

# Die Geröllführung der Donau und ihrer Nebenflüsse vom Schwarzwald bis Weltenburg

Von Franz X. Schnittmann in Neustadt an der Donau

## INHALT

Einleitung . . . . .	5
Schwarzwaldgerölle . . . . .	6
Die Geröllführung der Donau von Sigmaringen bis zur Illermündung . . . . .	9
Donaugerölle aus dem Gebiet des oberen Rheins . . . . .	9
Herkunft der oberrheinischen Gerölle . . . . .	10
Gerölle aus den Nagelfluhen der Molasse und aus den Konglomeraten des Flysch . . . . .	12
Gerölle der Iller . . . . .	14
Zwischen Iller und Lech . . . . .	15
Gerölle der Wörnitz . . . . .	16
Gerölle des Lechs . . . . .	17
Gerölle der Wertach . . . . .	21
Donaugerölle von Rain am Lech bis Weltenburg . . . . .	22
Mikroskopische Untersuchung von Geröllen der Donau und ihres Einzugsgebietes . . . . .	24
Schwarzwaldgerölle . . . . .	25
Gerölle alpinen Ursprungs . . . . .	26
Kristalline Gesteine . . . . .	26
Sedimente . . . . .	31
Statistisches . . . . .	32
Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse . . . . .	32
Quellennachweis . . . . .	33

## Einleitung

Bereits bei seinem zweieinhalbjährigen Aufenthalt als Assistent im Mineralogischen Institut der Universität Freiburg (Schweiz) hatte sich der Verfasser mit den alluvialen und diluvialen Saanegeröllen beschäftigt und die Irrblöcke und Geschiebe des Rhonegletschers kennengelernt, der einen Arm durch das Schweizer Mittelland sandte. Was lag ihm da näher, als seine Untersuchungen auch auf das Flußgebiet seines Heimatflusses, der Donau auszudehnen, der ja früher die meisten Schweizer Flüsse tributpflichtig waren. Auch hat der Rheingletscher in der Rißzeit das Gebiet des jetzigen Donaulaufes im Schwabenland überschritten und Material aus den Schweizer Alpen mitgebracht.

An dieser Stelle möchte der Verfasser den Professoren am Mineralogischen Institut in Freiburg, *Dr. H. Baumbuber* und seinem Nachfolger *Dr. L. Weber* herzlich danken für die Überlassung der reichen Hilfsmittel ihres Instituts. *Dr. R. de Girard* in Freiburg verdanke ich die gründliche Einführung in das dortige Rhone-Erraticum. *Dr. P. Niggli* und seinen beiden Assistenten *Dr. R. Parker* und *Dr. E. Kündig* danke ich für die Freundlichkeit, mit der sie mir die Dünnschliffe von Fräulein *Dr. Laura Hetzner* aus dem Ötztal und die von *Dr. Frank Escher* aus der Silvretta zur Verfügung stellten und für ihre wertvollen Anregungen während meiner Arbeit in der Eidgenössischen Hochschule in Zürich. *Dr. F. Broili*-München gewährte mir Einblick in die reichhaltigen Sammlungen von Gesteinen der bayerischen und Tiroler Alpen seines Instituts, wofür ich ihm gleichfalls herzlich danke.

## Schwarzwaldgerölle

Um ganz sicher zu sein, welche Gerölle die beiden Quellflüsse der Donau, die Brege und die Brigach, für die Donau liefern, ist es nötig das Gebiet der Altmoräne des Rheins bei Sigmaringen flußaufwärts zu überschreiten. Schon beim Kloster Beuron findet man unter den vorherrschenden Juragesteinen die bezeichnenden Gerölle des Schwarzwaldes.

Zur näheren Untersuchung der Herkunft der Schwarzwaldgerölle wurden bereits in den Sommern 1932 und 1933 nicht nur aus den Schottern bei Beuron, sondern auch aus denen im ausgetrockneten Donaubett zwischen Möhringen und Immendingen aus aus den alluvialen Schottern der Brege bei Donaueschingen und aus den diluvialen Schottern auf dem Laible über der Brigach bei Marbach Proben entnommen. Ferner durchwanderte ich die beiden Täler der Brigach und Brege bis zu den Quellgebieten, um die dort anstehenden Gesteine kennen zu lernen und um zu sehen, was die von den Seiten hereinkommenden Bäche an Geröllen mitbringen. So konnte die Frage, welche Gerölle der Donau aus dem Schwarzwald stammen, befriedigend beantwortet werden.

Östlich von Donaueschingen wurden 1933 in der Nähe des Zusammenflusses der Brege und Brigach Flußkorrektionsarbeiten durchgeführt, bei denen große Schottermassen, namentlich aus der Brege anfielen. Am zahlreichsten sind unter den Geröllen rote Eisenbacher Granite vertreten, manchmal noch verbunden mit Gneisresten. Weniger häufig sieht man Felsitporphyre und dunkle, schieferige Biotitgneise. Unter den Sedimentgesteinen treten weiße bis hellrote Gerölle des Mittleren Buntsandsteins besonders hervor. Gelbe, rotbraune, graubraune und schwarzgraue Quarzite und Milchkwarz neben grauen Hornsteinen des Mittleren Muschelkalkes sind unter den Geröllen seltener zu finden.

Nordwestlich von Marbach sind am rechten Brigach-Ufer große Mengen diluvialen Schotters zu sehen, in denen eine ausgedehnte Kiesgrube angelegt ist. Auch hier sind rote Granitgerölle zahlreich vertreten. Desgleichen kann man hier Gerölle von schiefrigem, flaserigem, körnigem Gneis, manchmal granitisch durchsetzt, solche von Glimmer-, Felsit- und Granitporphyr und granitartigen Porphyren, rote, quarzitisches Sandsteine, auch solche von schwarzgrauer Farbe und mit Braunkeinstreifung, endlich weiße, graubraune und rötliche Quarzgerölle und gelblichrote, dunkelrotbraune und graue Quarzitgerölle auflesen.

Wo stehen nun die genannten Gesteine im Gebiet der Donauquellflüsse an? Darüber gibt die geologische Übersichtskarte von Württemberg Blatt 3 genügend Aufschluß.

Gneis durchfließt die Brege von Furtwangen bis Vöhrenbach. Auch die von Westen ihr zufließenden Bäche: Linach, Urach, Schöllach, und der Eisenbach nehmen in ihrem oberen Lauf Gneis als Gerölle mit.

Die Brigach aber durchbricht bei St. Georgen den Gneis, der an den Ufern der zu ihr kommenden westlichen Seitenbäche bei Stockwald und Ober- und Unterkirnach gleichfalls ansteht.

Den roten Eisenbacher Granit schneidet die Brege von Vöhrenbach bis Zindelstein an, ebenso die Linach, Urach und Schöllach, während der Brandbach in seinem ganzen Lauf, namentlich am Nordufer von Granit begleitet wird.

Im Brigach-Gebiet sieht man diese roten Granite in der Umgebung des Bahnhofs von Unterkirnach, westlich davon im unteren Kirnach-Tal und

nordwestlich im Brigach-Tal selbst, ferner bei Peterszell. Bei Brigach und Petershof aber steht bereits der Triberger Granit mit weißem Orthoklas, dunklem Biotit und grauem Quarz an.

Porphyrgänge durchschwärmen namentlich das Gebiet der oberen Brege und der ihr zufließenden Bäche bei Furtwangen, Schönwald, Rohrbach und Langenbach und Vöhrenbach und ziehen von da in nordwestlicher Richtung über Ober-Kirnach in die Gegend von Brigach. Mehr vereinzelt erscheinen sie bei Stockwald und am Oberlauf der Linach und Urach und westlich von Eisenbach.

Mittlerer und ihn stets begleitender Oberer Buntsandstein treten zwischen Wolterdingen und Zindelstein dicht an die Brege heran, sind aber auch im Tale des Brandbaches, des Bruderbächles und am Wolfbach bei Thannheim zu sehen.

Im Brigach-Gebiet aber tritt Mittlerer und Oberer Buntsandstein westlich von Villach bis St. Georgen mehr oder weniger nahe an den Fluß heran, ist ferner an der Kirnach, am Wiesel-Bach und am Oberen Wolfbach bei Pfaffenweiler anstehend zu beobachten und fehlt auch bei Stockwald und Mönchweiler nicht.

Die gleiche Verbreitung wie der Mittlere Buntsandstein hat auch das Hauptkonglomerat, das der wichtigste Lieferant der Quarz-, Quarzit- und Lyditgerölle ist, während das Eck'sche Konglomerat erst nordwestlich der Linie Mönchweiler-Unterkirnach erscheint.

Hornsteine gelangen aus den Schichten des Mittleren und auch Oberen Muschelkalkes in die beiden Quellflüsse der Donau, namentlich in die Brigach. Diese Schichten überlagern mitsamt dem Unteren Muschelkalk den Buntsandstein von Bräunlingen südwestlich von Donaueschingen bis über Villingen hinaus und begleiten den Unterlauf der Brege und die Brigach samt deren unbedeutenden Zuflüssen.

*Vogelsang* unterscheidet in dem von ihm sehr ausführlich beschriebenen Gebiet zwischen Donaueschingen und Triberg die dort vorkommenden Gneise in schieferige Gneise mit Mg-Glimmer bei Vöhrenbach, in Augengneise bei Zindelstein und Linach und in die vorherrschenden flaserigen Gneise bei Zindelstein (Augen-, Leisten- und porphyrtartige Gneise).

Schieferige und namentlich flaserige Gneise werden im Gegensatz zu den Augengneisen als Gerölle am weitesten fortgetragen.

Wegen seiner geringen Verbreitung im Gebiet der oberen Brigach wird der Triberger Granit nur sehr selten als Gerölle gefunden, während der Eisenbacher Granit geradezu den Hauptbestand der Schwarzwälder Donagerölle liefert. *Vogelsang* gibt als wichtigste Fundorte für diesen Granit Bregenbach, Zindelstein, Vöhrenbach, Kirnach und Brigach an und erwähnt eine ebenfalls als Gerölle weit verbreitete feinkörnige Abart desselben von Zindelstein.

Bei Porphyren unterscheidet er älteren und jüngeren Porphyr von Zindelstein. Ferner gliedert er die Porphyre in meist schmutzig braungraue Glimmerporphyre mit schwarzgrünem Glimmer von Furtwangen-Rohrbach, in granitartige Porphyre von Vöhrenbach und Oberkirnach, in Felsitporphyre mit rotbrauner bis rötlichgrauer Grundmasse vom unteren Kirnach-Tal und Föhrenbächle und in den zwischen beiden vermittelnden Granitporphyr mit rötlichgrauer bis lichtroter Grundmasse von Vöhrenbach und Unterkirnach.

Der in einem Steinbruchbetrieb bei Zindelstein aufgeschlossene und auch bei Linach vorkommende schieferige Diorit wurde bis jetzt weiter abwärts wohl wegen seiner geringen Verbreitung noch nicht als Gerölle gefunden.

Bei den Sandsteinen des Mittleren Buntsandsteins (Schwarzwald-Sandstein) unterscheidet er weiße, graue und rote Abänderungen, teils grob-, teils feinkörnig ausgebildet. Der oft beträchtliche Gehalt an Kieselsäure ist die Ursache, daß Gerölle von diesem Sandstein schwer zerstörbar sind und weit donauabwärts verfrachtet werden.

Stark Mn-haltige Gerölle stammen indes aus der sog. Karneolbank der dem Schwarzwald-Sandstein aufgelagerten untersten Schichten des Plattensandsteins.

Im Donaueschinger Ried enthalten die unter jüngeren Bildungen befindlichen Donauschotter gradschieferige und glimmerreiche Gneise von Furtwangen und Vöhrenbach, Augengneis von Zindelstein und Linach, roten und grobkörnigen Granit und Porphyre aus dem Brege- und Kirnach-Gebiet, Buntsandsteingerölle, Quarz- und Schiefergerölle seiner Konglomerate. Muschelkalkgerölle und in ihrem unteren Teile auch solche des Jurakalkes.

Zwischen Immendingen und Möhringen ist im Sommer das Donaubett längere Zeit trocken, so daß man mehr denn einen Kilometer weit darin Gerölle sammeln kann.

Hauptsächlich sind es weiße, graue und gelbliche Kalkgerölle vom anstehenden Malm-Beta, die hier ins Flußbett gelangen. Sonst trifft man noch rote Granite, granitartigen Porphyr, streifige, flaserige und schieferige Gneise, quarzitischen, stark manganhaltigen dunkelgrauen Sandstein der Karneolschichten, braune und rötliche Quarzite, Quarze und Lydite aus den Konglomeraten des Buntsandsteins. Gerölle aus dem Keuper, Lias und Dogger, welche die Donau auf ihrem Wege von Donaueschingen nach Immendingen durchfließt, waren keine zu finden. Man möchte auch meinen, daß die ehemalige Feldberg-Donau, deren Oberlauf sich die Wutach erobert hat und die früher im Bett der jetzigen Aitrach zur Donau floß, in den Geröllen der Donau bei Immendingen oder Beuron noch Spuren ihres früheren Laufes hinterlassen habe, etwa in Gestalt von Geröllen aus dem Kulm von Lenzkirch oder von den dortigen Porphyriten und Serpentinien. Keine Spur! Bei Blumberg im jetzigen versumpften Quellgebiet der Aitrach kommen nach *F. Schalch* solche Gerölle noch ziemlich häufig vor.

Die Zahl der Tage der Vollversickerung der Donau bei Immendingen gibt *F. Röhrer* für mehrere geschlossene Zeiträume von den Jahren 1884—1925 an. Waren es 1884—1885 noch 63 Tage mit Vollversickerung im Jahre, so stieg deren Zahl für den Zeitraum von 1921—1925 auf 168,6 Tage mit Vollversickerung im Jahr. Daraus läßt sich ohne weiteres ersehen, daß in absehbarer Zeit die Donau aufhören wird ein Schwarzwaldfluß zu sein. Was an Schwarzwaldgeröllen noch in die Donau gelangen wird, wird aus diluvialen und alluvialen Schottern stammen.

Beim Kloster Beuron liegen über dem Flußspiegel zwischen dem Kloster und der Donaubrücke Schotter wahrscheinlich jungdiluvialen Alters, in denen natürlich Gerölle des Werkkalkes vom Malm-Beta und solche aus den gleichfalls in der Umgebung anstehenden Schwammkalken die Hauptrolle spielen. Hier konnte ich zum ersten Mal feststellen, daß die in der Donau vorkommenden roten Granite nur aus dem Schwarzwald und unmöglich aus den Alpen kommen können. Hier kam mir auch das erste und einzige Stück eines Gerölles vom Triberger Granit unter die Augen. Der weiße Orthoklas, der graue Quarz und der ausschließlich vorhandene dunkle Glimmer verraten genügend die Herkunft dieses Gesteins. Meist flaseriger, z. T. sogar pegmatitischer

Gneis, gelblicher bis rötlicher Buntsandstein und rötlicher Quarz, sämtliche aus dem Schwarzwald, sind weitere, gegenüber den Jurakalken fast verschwindende Bestandteile des Beuroner Schotters.

### Die Geröllführung der Donau von Sigmaringen bis zur Illermündung

Von Sigmaringen an bis gegen Marchtal durchfließt die Donau die Riß- oder Altmoräne des Rheingletschers, der hier bei seinem weitesten Vordringen ins Alpenvorland sogar das Gebiet des jetzigen Donaulaufes überschritten hat. Sie nimmt also in dieser Gegend rheinisches Material auf. Ihre Nebenflüsse von rechts: Riß, Westernach und Rott führen ihr gleichfalls Gerölle aus der Altmoräne des Rheingletschers zu. Die Riß greift in ihrem Oberlauf sogar zurück bis in das Gebiet der Jungmoräne des Rheins.

Von Marchtal bis Donauwörth wird die Donau ferner von oligozänen und miozänen Ablagerungen begleitet. Auch sie liefern Gerölle für die Donau.

Das Bild der Donauschotter bei Donaurieden zwischen Ehingen und Ulm ist daher stark verändert:

Vorhanden sind noch die roten Schwarzwaldgranite. Dagegen sind die Gneise von daher schon selten. Manchmal hängt noch ein Gneisrest an einem Granitgeröll. Rötlicher Mittlerer Buntsandstein aus dem Quellgebiet der Donau ist auch noch hie und da zu finden.

Aus dem Einzugsgebiet des Rheingletschers in der Schweiz und in Vorarlberg stammen die Gneise mit grünem Glimmer, Hornblendgneis, Biotitgneis, Pistazit-Amphibolit, Epidosit, Serpentin, ferner rötlich gefleckter Sandstein des Verrucano, grauer Rhätkalk, weiße Dachsteinkalke, Adneter Kalk (?), dunkelbraune Hornsteine, Flyschsandsteine und Glaukonit-Sandstein.

Häufig sind graue und gelbliche Jurakalke vom Malm Beta bis Epsilon. Vom Miozän des Hochsträß unterhalb Ehingen sind hellbraune verfestigte Tongesteine mit weißlichen Flecken, poröse gelbgraue *Crepidostoma*- und *Sylvana*-Kalke und gelblicher, rötlich gefleckter *Pisolith*-Kalk in die Donau gelangt.

### Donaugerölle aus dem Gebiet des oberen Rheins

Um den rheinischen Anteil der Donaugerölle, welche aus den Moränen des Rheingletschers in die Donau gelangt sind, zu prüfen, wurde die Geröllführung des jetzigen Rheins vom Oberalp-Paß bis zur Illmündung untersucht. Auch wurden die Gesteine, welche den Rhein bis dahin an seinen Ufern begleiten, soweit die Zeit es gestattete, genau beobachtet. Fehlende Beobachtungen wurden aus der über dieses Gebiet erschienenen reichlichen Literatur ergänzt.

An den Ufern des Vorderrheins kann man mannigfache Paragonit-, Chlorit-, Serizit- und Talkschiefer anstehen sehen. Die längeren südlichen Zuflüsse bringen auch Protogine aus dem Val Medels und dem Somvixer Tal. Von Norden kommen durch kürzere Gießbäche die gleichen Gesteine. Bei Disentis erscheinen auch Prasinite und weiter abwärts, vom Val Rusein her in den Hauptfluß verfrachtet, aus der südlichen Gneiszone der herrliche Puntaiglas-Granit, nach *Albert Heim* das schönste Gestein der Schweiz, ferner Diorit und Hornblendeschiefer.

Gneis, gelblicher bis rötlicher Buntsandstein und rötlicher Quarz, sämtliche aus dem Schwarzwald, sind weitere, gegenüber den Jurakalken fast verschwindende Bestandteile des Beuroner Schotters.

### Die Geröllführung der Donau von Sigmaringen bis zur Illermündung

Von Sigmaringen an bis gegen Marchtal durchfließt die Donau die Riß- oder Altmoräne des Rheingletschers, der hier bei seinem weitesten Vordringen ins Alpenvorland sogar das Gebiet des jetzigen Donaulaufes überschritten hat. Sie nimmt also in dieser Gegend rheinisches Material auf. Ihre Nebenflüsse von rechts: Riß, Westernach und Rott führen ihr gleichfalls Gerölle aus der Altmoräne des Rheingletschers zu. Die Riß greift in ihrem Oberlauf sogar zurück bis in das Gebiet der Jungmoräne des Rheins.

Von Marchtal bis Donauwörth wird die Donau ferner von oligozänen und miozänen Ablagerungen begleitet. Auch sie liefern Gerölle für die Donau.

Das Bild der Donauschotter bei Donaurieden zwischen Ehingen und Ulm ist daher stark verändert:

Vorhanden sind noch die roten Schwarzwaldgranite. Dagegen sind die Gneise von daher schon selten. Manchmal hängt noch ein Gneisrest an einem Granitgeröll. Rötlicher Mittlerer Buntsandstein aus dem Quellgebiet der Donau ist auch noch hie und da zu finden.

Aus dem Einzugsgebiet des Rheingletschers in der Schweiz und in Vorarlberg stammen die Gneise mit grünem Glimmer, Hornblendgneis, Biotitgneis, Pistazit-Amphibolit, Epidosit, Serpentin, ferner rötlich gefleckter Sandstein des Verrucano, grauer Rhätkalk, weiße Dachsteinkalke, Adneter Kalk (?), dunkelbraune Hornsteine, Flyschsandsteine und Glaukonit-Sandstein.

Häufig sind graue und gelbliche Jurakalke vom Malm Beta bis Epsilon. Vom Miozän des Hochsträß unterhalb Ehingen sind hellbraune verfestigte Tongesteine mit weißlichen Flecken, poröse gelbgraue *Crepidostoma*- und *Sylvana*-Kalke und gelblicher, rötlich gefleckter *Pisolith*-Kalk in die Donau gelangt.

### Donaugerölle aus dem Gebiet des oberen Rheins

Um den rheinischen Anteil der Donaugerölle, welche aus den Moränen des Rheingletschers in die Donau gelangt sind, zu prüfen, wurde die Geröllführung des jetzigen Rheins vom Oberalp-Paß bis zur Illmündung untersucht. Auch wurden die Gesteine, welche den Rhein bis dahin an seinen Ufern begleiten, soweit die Zeit es gestattete, genau beobachtet. Fehlende Beobachtungen wurden aus der über dieses Gebiet erschienenen reichlichen Literatur ergänzt.

An den Ufern des Vorderrheins kann man mannigfache Paragonit-, Chlorit-, Serizit- und Talkschiefer anstehen sehen. Die längeren südlichen Zuflüsse bringen auch Protogine aus dem Val Medels und dem Somvixer Tal. Von Norden kommen durch kürzere Gießbäche die gleichen Gesteine. Bei Disentis erscheinen auch Prasinite und weiter abwärts, vom Val Rusein her in den Hauptfluß verfrachtet, aus der südlichen Gneiszone der herrliche Puntaiglas-Granit, nach *Albert Heim* das schönste Gestein der Schweiz, ferner Diorit und Hornblendeschiefer.

Gneis, gelblicher bis rötlicher Buntsandstein und rötlicher Quarz, sämtliche aus dem Schwarzwald, sind weitere, gegenüber den Jurakalken fast verschwindende Bestandteile des Beuroner Schotters.

### Die Geröllführung der Donau von Sigmaringen bis zur Illermündung

Von Sigmaringen an bis gegen Marchtal durchfließt die Donau die Riß- oder Altmoräne des Rheingletschers, der hier bei seinem weitesten Vordringen ins Alpenvorland sogar das Gebiet des jetzigen Donaulaufes überschritten hat. Sie nimmt also in dieser Gegend rheinisches Material auf. Ihre Nebenflüsse von rechts: Riß, Westernach und Rott führen ihr gleichfalls Gerölle aus der Altmoräne des Rheingletschers zu. Die Riß greift in ihrem Oberlauf sogar zurück bis in das Gebiet der Jungmoräne des Rheins.

Von Marchtal bis Donauwörth wird die Donau ferner von oligozänen und miozänen Ablagerungen begleitet. Auch sie liefern Gerölle für die Donau.

Das Bild der Donauschotter bei Donaurieden zwischen Ehingen und Ulm ist daher stark verändert:

Vorhanden sind noch die roten Schwarzwaldgranite. Dagegen sind die Gneise von daher schon selten. Manchmal hängt noch ein Gneisrest an einem Granitgeröll. Rötlicher Mittlerer Buntsandstein aus dem Quellgebiet der Donau ist auch noch hie und da zu finden.

Aus dem Einzugsgebiet des Rheingletschers in der Schweiz und in Vorarlberg stammen die Gneise mit grünem Glimmer, Hornblendgneis, Biotitgneis, Pistazit-Amphibolit, Epidosit, Serpentin, ferner rötlich gefleckter Sandstein des Verrucano, grauer Rhätkalk, weiße Dachsteinkalke, Adneter Kalk (?), dunkelbraune Hornsteine, Flyschsandsteine und Glaukonit-Sandstein.

Häufig sind graue und gelbliche Jurakalke vom Malm Beta bis Epsilon. Vom Miozän des Hochsträß unterhalb Ehingen sind hellbraune verfestigte Tongesteine mit weißlichen Flecken, poröse gelbgraue *Crepidostoma*- und *Sylvana*-Kalke und gelblicher, rötlich gefleckter *Pisolith*-Kalk in die Donau gelangt.

### Donaugerölle aus dem Gebiet des oberen Rheins

Um den rheinischen Anteil der Donaugerölle, welche aus den Moränen des Rheingletschers in die Donau gelangt sind, zu prüfen, wurde die Geröllführung des jetzigen Rheins vom Oberalp-Paß bis zur Illmündung untersucht. Auch wurden die Gesteine, welche den Rhein bis dahin an seinen Ufern begleiten, soweit die Zeit es gestattete, genau beobachtet. Fehlende Beobachtungen wurden aus der über dieses Gebiet erschienenen reichlichen Literatur ergänzt.

An den Ufern des Vorderrheins kann man mannigfache Paragonit-, Chlorit-, Serizit- und Talkschiefer anstehen sehen. Die längeren südlichen Zuflüsse bringen auch Protogine aus dem Val Medels und dem Somvixer Tal. Von Norden kommen durch kürzere Gießbäche die gleichen Gesteine. Bei Disentis erscheinen auch Prasinite und weiter abwärts, vom Val Rusein her in den Hauptfluß verfrachtet, aus der südlichen Gneiszone der herrliche Puntaiglas-Granit, nach *Albert Heim* das schönste Gestein der Schweiz, ferner Diorit und Hornblendeschiefer.

Sucht man auf den Kiesbänken des vereinigten Vorder- und Hinterrheins bei Chur nach diesen Gesteinen, so findet man soviel wie nichts mehr von ihnen: Der Jungrhein hat sie soviel wie restlos zerrieben. Beinahe alles ist voll von flachen, schwärzlichen Geröllen und Platten der mannigfachen, meist kalkhaltigen Bündener Schiefer. Dazwischen liegen spärlich im Durchschnitt faustgroße Gerölle anderer Gesteine: Grüner Granit mit rotem Orthoklas, Diorit, Spilit, Saussuritgabbro, geschieferter aplitischer Orthogneis, Augengneis, Muskowitgneis, Biotitgneis, Grünglimmergneis, Prasinite, Amphibolite, Serpentin, und an sedimentären Gesteinen: Roter Buntsandstein und Verrucano, graue und rote Kalke, Radiolarite und Flyschsandstein.

Zur Vervollständigung des Bildes wurden auch die oft kopfgroßen Gerölle der reißenden Ill bei Feldkirch in Vorarlberg untersucht: Hier sind aplitischer Orthogneis, Biotitgneis und Biotit-Augengneis, Muskowitgneis, Serpentin, Hornblendegneis, Prasinit, Albit-, Epidot-, Granat-, hornblendereiche, flaserige Amphibolite, an Schichtgesteinen roter Buntsandstein, blaue und bräunlichgraue Kalke und Glaukonit-Sandsteine in m. o. w. großen Mengen anzutreffen.

### Herkunft der oberrheinischen Gerölle

Der grüne Granit mit rotem Feldspat, auch Juliergranit genannt, findet sich nach *Albert Heim* weitverbreitet in der Albula-, Err- und (nach *E. Geiger* ausschließlich) in der Bernina-Decke, in den Breschen der Falknis-Decke und in der Sulzfluh-Decke. Er kommt vom Piz d'Err im Oberhalbstein, vom Julier, vom Mädriiser Joch, von der Bernina und aus dem Prätrigau.

Die Gabbros aber gehören der Fedoz-Serie (Ophiolith-Zone a. A.) der Margna-(Dente Blanche-)Decke, sekundär der Bernina- und Sulzfluh-Decke an und gelangen von Oberhalbstein, von Marmels und vom östlichen Rhätikon her in den Rhein.

An den gleichen Fundorten kommen auch nach *Albert Heim* Diorite vor. Doch *E. Geiger* bestreitet das und meint, daß Diorite nur den ostalpinen Decken eigentümlich seien und im Medels und am Vorderrhein zu Hause wären.

Spilite sind in der Margna-Decke im Oberhalbstein, bei Arosa und im Plessurtal anzutreffen.

Geschieferte Ortho- und Augengneise stehen an in der Silvretta, im Plessurgebiet, im Val Sertig, am Dürrboden und Äplihorn. Muskowitgneis ist im Silvretta-Massiv verbreitet und gehört auch der Margna- und Tambo-Decke an. Biotitgneis und Biotitaugengneis finden sich am Sertig-Paß, Kühalphorn, Sattelhorn und an der Scaletta im Silvretta-Massiv.

Prasinite liefern Oberhalbstein und die Silvretta, wo sie im Dürrboden, am Sertig-Paß und Äplihorn anstehen.

Serpentin ist von Arosa bis Davos (Seehorn, Plessur), im Oberhalbstein bis zum Septimer-Paß anzutreffen. Er ist der Fedoz-Serie der Margna-Decke eigentümlich und von da aus in die Unterostalpinen Decken (Bernina-Decke, Sulzfluh-Decke, Aroser Schuppenzone) als Geröll verfrachtet worden.

Zahlreicher sind die Amphibolite des Einzugsgebietes des Oberrheins die aus der Silvretta kommen und die namentlich *Frank Escher* eingehend beschrieben hat. Nach Nordwesten reichen sie bis zur Sulzfluh, im Norden sind sie im Rosanna-Tal, im Nordosten bis zum Patznauner Tal verbreitet. Im Süden der Silvretta erstrecken sie sich von Davos nach Osten bis über den Inn, nach Süden bis zum Piz Kesch: Fluchthorn, Schwarzhorn und Rothorn werden als Fundorte

Sucht man auf den Kiesbänken des vereinigten Vorder- und Hinterrheins bei Chur nach diesen Gesteinen, so findet man soviel wie nichts mehr von ihnen: Der Jungrhein hat sie soviel wie restlos zerrieben. Beinahe alles ist voll von flachen, schwärzlichen Geröllen und Platten der mannigfachen, meist kalkhaltigen Bündener Schiefer. Dazwischen liegen spärlich im Durchschnitt faustgroße Gerölle anderer Gesteine: Grüner Granit mit rotem Orthoklas, Diorit, Spilit, Saussuritgabbro, geschieferter aplitischer Orthogneis, Augengneis, Muskowitgneis, Biotitgneis, Grünglimmergneis, Prasinite, Amphibolite, Serpentin, und an sedimentären Gesteinen: Roter Buntsandstein und Verrucano, graue und rote Kalke, Radiolarite und Flyschsandstein.

Zur Vervollständigung des Bildes wurden auch die oft kopfgroßen Gerölle der reißenden Ill bei Feldkirch in Vorarlberg untersucht: Hier sind aplitischer Orthogneis, Biotitgneis und Biotit-Augengneis, Muskowitgneis, Serpentin, Hornblendegneis, Prasinit, Albit-, Epidot-, Granat-, hornblendereiche, flaserige Amphibolite, an Schichtgesteinen roter Buntsandstein, blaue und bräunlichgraue Kalke und Glaukonit-Sandsteine in m. o. w. großen Mengen anzutreffen.

### Herkunft der oberrheinischen Gerölle

Der grüne Granit mit rotem Feldspat, auch Juliergranit genannt, findet sich nach *Albert Heim* weitverbreitet in der Albula-, Err- und (nach *E. Geiger* ausschließlich) in der Bernina-Decke, in den Breschen der Falknis-Decke und in der Sulzfluh-Decke. Er kommt vom Piz d'Err im Oberhalbstein, vom Julier, vom Mädriser Joch, von der Bernina und aus dem Prätrigau.

Die Gabbros aber gehören der Fedoz-Serie (Ophiolith-Zone a. A.) der Margna-(Dente Blanche-)Decke, sekundär der Bernina- und Sulzfluh-Decke an und gelangen von Oberhalbstein, von Marmels und vom östlichen Rhätikon her in den Rhein.

An den gleichen Fundorten kommen auch nach *Albert Heim* Diorite vor. Doch *E. Geiger* bestreitet das und meint, daß Diorite nur den ostalpinen Decken eigentümlich seien und im Medels und am Vorderrhein zu Hause wären.

Spilite sind in der Margna-Decke im Oberhalbstein, bei Arosa und im Plessurtal anzutreffen.

Geschieferte Ortho- und Augengneise stehen an in der Silvretta, im Plessurgebiet, im Val Sertig, am Dürrboden und Äplihorn. Muskowitgneis ist im Silvretta-Massiv verbreitet und gehört auch der Margna- und Tambo-Decke an. Biotitgneis und Biotitaugengneis finden sich am Sertig-Paß, Kühalphorn, Sattelhorn und an der Scaletta im Silvretta-Massiv.

Prasinite liefern Oberhalbstein und die Silvretta, wo sie im Dürrboden, am Sertig-Paß und Äplihorn anstehen.

Serpentin ist von Arosa bis Davos (Seehorn, Plessur), im Oberhalbstein bis zum Septimer-Paß anzutreffen. Er ist der Fedoz-Serie der Margna-Decke eigentümlich und von da aus in die Unterostalpinen Decken (Bernina-Decke, Sulzfluh-Decke, Aroser Schuppenzone) als Geröll verfrachtet worden.

Zahlreicher sind die Amphibolite des Einzugsgebietes des Oberrheins die aus der Silvretta kommen und die namentlich *Frank Escher* eingehend beschrieben hat. Nach Nordwesten reichen sie bis zur Sulzfluh, im Norden sind sie im Rosanna-Tal, im Nordosten bis zum Patznauner Tal verbreitet. Im Süden der Silvretta erstrecken sie sich von Davos nach Osten bis über den Inn, nach Süden bis zum Piz Kesch: Fluchthorn, Schwarzhorn und Rothorn werden als Fundorte

bezeichnet. Auch am Septimer- und Julier-Paß sind kleinere Vorkommen. Albit-Amphibolite, z. T. gesprenkelt und dann dioritähnlich, stehen an am Leidbach und Kühalphorn und am Augstenhörnli. Gebänderte und dichte Pistazit-(Albit)-Amphibolite kommen vom Kühalphorn, vom Piz Grialetsch und vom Tschuggen nördlich von Flüela. An beiden erstgenannten Fundorten sind auch geschieferte Pistazit-Amphibolite vertreten. Die hier seltenen Granat-Epidot-Amphibolite liefern die Leidbach-Mäder.

Ferner gibt es im östlichen Rhätikon Biotit-Chlorit-Amphibolite und Epidot-Chloritgesteine, letztere am Augstenberg.

Abit-Augit-Amphibolite sind nördlich vom Sertig-Paß, im Montafon am Rothorn und im Adula-Massiv gefunden worden.

Hornblende-Gabbros, *Frank Eschers* gabbroähnliche Amphibolite, kommen vom Sertig-Paß, vom Kühalphorn und von der Silvretta.

Weit verbreitet im Einzugsgebiet des Oberrheins sind Verrucano-Sandsteine und -Schiefer und Buntsandstein. Am Kasparsloch, am Tilisunasee, im Plessur-Tal, am Sandhubel im östlichen Rhätikon, im Montafoner Tal, bei Davos, am Albula-Paß, am Piz Platta im Oberhalbstein finden sie sich in der Err-Albula-, Bernina-, Falknisdecke und in der Aroser Schuppenzone.

Blau- und braungraue Kössener und Rhätikalke sind im westlichen Oberhalbstein, im Plessur-Tal am Sandhubel im Rhätikon, in der Scesaplana und im Montafoner Tal zu sehen. Sie gehören der oberostalpinen Silvretta-Decke an. Ein Teil der blaugrauen und dunklen Kalke samt den schwarzen Hornsteinen dürfte aus dem Muschelkalk und Arlbergkalk dieser Gegenden stammen. Weißliche Kalke aus Vorarlberg und dem Rhätikon kommen aus dem Dachsteinkalk und Virgloria-Kalk der Silvretta-Decke.

Bündener Schiefer begleiten den Rhein und seine rechten Zuflüsse von Ilanz bis Mayenfeld.

Auch die roten Hierlitz- und Krinoiden-Kalke, die in der Err-Albula-Decke, in der Falknis- und Sulzfluh, Silvretta-Decke und in der Aroser Schuppen-Zone erscheinen, haben ihre Heimat im östlichen Rätikon.

Radiolarite, rote Kieselkalke und die sie begleitenden Aptychen- und Neokom-Kalke sind sowohl im Oberhalbstein (Septimer- und Julier-Paß), in der südlichen Albula im Plessurgebiet und im östlichen Rhätikon zu Hause, wo sie der Err-Albula und Sulzfluh-Decke und der Aroser Schuppenzone eigentümlich sind.

Flyschgesteine, helvetisch und penninisch, kommen aus dem Plessur-Tal und dem Rhätikon in den Rhein und seine Nebenflüsse.

Glaukonit-Sandsteine liefern endlich der Gault der Falknis- und Sulzfluh-Decke.

Von Sargans an grenzen Kreidgesteine, bei Gams und von Oberried flußabwärts auch Gesteine des Flysches und der Molasse an das Rheintal, die auch ihrerseits Material für die Moränen und Schotter abgeben haben und noch abgeben.

Nach einer brieflichen Mitteilung von *E. Geiger*-Hüttwilen vom 30. 6. 1926, der die Deckenschotterplatte südlich vom Untersee untersuchte, machen die Paragneise unter den dort aufgefundenen kristallinen Geröllen 21%, die Amphibolite 20%, die Orthogneise 30%, die Diabase und Peridotite 6%, die Gabbros 6%, die Diorite 2%, die Porphyrite 3%, die Aplite 2%, die Quarzporphyre und Granite je 5% in diesen Schottern aus. Auch bei den rezenten, aus dem Kristallin stammenden Rheingeröllen bemerkt man ein Überwiegen der Amphibolite und der

Orthogneise. Granite und die übrigen kristallinen Gesteine treten in den Hintergrund.

Wenn man nun die *Geigerschen* Mitteilungen und die Arbeit *D. Steudels* über die in Oberschwaben in den Moränen des Rheingletschers aufgefundenen Gesteine heranzieht und sie mit den Aufzählungen der jetzigen Rheingerölle oder der aus dem Rheingebiet stammenden Donaugerölle Württembergs vergleicht, so läßt sich dabei feststellen, daß eine Menge von Gesteinen in beiden Flüssen sehr selten geworden ist, ja nahezu fehlen. Daß natürlich Moränen auch leichter zerstörbarer Gesteine weiter tragen als ein in seinem Oberlauf rasch dahineilender Fluß, in welchem sich die mitgeführten Gerölle fortwährend stoßen und abreiben, was oben auf den Seiten- und Mittelmoränen nicht der Fall ist, dürfte ohne weiteres klar sein. Bei den Deckenschottern haben die aus den dazu gehörigen Gletschern kommenden Flüsse jedenfalls das aus deren Moränen abgeschleppte Gesteinsmaterial nicht so weit geführt als der jetzige Rhein und die Donau samt deren Nebenflüssen, so daß viele Gesteine damals erhalten geblieben sind, die jetzt schon bald, nachdem sie in die Flüsse gelangen, restlos zu Sand und Lehm zerrieben werden. Sicher ist auch die Erosion dieser Flüsse seit der Zeit der Ablagerung der Deckenschotter gewachsen, wenn auch die Tiefe der Erosion zur Zeit des Hochterrassenschotterns in neuerer Zeit nicht mehr erreicht worden ist. Viele Gesteine im Quellgebiet des Oberrheins und seiner Nebenflüsse werden schließlich auch durch Gletscher- und Flußerosion seit dem Diluvium abgetragen worden sein und sind infolge dessen aus den Flußschottern verschwunden.

In die Donau sind nach den bisherigen Beobachtungen folgende Gesteine nicht gelangt, die in den Moränen und Deckenschottern des oberen Rheins von *D. Steudel*, *Th. Engel* und *E. Geiger* angegeben werden:

Molassegesteine, Fukoidenschiefer, Nummulitenkalk, oolithischer Kalk, Gesteine aus den Bündener Schiefeln, Casanna-Schiefer, Granatglimmerschiefer, Granatgneise, Marmore, Glimmermarmore, Chlorit- und Serizitschiefer, Phyllite, Eklogite, Porphyre, Porphyrite, Augit-Porphyre (Melaphyre), Diabase, Juliergranit und Turmalingranit.

Am widerstandsfähigsten unter den vom Oberrheingebiet stammenden Geröllen sind also die verschiedenen Orthogneise, Hornblendegesteine, Verrucano, Buntsandstein, die grauen Triaskalke, die Hierlatzkalke, die roten Malm-Kieselkalke mit ihren Radiolariten, die oft mit den gleichfalls schwer zerstörbaren triadischen und Fleckenmergel-Hornsteinen verwechselt werden könnten, ferner manche Flysch- und glaukonitische Kreidesandsteine.

#### Gerölle aus den Nagelfluhen der Molasse und aus den Konglomeraten des Flysch

Bei der Frage nach der Herkunft der Donaugerölle, deren Ursprung sich auf die Alpen zurückführen läßt, ist zu berücksichtigen, daß wohl ein nicht unbedeutender Teil derselben aus den Nagelfluhen und aus den Flyschkonglomeraten in die diluvialen und alluvialen Ablagerungen des Vorlandes gelangt ist.

Mit den Molassegeröllen dieser Art haben sich *Albert Heim* und *H.P. Cornelius* eingehend beschäftigt, die in der Schweiz, bzw. im Allgäu hierüber Untersuchungen anstellten. Über die Gerölle der Flyschkonglomerate haben *M. Richter* und *H.P. Cornelius* wertvolle Arbeiten geschrieben.

Orthogneise. Granite und die übrigen kristallinen Gesteine treten in den Hintergrund.

Wenn man nun die *Geigerschen* Mitteilungen und die Arbeit *D. Steudels* über die in Oberschwaben in den Moränen des Rheingletschers aufgefundenen Gesteine heranzieht und sie mit den Aufzählungen der jetzigen Rheingerölle oder der aus dem Rheingebiet stammenden Donaugerölle Württembergs vergleicht, so läßt sich dabei feststellen, daß eine Menge von Gesteinen in beiden Flüssen sehr selten geworden ist, ja nahezu fehlen. Daß natürlich Moränen auch leichter zerstörbarer Gesteine weiter tragen als ein in seinem Oberlauf rasch dahineilender Fluß, in welchem sich die mitgeführten Gerölle fortwährend stoßen und abreiben, was oben auf den Seiten- und Mittelmoränen nicht der Fall ist, dürfte ohne weiteres klar sein. Bei den Deckenschottern haben die aus den dazu gehörigen Gletschern kommenden Flüsse jedenfalls das aus deren Moränen abgeschleppte Gesteinsmaterial nicht so weit geführt als der jetzige Rhein und die Donau samt deren Nebenflüssen, so daß viele Gesteine damals erhalten geblieben sind, die jetzt schon bald, nachdem sie in die Flüsse gelangen, restlos zu Sand und Lehm zerrieben werden. Sicher ist auch die Erosion dieser Flüsse seit der Zeit der Ablagerung der Deckenschotter gewachsen, wenn auch die Tiefe der Erosion zur Zeit des Hochterrassenschotters in neuerer Zeit nicht mehr erreicht worden ist. Viele Gesteine im Quellgebiet des Oberrheins und seiner Nebenflüsse werden schließlich auch durch Gletscher- und Flußerosion seit dem Diluvium abgetragen worden sein und sind infolge dessen aus den Flußschottern verschwunden.

In die Donau sind nach den bisherigen Beobachtungen folgende Gesteine nicht gelangt, die in den Moränen und Deckenschottern des oberen Rheins von *D. Steudel*, *Th. Engel* und *E. Geiger* angegeben werden:

Molassegesteine, Fukoidenschiefer, Nummulitenkalk, oolithischer Kalk, Gesteine aus den Bündener Schiefeln, Casanna-Schiefer, Granatglimmerschiefer, Granatgneise, Marmore, Glimmermarmore, Chlorit- und Serizitschiefer, Phyllite, Eklogite, Porphyre, Porphyrite, Augit-Porphyre (Melaphyre), Diabase, Juliergranit und Turmalingranit.

Am widerstandsfähigsten unter den vom Oberrheingebiet stammenden Geröllen sind also die verschiedenen Orthogneise, Hornblendegesteine, Verrucano, Buntsandstein, die grauen Triaskalke, die Hierlatzkalke, die roten Malm-Kieselkalke mit ihren Radiolariten, die oft mit den gleichfalls schwer zerstörbaren triadischen und Fleckenmergel-Hornsteinen verwechselt werden könnten, ferner manche Flysch- und glaukonitische Kreidesandsteine.

#### Gerölle aus den Nagelfluhen der Molasse und aus den Konglomeraten des Flysch

Bei der Frage nach der Herkunft der Donaugerölle, deren Ursprung sich auf die Alpen zurückführen läßt, ist zu berücksichtigen, daß wohl ein nicht unbedeutender Teil derselben aus den Nagelfluhen und aus den Flyschkonglomeraten in die diluvialen und alluvialen Ablagerungen des Vorlandes gelangt ist.

Mit den Molassegeröllen dieser Art haben sich *Albert Heim* und *H.P. Cornelius* eingehend beschäftigt, die in der Schweiz, bzw. im Allgäu hierüber Untersuchungen anstellten. Über die Gerölle der Flyschkonglomerate haben *M. Richter* und *H.P. Cornelius* wertvolle Arbeiten geschrieben.

Nach *H.P. Cornelius* sind in der Molasse 50% aller Nagelfluhgerölle graue, dichte Kalke aus dem Lias und dem Neokom. Wesentlich sind ferner lichtgraue und rötliche dichte Kalke aus dem alpinem Malm, sog. Aptychenkalke, schwärzliche und rötliche Hornsteine aus dem alpinem Malm und Lias (15—20%), Hauptdolomit (10—20%) und blaugraue, braun verfärbte Gosaukalke mit anhaftenden Quarzkörnern. Häufig sind Wettersteinkalk, Buntsandstein, Rhätkalk, Hierlatzkalk, z. T. mit Krinoidenresten, schwarze Lias(?)-Kieselkalke, schwarzgraue Mergel und Mergelkalke der Trias (Rhätolias?) und Nummulitengesteine.

Seltener sind Glaukonitsandsteine des Flysches und der helvetischen Zone, überhaupt helvetische Gesteine, eozäne Kalke mit Quarzkörnern und Muskowit, eozäne breschige kieselige Spatkalke, hellgelbe und graue kristalline Kalke mit Spat, dunkelrote Mergelkalke, graubraune, glimmerige und kalkige Sandsteine aus dem Flysch oder der Gosau-Ablagerungen, dunkelgraue Quarzsandsteine und schwarze und schwarzgrüne Quarzite.

An kristallinen Geröllern gibt *H.P. Cornelius* an: Gangquarze, graue, grünlichgraue und schwärzliche Quarzite, Quarzgrauwacken (hellgrau und violettrot. *Verrucano!*), quarzreiche Muskowitschiefer, felsitische Quarzporphyre und Porphyrite.

99% aller Gerölle sind oberostalpin. Kreidehelveticum fehlt, ebenso scheinbar das Unter-Ostalpin.

*Albert Heim* gibt für die Ostschweizer Molasse außerdem noch an: Lias-Fleckenmergel, grüne Bündener Schiefer, Dachsteinkalk, Plattenkalk, Wettersteindolomit, Muschelkalk, roten und grünen Granit, Gastern-Granit, Gneis-Granit des St. Gotthardt, Aplit, Diorit, Gabbro, Melaphyr, Variolit, Spilit, Serpentin, Gneis, Glimmerschiefer, Quarzite, also Gesteine, die auch in den Deckenschottern des Bodenseegebietes und meist noch in den Moränen, diluvialen und alluvialen Schottern des ehemaligen Rheingletschers und im jetzigen Oberlauf des Rheins zu finden sind.

Merkwürdigerweise bezweifeln beide Autoren das Vorkommen von Hornblendegesteinen in der Molasse und erwähnen mit keinem Wort die von *E. Geiger* und *D. Steudel* für das Diluvium des Alpenvorlandes bezeichnenden Paragesteine. Auch die helvetische Kreide und der Flysch im Ostalpengebiet sind unter den Geröllern spärlich vertreten und da ist die Sache noch zweifelhaft. Das läßt sich nur damit erklären, daß die oberostalpinen, in der Schweiz mindestens die unterostalpinen Decker, in der Zeit der Ablagerung der Nagelfluh, die in mehreren Flußdeltas im damaligen Alpenvorland erfolgte, noch viel weiter nach Norden reichten und die helvetischen und z. T. auch die penninischen Decken einhüllten. Zur Zeit der Ablagerung der Molasse fand übrigens die Haupterhebung der Alpen statt, die in den Ostalpen gegen Ende der Kreidezeit, in diesen und in den Westalpen zur Zeit der Flyschablagerungen ihre Vorläufer hatte. Bei der Haupterhebung der Alpen werden die erwähnten Paragesteine durch die Dynamometamorphose, die mit dieser gewaltigen Gebirgsbewegung einherging, ihre jetzige Struktur und Textur erhalten haben: Ein Grund mehr, daß man sie in der Nagelfluh nicht findet.

In den Flyschkonglomeraten fanden *H.P. Cornelius* und *M. Richter*: Wettersteinkalk, Rauchwacken, Dolomite (meist gelb), Rhätkalke, Liaskalke, Fleckenmergel, Kieselkalke, Malmhornsteine, Cenomangesteine, weißen Quarz, Quarzite (z. T. grün und schwarz), Granite, Aplite, Alkalisyenite, Banatit, Granodiorit, Granit-, Quarz-, Felsit-, Pyroxen-Porphyre, Granit-, Flaser-, Augen-

gneise, zwei-Glimmer-, Streifen-, Biotit- und Chlorit-Gneise, grüne Hornsteine, Quarzit und weißen Marmor. Nur ein einziges Amphibolitgeröll wird aus dem Allgäu angegeben.

Diese Gesteine leitet *H.P. Cornelius* ab von den unterostalpinen Decken des Julier-Bernina-Massivs. In der Zeit der Ablagerung des Flysches scheinen also die oberostalpinen Decken von ihrer mehr südlich gelegenen Heimat noch nicht gegen Norden vorgestoßen und auf die unter ihnen gelegenen Decken hinaufgefahren zu sein; denn sonst müßten ihre Gerölle in den Flyschkonglomeraten vorkommen, was nicht der Fall zu sein scheint.

Aus dem Gesagten ergibt sich, daß man bei Beurteilung der Herkunft der sog. ostalpinen Gerölle im geologischen Sinn nicht vorsichtig genug sein kann. Sie können nicht nur aus den jetzt an den alpinen Flußläufen anstehenden Gesteinen in die Alpenflüsse gekommen oder zur Diluvialzeit aus dem Einzugsgebiet der Gletscher durch das Eis fortgetragen worden und aus den Moränen in die Schotter gelangt sein, aus denen sie die Flüsse bis heute noch auswaschen: Die den Flysch- und Molassegürtel der nördlichen Alpen durchbrechenden reißenden Flüsse können die Gerölle ebenso gut dem Flysch und der Molasse entrissen haben. Allerdings dürfte bei weitem der größere Teil dieser Flußgerölle den anstehenden Gesteinen der Oberläufe und Quellgebiete der betreffenden Flüsse entnommen sein, wo diese Gesteine oft hunderte von Metern ins schluchtartig verengerte Fluß- und Bachbett hineinragen, und wo die Erosions- und Förderkraft des Wassers noch viel größer ist als am Alpenrande. In der Molasse und in den Flyschkonglomeraten sind die Gerölle auch mehr verteilt und die konglomeratische Ausbildung von Flysch und Molasse ist durchaus nicht die Regel. Deshalb kann man wohl sicher annehmen, daß der überwiegende Teil der alpinen Gerölle der Donau und ihres alpinen Einzugsgebietes, wozu auch z. T. die Moränen des Rheingletschers zu rechnen sind, aus dem anstehenden Gestein erst im Diluvium und Alluvium durch das Eis der Gletscher und durch das strömende Wasser der Bäche und Flüsse ins Alpenvorland und in die Donau verfrachtet wurden.

#### Gerölle der Iller

Bei Neu-Ulm, etwa 1 km vor ihrer Mündung, führt die Iller in der Hauptsache graubraune und schwärzliche graue Kalke der alpinen Trias und z. T. auch Kalke des Juras. Seltener ist roter Hielatzkalk. Zentralgneis, Hornblendegneis und Albit-Amphibolite stammen aus der Aitrach, die sie aus der Altmoräne des Rheingletschers ausgewaschen hat. Zum Teil werden sie im Diluvium durch die damals viel breitere Donau dahin gebracht worden sein.

Auch die leberbraunen Kieselkalke, rote und dunkelgrüne Radiolarite, kamen teils aus dem Allgäu, teils durch den Rheingletscher aus dem Gebiet des Rhätikons und der Sulzfluh.

Grünsandsteine und Flyschgesteine stammen meist aus dem Allgäu, ein geringerer Teil aus der Schweiz. Dazu gesellen sich noch Biotitgneis aus dem Schwarzwald, gelbliche Jurakalke und hellbraune und rötliche Molassesandsteine.

Bei Immenstadt führt die vereinigte Iller weißliche, graue und schwärzliche Kalke, Hauptdolomit (50%), dunklen Hornstein, rote Hierlatzkalke, Flyschgesteine und Muskowitgneis.

gneise, zwei-Glimmer-, Streifen-, Biotit- und Chlorit-Gneise, grüne Hornsteine, Quarzit und weißen Marmor. Nur ein einziges Amphibolitgeröll wird aus dem Allgäu angegeben.

Diese Gesteine leitet *H.P. Cornelius* ab von den unterostalpinen Decken des Julier-Bernina-Massivs. In der Zeit der Ablagerung des Flysches scheinen also die oberostalpinen Decken von ihrer mehr südlich gelegenen Heimat noch nicht gegen Norden vorgestoßen und auf die unter ihnen gelegenen Decken hinaufgefahren zu sein; denn sonst müßten ihre Gerölle in den Flyschkonglomeraten vorkommen, was nicht der Fall zu sein scheint.

Aus dem Gesagten ergibt sich, daß man bei Beurteilung der Herkunft der sog. ostalpinen Gerölle im geologischen Sinn nicht vorsichtig genug sein kann. Sie können nicht nur aus den jetzt an den alpinen Flußläufen anstehenden Gesteinen in die Alpenflüsse gekommen oder zur Diluvialzeit aus dem Einzugsgebiet der Gletscher durch das Eis fortgetragen worden und aus den Moränen in die Schotter gelangt sein, aus denen sie die Flüsse bis heute noch auswaschen: Die den Flysch- und Molassegürtel der nördlichen Alpen durchbrechenden reißenden Flüsse können die Gerölle ebenso gut dem Flysch und der Molasse entrissen haben. Allerdings dürfte bei weitem der größere Teil dieser Flußgerölle den anstehenden Gesteinen der Oberläufe und Quellgebiete der betreffenden Flüsse entnommen sein, wo diese Gesteine oft hunderte von Metern ins schluchtartig verengerte Fluß- und Bachbett hineinragen, und wo die Erosions- und Förderkraft des Wassers noch viel größer ist als am Alpenrande. In der Molasse und in den Flyschkonglomeraten sind die Gerölle auch mehr verteilt und die konglomeratische Ausbildung von Flysch und Molasse ist durchaus nicht die Regel. Deshalb kann man wohl sicher annehmen, daß der überwiegende Teil der alpinen Gerölle der Donau und ihres alpinen Einzugsgebietes, wozu auch z. T. die Moränen des Rheingletschers zu rechnen sind, aus dem anstehenden Gestein erst im Diluvium und Alluvium durch das Eis der Gletscher und durch das strömende Wasser der Bäche und Flüsse ins Alpenvorland und in die Donau verfrachtet wurden.

#### Gerölle der Iller

Bei Neu-Ulm, etwa 1 km vor ihrer Mündung, führt die Iller in der Hauptsache graubraune und schwärzliche graue Kalke der alpinen Trias und z. T. auch Kalke des Juras. Seltener ist roter Hielatzkalk. Zentralgneis, Hornblendegneis und Albit-Amphibolite stammen aus der Aitrach, die sie aus der Altmoräne des Rheingletschers ausgewaschen hat. Zum Teil werden sie im Diluvium durch die damals viel breitere Donau dahin gebracht worden sein.

Auch die leberbraunen Kieselkalke, rote und dunkelgrüne Radiolarite, kamen teils aus dem Allgäu, teils durch den Rheingletscher aus dem Gebiet des Rhätikons und der Sulzfluh.

Grünsandsteine und Flyschgesteine stammen meist aus dem Allgäu, ein geringerer Teil aus der Schweiz. Dazu gesellen sich noch Biotitgneis aus dem Schwarzwald, gelbliche Jurakalke und hellbraune und rötliche Molassesandsteine.

Bei Immenstadt führt die vereinigte Iller weißliche, graue und schwärzliche Kalke, Hauptdolomit (50%), dunklen Hornstein, rote Hierlatzkalke, Flyschgesteine und Muskowitgneis.

Ähnlich ist die Geröllführung der Ostrach bei Liebenstein: Weiße, graue und schwarze Kalke, Hauptdolomit, Radiolarite, Quarze und Hornsteine.

Der Hauptdolomit ist im Quellgebiet der Iller sehr weit verbreitet: Im Breitachtal bis Mittelberg. Er steht an im Talhintergrund der Stillach und Trettach am Biberkopf, am Hohen Licht, an der Mädelegabel, am Katzer, Wildgrundkopf und Himmelsschrofen. Die Ostrach bringt Hauptdolomitgerölle vom Imberger Horn, Iseler, Spitzkopf, vom Allgäuer Hauptkamm vom Kreuzeck über den Lahnerkopf bis zum Hochvogel im Osten und vom Daumen, Nebelhorn, Entsenkopf und Imberger Horn im Westen des Tales.

Dunkelgraue braune und blaue Kalke aus dem Rhät, den Kössener Schichten und den darunter liegenden Plattenkalkschichten kann man gleichfalls an vielen Orten des Allgäus antreffen: An der Breitach bei Mittelberg, im Stillachgrund am Geißfuß, am West- und Osthang des Himmelsschrofen, an der Wildgrundspitze und am Hohen Licht, im Trettachtal am Fürschießler und an der Krottenspitze, im Oy-Tal, am Schochen, Seealpsee und Edmund-Probst-Haus, im Rechtenbacher-Tal an der Geißalp, schließlich im Ostrach-Tal am Imberger Horn bei Bruck, auf der Berggrund-Alm, am Geißeck, Rauh- und Kugelhorn und bei der Schrecken-Hütte.

Graue Kalke können zum geringeren Teile auch Neokom-, Aptychen-, Hindelanger Dogger- oder liasische Knollenkalke sein oder bei dunklerer Farbe sogar aus den Fleckenmergeln stammen.

Roten Hierlatzkalk trifft man im Illergebiet nur am Edmund-Probst-Haus und am Steinköpfel bei Hindelang an.

Dunkelbraune Hornsteine sind in den Allgäuschiefen zwischen Stillach und Trettach, vom Fürschießler bis zum Hohen Licht im Oy-Tal, Ostrach-Tal und endlich auch im Breitach-Tal verbreitet.

Radiolarite und rote Kieselkalke kommen aus dem Retterschwanger Tal von Lachekopf und der Eckscheid, aus dem Oy-Tal vom Höfats und Schneck, aus dem Breitach-Tal bei Mittelberg und aus dem Warmatsgrund.

Grünsandsteine werden hauptsächlich aus den Brisi- und Gamser-Schichten der Breitach-Klamm und aus dem senonen Burgberg-Sandstein des Grünten und dem eoänen Assilinen-Grünsand am Grünten in die Iller gelangt sein.

Flysch-Sandsteine (Oberzollbrücker Sandstein und Wildflysch-Sandstein) sind im Schochentobel bei Hindelang, in den Trettach-Anlagen und in der Breitachklamm bei Oberstdorf und am Oybach anzutreffen.

Auch Biotit-Gneis und Quarz endlich können nur aus den unterostalpinen Schubfetzen des Retterschwanger Tals und bei Hindelang ausgewachsen sein.

Hellbrauner und rötlicher Sandstein weisen auf die Molasse bei Kempten hin.

### Zwischen Iller und Lech

Lauter, Ach und Blau bringen aus dem Jura gelbliche, graue und weiße Kalke, darunter auch den Blaubeurener Zementmergel, die Brenz nebst Jurakalken auch miozäne Kalke mit *Carinifex multiformis*.

Roth, Günz, Mindel, Schmutter und Zusam führen aus ihrem Oberlauf Material aus den alpinen Schottern, teils Allgäuer und aus der Hochterrasse bis zum Lech

Ähnlich ist die Geröllführung der Ostrach bei Liebenstein: Weiße, graue und schwarze Kalke, Hauptdolomit, Radiolarite, Quarze und Hornsteine.

Der Hauptdolomit ist im Quellgebiet der Iller sehr weit verbreitet: Im Breitachtal bis Mittelberg. Er steht an im Talhintergrund der Stillach und Trettach am Biberkopf, am Hohen Licht, an der Mädelegabel, am Katzer, Wildgrundkopf und Himmelsschrofen. Die Ostrach bringt Hauptdolomitgerölle vom Imberger Horn, Iseler, Spitzkopf, vom Allgäuer Hauptkamm vom Kreuzeck über den Lahnerkopf bis zum Hochvogel im Osten und vom Daumen, Nebelhorn, Entsenkopf und Imberger Horn im Westen des Tales.

Dunkelgraue braune und blaue Kalke aus dem Rhät, den Kössener Schichten und den darunter liegenden Plattenkalkschichten kann man gleichfalls an vielen Orten des Allgäus antreffen: An der Breitach bei Mittelberg, im Stillachgrund am Geißfuß, am West- und Osthang des Himmelsschrofen, an der Wildgrundspitze und am Hohen Licht, im Trettachtal am Fürschießler und an der Krottenspitze, im Oy-Tal, am Schochen, Seealpsee und Edmund-Probst-Haus, im Rechtenbacher-Tal an der Geißalp, schließlich im Ostrach-Tal am Imberger Horn bei Bruck, auf der Berggrund-Alm, am Geißeck, Rauh- und Kugelhorn und bei der Schrecken-Hütte.

Graue Kalke können zum geringeren Teile auch Neokom-, Aptychen-, Hindelanger Dogger- oder liasische Knollenkalke sein oder bei dunklerer Farbe sogar aus den Fleckenmergeln stammen.

Roten Hierlatzkalk trifft man im Illergebiet nur am Edmund-Probst-Haus und am Steinköpfel bei Hindelang an.

Dunkelbraune Hornsteine sind in den Allgäuschiefen zwischen Stillach und Trettach, vom Fürschießler bis zum Hohen Licht im Oy-Tal, Ostrach-Tal und endlich auch im Breitach-Tal verbreitet.

Radiolarite und rote Kieselkalke kommen aus dem Retterschwanger Tal von Lachekopf und der Eckscheid, aus dem Oy-Tal vom Höfats und Schneck, aus dem Breitach-Tal bei Mittelberg und aus dem Warmatsgrund.

Grünsandsteine werden hauptsächlich aus den Brisi- und Gamser-Schichten der Breitach-Klamm und aus dem senonen Burgberg-Sandstein des Grünten und dem eoänen Assilinen-Grünsand am Grünten in die Iller gelangt sein.

Flysch-Sandsteine (Oberzollbrücker Sandstein und Wildflysch-Sandstein) sind im Schochentobel bei Hindelang, in den Trettach-Anlagen und in der Breitachklamm bei Oberstdorf und am Oybach anzutreffen.

Auch Biotit-Gneis und Quarz endlich können nur aus den unterostalpinen Schubfetzen des Retterschwanger Tals und bei Hindelang ausgewachsen sein.

Hellbrauner und rötlicher Sandstein weisen auf die Molasse bei Kempten hin.

### Zwischen Iller und Lech

Lauter, Ach und Blau bringen aus dem Jura gelbliche, graue und weiße Kalke, darunter auch den Blaubeurener Zementmergel, die Brenz nebst Jurakalken auch miozäne Kalke mit *Carinifex multiformis*.

Roth, Günz, Mindel, Schmutter und Zusam führen aus ihrem Oberlauf Material aus den alpinen Schottern, teils Allgäuer und aus der Hochterrasse bis zum Lech

auch rheinischer Herkunft, dabei aus ihrem Unterlauf miozänen Sand und vor allem Quarzkies der Donau zu.

Im Donauschotter vor Donauwörth erkennt man neben den sehr zurücktretenden Kalken des doch so nahen Juras roten Granit und Buntsandstein des Schwarzwaldes, quarzreichen Zentralgneis, Hornblendegneis, Amphibolite der Schweiz, weißen Wettersteinkalk, blaue und braungraue Kössener und Rhätkalke, roten Hierlatzkalk, rote und grüne Radiolarite samt braunem Aptychen-Kieselkalk, groben Flysch-Sandstein und Kreide- und Flysch-Grünsandsteine. Quarzgerölle können aus der Schweiz, dem Schwarzwald und aus dem Miozän der Hochebene in die Donau gelangt sein.

### Gerölle der Wörnitz

Zur Vervollständigung des Bildes der Geröllführung der Donau gehört auch die Berücksichtigung der Schotter, welche der erste größere linke Nebenfluß der Donau in Bayern, nämlich die in der Frankenhöhe entspringende Wörnitz mit sich führt und allenfalls bei ihrer Mündung in Donauwörth an die Donau abgibt. Eine reiche Auswahl solcher Gerölle aus Öttingen im Ries besorgte mir der Schüler Fertl.

Die überwiegende Anzahl der Gerölle waren grünlichgraue und braune, mitunter mehr oder weniger quarzitische, muskowithaltige Sandsteingerölle. Seltener fanden sich hellgelbe Gerölle eines feinkörnigen, härteren gelben Sandsteins darunter. Ganz vereinzelt zeigten sich Stücke eines weißen, kaolinhaltigen, quarzitischen Sandsteins, stark mitgenommene Gerölle eines braunen, grobkörnigen Eisensandsteins und eines feinkörnigen limonitischen Sandsteins, endlich noch die eines grauen, kalkhaltigen Sandsteins. An Kalkgesteinen waren nur grauer Plattenkalk und grauer poriger Kalk in einigen Geröllen vorhanden. Hellbrauner Quarzit, auch weißlicher und braungebänderter hellroter Hornstein, fleischroter bis bräunlicher Karneol, blaugrauer, grauer und weißlichgelber Quarz waren in kleineren Stücken zu sehen.

Die grünlichgrauen Sandsteine gehören dem Schilfsandstein an, wie er an der Wörnitz und Sulzbach von deren Quellgebiet bis Schillingsfürst und Feuchtwangen verbreitet ist. Bräunliche Sandsteine weist der Mittlere Schilfsandstein bei Dinkelsbühl, gelbbraune der Untere Schilfsandstein bei Feuchtwangen auf. Der kaolinhaltige weißliche quarzitisches Sandstein kommt aus dem Niveau des Unteren Burgsandsteins bei Dinkelsbühl. Die feinkörnigen gelben Sandsteine sind Trümmer aus dem Angulaten-Sandstein des Lias, den die Wörnitz bei Weitingen, ihr Nebenfluß, die Sulzach bei Unter-Michelbach durchbrechen. Aus der gleichen Gegend kommt der braune grobe Eisensandstein der Arieten-Schichten und der feinerkörnige limonitische Lias-Beta-Sandstein. Der graue porige Kalk ist tertiärer Kalktuff von Trochtelfingen, der graue Plattenkalk ist aus dem Malm-Alpha von der Eger aus der Bopfinger Gegend in die Wörnitz gebracht worden. Weiße und rötliche Quarze sind aus dem Mittleren Schilfsandstein, weiße, siegellackrote, gelbliche, bläuliche und grünliche aus der Dolomitischen Arkose von Dinkelsbühl bis Bechhofen, wie übrigens auch die Karneole, Quarze und Quarzite (weiß, grau und rötlich) aus dem Oberen Burgsandstein ausgewaschen worden. Endlich kommen noch im Blasensandstein und im Unteren Burgsandstein des Wörnitzgebietes Hornsteine vor. Wo die Wörnitz den Riskessel verläßt, muß sie ihren Weg durch die Schichten des Malm nehmen, aus denen sie graue, weiße und gelbliche Kalke in ihren Geröllbestand aufnimmt und der Donau bei Donauwörth mitzuführen.

auch rheinischer Herkunft, dabei aus ihrem Unterlauf miozänen Sand und vor allem Quarzkies der Donau zu.

Im Donauschotter vor Donauwörth erkennt man neben den sehr zurücktretenden Kalken des doch so nahen Juras roten Granit und Buntsandstein des Schwarzwaldes, quarzreichen Zentralgneis, Hornblendegneis, Amphibolite der Schweiz, weißen Wettersteinkalk, blaue und braungraue Kössener und Rhätkalke, roten Hierlatzkalk, rote und grüne Radiolarite samt braunem Aptychen-Kieselkalk, groben Flysch-Sandstein und Kreide- und Flysch-Grünsandsteine. Quarzgerölle können aus der Schweiz, dem Schwarzwald und aus dem Miozän der Hochebene in die Donau gelangt sein.

#### Gerölle der Wörnitz

Zur Vervollständigung des Bildes der Geröllführung der Donau gehört auch die Berücksichtigung der Schotter, welche der erste größere linke Nebenfluß der Donau in Bayern, nämlich die in der Frankenhöhe entspringende Wörnitz mit sich führt und allenfalls bei ihrer Mündung in Donauwörth an die Donau abgibt. Eine reiche Auswahl solcher Gerölle aus Öttingen im Ries besorgte mir der Schüler Fertl.

Die überwiegende Anzahl der Gerölle waren grünlichgraue und braune, mitunter mehr oder weniger quarzitisches, muskowitzhaltige Sandsteingerölle. Seltener fanden sich hellgelbe Gerölle eines feinkörnigen, härteren gelben Sandsteins darunter. Ganz vereinzelt zeigten sich Stücke eines weißen, kaolinhaltigen, quarzitisches Sandsteins, stark mitgenommene Gerölle eines braunen, grobkörnigen Eisensandsteins und eines feinkörnigen limonitischen Sandsteins, endlich noch die eines grauen, kalkhaltigen Sandsteins. An Kalkgesteinen waren nur grauer Plattenkalk und grauer poriger Kalk in einigen Geröllen vorhanden. Hellbrauner Quarzit, auch weißlicher und braungebänderter hellroter Hornstein, fleischroter bis bräunlicher Karneol, blaugrauer, grauer und weißlichgelber Quarz waren in kleineren Stücken zu sehen.

Die grünlichgrauen Sandsteine gehören dem Schilfsandstein an, wie er an der Wörnitz und Sulzbach von deren Quellgebiet bis Schillingsfürst und Feuchtwangen verbreitet ist. Bräunliche Sandsteine weist der Mittlere Schilfsandstein bei Dinkelsbühl, gelbbraune der Untere Schilfsandstein bei Feuchtwangen auf. Der kaolinhaltige weißliche quarzitisches Sandstein kommt aus dem Niveau des Unteren Burgsandsteins bei Dinkelsbühl. Die feinkörnigen gelben Sandsteine sind Trümmer aus dem Angulaten-Sandstein des Lias, den die Wörnitz bei Weitingen, ihr Nebenfluß, die Sulzach bei Unter-Michelbach durchbrechen. Aus der gleichen Gegend kommt der braune grobe Eisensandstein der Arieten-Schichten und der feinerkörnige limonitische Lias-Beta-Sandstein. Der graue porige Kalk ist tertiärer Kalktuff von Trochtelfingen, der graue Plattenkalk ist aus dem Malm-Alpha von der Eger aus der Bopfinger Gegend in die Wörnitz gebracht worden. Weiße und rötliche Quarze sind aus dem Mittleren Schilfsandstein, weiße, siegellackrote, gelbliche, bläuliche und grünliche aus der Dolomitischen Arkose von Dinkelsbühl bis Bechhofen, wie übrigens auch die Karneole, Quarze und Quarzite (weiß, grau und rötlich) aus dem Oberen Burgsandstein ausgewaschen worden. Endlich kommen noch im Blasensandstein und im Unteren Burgsandstein des Wörnitzgebietes Hornsteine vor. Wo die Wörnitz den Riskessel verläßt, muß sie ihren Weg durch die Schichten des Malm nehmen, aus denen sie graue, weiße und gelbliche Kalke in ihren Geröllbestand aufnimmt und der Donau bei Donauwörth mitzuführen.

## Gerölle des Lechs

Die Geröllführung dieses den meisten Donauschotter bis zur Isarmündung liefernden Flusses, der auch am häufigsten die Hochwässer der Donau verursacht, wurde bis zum Dorf Lech in Vorarlberg verfolgt. Es wurden die an seinen Ufern und an einigen seiner Nebenflüsse vorkommenden Gesteine gründlich geprüft und Handstücke gesammelt. Auch aus den Schottern wurden zahlreiche Gerölle mitgenommen. Die alluvialen Anschwemmungen wurden durchsucht und die Flußterrassen bis ins Gebirge hinein lieferten zahlreiche Probestücke.

Die Kiesbänke im Lech bei Häselgehr, 30 km von Reutte in Tirol lechaufwärts, zeigen in der Hauptsache hell- bis dunkelgrauen Hauptdolomit, schwärzliche Kalke, graubraunen Kieselkalk, und roten Radiolarit. Eine Terrasse, wohl jungdiluvialen Alters südlich des Lechs bei der Brücke in der Nähe des Ortes, führt die gleichen Gesteine, dazu noch roten Kalk, schwarzgrauen Kalk und neben roten auch grünlichen und schwärzlichen Radiolarit, bzw. Hornstein.

Folgt man dem Flußlauf abwärts bis Stanzach, 19 km südwestlich von Reutte, so sieht man auf den weiten Kiesbänken des Lechs in der Hauptsache Hauptdolomit, dem gegenüber grüne, rote und schwarze Hornsteine, hell- und dunkelrote Kalke und schwärzliche bis graue Mergelkalke nur eine untergeordnete Rolle spielen.

Ein anderes Bild bieten schon die Kiesbänke von Reutte bis Füßen einschließlich. Hier tritt der Hauptdolomit immer mehr zurück. Häufig werden schwärzliche bis blaugraue Kalke und graue Kalke. Seltener sind rote Kalke und solche mit weißen Adern und weißliche, porige Kalke. Rote und grünliche Radiolarite zeigen sich auch hier. Sie sind begleitet von leberbraunen Kieselkalen. Zum ersten Mal erscheinen Flyschgesteine.

Mit einem Schlag anders wird es nun lechabwärts, wo namentlich die schön ausgebildeten Flußterrassen des Lechs eine wahre Musterschau von Gesteinen liefern. Ein Beispiel hierfür bietet die Niederterrasse zwischen Schongau und Landsberg. Hier erscheinen bereits kristalline Gesteine: Muskowitgneis, Amphibolite und Quarz. Weiße, graue und schwärzliche Kalke bilden die Hauptmasse der Schotter. Hauptdolomit ist immer noch vorhanden. Seltener sind Radiolarite, roter Hierlatzkalk, Rauchwacke, gröbere und feinere Flyschgesteine und schließlich grünlicher, glaukonitischer Sandstein.

Am Hochablaß bei Augsburg bietet sich im Sommer bei Niederwasser die beste Gelegenheit zur Untersuchung der dortigen Schotter. Zentralgneis, Porphyrite, mannigfaltige Amphibolite, auch Granat-Amphybolite, Hornblendegneis liegen da in einer die Hauptmasse bildenden Menge hell- und blaugrauer Kalkgerölle, zu denen sich noch helle gelbliche Kalke, Rauchwacken, grüne und rote Radiolarite, Kieselkalke, rote Hierlatzkalke, gelber glimmeriger Kalksandstein, karbonatführender glaukonitischer Grünsandstein, glaukonitischer Quarzit, Flysch- und braungrauer Molassesandstein gesellen.

Endlich kann man in der Nähe der Mündung des Lechs bei der alten schwäbisch-bayerischen Grenzstadt Rain am Lech wahrnehmen: Hornblendegneis, Augengneis, verschiedene Amphibolite, auch solche mit rotem Granat, Ölquarzite, Epidosit, Radiolarite und Hornsteine von roter, brauner, grauer bis graubrauner Tönung, glaukonitischen Sandstein, grobkörnige Flyschsandsteine, braunen porigen Mergelkalk, weißliche, hellfleischrote bis dunkelrote Kalke, oft mit weißen Adern, gelbe schwarzgefleckte Kalke, hellgraue Mergelkalke, graubraunen Dolomit nebst häufig weißgeaderten und die Hauptmasse der Gerölle bildenden hell-, braun- und blaugrauen Kalken.

Etwas anders ist nach *M. Richter* die Geröllführung der aus einer Grundmoräne ausgeschwemmten und in einem Seebecken bei Pfronten-Weißbach und Kappel abgelagerten Schotter. Neben Wettersteinkalken, Hauptdolomit, Hierlatzkalk, Radiolariten, Reiselsberger Sandstein gibt *M. Richter* auch Cenomanbreccien und Zementmergel an.

Die größte Masse der Lechgerölle im Tiroler Gebiet stellt bei weitem der Hauptdolomit (über 50%). Kein Wunder; denn in der Allgäuer-, Lechtaler- und Inntaler Decke ist er das herrschende Gestein. Im Falkenstein-Zug, auf dem Allgäuer Hauptkamm vom Geißeck über den Hochvogel, den Wilden Krottenkopf, der Mädelegabel zum Hohem Licht, in der Gegend der Schochen-Spitze und der Hornbachkette, nördlich von Warth vom Schrofen-Paß bis zur Lacher Alm ist er überall anzutreffen und wird dort durch die Vils, den Weißenbach, im Schwarzwasser-Tal, vom Hornbach, Höhenbach und Hochalpbach nach Süden und Osten in den Lech verfrachtet. Dazu kommen noch die zahlreichen Hauptdolomitgerölle, welche von Osten und Süden aus dem Rotlech-, Namlos-, Gramais-, Madau-, Sulzel-, und Gries-Tal und aus der Gegend von Steeg und Warth in den Lech gelangen. Ja bis zum Flexen-Paß und bis zu seiner Quelle ist der Lech von diesem Gestein begleitet. Doch werden die Hauptdolomitgerölle lechabwärts immer seltener, ohne indes bis zur Mündung des Lechs in die Donau bei der Stadt Rain ganz verschwunden zu sein.

Dunkelblaugraue Kalke dürften im Lechgebiete den Kössener Schichten, hell- bis gelblichgraue vorzugsweise dem Rhät angehören. Übrigens geht im Lechgebiet auch der Hauptdolomit nach oben in ähnlich gefärbte Kalke über (Plattenkalke, Dachsteinkalk?). Rhät und Kössener Schichten sind im oberen Lechgebiet weit verbreitet. Zwischen Lech und Warth, dann östlich von Warth am Lahet, wieder von der Hochalp-Hütte bis Prenten durchbricht der Lech die Mergel und Kalke der Kössener Schichten und des Rhät in tiefen Schluchten. Von Norden bringen der Hochalpbach aus der Gegend des Hohen Lichtes, die beiden Bäche westlich und östlich von Hägerau, der Höhenbach und der Bernhardsbach vom Ramstal-Kogel und Strahl-Kopf, der Hornbach aber aus der Gegend des Krottenkopfes und des Fürschießers solche Gerölle mit. Im Süden kommen sie sehr reichlich aus dem Kaisers- und Sulzel-Tal. Endlich sind diese Gesteine am Weißen Haus bei Füßen (hier Rhät), und auf den Höhen nördlich von Nesselwängle (Seicher-Kopf, Sefen-, und Läufer-Spitze, Groß-Schlicke) und am Haldensee anstehend, von wo aus sie in die Vils und von da in den Lech gelangen.

Ein kleiner Teil der dunklen Kalksteingerölle und die sie begleitenden schwärzlichen Hornsteine stammt aus dem westlich vom Lech bis fast zu den Lechquellen vorkommenden, dem Wetterstein gleichalterigen *Virgloria-Kalk*.

Auch der Muschelkalk selbst wird wohl einen Teil der graublauen Gerölle an den Lech abgegeben haben. Bei Mühl, Aschau und Höfen in der Nähe der Stadt Reutte steht er im Tal an und kommt auch auf der Nesselwängler Scharte, an der Kellen- und Seben-Spitze vor.

Nicht häufig im Lech sind die weißlichen bis gelblichen Gerölle des Wettersteinkalkes anzutreffen, der nördlich vom Tannheimer Tal von der bayerischen Landesgrenze bis Weißenbach an den Lech zieht, dort den Lech überschreitet und auch die Berge des Falkensteinzuges bei Füßen zusammensetzt, wo er am Weißen Haus ins Flußbett hineinreicht.

Die Kalke der Partnach-Schichten kommen wegen ihrer geringen Verbreitung im Falkensteiner Zug und im Tannheimer Tal kaum als Geröll-

lieferanten in Frage, ebenso findet man nur vereinzelt Gerölle aus den Rauchwacken der Raibler Schichten, die bei Mühl, am Gaicht-Paß, an der Seben-Spitze, am Schartschrofen, am Alat-See, am Hahnenkopf, am Etscher Hof, am Sulzelbach, Unterbach und im Madau-Tal anstehen.

Die roten Hierlatzkalke kommen nur in der Stirne der Allgäuer und Lechtaler Decke vor und ihre Fundorte sind daher beschränkt. Wegen ihrer Härte aber sind sie sehr widerstandsfähig und werden deshalb vom Lech bis in die Donau und von da weit talabwärts verfrachtet. Am Weißen Haus und an der Ulrichs-Brücke südlich von Füßen stehen sie an. Aus dem Kühbach-Tal gelangen sie in die Vils. Vom Aggenstein her kommen sie in die Achen und in die Vils und von da in den Lech. Indes können manche rötlichweiße Kalke auch Untere Doggerkalke vom Roten Stein bei Vils oder Klauskalke des Mittleren Doggers vom Legam bei Vils sein.

Der rote Adneter Kalk oder Bunter Liaskalk ist im Lechgebiet nur in der Nähe des Seicher Kopfes, im Bernhards-Tal, vor Prenten und südlich von Warth am Lech in geringer Ausdehnung vorhanden und wird als Gerölle wegen seiner geringen Festigkeit nie weit verfrachtet.

Die mergelige Beschaffenheit der Allgäu-Schiefer samt den in ihnen eingeschlossenen Manganschiefern und dunklen Kalken ist auch Ursache, daß sie als Gerölle nicht weit verschleppt werden, wiewohl sie eine weite Verbreitung im Lechgebiet haben. Anders ist es mit den in ihnen vorkommenden, meist dunkelbraunen Hornsteinen, die aus der Gegend von Warth am Lech, aus dem Neder-, Madau- und Sulzel-Tal in den Lech gelangen und gegen das Zerriebenwerden sehr widerstandsfähig sind. Auch sie sind indes nicht zu häufig und obendrein mit Malm-Radiolariten leicht zu verwechseln.

Die ständigen Begleiter der Allgäu-Schiefer im Oberlauf des Lechs sind die Aptychenkalken. Beide kommen im genannten Gebiet in zwei Muldenzügen vor: In der Mulde von Bludenz-Tannheim: Reutte und in der südlich davon gelegenen Mulde der Lechtaldecke vom Widderstein über Häselgehr und dem Thaneller bis Lermoos. Daher finden sich diese Gesteine auf der Wöster Alm südlich von Wath am Lech, am Bockbach, im Neder-Tal, zwischen Brenten und Steeg im Lech-, Almejur-, Kaisers- und Gries-Tal bei Holzgau und Hägerau am Lech, dann wieder im Sulzel- und Madau-Tal und dessen Nebentälern. Auch im Gramais-, Bsclabs-, Namlos- und Rotlech-Tal fehlen sie nicht. Bei Holzgau stehen sie im Höhenbach-Tal, bei Elbigenalp im Bernhards-Tal an. Östlich von Reutte sieht man sie im Archbach-Tal. Das Wasser des Birkentals trägt sie vom Schochen und Schrecksee nach Weißenbach, wo sie ebenfalls im gleichnamigen Tal anstehen. An der Straße über den Gaicht-Paß, am Halden-See und auf den Höhen nördlich von Nesselwängle erkennt man sie von Ferne an ihrer roten Färbung. Im Gebiet der Vils sind sie am Aggenstein auf der Vilser und Füßener Alm anzutreffen. Am Schwan-See östlich von Füßen sind sie ebenfalls aufgeschlossen.

Die in den Aptychenschichten eingeschlossenen Radiolarite von meist roter, seltener grüner, brauner und schwärzlicher Farbe liefern wohl die widerstandsfähigsten Gerölle des Donaugebietes. Auch die roten Kieselkalke, die sie begleiten, gelangen weit flußabwärts. Doch die grauen Aptychenkalken und die sie überlagernden Neokom-Kalke gelangen nicht allzu weit und sind bald zerrieben.

Die helvetischen Decken in der Pfrontener Umgebung lieferten Grünsandsteine der Brisi- und Gamser Schichten, vielleicht auch etliche

Schratten- und Seeverkalkgerölle an die Vils und den Lech. Reiselberger Sandstein, graue Wildflyschkalke, grüne Quarzite, Zementmergel, steuerten der ostalpine Flysch und der Wildflysch der Gegend von Halden (Edelsberg) und von Füßen bei. Doch finden sich weiter lechabwärts von den Kreidegesteinen fast nur der helle Brisandstein und die groben Sandsteine des Flysches.

Molassematerial bringt erst die Wertach bei ihrer Mündung in der Nähe von Augsburg in den Lech.

Die kristallinen Gesteine des Lechgebietes sind aus dem Einzugsgebiet des Inns durch die Gletscher der Eiszeit in das Flußgebiet des Lechs gekommen.

Verschiedene Wege werden genannt, auf denen der Inngletscher in das Gebiet seiner Nachbarflüsse Lech und Isar gelangt ist: Das Bschlabs-, Rotlech-, Heiterswanger Tal, das Schweinstein- und Hochstein-Joch, das Marienberger Jöchl, die Miminger Kette. Über das Leutasch-Tal und den Achen-See führte der Weg ins Isargebiet. Für die kristallinen Gerölle des Lechs aus dem Inngebiet wird am meisten der Weg über Imst—Füßen, also Fernpaß—Lermoos—Reutte in Frage kommen. Bei Lermoos ging ein Zweig des Inngletschers ins Loisach-Tal und ins Isar-Inngebiet. Isargerölle gelangten in der Hoch- und Niederterassen-Zeit bis zum Lech. Dahin dehnte sich auch die Reißmoräne des Isargletschers aus. Vielleicht sind auch auf dem Weg über das Leutasch-Tal kristalline Gerölle zum Isargletscher und von da zum Lech gelangt. Am Fernpaß hat das zentralalpine Eis das kalkalpine zurückgedrängt und unterschoben. Das meiste Material bekam aber der Inngletscher aus den Ötztaler Alpen und aus dem Oberinn-Tal.

Die Fortsetzung des kristallinen Anteils der Lechgerölle suchte und fand ich bei Bieberwier im Lermooser Becken. Eine Moräne zeigte Chloritgneis, Muskowitgneis, Zentralgneis, Serizit-Quarzit, braunen Quarzit, weißen Quarz, Amphibolgesteine und zwar: Hornblendegneis, übergehend in flaserige und gestreckte Albit-Amphibolite, fleckige bis dioritähnliche Albit-Amphibolite, m. o. w. schieferige Pistazit-Amphibolite, Biotit-Amphibolite, endlich Granat-Epidot- und Granat-Albit-Amphibolite. An Sedimenten fanden sich u. a. Radiolarite Quarzite und Hauptdolomit. Im jetzigen Innbett beim Bahnhof Imst bei der Brücke, wo die Straße ins Pitz-Tal hinüberführt, lagen im Inn: Phyllit-, Biotit-, Augengneis, gestreckter Gneis, Amphibolite, namentlich solche mit weißen Flecken, graue Kalke und Dolomite.

Erst der Besuch des Ötz- und Pitz-Tales konnte die meisten Rätsel der Herkunft dieser Inn-, Isar- und Lechgerölle lösen. Am Beginn des Ötz- und Pitz-Tales bei Wenss sind Phyllite und Muskowitschiefer anzutreffen. Der erste Amphibolitzug kommt von Ötz herüber ins Pitz-Tal und schneidet es im Norden von Wenss. Im Pitz-Tal folgt dann nach Gerzens Augengneis, nach Zaunhof Zentralgneis wie bei Umhausen im Ötz-Tal. Nördlich von Umhausen geht ein Ost-West streichender, öfters zerteilter zweiter Amphibolitzug hinüber ins Pitz-Tal, wo er in mehreren Anteilen zwischen Gerzens und Zaunhof sichtbar wird. Das dritte und mächtigste Amphibolit-Vorkommen aber ist der allerdings zweimal unterbrochene Zug von Längenfeld über Huben nach Sölden im Ötz-Tal, der dann im Westen das Pitz-Tal zwischen St. Leonhart und Neurain schneidet.

Die Muren hinter Gerzens lieferten eine Mustersammlung von Gesteinen der Ötztaler Alpen: Muskowit-, Biotitgneis, Quarzglimmerschiefer, stark quarzhaltigen Muskowitgneis, Quarz, Glimmer-Pistazit und Albit-Amphibolit. letzteren mit und ohne Granat.

Die Schuttkegel von St. Leonhard enthielten Muskowit-, Biotit-, Hornblendegneis, Albit-Amphibolit, z.T. granatführend. Auch hinter St. Leonhard kommen noch Albit-Amphibolite zum Vorschein.

Im Hintergrund des Pitz-, Ötz- und Stubai-Tales gewinnen wieder die Glimmerschiefer die Herrschaft. Man findet in ihnen häufig Turmalin und namentlich Granat, so daß von letzteren beim Verwittern des Gesteins der Boden oft förmlich übersät ist (Granaten-Kogel). Aber weder in den Schottern des Inns noch in denen des Lechs habe ich bisher diese leicht verwitternden Turmalin- und Granatglimmerschiefer entdecken können. Auch in der zwischen beiden liegenden Moräne bei Bieberwier waren sie nicht zu finden.

Es wäre nicht richtig, wollte man alle die kristallinen Gesteine, namentlich die verschiedenen Gneise und Amphibolite, welche in die Moränen und Schotter des Inns und von da z.T. auf verschiedenen Wegen ins Lechgebiet gelangt sind, einzig und allein als aus dem Pitz- und Ötz-Tal, ev. auch aus dem Gries- und Stubai-Tal gekommen betrachten.

In der Gegend des Kaunser Tales und auf der Reschen Scheidegg finden sich ähnliche Gesteine. Aus dem Patznaun- und Stanser Tal und aus dem Unter- und Ober-Engadin stammen gleiche und ähnliche Gesteine, da deren Flüsse die Silvretta und die sich nach Süden anschließenden Schweizer Berge nach der Ostseite hin entwässern, wie der Oberrhein und seine Nebenflüsse nach Westen hin. Eine weitgehende Ähnlichkeit des Gesteinsbestandes der Silvretta mit dem der Öztaler Gruppe ist schon seit längerer Zeit bekannt.

Desgleichen kommen im Unter-Engadin und im anschließenden Oberinn-Tal, aus dem sich die Inntal-Decke nach Norden erhebt, ähnliche Schichtgesteine ins Tal herab, wie sie weiter im Norden die Lech- und Inntal-Decke ins Lech-Tal entsenden.

So erwähnen *Amfjerer* und *Hammer* aus der Gegend von Flirsch und Pians Quarzphyllite, von der Parseier Spitze Quarzphyllite, Quarzite und Serizit-quarzite, von Patznaun Chlorit- und Phyllitgneise, vom Riffler- und Blanka-Horn Zweiglimmer-, Flaser-, Augen-, Ortho- oder Zentralgneise, Biotitgranit und Zweiglimmerflasergneise, ferner Biotit-, Muskowit-, Glimmergneise, Phyllit- und gemeine Schiefergneise. Auf der Reschen Scheidegg endlich kommen zahlreich Zweiglimmergneise und Amphibolite vor.

Die kristallinen und sedimentären Gesteine, die *K. Zöppritz* aus dem Ober-Engadin beschreibt (auch Julier-Granit erwähnt er), erinnern an ähnliche Vorkommen in Unter-Engadin und Oberinn-Tal und auch an die Gesteine des im Norden davon liegenden Einzugsgebietes des Oberrheins, worüber *Frank Escher*, *Albert Heim*, *Seidlitz*, *Staub* und *Steinmann*, um nur die wichtigsten Autoren zu nennen, ausführlich berichtet haben.

### Gerölle der Wertach

In der Nähe des Dorfes Wertach kann man am gleichnamigen Fluß schwarze Kalke und schwarze Hornsteine, graue und schwärzliche Glaukonit-Sandsteine, graubraune, glimmerhaltige Sandsteine, grobkörnigen ostalpinen Flyschsandstein, rötlichen Molassesandstein samt oft ebenso gefärbter Nagelfluh auf den dort aus dem Fluß herausgeschaukelten Kieshaufen sehen.

Weiter flußabwärts bei der alten Reichsstadt Kaufbeuren liegen auf den Kiesbänken graue Kalke, rote, manchmal weißaderige Kalke, weißliche Kalke, schwärzliche Dolomite, schwärzliche Hornsteine, rote Radiolarite, hellere und dunklere z.T. quarzitisches Glaukonitsandsteine, graue bis braune Sandkalke, und grobe, graubraune Flyschsandsteine.

Die Schuttkegel von St. Leonhard enthielten Muskowit-, Biotit-, Hornblendegneis, Albit-Amphibolit, z.T. granatführend. Auch hinter St. Leonhard kommen noch Albit-Amphibolite zum Vorschein.

Im Hintergrund des Pitz-, Ötz- und Stubai-Tales gewinnen wieder die Glimmerschiefer die Herrschaft. Man findet in ihnen häufig Turmalin und namentlich Granat, so daß von letzteren beim Verwittern des Gesteins der Boden oft förmlich übersät ist (Granaten-Kogel). Aber weder in den Schottern des Inns noch in denen des Lechs habe ich bisher diese leicht verwitternden Turmalin- und Granatglimmerschiefer entdecken können. Auch in der zwischen beiden liegenden Moräne bei Bieberwier waren sie nicht zu finden.

Es wäre nicht richtig, wollte man alle die kristallinen Gesteine, namentlich die verschiedenen Gneise und Amphibolite, welche in die Moränen und Schotter des Inns und von da z.T. auf verschiedenen Wegen ins Lechgebiet gelangt sind, einzig und allein als aus dem Pitz- und Ötz-Tal, ev. auch aus dem Gries- und Stubai-Tal gekommen betrachten.

In der Gegend des Kaunser Tales und auf der Reschen Scheidegg finden sich ähnliche Gesteine. Aus dem Patznaun- und Stanser Tal und aus dem Unter- und Ober-Engadin stammen gleiche und ähnliche Gesteine, da deren Flüsse die Silvretta und die sich nach Süden anschließenden Schweizer Berge nach der Ostseite hin entwässern, wie der Oberrhein und seine Nebenflüsse nach Westen hin. Eine weitgehende Ähnlichkeit des Gesteinsbestandes der Silvretta mit dem der Öztaler Gruppe ist schon seit längerer Zeit bekannt.

Desgleichen kommen im Unter-Engadin und im anschließenden Oberinn-Tal, aus dem sich die Inntal-Decke nach Norden erhebt, ähnliche Schichtgesteine ins Tal herab, wie sie weiter im Norden die Lech- und Inntal-Decke ins Lech-Tal entsenden.

So erwähnen *Ampferer* und *Hammer* aus der Gegend von Flirsch und Pians Quarzphyllite, von der Parseier Spitze Quarzphyllite, Quarzite und Serizit-quarzite, von Patznaun Chlorit- und Phyllitgneise, vom Riffler- und Blanka-Horn Zweiglimmer-, Flaser-, Augen-, Ortho- oder Zentralgneise, Biotitgranit und Zweiglimmerflasergneise, ferner Biotit-, Muskowit-, Glimmergneise, Phyllit- und gemeine Schiefergneise. Auf der Reschen Scheidegg endlich kommen zahlreich Zweiglimmergneise und Amphibolite vor.

Die kristallinen und sedimentären Gesteine, die *K. Zöppritz* aus dem Ober-Engadin beschreibt (auch Julier-Granit erwähnt er), erinnern an ähnliche Vorkommen in Unter-Engadin und Oberinn-Tal und auch an die Gesteine des im Norden davon liegenden Einzugsgebietes des Oberrheins, worüber *Frank Escher*, *Albert Heim*, *Seidlitz*, *Staub* und *Steinmann*, um nur die wichtigsten Autoren zu nennen, ausführlich berichtet haben.

### Gerölle der Wertach

In der Nähe des Dorfes Wertach kann man am gleichnamigen Fluß schwarze Kalke und schwarze Hornsteine, graue und schwärzliche Glaukonit-Sandsteine, graubraune, glimmerhaltige Sandsteine, grobkörnigen ostalpinen Flyschsandstein, rötlichen Molassesandstein samt oft ebenso gefärbter Nagelfluh auf den dort aus dem Fluß herausgeschaukelten Kieshaufen sehen.

Weiter flußabwärts bei der alten Reichsstadt Kaufbeuren liegen auf den Kiesbänken graue Kalke, rote, manchmal weißaderige Kalke, weißliche Kalke, schwärzliche Dolomite, schwärzliche Hornsteine, rote Radiolarite, hellere und dunklere z.T. quarzitisches Glaukonitsandsteine, graue bis braune Sandkalke, und grobe, graubraune Flyschsandsteine.

Die Herkunft der Molassegesteine ist sehr leicht zu bestimmen; denn sowohl südlich vom Orte Wertach im Wertach-Tobel als auch im Reichenbach-Tobel bei Nesselwang steht die ins Ober-Oligocän gerechnete Süßwasser-Molasse mit roter und grauer Nagelfluh samt den dazu gehörigen Sandsteinen und Mergeln an. Aus diesem Gebiet stammen die roten Sandsteine südlich von Wertach, die rötlichen Nagelfluhrümpfer mit den in ihnen vorkommenden schwarzen Kalken und Hornsteinen, endlich auch die grauen, glimmerigen Sandsteine der Blättermolasse.

Nach der anstehenden Grundmoräne folgen im Reichenbach-Tobel Schichten der Helvetischen Kreide und des Wildflysches. Besser sind die ersteren nach *Arnold Heim* und *M. Richter* in der Wertach-Kluse zu sehen. Als Geröllieferer kommen hier vor allem in Frage: Dunkelgrüner glaukonitischer Gamser Sandstein, ferner quarzitischer, heller grün gefärbter Brisi-Sandstein und Seewen-Kalk.

Die Geröllführung der Wertach wäre nicht ganz zu verstehen, wenn nicht nachgewiesen wäre, daß der Lechgletscher zum Teil von Weißenbach über den Gaicht-Paß ins Tannheimer Tal und von da nach Pfronten abfloß und daß auch das Ostrach- und Rettenchwanger Tal ihre Eis- und Moränenmassen z. T. über das Oberjoch ins Wertach-Tal verfrachteten.

So kamen die seltenen Amphibolite der Aroscher Schuppenzone aus Mitterhaus im Retterschwanger Tal und aus der Hindelanger Umgebung ins Wertachgebiet.

Nur so lassen sich die Vorkommen heller Wettersteinkalke aus dem Lechgebiet, roter Hierlatzkalke, der Liasknollenkalke, der zahlreichen Radiolarite samt roten Kieselkalken, die der grauen Aptychen- und Neokom-Kalke und rhätischen Kalke und des Hauptdolomites aus den beiden Gebieten in den Moränen, Schottern und Kiesbänken des Wertachgebietes und des Pfrontener Talkessels erklären.

Die Gegend des Steinebachs bei Pfronten-Kappel lieferte dunklen glaukonitischen Gamser Sandstein und helleren, quarzitischen und glaukonitischen Brisi-Sandstein, der sich auch bei Schweinegg findet. Bei Kappel sind auch die schwarzen Drusbergkalke aufgeschlossen. Schweinegg und Rehbichl mögen wohl auch Schratzen- und Seewen-Kalk geliefert haben. Der grobe Reiselsberger Sandstein ist ebenfalls bei Kreuzegg, vor allem bei Halden im Gebiet des Edelsberges, wo auch die grauen Zementmergel vorkommen, zu finden.

#### Donaugerölle von Rain am Lech bis Weltenburg

Vom Lech bis zur Donauenge bei Weltenburg empfängt die Donau aus südwestlicher und südlicher Richtung die Paar, die Ilm und die Abens als Nebenflüsse. Sie nehmen ihren Lauf durch das Tertiär der nördlichen schwäbisch-bayerischen Hochebene und durch diluviale Terrassenschotter. Hauptsächlich führen sie Quarzgerölle. Sehr selten sind nach *Reis* in den genannten Ablagerungen Gerölle von grauem Gneis, Glimmerschiefer, schwärzlichem Quarzit mit weißlichen Quarzadern, Graniten, braunrötlichen Porphyren, alpinem Buntsandstein und rotem Hornstein (Radiolarit!). Erst beim Durchfließen der diluvialen und alluvialen Schotter der Donau auf der letzten Strecke ihres Laufes nehmen sie Donaugerölle in sich auf und führen sie wieder dem Hauptstrom zu, der sie früher in seinem etliche Kilometer breiten Bett abgelagert hat.

Die Herkunft der Molassegesteine ist sehr leicht zu bestimmen; denn sowohl südlich vom Orte Wertach im Wertach-Tobel als auch im Reichenbach-Tobel bei Nesselwang steht die ins Ober-Oligocän gerechnete Süßwasser-Molasse mit roter und grauer Nagelfluh samt den dazu gehörigen Sandsteinen und Mergeln an. Aus diesem Gebiet stammen die roten Sandsteine südlich von Wertach, die rötlichen Nagelfluhrümpfer mit den in ihnen vorkommenden schwarzen Kalken und Hornsteinen, endlich auch die grauen, glimmerigen Sandsteine der Blättermolasse.

Nach der anstehenden Grundmoräne folgen im Reichenbach-Tobel Schichten der Helvetischen Kreide und des Wildflysches. Besser sind die ersteren nach *Arnold Heim* und *M. Richter* in der Wertach-Kluse zu sehen. Als Geröllieferer kommen hier vor allem in Frage: Dunkelgrüner glaukonitischer Gamser Sandstein, ferner quarzitischer, heller grün gefärbter Brisi-Sandstein und Seewen-Kalk.

Die Geröllführung der Wertach wäre nicht ganz zu verstehen, wenn nicht nachgewiesen wäre, daß der Lechgletscher zum Teil von Weißenbach über den Gaicht-Paß ins Tannheimer Tal und von da nach Pfronten abfloß und daß auch das Ostrach- und Rettenchwanger Tal ihre Eis- und Moränenmassen z. T. über das Oberjoch ins Wertach-Tal verfrachteten.

So kamen die seltenen Amphibolite der Aroscher Schuppenzone aus Mitterhaus im Retterschwanger Tal und aus der Hindelanger Umgebung ins Wertachgebiet.

Nur so lassen sich die Vorkommen heller Wettersteinkalke aus dem Lechgebiet, roter Hierlatzkalke, der Liasknollenkalke, der zahlreichen Radiolarite samt roten Kieselkalken, die der grauen Aptychen- und Neokom-Kalke und rhätischen Kalke und des Hauptdolomites aus den beiden Gebieten in den Moränen, Schottern und Kiesbänken des Wertachgebietes und des Pfrontener Talkessels erklären.

Die Gegend des Steinebachs bei Pfronten-Kappel lieferte dunklen glaukonitischen Gamser Sandstein und helleren, quarzitischen und glaukonitischen Brisi-Sandstein, der sich auch bei Schweinegg findet. Bei Kappel sind auch die schwarzen Drusbergkalke aufgeschlossen. Schweinegg und Rehbichl mögen wohl auch Schrat-ten- und Seewen-Kalk geliefert haben. Der grobe Reiselsberger Sandstein ist ebenfalls bei Kreuzegg, vor allem bei Halden im Gebiet des Edelsberges, wo auch die grauen Zementmergel vorkommen, zu finden.

#### Donaugerölle von Rain am Lech bis Weltenburg

Vom Lech bis zur Donauenge bei Weltenburg empfängt die Donau aus südwestlicher und südlicher Richtung die Paar, die Ilm und die Abens als Nebenflüsse. Sie nehmen ihren Lauf durch das Tertiär der nördlichen schwäbisch-bayerischen Hochebene und durch diluviale Terrassenschotter. Hauptsächlich führen sie Quarzgerölle. Sehr selten sind nach *Reis* in den genannten Ablagerungen Gerölle von grauem Gneis, Glimmerschiefer, schwärzlichem Quarzit mit weißlichen Quarzadern, Graniten, braunrötlichen Porphyren, alpinem Buntsandstein und rotem Hornstein (Radiolarit!). Erst beim Durchfließen der diluvialen und alluvialen Schotter der Donau auf der letzten Strecke ihres Laufes nehmen sie Donaugerölle in sich auf und führen sie wieder dem Hauptstrom zu, der sie früher in seinem etliche Kilometer breiten Bett abgelagert hat.

Die Niederterrasse von Burgheim bei Neuburg enthält noch rote Schwarzwaldgranite und seltener Porphyre von dort. Schwarzwaldgneis ist sehr selten, weitgehend verwittert und schwarzbraun gefärbt. Nicht leicht ist hier bereits die Scheidung zwischen den Gesteinen, die aus der Schweiz durch den Rheingletscher und aus dem Inn-Tal durch die ins Lech- und Isargebiet gelangten Teile des Inngletschers von da in die Donau gebracht wurden. Biotit-, Hornblende-, Zentralgneis, Amphibolite und Verrucano-Sandsteine sind beiden Gebieten gemeinsam. Doch sind Granatamphibolite ausschließlich aus den Öztaler Alpen bis hieher gelangt. Die grauen Platten-, Rhät- und Kössener Kalke, letztere z. T. mit Resten von Terebrateln, hellgrauer Hauptdolomit, grauer Muschelkalk mit Hornstein, rötlicher Hierlatzkalk, Radiolarite, graue bis graubraune Flyschgesteine (Reiselsberger Sandstein) und Ölquarzit dürften hauptsächlich dem Iller- und Lechgebiet entstammen. Die Glaukonitsandsteine, die nicht allzu selten sind, kamen aus den helvetischen Decken bei Immenstadt und Pfronten. Der Jura lieferte gelbe Kalkgerölle und Gerölle von Dolomit, die Frankenhöhe seltenen Schilfsandstein.

Auch in der Hochterrasse nordöstlich von Vohburg lassen sich, wenn auch in geringer Menge, rote Granite und Porphyre aus dem Schwarzwald feststellen, während die daher stammenden Gneise fast schon zerrieben sind und einem nur selten unter die Augen kommen. Buntsandstein von weißlicher, roter und dunkelbrauner Farbe dürfte meist aus dem Schwarzwald, in geringerer Menge aus dem Einzugsgebiet des Rheingletschers durch die Donau bis hieher gebracht worden sein. Sicher aber kamen die Zentral-, Zweiglimmer-, Hornblende- und grünlichen Augengneise, Epidosite, und Verrucano-Sandstein aus der Schweiz und dem Einzugsgebiete des Inns vom Engadin bis zu den Öztaler Alpen einschließlich. Schwarze bis schwärzlichblaue Kalke liefern der Muschelkalk vielleicht auch die Partnach-Schichten des Rhätikons und der Flexurpaß und die Kössener Schichten des Lechgebietes. Gefleckte graue Kalke sind Virgloria-Kalk aus Vorarlberg. Bräunlichgraue Kalke gehören vorzugsweise dem Rhät des Iller- und Lechgebietes und der Silvretta an. Rötliche, weißgeaderte Kalke (Hierlatzkalke), rotbraune und grünliche Radiolarite brachten gleichfalls Iller und Lech aus dem Allgäu, aus Tirol und Vorarlberg, der Rheingletscher aus der Ostschweiz und aus Vorarlberg, Flyschgesteine kamen durch Iller und Lech in die Donauschotter. Der Jura lieferte z. T. durch Blau, Brenz und Wörnitz weißliche Plattenkalke, hellgelbe Malm-Delta und Malm-Epsilon-Kalke und Miocän-Mergel. Gelbbrauner quarzitischer Sandstein entstammt der spätkretazischen Jura-Auflagerung. Weiße Quarzgerölle kommen unmittelbar meist aus den Miocän-Schottern des Paargebietes, wohl auch aus dem Schwarzwald und den Zentralalpen, die roten dagegen aus dem Schwarzwald und aus dem mittelfränkischen Keuper und wurden samt den sehr seltenen Schilfsandstein- und Angulatensandstein-Geröllen von der Wörnitz in die Donau gebracht.

Etwa 200 Meter donauabwärts von der neuen Brücke bei Neustadt an der Donau fördert ein Kübelbagger bei jedesmaligem Eintauchen einen Kubikmeter Donaukies in das Schotterwerk der Gebrüder Weinzierl. Hier wird er sortiert und z. T. weiterverarbeitet zu Splitt. Die Hauptmasse der Gerölle sind hier hell-, dunkel-, braun- und blaugraue alpine Platten-Kössener- und Rhätkalkgerölle. Ihnen gegenüber treten selbst die gelblichbraunen, weißlichen und grauen Malmkalkgerölle des Juras in den Hintergrund. Poriger Kreidequarzit aus der Alb, roter Hierlatz- und Enkrinitenkalk, hellroter Vilser und Klauskalk und heller Wettersteinkalk kommen nur vereinzelt vor. Auffallender

sind schon die rotbraunen Radiolarite und Kieselkalke des alpinen Malms. An einem Radiolarit zeigten sich noch Spuren von Nagelfluh. Brauner Hornstein, meist aus den Allgäuer Fleckenmergeln ist nicht selten, ebenso schwarzer Hornstein des Ostschweizer und Vorarlberger Muschelkalkes. Die Sandsteine des Flysch kamen meist aus dem Lech- und Illergebiet, weniger aus dem Oberrheingebiet. Die Glaukonitsandsteine gleichen hier am meisten dem helleren Brisisandstein des Allgäus. Ein Teil der quarzitischen braunen Sandsteine ist wohl als härtere Schilfsandsteine der Frankenhöhe anzusprechen. Auch rote Nagelfluh mit Aptychen-Kieselkalktrümmern aus den Vorbergen des Allgäu fehlt nicht. Ein Stück rötlicher Arkose kam wohl aus dem Verrucano Vorarlbergs oder der Ostschweiz. Zentral-, Biotit- und Hornblendegneis, Albit-, Epidot-, Chlorit-Amphibolite und sehr seltene Granat-Epidot-Amphibolite (bisher nur in zwei Stücken gefunden) und Epidosite weisen auf die Ötztaler und Silvretta-Decke hin. Die Granite des Schwarzwaldes, seltene Felsit- und Granatporphyre und häufigerer Buntsandstein von dorthier sind auch hier noch zu finden.

In der Geröllführung der Donau tritt erst etwa bei Sittling eine Änderung ein, wo die Donau den Jura das vierte Mal zu durchbrechen beginnt. Plattenkalk- und Massenkalkgerölle von weißlicher, gelblicher und blaßroter Farbe werden namentlich bei Kloster Weltenburg häufiger.

In der Niederterrasse, auf der z. B. Neustadt und Mauern stehen, und welche auf dem linken Donauufer bei Pförring und Marching stellenweise bloßgelegt ist, sind die oben genannten Schwarzwaldgerölle noch häufiger und z. T. auch größer als im Alluvium. Auch Schwarzwaldgneis ist bisweilen noch vorhanden. Gelber Sandstein (Angulatensandstein, Eisensandstein des Doggers?) wird als große Seltenheit manchmal angetroffen. Einmal fand ich sogar noch ein Geröll des sonst so leicht zerstörbaren Miocän-Kalkes aus dem Nördlinger Ries. Stark aplitischer Zentralgneis, Diorit, Saussurit-Gabbro, Hornblende-Gneis, schlierige Amphibolite, Pistazit-, Albit-, einmal sogar Granat-Amphibolit samt Epidosit sind den diluvialen und alluvialen Schottern gemeinsam. Hauptdolomit ist hier häufiger als im Alluvium. Brauner Kieselkalk, grüne und rote Radiolarite, brauner Hornstein, Hierlatzkalk, roter liasischer Enkrinitenkalk, Platten-, Kössener und Rhät-Kalke, braune Flysch-Sandsteine, brauner Sandkalk mit Glimmer und Quarz aus dem Flysch, Ölquarzit aus dem Wildflysch, Grünsandsteine der helvetischen Kreide kann man auch hier auflesen. Zinoberröte, grüne, gelbliche und weiße Quarze kamen durch die Wörnitz aus der dolomitischen Arkose des Mittleren Buntsandsteins bei Dünkelsbühl und Feuchtwangen, z. T. aber wohl auch aus den Alpen und dem Schwarzwald. Selbstverständlich fehlen auch die bekannten Juragesteine nicht. Kreidehornsteine und -Quarzite sind auch hier sehr selten, aber immerhin vorhanden. Als Seltenheit ist ein hühnereigroßes Stück miozänen Kalkes mit Spuren von *Carinifex multiformis* aus dem Steinheimer Becken zu erwähnen, das durch die Brenz in die Donau gelangte und ausnahmsweise seinen Weg bis in die Kiesgrube der Niederterrasse nordöstlich von Neustadt an der Donau zurücklegte, während man bisher auf der Zwischenstrecke von Donauwörth bis Neustadt keine Spur von diesem leicht zerstörbarem Gestein entdecken konnte.

#### Mikroskopische Untersuchung von Geröllen der Donau und ihres Einzugsgebietes

Es genügt erfahrungsgemäß nicht ein Gestein nur nach seinem Aussehen zu beurteilen. Verwechslungen und Mißdeutungen sind nie ausgeschlossen. So hat

sind schon die rotbraunen Radiolarite und Kieselkalke des alpinen Malms. An einem Radiolarit zeigten sich noch Spuren von Nagelfluh. Brauner Hornstein, meist aus den Allgäuer Fleckenmergeln ist nicht selten, ebenso schwarzer Hornstein des Ostschweizer und Vorarlberger Muschelkalkes. Die Sandsteine des Flysch kamen meist aus dem Lech- und Illergebiet, weniger aus dem Oberrheingebiet. Die Glaukonitsandsteine gleichen hier am meisten dem helleren Brisisandstein des Allgäus. Ein Teil der quarzitischen braunen Sandsteine ist wohl als härtere Schilfsandsteine der Frankenhöhe anzusprechen. Auch rote Nagelfluh mit Aptychen-Kieselkalktrümmern aus den Vorbergen des Allgäu fehlt nicht. Ein Stück rötlicher Arkose kam wohl aus dem Verrucano Vorarlbergs oder der Ostschweiz. Zentral-, Biotit- und Hornblendegneis, Albit-, Epidot-, Chlorit-Amphibolite und sehr seltene Granat-Epidot-Amphibolite (bisher nur in zwei Stücken gefunden) und Epidosite weisen auf die Ötztaler und Silvretta-Decke hin. Die Granite des Schwarzwaldes, seltene Felsit- und Granatporphyre und häufigerer Buntsandstein von dorthier sind auch hier noch zu finden.

In der Geröllführung der Donau tritt erst etwa bei Sittling eine Änderung ein, wo die Donau den Jura das vierte Mal zu durchbrechen beginnt. Plattenkalk- und Massenkalkgerölle von weißlicher, gelblicher und blaßroter Farbe werden namentlich bei Kloster Weltenburg häufiger.

In der Niederterrasse, auf der z. B. Neustadt und Mauern stehen, und welche auf dem linken Donauufer bei Pförring und Marching stellenweise bloßgelegt ist, sind die oben genannten Schwarzwaldgerölle noch häufiger und z. T. auch größer als im Alluvium. Auch Schwarzwaldgneis ist bisweilen noch vorhanden. Gelber Sandstein (Angulatensandstein, Eisensandstein des Doggers?) wird als große Seltenheit manchmal angetroffen. Einmal fand ich sogar noch ein Geröll des sonst so leicht zerstörbaren Miocän-Kalkes aus dem Nördlinger Ries. Stark aplitischer Zentralgneis, Diorit, Saussurit-Gabbro, Hornblende-Gneis, schlierige Amphibolite, Pistazit-, Albit-, einmal sogar Granat-Amphibolit samt Epidosit sind den diluvialen und alluvialen Schottern gemeinsam. Hauptdolomit ist hier häufiger als im Alluvium. Brauner Kieselkalk, grüne und rote Radiolarite, brauner Hornstein, Hierlatzkalk, roter liasischer Enkrinitenkalk, Platten-, Kössener und Rhät-Kalke, braune Flysch-Sandsteine, brauner Sandkalk mit Glimmer und Quarz aus dem Flysch, Ölquarzit aus dem Wildflysch, Grünsandsteine der helvetischen Kreide kann man auch hier auflesen. Zinoberröte, grüne, gelbliche und weiße Quarze kamen durch die Wörnitz aus der dolomitischen Arkose des Mittleren Buntsandsteins bei Dünkelsbühl und Feuchtwangen, z. T. aber wohl auch aus den Alpen und dem Schwarzwald. Selbstverständlich fehlen auch die bekannten Juragesteine nicht. Kreidehornsteine und -Quarzite sind auch hier sehr selten, aber immerhin vorhanden. Als Seltenheit ist ein hühnereigroßes Stück miozänen Kalkes mit Spuren von *Carinifex multiformis* aus dem Steinheimer Becken zu erwähnen, das durch die Brenz in die Donau gelangte und ausnahmsweise seinen Weg bis in die Kiesgrube der Niederterrasse nordöstlich von Neustadt an der Donau zurücklegte, während man bisher auf der Zwischenstrecke von Donauwörth bis Neustadt keine Spur von diesem leicht zerstörbarem Gestein entdecken konnte.

#### Mikroskopische Untersuchung von Geröllen der Donau und ihres Einzugsgebietes

Es genügt erfahrungsgemäß nicht ein Gestein nur nach seinem Aussehen zu beurteilen. Verwechslungen und Mißdeutungen sind nie ausgeschlossen. So hat

sich mancher Granatamphibolit als granatlos entpuppt und die vermeintlichen Granaten waren in Epidot übergegangen. Die Untersuchung mit dem Mikroskop ließ auch Mineralien erkennen, die dem unbewaffnetem Auge entgangen waren. Sie hat mir ferner namentlich Klarheit verschafft über die Herkunft der zwar unter den Geröllen der Donau nicht häufigen, aber umso auffallenderen Amphibolite der Alpen und der roten Granite und Porphyre des Schwarzwaldes.

### Schwarzwaldgerölle

**Roter Schwarzwaldgranit.** Meist handelt es sich bei den Geröllen um aplitischen Granit mit rotem Orthoklas, weißem Plagioklas, fettigem Quaez und spärlichem meist hellen Glimmer. U. d. M. zeigt sich der Orthoklas manchmal verzwillingt nach dem Karlsbader Gesetz und enthält häufig Spindeln von Plagioklas in sich eingeschlossen. Die rote Farbe kommt von feinverteilten Hämatit. Der Plagioklas, etwas seltener als der Orthoklas, ist immer nach dem Albit-, manchmal auch noch nach dem Periklin- oder Karlsbader oder Manebacher Gesetz verzwillingt. Einmal nach den drei Gesetzen zugleich, nämlich nach (010), (100) und Zwillingsachse b. Die maximale Auslöschungsschiefe beträgt senkrecht [010] 14—16°, senkrecht a 73°, was einem Anorthitgehalt von 25—33% entspricht. Es handelt sich also um einen Oligoklas-Andesin. Im Plagioklas eingeschlossen sind tonige Massen. Häufig ist auch Serizitisierung zu beobachten. Der Plagioklas ist immer idiomorph gegen den Orthoklas ausgebildet. Der Quarz mit zahlreichen Einschlüssen ist nicht häufig. Biotit ist meist ausgebleicht und nur in Resten neben dem Muskowit vorhanden. Er ist häufig in Chlorit verwandelt. Die anomal braun-bläuliche Interferenzfarbe, der Pleochroismus senkrecht c gelblich, parallel c grünlich, Chz +, Chm — lassen auf Pennin schließen. Im Glimmer sind noch Apatit und Zirkon, letzterer an den pleochroitischen Höfen kenntlich, zu finden. Die Textur ist massig, die Struktur granitisch. Der Schliiff wurde aus einem Gerölle des Alluviums bei Neustadt verfertigt.

**Porphyre des Schwarzwaldes.** Von Beuron liegt der Dünnschliff eines Glimmerporphyrgerölles vor. In der dichten graubraunen Grundmasse liegen rote Feldspatkristalle. U. d. M. bemerkt man, daß in der aus Glimmer, Feldspat und Quarz bestehenden kristallinen Grundmasse mehr oder weniger gut ausgebildete Kristalle der gleichen Mineralien in beträchtlicher Menge enthalten sind. Quarz und Orthoklas haben häufig ein korrodiertes Aussehen. Der Oligoklas ist immer nach dem Albit-, manchmal auch noch nach dem Karlsbader Gesetz verzwillingt. Der besonders reichlich vorhandene Biotit zeigt grünen und braunen Pleochroismus und ist manchmal chloritisiert.

Diesem Glimmerporphyr gegenüber muß man je ein Geröll aus Vohburg und Neustadt als Felsitporphyr bezeichnen. In den von beiden angefertigten Dünnschliffen wiegt im Gegensatz zum vorigen die Grundmasse gegenüber den Einsprenglingen vor. Namentlich ist der Biotit nur in sehr wenigen, stark korrodierten Kristallen vorhanden. Der Quarz, manchmal sehr stark korrodiert, zeigt mitunter die optisch isotropen sechseckigen, der Basis parallelen Schnitte durch R und —R sehr schön. Der Orthoklas, der hie und da Glimmer einschließt und bisweilen mit Plagioklas verwachsen ist, weist gelegentlich Karlsbader Zwillinge auf. Der Oligoklas aber ist immer nach dem Albit-, seltener dazu noch nach dem Bavenoer Zwillingsgesetz verzwillingt. Die rötliche Grundmasse ist sehr dicht. Spuren von Erz, begleitet von Rost, sind allen Porphyren gemeinsam.

sich mancher Granatamphibolit als granatlos entpuppt und die vermeintlichen Granaten waren in Epidot übergegangen. Die Untersuchung mit dem Mikroskop ließ auch Mineralien erkennen, die dem unbewaffnetem Auge entgangen waren. Sie hat mir ferner namentlich Klarheit verschafft über die Herkunft der zwar unter den Geröllen der Donau nicht häufigen, aber umso auffallenderen Amphibolite der Alpen und der roten Granite und Porphyre des Schwarzwaldes.

### Schwarzwaldgerölle

**Roter Schwarzwaldgranit.** Meist handelt es sich bei den Geröllen um aplitischen Granit mit rotem Orthoklas, weißem Plagioklas, fettigem Quaez und spärlichem meist hellen Glimmer. U. d. M. zeigt sich der Orthoklas manchmal verzwillingt nach dem Karlsbader Gesetz und enthält häufig Spindeln von Plagioklas in sich eingeschlossen. Die rote Farbe kommt von feinverteilten Hämatit. Der Plagioklas, etwas seltener als der Orthoklas, ist immer nach dem Albit-, manchmal auch noch nach dem Periklin- oder Karlsbader oder Manebacher Gesetz verzwillingt. Einmal nach den drei Gesetzen zugleich, nämlich nach (010), (100) und Zwillingsachse b. Die maximale Auslöschungsschiefe beträgt senkrecht [010] 14—16°, senkrecht a 73°, was einem Anorthitgehalt von 25—33% entspricht. Es handelt sich also um einen Oligoklas-Andesin. Im Plagioklas eingeschlossen sind tonige Massen. Häufig ist auch Serizitisierung zu beobachten. Der Plagioklas ist immer idiomorph gegen den Orthoklas ausgebildet. Der Quarz mit zahlreichen Einschlüssen ist nicht häufig. Biotit ist meist ausgebleicht und nur in Resten neben dem Muskowit vorhanden. Er ist häufig in Chlorit verwandelt. Die anomal braun-bläuliche Interferenzfarbe, der Pleochroismus senkrecht c gelblich, parallel c grünlich, Chz +, Chm — lassen auf Pennin schließen. Im Glimmer sind noch Apatit und Zirkon, letzterer an den pleochroitischen Höfen kenntlich, zu finden. Die Textur ist massig, die Struktur granitisch. Der Schriff wurde aus einem Gerölle des Alluviums bei Neustadt verfertigt.

**Porphyre des Schwarzwaldes.** Von Beuron liegt der Dünnschliff eines Glimmerporphyrgerölles vor. In der dichten graubraunen Grundmasse liegen rote Feldspatkristalle. U. d. M. bemerkt man, daß in der aus Glimmer, Feldspat und Quarz bestehenden kristallinen Grundmasse mehr oder weniger gut ausgebildete Kristalle der gleichen Mineralien in beträchtlicher Menge enthalten sind. Quarz und Orthoklas haben häufig ein korrodiertes Aussehen. Der Oligoklas ist immer nach dem Albit-, manchmal auch noch nach dem Karlsbader Gesetz verzwillingt. Der besonders reichlich vorhandene Biotit zeigt grünen und braunen Pleochroismus und ist manchmal chloritisiert.

Diesem Glimmerporphyr gegenüber muß man je ein Geröll aus Vohburg und Neustadt als Felsitporphyr bezeichnen. In den von beiden angefertigten Dünnschliffen wiegt im Gegensatz zum vorigen die Grundmasse gegenüber den Einsprenglingen vor. Namentlich ist der Biotit nur in sehr wenigen, stark korrodierten Kristallen vorhanden. Der Quarz, manchmal sehr stark korrodiert, zeigt mitunter die optisch isotropen sechseckigen, der Basis parallelen Schnitte durch R und —R sehr schön. Der Orthoklas, der hie und da Glimmer einschließt und bisweilen mit Plagioklas verwachsen ist, weist gelegentlich Karlsbader Zwillinge auf. Der Oligoklas aber ist immer nach dem Albit-, seltener dazu noch nach dem Bavenoer Zwillingsgesetz verzwillingt. Die rötliche Grundmasse ist sehr dicht. Spuren von Erz, begleitet von Rost, sind allen Porphyren gemeinsam.

## Gerölle alpinen Ursprungs

*Kristalline Gesteine*

**Amphibolite.** Mit freiem Auge lassen sich bei diesen Gesteinen Hornblende, Feldspat, Epidot, manchmal noch Glimmer und Chlorit deutlich wahrnehmen. Bei den Granatamphiboliten treten die meist rotbraunen rhomboedrischen Kristalle deutlich in Erscheinung. U. d. M. erweisen sie sich als echte Hornblendegesteine, da etwa durchschnittlich die Hälfte des Gesteinsbestandes die grüne Hornblende ausmacht. Ihr optischer Charakter ist: Chm —, Chz +. Der Pleochroismus ist c (blaugrün), > b (braungrün) > a (gelb). Die Doppelbrechung beträgt:  $n_\gamma - n_\alpha = 0,020$ ,  $n_\gamma - n_\beta = 0,007-0,008$ ,  $n_\beta - n_\alpha = 0,010-0,012$ . Die Auslöschungsschiefe c: c schwankt um  $18^\circ$  herum.  $b = b_v > \rho$ . Der doppelte Achsenwinkel berechnet sich auf  $66-84^\circ$ . Die einzelnen Kristalle sind nach der c-Achse gestreckt. Von den Kristallflächen ist meist das Prisma (110), manchmal auch das Pinakoid (010) besser entwickelt. Auch Zwillingbildung nach (110) kommt mitunter vor.

Bei einem Gestein, das man als Saussurit- oder Hornblendegabbro oder auch als einen gabbroiden Amphibolit bezeichnen könnte, findet man u. d. M. auch eine braune Hornblende, welche einen Pleochroismus aufweist: c (dunkelbraun) = b (dunkelbraun) > a (gelblich). Die Doppelbrechung beträgt:  $n_\gamma - n_\alpha = 0,025$ ,  $n_\beta - n_\alpha = 0,007$ ,  $n_\gamma - n_\beta = 0,018$ . Die Auslöschungsschiefe ist etwa  $19^\circ$ .  $v > \rho$ . Das Prisma (100), nach dem, wie bei allen Hornblenden die Spaltrisse verlaufen, ist gut ausgebildet, auch eine Absonderung nach (001) ist gut zu erkennen. In der Mitte und am Rande ist das Mineral infolge von Zersetzung bereits grünlichbraun. Der Augit macht, wenn noch vorhanden, wegen seiner Korrosion den Eindruck eines Restminerals. Chz und Chm = +. Auslöschungsschiefe c: c =  $45^\circ$ . Die Lichtbrechung ist kleiner als die der Hornblende = 1,6—1,7. Der Pleochroismus ist schwach: (hellgrün) (hellgelb). Die Doppelbrechung beträgt  $n_\gamma - n_\alpha = 0,022$ ,  $n_\beta - n_\alpha = 0,016$ ,  $n_\gamma - n_\beta = 0,006$ . Doppelter Achsenwinkel:  $63^\circ$ .  $\rho > v$ . Der Augit ist mit Hornblende verwachsen, die aus ihm hervorgegangen ist. Der Biotit, der bei Biotit- und Granatamphiboliten vorkommt und häufig aus dem Granat entstanden ist, hat eine Lichtbrechung von 1,6 und eine Doppelbrechung von 0,04. Die Auslöschungsschiefe ist = 0. Chz = +, Chm = —. Der Pleochroismus ist c = b (dunkelbraun) > a (gelblich). Die Änderung der Farbe von Dunkelbraun ins Grünliche zeigt bereits eine Umwandlung zu Chlorit (Pennin) an, der mit ihm oft verwachsen ist. Diese Umwandlung beginnt meist randlich. Seltener kommen in den Amphibolgesteinen Muskowit und Serizit vor, letzterer namentlich in den serizitisierten Feldspäten. Unter den Chloritmineralien wiegt bei den Amphiboliten der Pennin weit über, Klinochlor ist nur selten vorhanden, Chlorit kommt fast nur in Verbindung mit Biotit vor. Beim Pennin ist Chz —, Chm +. Der Pleochroismus ist senkrecht c (grünlich), parallel c (hellgelb). Die Doppelbrechung beträgt 0,003. Die Interferenzfarbe ist anomal blau. Er bildet Fasern. Der seltene Klinochlor zeigt bei einer Lichtbrechung von 1,6 eine Doppelbrechung von 0,009—0,010. Chz —, Chm +. Die Auslöschungsschiefe c: c =  $12^\circ$ . Er bildet Fasern, die eine flaumige Auslöschung zeigen. Die Feldspäte der Amphibolite sind immer stark verändert, meist saussuritisiert, d. h. in ein Haufenwerk von Epidotmineralien und Serizit aufgelöst, seltener serizitisiert. Ein heller, oft mit Quarz leicht zu verwechselnder neugebildeter Feldspat bildet oft eine Art Grundgewebe. Selten findet man bei ihm Zwillinglamellen nach dem Albitgesetz, noch seltener Zwillinge nach dem Karlsbader Gesetz. Nur einmal wurde

ein Bavenoer Zwilling beobachtet. Die Auslöschungsschiefe senkrecht zu [010] schwankt zwischen  $6-16,5^\circ$ , senkrecht zu  $n$  zwischen  $70-84^\circ$ . Es handelt sich demnach um Albit und Albit-Oligoklas. Unter den Epidotmineralien ist der Epidot selbst am häufigsten. Spaltbarkeit nach (001) und (100). Der Spaltwinkel beträgt etwa  $62,5^\circ$ . Selten ist eine Ausbildung nach (101), (001), (100) und eine Zwillingsbildung nach (001) zu erkennen. Häufig sind nur mehr oder weniger große Körner vorhanden. Chz bald +, bald -. Lichtbrechung  $1,6-1,7$ . Auslöschungsschiefe:  $n\gamma : a = 31^\circ$ ,  $n\alpha : c = 3-4^\circ$ . Das Mineral ist an seinen fleckigen, bunten Interferenzfarben sehr leicht zu erkennen. Die Doppelbrechung kann bis zu  $n\gamma - n\alpha = 0,060$  ansteigen. Der Pleochroismus ist: Parallel zur Hauptzone gelblichgrün bis zitronengelb, senkrecht zur Hauptzone hellgelb - gelblichweiß. Die Ebene der optischen Achsen liegt in der Symmetrieebene.  $q > v$ . Er enthält im Inneren manchmal einen von Klinozoisit umgebenen Kern von Orthit und ist hie und da von Klinozoisit umrandet. Neben dem Epidot oder Pistazit ist der Klinozoisit das zweithäufigste Epidotmineral. Er hat etwa die gleiche Licht-, aber eine viel geringere Doppelbrechung als dieser ( $n\gamma - n\alpha = 0,005$ ). Seine Interferenzfarbe ist anomal peußischblau, während die sehr seltenen Zoisite- $\alpha$  und - $\beta$  graublau Interferenzfarben zeigen. Der Orthit, der mit Klinozoisit verwachsen vorkommt, und sich von ihm durch größere Licht- und geringere Doppelbrechung unterscheidet, findet sich auch allein, umgeben von einem pleochroitischen Hof, in der Hornblende. Die Epidotmineralien sind in zersetzten Feldspäten und Granaten häufig anzutreffen.

Manche Amphibolite verraten ihre Herkunft aus ehemaligen Eklogiten durch Spuren von Augit, namentlich aber durch die Anwesenheit von m. o. w. rötlich-braunen, optisch isotropen Körnern oder Rhombendodekaedern von Granat. Diese Granate sind häufig ganz oder teilweise umgewandelt, worüber *A. Kathrein* und *L. Hetzner* ausführlich geschrieben haben.

Die ständigen Begleiter der Hornblende- und der Epidotmineralien in den Amphiboliten sind die titanhaltigen Mineralien, die häufig wieder an die Anwesenheit des Titaneisens gebunden sind. Titanit kommt in der Form von Spindeln, Körnern und in unregelmäßigen Fetzen vor. Er bildet selten Zwillinge nach (001). Lichtbrechung  $2,0$ , Doppelbrechung  $0,106$ . In Form eines farblosen, stark lichtbrechenden Titanomorphit-Randes oder eines milchig trüben Leukoxenrandes umgibt er häufig das Titaneisen. Er verwandelt sich weiter in Rutil, der auch selbständig in Gestalt von gelben, stark lichtbrechenden Nadeln, Kriställchen und Körnern (Insekteneiern) zu sehen ist. Magnetit ist außer dem Titaneisen in der Umgebung teilweise umgewandelter Granaten zu beobachten und an seiner Oktaërderform kenntlich. Auch Pyrit, bei auffallendem Licht stark gelblich metallglänzend, kommt bisweilen vor. Er ist oft angerostet und ganz oder zum Teil in Limonit oder Hämatit verwandelt, welch letzterer aber auch selbständig als Eisenglanz auftritt. Apatit tritt in Form von sechseckigen Querschnitten oder schlanker Säulchen auf, ist kenntlich an seiner stahlblauen Interferenzfarbe (Doppelbrechung =  $0,003$ ) und findet sich meist in Biotit und Hornblende, aber auch in Feldspäten und im Grundgewebe. Zirkon ist sehr selten. Der stark undulös auslöschende Quarz ist seltener, aber er durchschwärmt in Adern das Gestein. Der Kalzit, kenntlich an der Rhomboedrischen Spaltbarkeit und an den Zwillingslamellen nach (0112) ist als Zersetzungsprodukt basischer Plagioklase ein ständiger Begleiter des gleich ihm neugebildeten Albits. Auch er findet sich bisweilen in den Adern des Gesteins.

Die kristalloblastische Reihe der einzelnen Amphibolitminerale dürfte

in den meisten Fällen folgende sein: Rutil, Orthit, Zirkon, Apatit, Titaneisen, Magnetit Eisenglanz, Erze überhaupt, Granat, Hornblende, Serizit, Epidot, Klinozoisit, Zoisit, Glimmer, Chlorite, Albit, Quarz, Kalzit.

Die Textur der Amphibolite ist meist kristallisationsschieferig, die Struktur meist nematoblastisch. Bei den Granatamphiboliten aber ist die Textur schon eher als massig, die Struktur als poikiloblastisch oder als diablastisch mit Granatporphyroblasten zu bezeichnen. Die seltenen gabbroiden Amphibolite weisen Relikt-Texturen und -Strukturen auf.

Die Amphibolite werden nun in verschiedene Gruppen eingeteilt, wobei weniger auf Struktur und Textur und Herkunft als vor allem auf die Minerale geachtet wird, die neben der stets vorherrschenden Hornblende die wichtigste Rolle spielen. Darüber haben im Gebiete der Ostschweiz *U. Grubemann* und *Frank Escher* und im Vorarlberger und Tiroler Gebiet, namentlich im Ötz- und Pitz-Tal *A. Kathrein* und *L. Hetzner* ausführlich gearbeitet.

Im Alluvium des heutigen Oberrheins, in den Moränen des Rheingletschers und von hier aus in die obere Donau verschleppt finden sich nun die meisten Typen der Amphibolite wieder, welche die beiden erstgenannten Autoren namentlich aus dem Silvrettagebiet beschrieben haben: Gespreckelte, gebänderte und namentlich hornblendereiche Plagioklas (= Albit)amphibolite, sehr seltene Granatamphibolite, Epidot (= Pistazit)amphibolite, auch Biotit- und Chloritamphibolite. Nur ein kleiner Schritt ist ferner von den Albitamphiboliten zu den Hornblendegneisen *Grubemanns*. Die beiden letztgenannten Gesteine gehen in der Donau, da sie sehr widerstandsfähig sind, am meisten flußabwärts, ja bis in die Gegend von Neustadt an der Donau! Hier wurde auch ein Stück eines gabbroiden Amphibolites mit brauner Hornblende nebst der neugebildeten grünen Hornblende und mit Resten von Augit gefunden, das einem ebenso ausgebildeten Gestein aus dem Rhein bei Chur gleichgestellt werden konnte. Durch Vergleich der Dünnschliffe beider wurde der sichere Beweis erbracht, daß rheinisches Material nicht nur, wie *Penk* und *Brückner* annahmen, bis zur Lechmündung, sondern auch noch beträchtlich weiter nach Osten flußabwärts verfrachtet wird. Ötz- und Pitz-Tal haben bisher kein derartiges Gestein geliefert.

Auf die Hornblendegesteine des Ötz- und Pitz-Tales, die den größten Hundertsatz der Amphibolitgerölle in der Donau von der Lechmündung an ausmachen, ließe sich die gleiche Einteilung wie auf die der Silvretta anwenden. Jedoch hat *L. Hetzner* sie nach der Textur eingeteilt. Besonders auffallend ist aber, daß von der Reschen Scheidegg an und namentlich in der Öztaler Gruppe die mehr oder weniger umgewandelten Granatamphibolite eine bedeutende Rolle spielen. Die Arten der Umwandlung der Granaten ermöglichen eine ziemlich genaue Bestimmung der Heimat dieser Gesteine, die in der Eiszeit über den Fernpaß und auf anderen Wegen ins Lech-Tal und von da bis auf unsere Tage in die Donau gelangten. So weisen Granatamphibolite mit Hornblende- und Titaneisenerzkranz um die Granaten, die im Inneren erfüllt sind mit Hornblende, Albit, Quarz und Ilmenit, hin auf die Gegend von Längenfeld (Ötz-Tal) und St. Leonhard (Pitz-Tal) wie die Dünnschliffe von Granatamphiboliten von der Moräne von Bieberwier und von solchen aus den rezenten Lechschottern von Augsburg und von Rain an der Lechmündung deutlich beweisen. Auch Augit findet sich noch in diesen Gesteinen. Am Hochablaß bei Augsburg und bei Neustadt an der Donau sind ferner Amphibolite aufgefunden worden, deren Granat ganz oder teilweise durch Epidot verdrängt ist. Diese

Nachkristalle sind umschlossen von einem Kranz von Epidot, Hornblende, Magnetitoktaëdern in einem Albit-Grundgewebe. Kalzit, Quarz und z. T. Augit sind ebenfalls neben den gewohnten Titanmineralien noch zu sehen. Solche Gesteine hat auch *Kathrein* zwischen Lengfeld und Huben im Ötz-Tal, zwischen St. Leonhard und Neurain im Pitz-Tal, *L. Hetzner* vom Burgstein im Ötz-Tal beschrieben.

Bei einem dritten Typus bemerkt man eine Umwandlung der Granaten in Epidot, Klinozoisit, Magnetit und Pennin. Solche Amphibolite hat *L. Hetzner* am Burgstein im Ötz-Tal gefunden. Sie kommen aber auch im Pitz-Tal vor. Der untersuchte Dünnschliff wurde von einem alluvialen Donaugeröll von Neustadt a. D. angefertigt.

Seltener findet man bei granatamphiboliten von Bieberwier die Umwandlung der Granaten in Biotit, Albit und Epidot, die *Kathrein* vom Pitz-Tal und *L. Hetzner* vom Burgstein beschrieben haben. Aus dem Einzugsgebiet der Donau sind solche Gesteine bisher noch nicht bekannt geworden, abgesehen von den Granatamphiboliten bei Ulm, die vom Quellgebiet der Ill in Vorarlberg gekommen sind.

Außerdem stammen noch vom Ötz- und Pitz-Tal hornblendereiche, dunkle Amphibolite, Biotit-, Pistazit-, Albitamphibolite, Hornblende/Biotit- und Hornblendegneise, schließlich dioritartige Gesteine, die man von der Öztakergruppe über den Fernpaß nach Augsburg und Neustadt a. D. verfolgen kann.

Ein grünes Gestein aus dem Alluvium von Augsburg zeigte u. d. M. ein Haufenwerk von Epidot- und Chloritindividuen, die in Albit eingebettet waren. Das Gestein war durchzogen von einem weißen Trüm, bestehend aus Kalzit mit Zwillinglamellen nach  $-2R$  und Quarz. Solche Epidot-Chloritgesteine beschreibt *Frank Escher* vom Augstenberg in der Silvretta. Von daher stammt das vorliegende Gerölle aber sicher nicht, denn in der Moräne bei Bieberwier fand sich ein ganz gleiches Gestein. Das weist auf das Ötz- oder Pitz-Tal als Ursprungsort hin, wo nicht nur Hornblendegesteine, sondern ähnlich wie in der Silvretta auch solche mit Epidot und Chlorit und reine Epidosite zu finden sind.

Epidosit. Mit freiem Auge sieht man nur eine Masse gelblichgrünen Pistazites, durchzogen von Quarzadern. U. d. M. zeigt sich ein förmliches Pflaster von Epidotkörnern (Größe etwa 0,13 mm), die selten nach (100) verzwillingt sind und mit Quarz und Plagioklaskörnern abwechseln. Letztere sind stark saussuritisiert. Spärliche Titankörnchen und ein Augitfetzen ergänzen den Mineralbestand. Die Struktur ist granoblastisch, die Textur massig. Das den Dünnschliff liefernde Geröll stammt aus dem Alluvium der Donau bei Neustadt. Die Heimat kann die Schweiz oder die Ötztaler Gruppe sein, da in beiden Gebieten Epidosit in Hornblendegesteinen vorkommt.

Serpentin (*Lherzolith*). Das bloße Auge erkennt ein schwärzlichgrünes, dichtes Gestein mit Bronzitblättchen. U. d. M. sieht man, daß die Hauptmasse des Gesteins aus Serpentin besteht, der in annähernd sich senkrecht kreuzenden Maschen angeordnet ist, also ein Chrysotil-Serpentin ist. Die Fasern zeigen gerade Auslöschung.  $Chz = +$ . Zwischen den Fasern bemerkt man bei stärkerer Vergrößerung feinste Fibrillen, die quer zur Faserung verlaufen. Bei diesen ist  $Chz = -$ . Reste von Olivin sind in einigen Maschen noch sichtbar. Auch Iddingsit und Bastit kann man beobachten. Der Diallag, den man mikroskopisch beobachtet, zeigt starke Absonderung nach den Flächen (100) und (001). In Schnitten, die parallel (010) sind, herrscht die lebhafteste Interferenzfarbe: Orange 1. Ordnung. Die größte Doppelbrechung beträgt hier  $\eta -$

$n\alpha = 0,024$ . Die Lichtbrechung ist 1,6—1,7. Die Auslöschungsschiefe  $c : c = 40$ .  $b = b$ , Chz = +, Chm = —. Der Bronzit, ein ständiger Begleiter des Diallags, von diesem häufig umschlossen, zeigt mitunter auf Querschnitten deutlich die Flächen (010) und (110). Nach letzterer ist eine gute Spaltbarkeit zu erkennen, eine weniger deutliche geht nach (100). Die Lichtbrechung ist 1,6—1,7. Die Doppelbrechung ist gering, etwa 0,008—0,010 (Gelb 1. Ordnung). Die Auslöschung ist immer gerade. Chz und Chm = +. Die Schnitte parallel zur Basis zeigen die Elastizitäten  $a = b$ ,  $b = a$ ,  $c = c$ . Ein solcher Schnitt gab einmal ein Achsenbild, das  $\rho > \nu$  zeigte. Mittels Gipsblättchen wurde dann auch gefunden, daß senkrecht zu (001)  $c$  sein müsse, da die Hyperbel nach innen blau, nach außen gelb war. Beide Augite sind farblos. Das in Fetzen verteilte Erz dürfte Chromeisenerz sein. Relikttextur und -Struktur. Kristalloblastische Reihe: Olivin, Bronzit, Diallag, Serpentin. Der Dünnschliff wurde von einem Geröll des Rheins bei Chur angefertigt. Solche Serpentine sind u. a. O. namentlich von der Todtalm bei Davos bekannt und finden sich noch im Donaualluvium zwischen Ehingen und Neu-Ulm.

Protogin-Gneis. Makroskopisch: Schieferiges Gestein mit abwechselnden Lagen von Quarz und Feldspat, Biotit und Muskowit. Mikroskopische: An Feldspäten sind in diesen Gesteinen vertreten: Orthoklas, Mikroklin, Plagioklas. Der Orthoklas zeigt Spindeln und Lamellen eines albitähnlichen Plagioklases, der sich von ihm durch eine höhere Doppelbrechung unterscheidet. Orthoklas hat eine Doppelbrechung von höchstens 0,007. Die Spaltbarkeit nach der Basis ist sehr deutlich. Er schließt auch wurmförmigen Quarz ein. Der Mikroklin mit einer Doppelbrechung  $n\gamma - n\alpha = 0,007$  findet sich frei und idiomorph im Quarz eingeschlossen und schließt seinerseits Quarzkörner ein. Der Plagioklas, verzwillingt nach dem Albitgesetz (oft nur bis in die Mitte gestreift!), Periklin- und Karlsbader Gesetz zeigt senkrecht zu [010] folgende maximale Auslöschungsschiefen in annähernd symmetrisch auslöschenden Schnitten:  $4^\circ$ — $10^\circ$ , was nach *Niggli* einem Anorthitgehalt — 22% entspricht. Es handelt sich also um Albit-Oligoklas bis Oligoklas. Auch Perthit findet sich. Der Quarz, stark undulös auslöschend (wie auch die Feldspäte, namentlich der Orthoklas), ist randlich zermalmt und bildet Mörtelkränze. Der Biotit zeigt den Pleochronismus  $c = b$  (schwarzbraun-grün)  $> a$  (hellbraun-gelb). Seine Auslöschung ist flaumig. Der grünliche Muskowit dürfte zum Phengit gehören. Ein Umwandlungsprodukt des Biotits ist der Pennin mit grauer Interferenzfarbe. Doppelbrechung 0,003. Chz = +, Chm = —. Serizit findet sich im Plagioklas. Nebengemengteile sind Apatit im Mikroklin in Glimmernähe, Rutil, an Biotit gebunden und Eisenerz, meist braun und limonitisch. Epidot kommt in Glimmernähe als seltener Übergemengteil vor. Zirkon ist kenntlich an den stark lichtbrechenden Körnern. Auch an Glimmer gebundenes Titaneisen fehlt nicht. Struktur: Grano-lepidoblastisch, Textur: Kataklastisch, Kristallisations-schieferung. Kristalloblastische Reihe: Zirkon, Rutil, Apatit, Erz, Glimmer, Chlorit, Epidot, Feldspäte, Quarz, Limonit. Der untersuchte Dünnschliff, angefertigt aus einem alluvialen Geröll von Neustadt an der Donau, erinnert an den Mineralbestand eines etwas aplitischen Silvrettagneises nach *Frank Escher*. Mit den Ötztaler Gneisen ist weniger Ähnlichkeit vorhanden. Dagegen herrscht zwischen ihm und einem Dünnschliff eines Silvrettagneisgerölles von Chur am Rhein in der Schweiz in allem eine merkwürdige Übereinstimmung.

Die alluvialen Augsburger Schotter haben als Seltenheit ein dunkelgraues Gestein mit größeren weißen Feldspatleisten geliefert, das jedenfalls den Flysch-

konglomeraten des Allgäus entstammt und bei der mikroskopischen Untersuchung sich als Porphyrit zu erkennen gab. Nach dem Albitgesetz verzwillingter Plagioklas, meist stark serizitisiert, wellig auslöschender Quarz, ziemlich viel Biotit, anomal preußischblau interferierender Pennin, Hornblende, Epidot, Erz, nebst Rost und Kalzit waren in die Grundmasse eingebettet.

### *Sedimente*

**Grauer Rhätkalk.** Ein Kalkgeröll aus dem Neustädter Alluvium zeigt im Dünnschliff eine dichte graue Kalzitmasse, die von Trümmern kristallinischen Kalzits durchzogen ist.

**Roter Kalkstein.** Dieses Gestein vom gleichen Fundort zeigt im Dünnschliff ein die dichte Kalkmasse durchziehendes Netz von rötlichen Limonittrümmern. Außerdem finden sich zahlreiche organische Reste, die an Globigerina, calpionella, Rotalia und Halobia erinnern.

In der Iller bei Neu-Ulm fand sich als Seltenheit ein Geröll eines grauen Kalkes mit braunen Flecken, das u. d. M. Kalzit und nur sehr wenig Quarz zeigte, aber die bezeichnenden netzartigen Versteinerungsquerschnitte der *Echinodermen* aufwies, was an den Hindelanger Liasknollenkalk erinnert.

**Roter Radiolarit.** Ein Dünnschliff eines Gerölles vom Neustädter Alluvium zeigt ziemlich häufig die Reste von Radiolarien mit einem Durchmesser von 0,1—0,2 mm. Ihre Substanz ist vorwiegend in Chalzedon ( $\text{Chz} = \text{—}$ ) umgewandelt. Dieser findet sich auch sonst neben dem Quarz im Schliffe. Adern von Kalzit, mit Quarz umrandet, durchziehen das Gestein. Rötliches Eisenoxyd ist über den ganzen Schliff in feinsten staubartigen Partikeln verteilt.

**Glaukonitischer Sandstein** vom nämlichen Fundort zeigt im Dünnschliff u. d. M. 012—015 mm<sup>3</sup> große Quarzkörner mit manchmal wahrnehmbarem konzentrischen Wachstum, Fetzen von Muskowit und seltenem Biotit, die manchmal strickartig gedreht sind. Turmalin (Lichtbrechung 1,65) mit grauschwarzer Farbe und stark licht- und doppelbrechender Zirkon sind selten. Grünliche Glaukonitkörnchen und ein limonitartiges Bindemittel zwischen den Körnern vervollständigen das Bild.

Der Dünnschliff eines glaukonitischen Sandsteingerölles von Augsburg weist Quarzkörper mit kalzitischem und glaukonitischem Bindemittel, Muskowitfetzen und Rost auf. Beide stammen wohl ursprünglich aus der helvetischen Kreide.

Ein grauschwarzes Flyschgeröll von der Iller bei Neu-Ulm zeigte braune tonige Flecken, weiße Quarzkörner und Glimmerschüppchen. Der Dünnschliff wie, eingebettet in Kalzit, Quarz, gedrehten Biotit und Muskowit, serizitisierten, nach dem Albitgesetz verzwillingten Plagioklas und etliche *Globigerinen*-Querschnitte auf. Es dürfte sich um helvetischen Flysch handeln.

Aus der Wertach in Kaufbeuren stammt ein braungrauer Kieselkalk mit schwärzlichen Streifen. Im Dünnschliff waren verzwillingte Kalzitkristalle nebst Quarz, Plagioklas mit Zwillingstreifen, Muskowit und etliche Glaukonitkörnchen zu erkennen. Die zahlreichen Versteinerungsquerschnitte erinnern an *Echinodermen* und *Nummuliten*. Dieses Gestein wird sicher aus der Gegend von Hindelang über das Oberjoch ins Gebiet der Wertach gelangt sein. Es handelt sich hier um einen sandigen Flyschkalk aus dem Helvetikum.

## Statistisches

Um die Häufigkeitsverhältnisse der einzelnen Arten der Donaugerölle kennen zu lernen, wurden mehrmals aus den aufgeschütteten Kieshaufen je 100 beliebige Gerölle ausgewählt und die Hundertsätze jeder Art bestimmt. Es ergaben sich folgende durchschnittliche Zahlenwerte:

1. Alluvialer Donauschotter beim Kieswerk der Gebrüder Weinzierl in Wöhr bei Neustadt a.D.      2. Diluvialer Schotter der Niederterrasse westlich von Mauern bei Neustadt a.D.

Blaugraue, graue, graubraune und braune Kalke (alpin)	63%	37%
Gelbliche, graue und weiße Jurakalke	3%	7%
Wettersteinkalk	4%	2,5%
Hauptdolomit	0,25%	15%
Gelber Sandkalk (Flysch)	0,5%	—*
Hierlatzkalk	2%	0,5%
Kieselkalk (Aptychenschichten)	—*	—*
Roter und grüner Radiolarit	4%	6,25%
Brauner Hornstein	3%	5%
Schwarzer Hornstein	1,5%	4%
Glaukonit-Sandstein	4,25%	5,5%
Quarzgerölle	6%	8%
Flyschsandstein	2%	3,5%
Nagelfluh	—*	—*
Keupersandsteine	—*	—*
Roter Schwarzwaldgranit	0,25%	1%
Schwarzwaldporphyr	—*	—*
Buntsandstein	0,25%	—*
Alpine Gneise und Aplite	1%	1%
Amphibolite und Diorite	1%	1,5%
Verrucano	0,25%	1,5%

\* unter 0,25%

## Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse

1. 90% der Donaugerölle im mittleren Bayern sind aus den Alpen von Iller und Lech in die Donau verfrachtet worden.

2. Im Diluvium haben Iller-, Lech und Isargletscher aus den Kalkalpen, aber auch der Inn- und Rheingletscher aus diesen und den Zentralalpen Gesteinsmaterial in das Donauebiet gebracht, das von den Nebenflüssen der Donau und z. T. auch von ihr selbst (Sigmaringen bis Marchtal) aufgearbeitet und weiter verfrachtet wurde.

3. Auch Flysch- und Molasse-Konglomerate lieferten einen geringen, aber immerhin beachtenswerten Teil der Donaugerölle.

4. Von den alpinen kristallinen Gesteinen sind aplitische Muskowit-, ferner Biotit, Zweiglimmer- und Hornblendegneise samt Amphiboliten am häufigsten.

## Statistisches

Um die Häufigkeitsverhältnisse der einzelnen Arten der Donaugerölle kennen zu lernen, wurden mehrmals aus den aufgeschütteten Kieshaufen je 100 beliebige Gerölle ausgewählt und die Hundertsätze jeder Art bestimmt. Es ergaben sich folgende durchschnittliche Zahlenwerte:

1. Alluvialer Donauschotter beim Kieswerk der Gebrüder Weinzierl in Wöhr bei Neustadt a.D.      2. Diluvialer Schotter der Niederterrasse westlich von Mauern bei Neustadt a.D.

Blaugraue, graue, graubraune und braune Kalke (alpin)	63%	37%
Gelbliche, graue und weiße Jurakalke	3%	7%
Wettersteinkalk	4%	2,5%
Hauptdolomit	0,25%	15%
Gelber Sandkalk (Flysch)	0,5%	—*
Hierlatzkalk	2%	0,5%
Kieselkalk (Aptychenschichten)	—*	—*
Roter und grüner Radiolarit	4%	6,25%
Brauner Hornstein	3%	5%
Schwarzer Hornstein	1,5%	4%
Glaukonit-Sandstein	4,25%	5,5%
Quarzgerölle	6%	8%
Flyschsandstein	2%	3,5%
Nagelfluh	—*	—*
Keupersandsteine	—*	—*
Roter Schwarzwaldgranit	0,25%	1%
Schwarzwaldporphyr	—*	—*
Buntsandstein	0,25%	—*
Alpine Gneise und Aplite	1%	1%
Amphibolite und Diorite	1%	1,5%
Verrucano	0,25%	1,5%

\* unter 0,25%

## Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse

1. 90% der Donaugerölle im mittleren Bayern sind aus den Alpen von Iller und Lech in die Donau verfrachtet worden.

2. Im Diluvium haben Iller-, Lech und Isargletscher aus den Kalkalpen, aber auch der Inn- und Rheingletscher aus diesen und den Zentralalpen Gesteinsmaterial in das Donauebiet gebracht, das von den Nebenflüssen der Donau und z. T. auch von ihr selbst (Sigmaringen bis Marchtal) aufgearbeitet und weiter verfrachtet wurde.

3. Auch Flysch- und Molasse-Konglomerate lieferten einen geringen, aber immerhin beachtenswerten Teil der Donaugerölle.

4. Von den alpinen kristallinen Gesteinen sind aplitische Muskowit-, ferner Biotit, Zweiglimmer- und Hornblendegneise samt Amphiboliten am häufigsten.

Diorite, Gabbros, Epidosite und Serpentin (letzterer nur bis etwa Donauwörth) sind sehr selten.

5. Die Granat-Amphibolite der Ötztaler Gruppe erscheinen u. a. bei Bieberwier, am Lech bei Augsburg, bei Rain am Lech und gehen in der Donau bis Neustadt.

6. Von den sedimentären Gesteinen sind schon im Diluvium, aber noch mehr im Alluvium der Donau die blaugrauen, grauen, graubräunlichen und braunen Kalkgerölle der oberen Plattenkalke, der Kössener und der Rhätschichten der Kalkalpen am meisten vertreten. Heller Wettersteinkalk und roter Hierlatzkalk, aber auch braune Kieselkalke machen nur wenige Hundertteile aus.

7. Der Hauptdolomit, der in den Oberläufen von Lech und Iller die Hälfte der Gerölle liefert, stellt im Diluvium der mittleren bayerischen Donau nur mehr 15%, im Alluvium etwa noch 0,25% derselben.

8. Je 4—6% der Donaugerölle sind rote und grüne Hornsteine der Aptychenschichten, braune Hornsteine der Fleckenmergel und schwarze Hornsteine des alpinen Muschelkalkes.

9. Grünsandsteine der helvetischen Kreide und wohl auch Assilinen-Grünsand des Flysches sind wider Erwarten zahlreich: 5%!

10. Dagegen machen die Flyschsandsteine kaum die Hälfte der letztgenannten Gerölle aus.

11. Rheinisches Material gelangt nicht nur bis zur Lechmündung, sondern mindestens bis Neustadt a. D.

12. Quarzgerölle können aus dem Kristallin und dem Verrucano der Alpen, aus dem Keuper des Flußgebietes der Wörnitz, aus dem Schwarzwald und aus dem Miozän der Hochebene in die Donau gekommen sein.

13. Sehr untergeordnet sind die Vorkommen roter Granite, Porphyre, Buntsandsteine und Biotitgneise aus dem Schwarzwald, 0,25% im Alluvium, 1% im Diluvium.

14. Auch der Jura liefert im Alluvium nur etwa 3%, im Diluvium etwa 7% der Kalkgerölle. Miozänkalke, Keupersandstein u. a. sind Zufallsfunde.

#### Schriftenverzeichnis

- Ampferer O. und Hammer W.*, Geologischer Querschnitt durch die Ostalpen. Jahrbuch der K. K. Reichsanstalt 61, Wien 1911.
- Ampferer O.*, Das geologische Gerüst der Lechtaler Alpen. Z. d. D. u. Ö. Alpenvereins. 44, Wien 1913.
- Ampferer O.*, Über den Bau der westlichen Lechtaler Alpen. Jahrb. d. K. K. geol. Reichsanstalt 64, S. 307.
- Bodmer-Beder A.*, Beiträge zur Petrographie des östlichen Rhätikons. Neues Jahrb. f. Min. 1900, 1, S. 148.
- , Beitrag zur Geologie des östlichen Rhätikons. Ebenda S. 120.
- Boden K.*, Die Geröllführung der Molasse im südbayerischen Alpenvorland. Mitt. d. Geogr. Ges., München 1925.
- Cadish J., Leupold W., Eugster H., Brauchl R.*, Geologische Untersuchungen in Mittelbünden. Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. in Zürich 1919.
- Cornelius H. P.*, Petrographische Untersuchungen in den Bergen zwischen Septimer- und Julierpaß. Dissertation. Stuttgart 1912.
- , Beobachtungen über die Geröllführung der Bayerischen Molasse Verhandlungen der geol. Staatsanst. Wien X, XI, 1920.
- , Beobachtungen über die Geröllführung der Molasse am Algäuer Alpenrande. Ebenda 10, 1922, S. 183.
- , Zum Problem der exotischen Blöcke und Gerölle im Flysch des Allgäu. Jahrb. d. Geol. Bundesanst. Wien, 1924.

Diorite, Gabbros, Epidosite und Serpentin (letzterer nur bis etwa Donauwörth) sind sehr selten.

5. Die Granat-Amphibolite der Ötztaler Gruppe erscheinen u. a. bei Bieberwier, am Lech bei Augsburg, bei Rain am Lech und gehen in der Donau bis Neustadt.

6. Von den sedimentären Gesteinen sind schon im Diluvium, aber noch mehr im Alluvium der Donau die blaugrauen, grauen, graubräunlichen und braunen Kalkgerölle der oberen Plattenkalke, der Kössener und der Rhätschichten der Kalkalpen am meisten vertreten. Heller Wettersteinkalk und roter Hierlatzkalk, aber auch braune Kieselkalke machen nur wenige Hundertteile aus.

7. Der Hauptdolomit, der in den Oberläufen von Lech und Iller die Hälfte der Gerölle liefert, stellt im Diluvium der mittleren bayerischen Donau nur mehr 15%, im Alluvium etwa noch 0,25% derselben.

8. Je 4—6% der Donaugerölle sind rote und grüne Hornsteine der Aptychenschichten, braune Hornsteine der Fleckenmergel und schwarze Hornsteine des alpinen Muschelkalkes.

9. Grünsandsteine der helvetischen Kreide und wohl auch Assilinen-Grünsand des Flysches sind wider Erwarten zahlreich: 5%!

10. Dagegen machen die Flyschsandsteine kaum die Hälfte der letztgenannten Gerölle aus.

11. Rheinisches Material gelangt nicht nur bis zur Lechmündung, sondern mindestens bis Neustadt a. D.

12. Quarzgerölle können aus dem Kristallin und dem Verrucano der Alpen, aus dem Keuper des Flußgebietes der Wörnitz, aus dem Schwarzwald und aus dem Miozän der Hochebene in die Donau gekommen sein.

13. Sehr untergeordnet sind die Vorkommen roter Granite, Porphyre, Buntsandsteine und Biotitgneise aus dem Schwarzwald, 0,25% im Alluvium, 1% im Diluvium.

14. Auch der Jura liefert im Alluvium nur etwa 3%, im Diluvium etwa 7% der Kalkgerölle. Miozänkalke, Keupersandstein u. a. sind Zufallsfunde.

#### Schriftenverzeichnis

- Ampferer O. und Hammer W.*, Geologischer Querschnitt durch die Ostalpen. Jahrbuch der K. K. Reichsanstalt 61, Wien 1911.
- Ampferer O.*, Das geologische Gerüst der Lechtaler Alpen. Z. d. D. u. Ö. Alpenvereins. 44, Wien 1913.
- Ampferer O.*, Über den Bau der westlichen Lechtaler Alpen. Jahrb. d. K. K. geol. Reichsanstalt 64, S. 307.
- Bodmer-Beder A.*, Beiträge zur Petrographie des östlichen Rhätikons. Neues Jahrb. f. Min. 1900, 1, S. 148.
- , Beitrag zur Geologie des östlichen Rhätikons. Ebenda S. 120.
- Boden K.*, Die Geröllführung der Molasse im südbayerischen Alpenvorland. Mitt. d. Geogr. Ges., München 1925.
- Cadish J., Leupold W., Eugster H., Brauchl R.*, Geologische Untersuchungen in Mittelbünden. Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. in Zürich 1919.
- Cornelius H. P.*, Petrographische Untersuchungen in den Bergen zwischen Septimer- und Julierpaß. Dissertation. Stuttgart 1912.
- , Beobachtungen über die Geröllführung der Bayerischen Molasse Verhandlungen der geol. Staatsanst. Wien X, XI, 1920.
- , Beobachtungen über die Geröllführung der Molasse am Algäuer Alpenrande. Ebenda 10, 1922, S. 183.
- , Zum Problem der exotischen Blöcke und Gerölle im Flysch des Allgäu. Jahrb. d. Geol. Bundesanst. Wien, 1924.

- Engel Th.*, Geognostischer Wegweiser durch Württemberg. Stuttgart 1908.
- Escher Frank*, Petrographische Untersuchungen in den Bergen zwischen Davos und Piz Kesch. Chur 1921.
- Grubemann U.*, Die Kristallinen Schiefer. L. L. Berlin 1904—1907.
- Niggli P.*, Die kristallinen Schiefer. Allgemeiner Teil Berlin 1924. (3., völlig umgearbeitete Auflage).
- Hammer Wilb.*, Das Gebiet der Bündener Schiefer im tirolischen Oberinntal. Jahrb. d. K. K. Geol. Reichsanst. Wien, Bd. 64, 1914, S. 443.
- Heim Albert*, Geologie der Schweiz 2 Bände. Leipzig 1913—1922.
- Heim Arnold*, Zur Geologie des Grüntens im Allgäu. Vierteljahresschr. d. Naturf. Ges. in Zürich, 64, 1919.
- Hetzner Laura*, Ein Beitrag zur Kenntnis der Eklogite und Amphibolite unter besonderer Berücksichtigung der Vorkommnisse des mittlern Ötztals. Tschermarks min. petrogr. Mitt. 22, Wien, 1903.
- Hoek H.*, Das zentrale Pleurgebirge. Ber. d. Naturf. Ges. Freiburg i. Br., 16, 1906.
- Kathrein A.*, Über die Verbreitung umgewandelter Granaten in den Ötztaler Alpen N. Jahrb. f. Min. 1886, I, 1.
- Klebelberg, Ritter v.*, Die eiszeitliche Vergletscherung unter besondere Berücksichtigung der Ostalpen. Z. d. D. u. Ö. Alpenver. 44 Wien 1913.
- Kokel C. W.* und *Richter Max*, Über die Tektonik der Vilser und Hohenschangauer Alpen. Verh. d. Geol. Bundesanst. Wien 1925.
- Kündig Ernst*, Beiträge zur Geologie und Petrographie der Gebirgskette zwischen Val Calanca und Misox. Schweiz. min. u. petrogr. Mitt. 6, 1. 1926.
- Niggli P.*, Der Tavayannazsandstein und die Eruptivgesteine der jungmediterranen Kettengebirge. Schweiz. min. petrogr. Mitt. 2. 1922.
- Parker Robert L.*, Die Gesteine der Talklagerstätten von Disentis und Surrhein im Bündener Oberland. Freiburg i. Br. 1920.
- Penk A. und Brückner E.*, Die Alpen im Eiszeitalter. 3 Bände. Leipzig 1909.
- Penk, Dr. A.*, Der alte Rheingletscher auf dem Alpenvorlande. Jahresber. d. Geogr. Ges. München 1886, H. 11, S. 1—20.
- Pfister Martha*, Stratigraphie des Tertiärs und Quartärs am Südfuße der Alpen. Bülach 1921.
- Reis, O. M.*, Abensberg, Bad Gögging und Abenstal bis Mainburg. Hallertauer Gen. Anz. 1933.
- Richter Max*, Die nordalpine Flyschzone zwischen Vorarlberg und Salzburg. Centralbl. f. Min. 1922.
- , Beobachtungen am Nordrand der ostalpinen Decke im Allgäu. Verh. d. Geol. Bundesanst. Wien 1923.
- , Kreide und Flysch im östlichen Allgäu zwischen Wertach und Halblech. Jahrb. d. Geol. Bundesanst. Wien, 74, 1924.
- , Geologischer Führer durch die Allgäuer Alpen. Berlin 1924.
- , Stratigraphie und Tektonik der subalpinen Allgäuer Molasse. Berlin 1926.
- Röhrer F.*, Donauversickerung und Aachquelle. Bad. Geol. Abh. II. 2. S. 130. Karlsruhe 1930.
- Rösch Anton*, Der Kontakt zwischen Flysch und Molasse im Allgäu. Dissertation. München 1905.
- Schalch F.*, Exkursion nach Marbach usw. und an die Wutach. 1895.
- Schiller W.*, Geologische Untersuchungen im östlichen Engadin. II. Die Piz-Lad-Gruppe. Ber. d. naturf. Ges. zu Freiburg i. Br., 16 1906.
- Schnell J. R.*, Les roches basiques des nappes penniques. Frauenfeld 1921.
- Schuster M.*, Abriß der Geologie von Bayern. Abt. I-IV. München 1924—1928.
- Schwenkel H.*, Die Eruptivgneise des Schwarzwaldes und ihr Verhältnis zum Granit. Tscherms. min. und petrogr. Mitt. Wien 1912. S. 185.
- Seidlitz Wilfried v.*, Geologische Untersuchungen im Östlichen Rhätikon. Ber. der naturf. Ges. zu Freiburg i. Br. 16, 1906.

- Staub R.* und *Cadish J.*, Zur Tektonik des Unterengadiner Fensters. *Ecl. Geol. Helv.* 2. S. 684, 1907.
- , Über das Längsprofil Graubündens. *Vierteljahresschr. d. Züricher Naturf. Ges.* 64. 1919. S. 295.
- , Über Wesen, Alter und Ursachen der Gesteinsmetamorphose in Graubünden. *Ebenda* 65. 1920. S. 323.
- , Geologische Beobachtungen im Avers und Oberhalbstein. *Ecl. Geol. Helv.* 15/4 1920, S. 492.
- , Über die Verteilung der Serpentine in den ostalpinen Ophiolithen. *Schweiz. min. und Petrogr. Mitt.* 2. 1922, S. 78.
- Steinmann G.*, Geologische Beobachtungen in den Alpen. *Ber. der naturf. Ges. zu Freiburg i. Br.* 15—16, 1906—1907.
- Staudel D.*, Heimat d. oberschwäbischen Geschiebe Württ. *Jahresh.* 1860.
- Vogelsang*, Geologische Beschreibung der Umgebungen von Trimberg und Donauschlingen. Karlsruhe 1872.
- Wehrli M.*, Sur les diorites des environs de Schlans et Disentis. *Ecl. Geol. Helv.*, 1894, 2. Teil, S. 295.
- Winterhalder E.*, Geologie der näheren Umgebung Villingens. *Bad. Geol. Abh.*, IV, 2. S. 115, Karlsruhe 1932.
- Zöppritx K.*, Geologische Untersuchungen im Oberengadin zwischen Albulapa Paß und Livigno. *Ber. d. naturf. Ges. zu Freiburg i. Br.* 16. 1906.

## Benützte geologische Karten

- Ampferer Otto*, Geologische Karte der Lechtaler Alpen 1:25000 und zwar Klosters-taler Alpen, Arlberg-Gebiet, Heiterwand und Mutterkopf-Gebiet, Parseier-Spitz-Gruppe. Geol. Bundesanst. Wien 1932. Dazu die Erläuterungen zur geologischen Karte der Lechtaler Alpen. *Ebenda*.
- Blaas Dr. J.*, Geologische Karte der Tiroler und Vorarlberger Alpen. 1:500000. Innsbruck.
- Lepsius R.*, Geologische Karte des deutschen Reiches 1:500000 Stuttgart 23, Regensburg 24, München 25, Augsburg 26.
- Schuster M.*, Geologische Karte von Bayern 1:250000 Augsburg, München, Salzburg, Regensburg. München 1924—1928.
- Wepfer E.*, Geologische Übersichtskarte von Württemberg 1:200000. Geol. Abt. d. Württ. Stat. Landesamtes. Stuttgart 1930.
- Geologische Karte der Schweiz 1:500000, herausgegeben v. d. *Schweiz. geol. Kommission in Bern* 1911.

- Staub R.* und *Cadish J.*, Zur Tektonik des Unterengadiner Fensters. *Ecl. Geol. Helv.* 2. S. 684, 1907.
- , Über das Längsprofil Graubündens. *Vierteljahresschr. d. Züricher Naturf. Ges.* 64. 1919. S. 295.
- , Über Wesen, Alter und Ursachen der Gesteinsmetamorphose in Graubünden. *Ebenda* 65. 1920. S. 323.
- , Geologische Beobachtungen im Avers und Oberhalbstein. *Ecl. Geol. Helv.* 15/4 1920, S. 492.
- , Über die Verteilung der Serpentine in den ostalpinen Ophiolithen. *Schweiz. min. und Petrogr. Mitt.* 2. 1922, S. 78.
- Steinmann G.*, Geologische Beobachtungen in den Alpen. *Ber. der naturf. Ges. zu Freiburg* i. Br. 15—16, 1906—1907.
- Staudel D.*, Heimat d. oberschwäbischen Geschiebe Württ. *Jahresh.* 1860.
- Vogelsang*, Geologische Beschreibung der Umgebungen von Trimberg und Donauschlingen. *Karlsruhe* 1872.
- Wehrli M.*, Sur les diorites des environs de Schlans et Disentis. *Ecl. Geol. Helv.*, 1894, 2. Teil, S. 295.
- Winterhalder E.*, Geologie der näheren Umgebung Villingens. *Bad. Geol. Abh.*, IV, 2. S. 115, *Karlsruhe* 1932.
- Zöppritx K.*, Geologische Untersuchungen im Oberengadin zwischen Albulapa Paß und Livigno. *Ber. d. naturf. Ges. zu Freiburg* i. Br. 16. 1906.

## Benützte geologische Karten

- Ampferer Otto*, Geologische Karte der Lechtaler Alpen 1:25000 und zwar Klosters-taler Alpen, Arlberg-Gebiet, Heiterwand und Mutterkopf-Gebiet, Parseier-Spitz-Gruppe. *Geol. Bundesanst. Wien* 1932. Dazu die Erläuterungen zur geologischen Karte der Lechtaler Alpen. *Ebenda*.
- Blaas Dr. J.*, Geologische Karte der Tiroler und Vorarlberger Alpen. 1:500000. *Innsbruck*.
- Lepsius R.*, Geologische Karte des deutschen Reiches 1:500000 *Stuttgart* 23, *Regens-burg* 24, *München* 25, *Augsburg* 26.
- Schuster M.*, Geologische Karte von Bayern 1:250000 *Augsburg*, *München*, *Salzburg*, *Regensburg*. *München* 1924—1928.
- Wepfer E.*, Geologische Übersichtskarte von Württemberg 1:200000. *Geol. Abt. d. Württ. Stat. Landesamtes*. *Stuttgart* 1930.
- Geologische Karte der Schweiz 1:500000, herausgegeben v. d. *Schweiz. geol. Kom-mission in Bern* 1911.