

35. So entstand in schwerer Zeit die Oberfläche unseres Heimatlandes. Der Boden trägt Getreidefelder, Wiesen und Wald. Stellenweise enthält das Gebiet allerdings Torfmoore und unfruchtbare Riede.

Man unterscheidet Hochmoore und Wiesenmoore. Die Hochmoore sind ausgezeichnet durch ihre Besiedelung mit Torfmoosen (Sphagnum). Diese sind kalkfeindlich. Sie gedeihen nur an Plätzen, die von weichem, kalkarmem Wasser getränkt werden. Hochmoore

Die Wiesenmoore aber werden besiedelt von Riedgräsern, Binsen und Laubmoosen, während die vorhin erwähnten eigentlichen Torfmoose der Gattung Sphagnum fehlen. Die übrigen genannten Pflanzen sind kalkliebend. Sie verdanken ihr Dasein dem harten, kalkreichen Wasser. Wiesenmoore

In beiden Fällen aber ist das wesentliche der Torfbildung, daß die abgestorbenen Pflanzenteile vom Wasser bedeckt bleiben, daß sie vermodern, vertorfen und daß auf den Leichen der älteren Generationen die jüngeren etagenförmig in die Höhe bauen, solange es eben die Bewässerungsverhältnisse gestatten. Torfbildung

Im Moränengebiet des Alpenvorlandes haben wir an verschiedenen Stellen — Umgebung von Kempten, Füssen usw. — ehemalige Seebecken konstatiert. Durch eingeschwemmte Geröll- und Schlamm-Massen wurden sie ausgefüllt. Beim Seichterwerden rückte die Vegetation vom Ufer aus immer weiter gegen den See hinein und gab die Veranlassung zur Versumpfung, in weiterer Folge zur Torfbildung. Im Alpenvorland sind weite Flächen mit Torf- und Moorgründen bedeckt. Hier trifft man auch häufiger Hochmoore, da im Bereich der Flyschgesteine das Wasser gewöhnlich kalkarm ist.

Dagegen handelt es sich im schwäbischen Hügelland hauptsächlich um Wiesenmoore. Die Ursachen zu ihrer Bildung sind verschieden. Die meisten Moore dieses Gebietes sind als Talungstorfmoore zu bezeichnen. Sie befinden sich an solchen Stellen, wo durch Verlegung des Flußlaufes ein Altwasser oder irgendeine Vertiefung zurückgeblieben ist. Solche Talungstorfmoore

Stellen erhalten bei Hochwasser oder sonstwie neue Wasserzufuhr, so daß sich die Sumpfvegetation einstellt und allmählich die muldenförmigen Vertiefungen durch den Vertorfungsprozeß ausfüllt. Solche Bedingungen aber ergaben sich an vielen Stellen. Es sind zu nennen: das Donaumoos nördlich von Günzburg, die Torfstiche bei Gundelfingen, Dattenhausen, Mörslingen, die Moore im Günztal bei Großkötz, Ichenhausen, die Torfgründe des unteren Mindeltales bei Burgau und Jettingen, das Türkheimer Moor und die Moore von Tussenhausen und Gennach im Wertachgebiet usw.

Neuburger Donaumoos

Das bedeutendste Torfmoor aber ist das Neuburger Donaumoos. An seiner Bildung sind die riesigen Geröllmassen der Donau schuld. Sie haben die Bäche, welche von den benachbarten Höhen ihren Weg zur Donau suchten, zurückgestaut. Das Wasser sammelte sich an den tieferen Stellen, und die Versumpfung begann. Vor dem Jahre 1790 war diese große Fläche auch wirklich ein Sumpf, der für die Gesundheitsverhältnisse der Gegend sehr nachteilig gewesen ist. Fieber, Ruhr usw. waren dort endemische Krankheitserscheinungen. Deshalb wurde unter der Regierung des Kurfürsten Karl Theodor die Entwässerung und Urbarmachung des Sumpflandes ins Werk gesetzt. Mit einem Aufwand von ½ Million Gulden wurde in drei Jahren das große Unternehmen vollendet, für die damalige Zeit eine sehr respektable Leistung. Hernach wurden auf dem Neuland „Kolonisten" aus nah und fern angesiedelt *).

Kalktuff

36. In einem von kalkreichem Wasser durchtränkten Moor findet man endlich vielfach eine Ausscheidung von Kalktuff. Man kann an diesen wegen ihrer zierlichen Formen gern zu Einfassungs- und Dekorationszwecken (Lourdesgrotten, Gräber) verwendeten Gebilden recht gut ihre Entstehungsweise erkennen. Die verschiedensten Pflanzenorgane, Moosstengel, Wurzeln, Schachtelhalme usw. wurden mit dem vom Wasser ausgeschiedenen kohlensauren Kalk inkrustiert. Es bildete sich, je nach der Dauer der Einwirkung, eine mehr oder weniger dicke Umhüllung. Nachdem das Organische des Pflanzenteils der Vermoderung anheimgefallen war, blieb die Kalkkruste bestehen, die noch das ursprünglich umschlossene Organ als Negativ erkennen

*) Näheres hierüber in J. M. Hübler, Bayerisch Schwaben und Neuburg, Stuttgart 1901, S. 16 ff. Otto Rieder, Die pfalzneuburgische Landschaft, Neuburger Kollektaneen-Blatt, 64. Jg., 1900, S. 115 ff., eine ausführliche, aktenmäßige Arbeit über die Kultivierung des Donaumooses enthaltend.

läßt. Solche Bildungen können übrigens an kalkreichen Quellen auch in der Gegenwart verfolgt werden, wenn z. B. Wurzeln oder Zweige lange Zeit in das Quellwasser hineinhängen. Sie werden nach und nach ebenfalls inkrustiert.

37. Die Moorgründe sind also Bildungen, die in stagnierendem Wasser entstanden sind. Nun gelangen wir zum Gegenteil. Die Durchlässigkeit der Flußgerölle verursacht an vielen Stellen eine Unfruchtbarkeit des Bodens. Die dünne Vegetationsdecke auf den weiten, nicht mit Löß bedeckten Feldern des Niederterrassenschotters und der einer Fortführung durch die Flüsse entgangenen Reste älterer Schotter kann das Wasser nicht genügend halten. Es versitzt und verläuft, es entsteht ein kiesiges Heideland, ein R i e d. **Riede**

Auch solche Stellen treffen wir in unserem Gebiet häufig an. Sie liegen gewöhnlich nur wenige Meter über dem Flußniveau. Hierher gehören das Lechfeld, die Riede bei Ulm, Günzburg, Dillingen, Donauwörth.

---

38. Unsere Hochfläche samt dem bayerischen Anteil an der Alb bietet allerdings keine Landschaftsbilder für verwöhnte Touristen, die nur an den imposanten Naturszenerien des Hochgebirges Gefallen finden. Und doch birgt sie für den Naturfreund viel Liebliches und Anmutiges in den zahllosen Tälern und Tälchen, Bilder von ruhig-heiteren Formen. Weit schweift der Blick über Wiesen und Felder hinweg zu den Wäldern auf den Höhen. Und auf den Höhen wird das Auge gefesselt durch das Alpenpanorama im Süden mit seinen einen großen Teil des Jahres schneebedeckten Häuptern, die uns auch jetzt noch in ernster Eindringlichkeit daran erinnern, daß von ihnen einst das Unheil über das Vorland kam und vielleicht wieder einmal kommen wird in ferner Zukunft.

Jetzt ist unser Gebiet besät mit Städten und Dörfern. Es ernährt einen treu biederen Menschenschlag, in seiner großen Mehrheit einfache, schlichte Leute, unter denen es sich gut wohnen läßt. Möge Boden und Volk auch fernerhin glücklich gedeihen zum Wohle und Segen des Vaterlandes!

Sachregister.

	Seite
Aalbuch, Wassersystem	46
Abrasion	1
Achenschwankung	164
Albüberdeckung, lehmige	41
Albwasserversorgung	36
Allgäuer Alpen	115
„ Decke	114, 118
„ Gebirge	111
„ Gletscher	185
„ Voralpen	125
Allgäuschichten	57
Alpenweiden	58
Alpiden	110
Altmoränen	189
Amaltheuston	30
Angulatensandstein	30
Anisische Stufe	15
Antiklinale	111
Aptien	64, 123
Aptychusschichten	58
Aquitan	74
Archäopteryx	39
Aride Absätze	7
Arietenkalksandstein	30
Arlbergkalk	17
Aufpressung	143
Augsburger Feld	184
Baltringer Meeresmolasse	81
Bethaton	30
Bohnerz	63, 69
„ -Lehm	63
„ -Letten	69
Bonebed	11
Bordeaux-Stufe	76
Brackwasser-Molasse	83
Braunkohle, oberbayerische	75, 76
„ , Ries	132, 157
Bregenzer Wald	122
„ „ , vorderer	125
Brenztal-Oolith	40
Bryozoen-Sandstein	62
Bühlstadium	165
Bunte Bresche	140
Buntsandstein	7, 9, 14, 21
Burdigal	76
Burdigales Meer	72, 82
Burgunder Pforte	83
Cassianer Schichten	16
Cenoman	65
„ -Meer	62
Cyrenen-Mergel	76
Daunstadium	165
Deckengebirge	95, 98
Deckenschotter, älterer	161, 162, 167, 168
Deckenschotter, jüngerer	161, 163, 175
Deckensystem der Alpen	103, 104
Dendriten	38
Diluvium	158
Dinariden	110
Dogger	31
„ , alpiner	57
„ α	32
„ β	32
„ γ	33
„ δ	33
„ ε	33
„ ζ	33
Dolomit	27, 37
Donau-Abbruch	174
„ -Bruchrand	44, 50, 77
„ -Versickerung	48
Drumlins	188
Eisenfresser	38
Eiszeit	158
Eluvium	197
Eozän	68

Seite

Eozän-Meer 68
Erdbeben 2
Erdfälle 41
Erosion 1
„ , präglaziale 168
Explosion im Ries . . . 140, 142

Falten 96, 100
„ -Bildung 102
„ -Decken . . . 96, 97, 100
„ -Gebirge 95
Fazies 16, 22
„ , österr. Kreide- . . . 65
„ , schweiz. Flysch- . . 71
„ , „ Kreide- . . 64
Felsenkalk, plumper . . . 27, 37
Fenster 108, 119
Festungssandstein 9
Fleckenmergel 57
Flexur 44
Flinz-Letten 88
„ -Sand 88
Flußläufe, pliozäne 93
Flysch 70, 125
Formationen 3

Gargellen-Fenster 109
Gault 64, 65, 124
Gebirgs-Bildung 2
„ -Falten 100
Gehänge-Löß 194
Geschiebe, gekritzte 192
Giganteuston 33
Gipfelbildung 59
Gipsmergel 8
Glazialartige Erscheinungen im Ries 136
Gletscherseen 187
Gneis im Ries 130
Goldshöfer Sande 48
Gosau-Schichten 65
Granit im Ries . . 130, 134, 138
„ „ Vorries 153
Grassteppe 193
Graupensand 83
„ -Fluß 83, 93
Grönenbacher Feld . . 175, 178
Grundmoräne 191

Seite

Grünsandstein 62, 124
Gschnitz-Stadium 165
Günz-Eiszeit 162
, -Mindel-Interglazialzeit 162, 175
„ -Moränen 190

Härtfeld, Wassersystem . . . 46
Hauptdolomit 18, 21
Hebungstheorie in den Ostalpen 98
Hegau, Vulkane 127
Heldenfinger Kliff 78
Helvetische Decke . . . 103, 110
Hitzenhofener Feld 178
Hochfeld 178
Hochmoore 199
Hochterrassenschotter 161, 164, 179
Höhenlöß 194
Höhlen 40
„ -Lehm 42
Hornbachfenster 118
Hornstein-Kalk 58
„ -Knollen 38
Hühlen 41
Hungerbrunnen 50

Illergletscher 168, 185
Impressaton 35
Isargletscher 168

Jochbachfenster 118
Jungmoränen 187
Jura 25, 26, 28, 42
„ , brauner 31
„ , fränkischer 26
„ , Schichtenneigung gegen die Donau 51
„ , schwäbischer 26
„ , schwarzer 29
„ , schweizerischer . . . 101
„ , weißer 33
„ -Grieß . 131, 134, 138, 154
„ -Meer 25, 34
„ -Nagelfluhe 82
Jurensiskalk 31

Kalk, blauer 33
„ , Hornstein- 58
„ , Neuburger 39

Seite

Kalk, oberrhätischer 18
„ , Vilser 58
„ , zuckerkörniger 37
Kalk-Bänke, wohlgeschichtete . 35
„ -Tuff 200
Kare 186
Karnische Stufe 17
Karrenfeld 123
Kettengebirge 93
Keuper 8
„ , alpiner 15, 21
„ , germanischer . . 8, 12
Kieselkreide, Neuburger . . . 61
Kiesgruben 192
Kirchberger Schichten 77, 83, 85, 86
Kliff, Heldenfinger 78
Klippen 143, 145
„ -Decke 103
Knollenmergel 8, 10, 12
Korallenkalk 37
Koronatenschicht 33
Kössener Schichten 18
Kostatenmergel 30
Kranzsche Sprengtheorie . . 146
Kreide 60
„ -Meer 60

Ladinische Stufe 16
Lakkoliththeorie 132
Landschneckenkalk 73
Lauchheimer Tunnel 131
Lechfeld 184
Lechgletscher 168, 186
Lechtaler Alpen 112
Lechtaler Decke . . . 114, 118
Lehm 193
Lehmige Albüberdeckung . . 41
Lepontinische Decke 103
Lettenkohle 8
Lias 29
„ α 30
„ β 30
„ γ 30
„ δ 30
„ ε 31
„ ζ 31
„ , alpine 57

Seite

Limnische Absätze 7
Löß 183, 193
„ -Kindchen 194
„ -Männchen 194
„ -Schnecken 194

Mainzer Becken 74
Makrozephalus-Oolith 33
Malm 33
„ α 35
„ β 35
„ γ 35
„ δ 36
„ ε 37
„ ζ 38
„ , alpiner 57
Maria-Eck-Pfennige 70
Marine Absätze 7
Marmorkalk 37
Masseneruption 98
Massenkalk 37
Meeresmolasse, untere . . . 75
„ , obere . . . 76
Memmingen, vier Felder von . 177
Memminger Feld 176
„ Trockental . . . 181
Mensch 192
Mergel, bunter 8
Mindeleiszeit . . . 162, 163, 175
Mindelmoränen 190
Mindel-Riß-Interglazialzeit 162, 164, 179, 182
Miozän 76
Molasse 72
Moossteppe 192
Moränen 190, 191, 192
Moränengebiet 185
Mühlensandstein 9
Muschelkalk 7, 21
„ , alpiner . . 15, 122

Neokom 64, 65, 123
Neptunisten 94
Neuburger Kalk 39
„ Weiß 40, 61
Niederterrassenschotter 161, 164, 182
Norische Stufe 18
Nummismalismergel 30
Nummuliten-Schichten . . . 70

Seite

Ochsenhausener Bohrloch . . 44
Oligozän 72
Omphalosagdaschichten . . . 74
Oolith 33
Opalinuston 32
Orbitolinenkalk 123
Ornatenton 33
Ostalpen, Hebungstheorie . . 98
„ , symmetrischer Bau . 99
Ostalpine Decke . . . 103, 110

Parkinson-Oolith 33
Partnachschichten . . . 16, 122
Penninische Decke . . 103, 110
Personatensandstein 32
Pfohsand 88
Plattenkalk 38
„ , alpiner 18
Pliozän 91
Plutonisten 94
Posidonienschiefer 31
Präglaziale Erosion 168
Psilonotenbank 30

Quarzgeröll 61

Raibler Schichten 17
Rarikostatenschicht 30
Regenwasser 92
Reisbergschichten 39, 61
Reutersche Steine 155
Rhät 8, 11, 13, 18
Rhein-Gletscher . . 168, 182, 186
„ -Tal 95
Riede 199, 201
Riedel 168
Ries 127
„ -Berg 132
„ -Gletscher 143
„ -Kalk 156
„ -See 55, 132, 156
„ -Vulkan, Gümbels . . . 131
„ -Zonen, fünf 129
Riffsandstein 124
Riß-Eiszeit . . . 162, 164, 179
„ -Moränen 190
„ -Würm-Interglazialzeit 162, 164
Rogenstein 33
Roterde 69

Seite

Roterde-Verwitterung 63
Rugulosenkalk 73

Sandstein, Bryozoën- 62
„ , Grün- 62
„ , Neuburger gelber . 62
Sarmatische Stufe 88
Schilfsandstein 8
Schlottraß 153
Schotter 190
„ , glaziale 161
Schrattenkalk 64, 123
Schrumpfungstheorie 102
Schubbewegung 101
Schwäbischer Jura 26
Schwammkalk 37
Sedimentierung 2
Seewenkalk 64, 124
Senon 65
Skythische Stufe . . . 14, 21
Solnhofener Plattenkalk . . . 39
Sowerbyi-Schicht 33
Sprengtheorie 146
Sprudel-Kalk . . . 90, 132, 156
„ -Quellen 138
Steinheimer Becken 49
Stepperg-Neuburger Talenge 171, 180, 184
Stubensandstein . . . 8, 9, 12
Stuttgarter Wasserversorgung . 84
Südalpine Decke . . . 105, 108
Suevit 151
Süßwasser-Molasse, obere . . 88
„ „ , untere . . 73
„ -Quarz 157
Sylvanakalk 88, 90
Synklinale 111

Talstumpen 46
Taltorso 46
Talungsmoore 199
Tertiär 67
„ -Meer 67
Tethys 63
Tiefseeschlamm 2
Torfmoore 199
Transversariuszone 35
Traß 130, 132, 153
Treuchtlinger Marmor . . . 36

Seite

Trias 6, 20
„ , alpine 8, 13, 20
„ , germanische 8
„ -Meer 6
Trockentäler 50
Trogtäler 186
Tropfstein 40
Tuff, vulkanischer . 130, 132, 138
Tundra 192
Turritellenplatte, Erminger . . 80

Überschiebungen im Ries . . 134
Überschiebungsdecken . 98, 100
Ulmer Landschneckenkalk . . 73
Unterengadiner Fenster . 107, 109
Uracher Vulkangebiet . . . 127
Urdonau 93, 170, 174
Uriller 93

Vegetationserde 197
Vergrießung 155
Verzahnung der Schotter mit den Moränen 190
Vilser Alpen 119
„ Kalk 58
Vindelizisches Gebirge 22, 34, 71

Seite

Vindobon 83
Vindobones Meer 83
Virgloriakalk 15, 21
Vulkanembryonen 128
Vulkanismus 2

Wald 193
Wannentraß 153
Wasserdampfexplosion im Ries 148
Wasserscheiden 56
Weilheimer Trockental . . 170, 172
Werfener Schichten 14
Werkkalk 35
Westalpen 99, 101
Wettersteinkalk . . 17, 21, 122
Wiener Stufe 83
Wiesenmoore 199
Wilder Fels 39, 61
Würmeiszeit . . 162, 164, 183
Wurstelkalk 15
Wurzelregionen 101

Zanclodonletten 10
Zapfensand 88
Zementmergel 38
Zuckerkorn 37
Zungenbecken 187

Ortsregister.

Aalbuch 42
Aalen 31, 43
Adelholzen 70
Aggenstein 120
Alb, Ulmer 42
Allbuck 130
Allgäu 93
Altheim 78, 82, 85
Altmühl 52
„ -Gebirge 50
„ -Tal 170
Amerdingen 138
Arlberg 112
Arlensattel 14
Arnegg 75
Arnsberg 171

Auerberg 80, 126, 187
Aufhausen 138
Augsburg 156

Bachhagel 70
Bannwaldsee 188
Bauhofer Berg 179
Beiburg 144
Berching 51
Bergheim 43, 139
Besler 124
Bichelbach 112
Bissingen 138
Blaubeuren 93
Blaubeurener Tal 180
Bodensee 187, 188

Seite

Bolgen 125
Bopfingen 43
Braunenberg 43
Bräunisheim 82
Bregenzer Wald 65
„ „ , vorderer . 125
Breitenberg 120
Breitingen 49
Brenten 120
Brenz 46
Brunnen 106
Brunnsee 78
Buchberg 144
Buchloe . . 159, 184, 186, 189
Burgau 176, 200
Burggriesbach 54
Burgmagerbein 78
Burgmannshofen 62

Canisfluhe 66
Crailsheim 47
Christgarten 138

Damülser Horn 125
Dattenhausen 200
Daumen 59, 115
Dietmannsried 181
Dillingen . 84, 85, 86, 180, 201
Dinkelsbühl 12
Dischingen . . . . ·78, 82,138
Dollnstein 171, 173
Donau 93
Donaumoos 200
Donaumünster 43
Donautal 183
Donauwörth . . . 51, 139, 201
„ -Treuchtlinger Bahn 140
Dornbirn 66, 125

Ederheim 138
Egau 49
Ehingen 74
Eichstätt 38, 61, 69, 174
Eichstätter Alb 52
Eisenburg 178
Eisenspitze 112
Elchingen 74
Ermingen 80
Eselsberg bei Ulm 93

Seite

Falkenstein 120, 186
Feldkirch 65
Fellhorn 125
Fernpaß 112
Feuerstätter Kopf 125
First 125
Flossach 182
Fossa Carolina 54
Frankenalb 27
Fränkischer Jura 27
Freispitze 112
Freschen 65
Füssen 120, 186, 199
Füssener See 188

Gacht, Paß 120, 186
Gachtspitze 120
Geisalm 115, 116, 117
Geisberg 124
Geislinger Steig 43
Geissel 43
Gennach 189, 200
Gerstetten 82
Gimpel 120
Göppingen 31
Gorkum 28
Gottesackerwände 123
Graben 54
Grimmelfingen 83, 85
Grönenbach 186, 190
Großkötz 200
Großmering 184
Großsorheim 130
Grünten 64, 65, 124
Gundelfingen 180, 200
Günz 180, 183
Günzburg 86, 201

Hahnenberg 157
Hahnenkamm 51
Haldensee 120
Hall 47
Harburg 139
Härtfeld 42
Härtfeldhausen . . 131, 136, 144
Haunsheim 43
Hausham 75
Heerhof 130, 136

Seite

Heideck 51
Heidenheim a. Hahnenkamm 51, 70
Heiterwang 112
Heldenfingen 78, 82
Herbrechtingen 78
Hesselberg . . . 31, 51, 129, 156
Heubach 43
Himmelberg 130
Hindelang 115
Hintersteiner Tal 115
Hirschberger Höhe 52
Hitzenhofen 178
Hochälpele 125
Hochberg 43
Hochgerach 125
Hochgrat 125
Hochkrumbach 112
Hochschießer 120
Höchstädt 180
Hochvogel . . 59, 115, 116, 117
Höfats 57, 59
Hohenaltheim 130
Hohenhöwen 127
Hohenkrähen 127
Hohenrechberg 43
Hohenstaufen 43
Hohentwiel 127
Hohenzollern 31
Hoher Ifen 123
Hoher Rain 178
Hohes Licht 115
Holzgau 113
Holzgünz 178
Hopfensee 188
Hornbachkette 117
Hornbachtal 119
Hurlach 184
Hütting 171

Ichenhausen 200
Ifen 65
Iller 56, 93, 181, 183
Illerbeuren 181
Illtal 112
Imst 112
Ingolstadt 180, 184
Ingolstädter Gebirge 52
Ipf 43

Seite

Itzing 138

Jagst 47
Jettingen 200
Jochbachtal 119

Kaisheim 51
Kaltes Feld 42
Kammlach 180, 182
Kanzberg 118
Karthäusertal 27
Katzenbuckel 25
Kaufbeuren . 176, 184, 186, 189
Kelheim 27, 51, 171
Kelheimer Gebirge 52
Kellmünz 181
Kempten . . 186, 187, 188, 199
Kemptner See 187
Kienberg 120
Kipfenberg 171
Kirchen 85
Kirchheim 127
Kleinsorheim 130
Klostertal 112
Kocher 47
Köllespitze 120
Königsbronn 46, 70
Konstein 171, 173
Krebsbach 178
Kressenberg 70
Kreuzeck 59
Kreuzkarspitze 118
Kreuzkopf 118
Kronburg 178
Krottenkopf 59, 113, 115
Krumbach 156
Kugelberg 43
Kuhspitze 125

Landsberg 176, 184, 186
Langenau 49, 84
Langenbrücken 25
Lauchheim 43
Lauchheimer Tunnel 131
Laufbacher Eck . . . 116, 117
Lauingen 180
Laupheim 85
Lautrach 190
Lech . . . 86, 180, 188, 189
Lechfeld 184

Seite

Lechleiten 112
Legau 186
Lehmberg 130
Leidling 180
Leipheim 86
Lenzfried 80
Lermoos 112
Leuterschach 80
Lichtenfels 28
Löffelspitze 125
Lone 49

Mädeler Gabel 59, 115
Mähringen 70
Marienhöhe bei Nördlingen . 147
Markt Oberdorf 188
Mattsies 189
Mauren 138
Memmingen . . . 159, 176, 183
Memminger Trockental . . . 181
Memmingerberg 178
Mering 184
Metzenarsch 120
Miesbach 75
Mindel 175, 181, 182
Mindelheim . . . 159, 175, 184
Minderoffingen 12
Mönchsdeggingen 27
Monheimer Gebirge 52
Mörnsheim 39
Mörslingen . . . 43, 139, 200
Mühlhausen 170, 175
Mythen 101, 106

Nagelberg 52
Nassenfels 173
Nattheim 37, 69
Nau 49
Nebelhorn . . . 59, 115, 116, 117
Nesselwang 120
Nesselwängle 120
Neuburg 50, 51, 61, 170, 171, 175, 180, 183
Neuburger Alb 39
„ Donaumoos . . . 200
Neumarkt 54
Neustadt a. D. 50
Niederaltheim 130
Niederstotzingen . . 43, 84, 85

Seite

Oberkirchberg 181
Obermedlingen 43
Oberringingen 138
Oberstdorf 105, 115
Ochsenberg 124
Ochsenhausen 44
Oggenhausen 37
Ohmenheim 138
Öningen 90
Oppertshofen 43
Örlinger Tal 75
Össinger Berg 28
Osterberg 124
Öttinger Forst 12
Ottmaring 184
Ottobeuren 178

Paar 184
Pappenheim 174
Parseyer Spitze 112
Peißenberg 126
Penzberg 75
Pfänder 125
Pfeffer 47
Pfronten 186
Poppberg 28
Pöttmes 156, 170, 175
Prätigau 108

Rain 170
Rauhe Alb 26
Rauheck 59
Regensburg 50
Reichenstein 85
Reintal 120
Reißensburg 87
Rennertshofen 171
Reutte 112, 188
Riedberger Horn 125
Riedenburg 171
Riedensheim 51
Riedlingen 85
Rindalphorn 125
Ringingen 85
Riß 180
Rohrenfels 180
Ronsberg 186
Rosenstein 43
Roth 180, 183

Seite

Rotwaldfeld 176, 184
Ruppmannsberg 51
Ruppmannsburger Höhe . . 52

Säntis 65
Schadonapaß 112
Schaffhausen 187
Schemmerberg 81
Schindlerspitze 14
Schlicke 120
Schnaitheim 40
Schneeck 59
Schongau 159, 184, 186
Schussenried 159
Schutter 173, 180
Schwennenbach 43
Senden 181
Silvretta 109
Sinning 180
Söller Kopf 125
Solnhofen 39, 75
Sonnenwald 124
Sonthofen 125
Staffelberg 28
Stanzer Tal 112
Staufen 69, 78
Steinheim b. Heidenheim 90, 156
Stepperg . . . 50, 51, 170, 171
Stubental 49
Stubersheim 75
Stuiben bei Immenstadt . . 43
Stuifen „ Gmünd 125

Tagmersheim 173
Tannheimer Tal . 115, 120, 186
Thalfingen 43, 74
Thalmässing 51
Themmenhausen 78
Titting 69
Tobler Mann 125
Tomerdingen 75
Trauchberg 125
Traunstein 70
Treuchtlingen 51, 156
Trunkelsberg 178
Türkheim . 154, 182, 184, 186, 189, 200
Tussenhausen 200
Tuttlingen 48, 171

Seite

Ulm 86, 156, 201
Ulmer Alb 42
Unscheller Spitze 125
Unterhausen 156
Untermedlingen 73, 74
Utzmemmingen 136

Valluga 18, 113
Vils 120
Vilser Alpen 21
Vorderjoch 115

Waldhausen 82
Wallerstein 90, 157
„ -Felsen 138
Walpertshofen 81
Walsertal 112, 115
Walting 171
Warthausen 81
Wasseralfingen 32
Weilheim b. Monheim . 131, 141
Weißenbach . . . 115, 120, 186
Weißenburg 51, 54
Weißenburger Gebirge . . . 52
Weißenhorn 156, 181
Weißensee 120, 188
Weißenstein 42
Weißensteiner Steige 43
Wendtal 49
Wertach 181, 182, 184
„ -Tal 186
Westerstetten 78
Wetterspitze 112
Wiedemer Kopf 116
Wildburgstetten 12
Wildpoldsried 188
Wildtaler Spitze 113
Witzighausen 181
Wolpertstetten 139
Wörishofen 184
Wörnitz 52
Wullenstetten 181
Wülzburg 51

Zafer Kopf 125
Ziertheim 74
Zipplingen 136
Zoltingen 138
Zwiefalten 83, 85

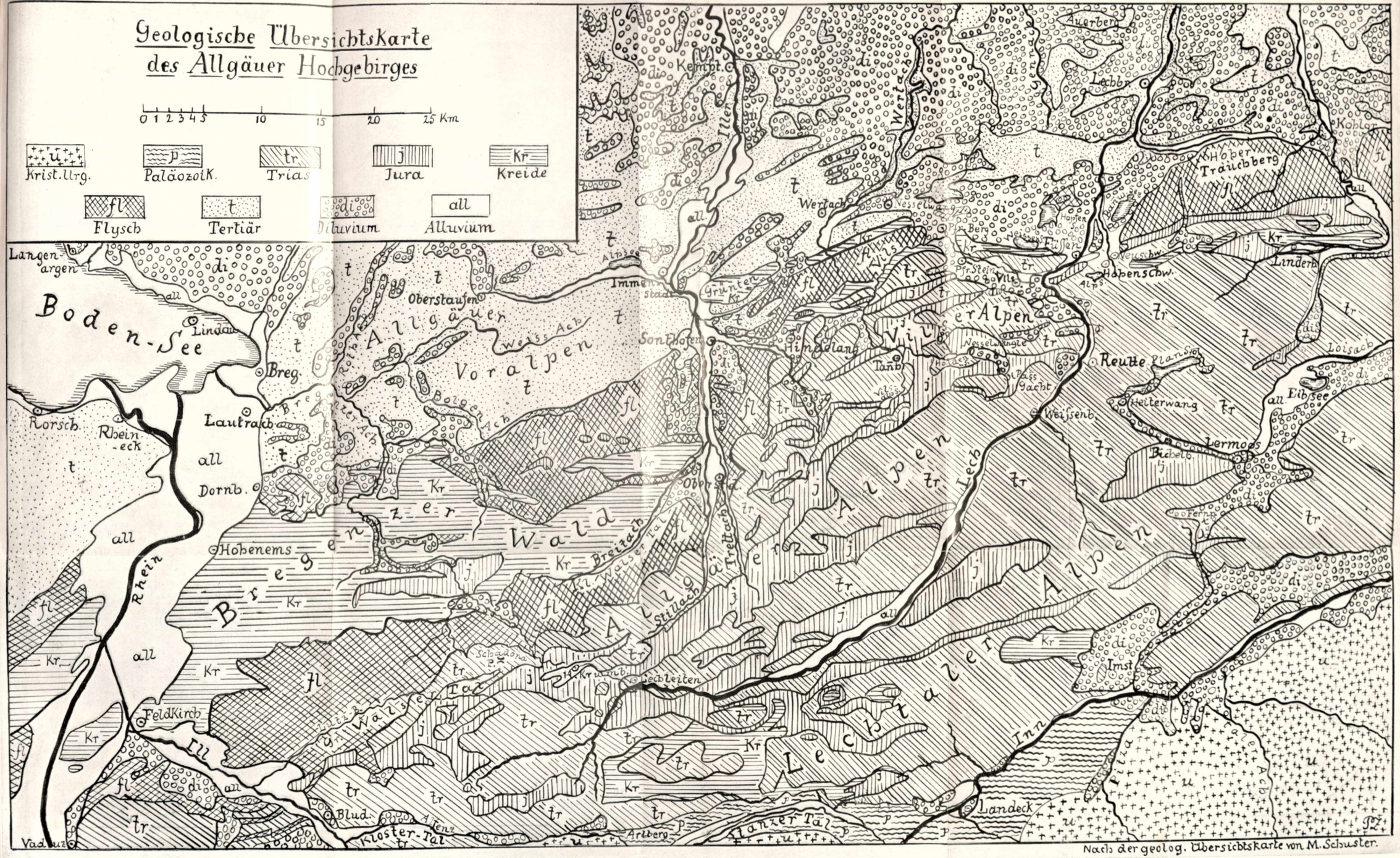
Tafel I.

Geolog. Übersichtskarte von Bayerisch - Nord - Schwaben.



Nach der geol. Übersichtskarte von M. Schuster

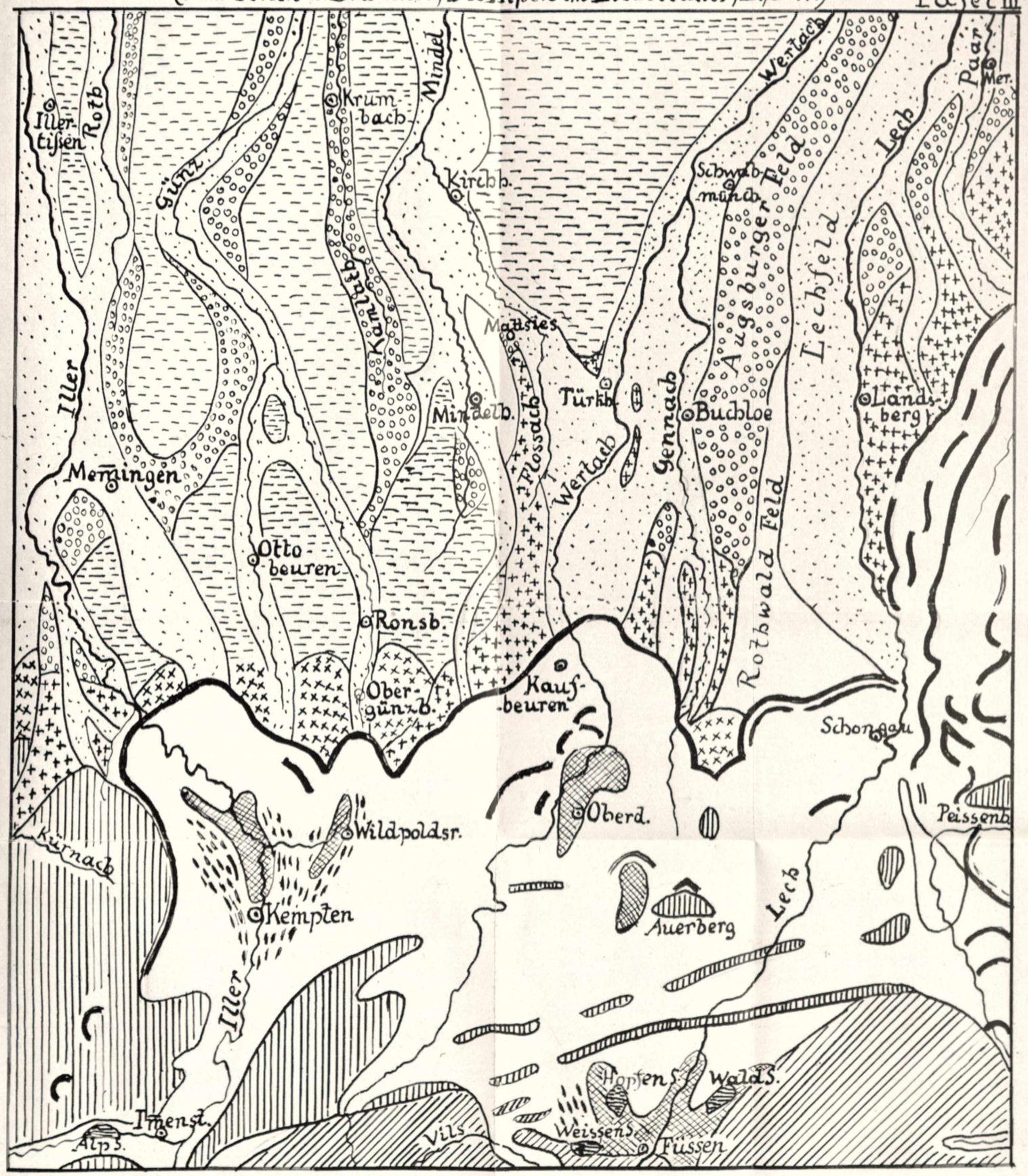
Geologische Übersichtskarte des Allgäuer Hochgebirges



Übersichts-Karte des Moränengebietes und der angrenzenden Schotterfelder

(nach Penck u. Brückner, Die Alpen im Eiszeitalter, I., S. 177)

Tafel III



Hochalpen
Voralpen
Mindelmorän.
Rissmoränen
Würm(Jung-)mor.
Zungenbecken
Drumlins
Deckenschotter
Hochterrassensch.
Niederterrassensch.