

Geognostische
Jahreshefte.

Sechster Jahrgang.

1893.



Herausgegeben

im Auftrage des Königl. Bayerischen Staatsministeriums des Innern

von

der geognostischen Abtheilung des Königl. Bayer.
Oberbergamtes in München.



Cassel.

Verlag von Theodor Fischer.

1894.

Pfaff.

Inhalts-Uebersicht.

	Seite
I. Dr. Emil Böse , Geologische Monographie der Hohenschwangauer Alpen mit Profilen und einer geologischen Karte	1— 48
Einleitung 1—2. Topographisches 2—3. Stratigraphischer Theil 3—48 und zwar A. Trias: 1. Muschelkalk 4; 2. Partnachschichten 4—7; 3. Wettersteinkalk 7—10; 4. Raiblerschichten 10—12; 5. Hauptdolomit 12—13; 6. Plattenkalk, rhätische Schichten und Dachsteinkalk 13—15. B. Jura: 1. Lias 13—21; 2. Dogger 21—22; 3. Malm 22—23. C. Cretacische Bildungen: 1. Gault 23—24; 2. Cenoman 24—25; 3. Flysch 25. D. Quartär, Diluvium und Alluvium 25—27. Zur Faciesbildung 27—35. Tektonik 35—46. Die Beziehungen zwischen Orographie und geologischem Bau 46—48.	
II. Dr. Otto M. Reis , Zur Kenntniss des Skelets der Acanthodinen	49— 66
III. Adolph Schwager , Hydrochemische Untersuchungen im Bereiche des unteren bayerischen Donauebietes	67—105
Einleitung 67—68. Begrenzung, Ausdehnung und Gliederung des Donauebietes bis zur Landesgrenze 68—70. Geologischer Bestand 70—72. Hydrographische Verhältnisse, Niederschlagsmengen und deren Vertheilung 72—73. Untersuchungsgang 73—75. Feldbeobachtung 75—77. Wassermengen 77. Die Temperatur 77—78. Die chemische Untersuchung 78. Allgemeine Lösungsbedingungen der natürlichen Wässer 79—81. Abhängigkeit der Lösungsarbeit von der Beschaffenheit der zu lösenden Substanz 82—84. Der chemische Befund, Vertheilung der Einzelbestandtheile 85—88. Alkalische Erden 88—98. Alkalien 98—99. Verhältniss von Kali zu Natron 100—103. Rückstandsmengen 103—105.	

Geologische Monographie der Hohenschwangauer Alpen.

Von

Dr. Emil Böse.

Einleitung.

Beim Beginn meiner Kartirung der Hohenschwangauer Alpen waren nur sehr wenige Versteinerungen aus diesem Gebiete bekannt; der Hauptsache nach stammten sie aus dem Wettersteinkalk der Hornburg und dem Gault der Hölle. Infolgedessen richtete ich mein Hauptaugenmerk auf die Tektonik; da jedoch die Liasmergel überraschend reiche Fundplätze lieferten, so suchte ich mit Hilfe meines vortrefflichen Sammlers, des Herrn HELMER in Waltenhofen bei Füssen, möglichst viel Material aus diesen Schichten zu gewinnen. Alle anderen Horizonte, mit Ausnahme des Gault, lieferten eine verhältnissmässig kleine Zahl von Petrefacten, welche denn auch ihre hauptsächliche Bedeutung nur für die Bestimmung der Horizonte erhielten.

An dieser Stelle habe ich noch zu erwähnen, dass ein Theil der Hohenschwangauer Alpen bereits durch ROTHPLETZ kartirt wurde, ich meine den Schwarzenberg und den Hutlerberg. Dieser Theil schliesst sich an die Vilser Alpen ebenso eng an wie an unser Gebiet; wenn er auch tektonisch entschieden in die Hohenschwangauer Alpen gehört, liegt doch in ihm der nördliche Flügel der Alpseemulde. Von einer nochmaligen Kartirung konnte ich Abstand nehmen, ich überzeugte mich durch mehrfache Begehungen von der Richtigkeit der Darstellung; einen Anlass zu einer abweichenden Meinung konnten nur die Dolomite am Hutler- und Kienberge geben; ich rechne diese nach meinen Funden an der Schönleiten zum Wettersteindolomit.

Mit der gütigen Erlaubniss meines verehrten Lehrers, des Herrn Dr. ROTHPLETZ habe ich jedoch den soeben erwähnten Theil der Hohenschwangauer Alpen in meiner Karte reproducirt, da dies der Vollständigkeit halber nothwendig war; eine genaue Beschreibung habe ich unterlassen, weil diese bereits zur Genüge in der Arbeit des Herrn Dr. ROTHPLETZ gegeben ist.

Wenn ich auf den nachfolgenden Seiten mich sehr häufig auf die Arbeit über die Vilser Alpen beziehe, so wird man dies im Hinblick auf die enge geologische Zusammengehörigkeit der beiden Gebiete entschuldigen müssen. Die Tektonik der Vilser Alpen liefert in manchen Fällen den Schlüssel zu den Verhältnissen des Hohenschwangauer Gebietes, und umgekehrt.

Der paläontologische Theil, welcher zu der geologischen Darstellung der Hohenschwangauer Alpen gehört, musste leider getrennt publicirt werden, da in den geognostischen Jahreshäften kein Platz für eine ausführliche Beschreibung und Abbildung der Fossilien vorhanden ist.)*

Mir bleibt an dieser Stelle nur noch übrig, meinem hochverehrten Lehrer Herrn Professor von ZITTEL meinen Dank auszusprechen für die liebenswürdige Zuvorkommenheit, mit welcher er mir das Material der Staatssammlung, die Bibliothek des paläontologischen Institutes, sowie seine eigene reiche Bibliothek zur ausgiebigen Benutzung überliess. Auch sei es mir gestattet, dem Herrn Dr. A. ROTHPLETZ und dem Herrn von SUTNER für die unermüdliche Bereitwilligkeit zu danken, mit welcher sie mich bei der Untersuchung der Fossilien unterstützten. Ferner kann ich nicht umhin zu erwähnen, dass ich die Möglichkeit, meine Kartirung im letzten Sommer zu beendigen, dem liebenswürdigen Entgegenkommen der Herren Forstmeister ENGSTLER in Hohenschwangau und BAUMGÄRTNER in Trauchgau zu verdanken habe.

Topographisches.

In seiner Monographie der Vilser Alpen nennt ROTHPLETZ die Randalpen des Algäu bis zum Lech „geographische Stiefkinder“. Man kann diese Bezeichnung auch auf die östliche Fortsetzung jener Höhenzüge anwenden; weder haben wir für die Bergkette vom Lech bis zur Loisach einen allgemein anerkannten Gesamtnamen, noch sind die einzelnen Theile, in welche diese Kette sich gliedert, genau benannt. GUEMBEL gebraucht in seiner Geologie von Bayern (Kassel 1892) p. 121 für die Berge zwischen Lech und Ammer den Namen „Schwangauer Alpen“. Nun halte ich diesen Namen zwar nicht für ganz richtig, denn ihn kann nur das von mir kartirte Gebiet mit Recht führen, an welches nach Osten noch der Trauchgau und Ammergau stossen, doch möchte ich den einmal vorgeschlagenen Namen nicht fallen lassen und wähle deshalb für mein Gebiet, welches bis zum Halblech reicht, den Ausdruck „Hohenschwangauer Alpen“. Für den Rest des Gebirgszuges bis zur Einsenkung bei Oberammergau schlage ich den Namen „Ammergebirge“ vor, während ich für das Gebiet zwischen Ammer und Loisach den von Alters her gebräuchlichen Namen Labergebirge beibehalten möchte.

Die Hohenschwangauer Alpen finden im Westen ihren natürlichen Abschluss in der Einsenkung des Lechthales, im Norden in der Ebene, im Osten bildet eine Reihe von Thälern die Grenze: das Halblechthal, die Einsenkung an der Kenzen und im Boanlandl, von welchem zum Thale des Erzbaches ein Joch am Schlössl hinüberführt; im Süden wird das Gebiet durch zwei Thäler, welche durch ein Joch verbunden sind, begrenzt: das obere Böllatthal mit seiner östlichen Fortsetzung und das Lähnbachthal, welches bei Pfach in die Einsenkung des Lechs einmündet.

Ein Blick auf die Karte zeigt, dass sich die Hohenschwangauer Alpen in ganz ungezwungener Weise in mehrere Theile gliedern lassen. Vor Allem kann man leicht das südliche Hochgebirge (bis zum Tegelberg eingeschlossen) und das nördliche Waldgebirge von einander trennen. Ich habe diese Ausdrücke schon

*) Dieser paläontologische Theil vertheilt sich auf zwei Arbeiten, nämlich die Monographie des Genus „*Rhynchonellina*“ (Palaeontographica, Bd. 41) und „Die Fauna des liasischen Fleckenmergels bei Hohenschwangau“ (Zeitschr. d. Deutsch. geol. Gesellschaft).

bei der Kartirung benutzt und führe sie hier ein, weil in ihnen bereits eine Charakterisirung der beiden Theile liegt. Im Süden finden wir kühn aufragende, grössten Theiles waldlose Gipfel, im Norden dagegen meist sanft gerundete Höhen, an welchen nur selten Felsabstürze vorkommen; dieser ganze Theil ist mit Wald bedeckt, welcher oft so dicht wird, dass man nur schwer durch das Gestrüpp hindurchdringt.

Das Hochgebirge lässt sich in drei Theile zerlegen, im Süden finden wir das ziemlich isolirt stehende Säulingmassiv mit den Nebengipfeln Pilgerschrofen und Äpeleskopf. Von dieser Gebirgsmasse trennt das tiefe Böllatthal eine zweite Gruppe: die der Hochplatte mit den Nebengipfeln: Benaköpfe, Straussberg, Ahornspitz, Hohe Krähe, Hochblase, Geiselstein und Hochkopf. Als dritte Gruppe betrachte ich die des Tegelbergs (Branderschrofen), welche von den vorigen durch das untere Böllatthal, den Ahornboden und das Loberthal getrennt wird. Als Nebenspitze ist zu erwähnen die Schönleiten.

Das Waldgebirge ist weniger klar geordnet; wir können eine Nordzone (die Flyschregion des Jagdkopfes, Buchberges, Hennenkopfes etc.) von einer Südzone trennen. Die letztere wird durch das Querthal des Drehgrabens in eine östliche und eine westliche Hälfte zerlegt; zur westlichen gehören Hornburg, Rohrkopf, Schöfflerseck und Kammerkopf; zur östlichen Pechkopf und Weissrisskopf sowie dessen Fortsetzung nach Osten. Als ziemlich selbständigen Theil fasse ich die Berge zwischen Alpee und Füssen auf. In welcher Beziehung alle diese Höhenzüge und Thäler zur Tektonik stehen, werden wir in einem späteren Capitel sehen; von vornherein auffallend ist der Mangel an Querthälern.

Als topographische Grundlage für die geologische Kartirung benutzte ich photographische Copieen der Originalaufnahmen des bayrischen und österreichischen Generalstabes, welche im Maassstabe 1: 25 000 ausgeführt sind. Das Gebiet liegt auf der Grenze von vier Blättern, nämlich Trauchgau, Hochplatte, Füssen und Reutte. Die beiden ersteren Karten verdanke ich der Güte des Herrn Oberst NEUREUTHER, Chef des königlich bayrischen topographischen Bureaus, die beiden letzteren Herrn Dr. RÖTHPLETZ. Die Höhencurven, welche allein ich in meine Karte aufgenommen habe, sind nach den neuen, bayrischen Aufnahmen ausgeführt.

Falsche Namen habe ich nach Möglichkeit berichtigt, fehlende eingetragen.

Stratigraphischer Theil.

Die Hohenschwangauer Alpen bauen sich aus folgenden Schichtgliedern auf:

- Trias*):
1. Muschelkalk.
 2. Partnachmergel.
 3. Wettersteinkalk und Dolomit.
 4. Raiblerschichten.
 5. Hauptdolomit und Plattenkalk.
 6. Rhätische (Kössener) Schichten.
 7. Dachsteinkalk.

*) Da augenblicklich über die Begriffe: „norisch“ und „karnisch“ die weitest gehenden Meinungsverschiedenheiten herrschen, so vermeide ich den Gebrauch dieser Ausdrücke ganz.

- Jura: 8. Liaskalk.
 9. Liasmergel (Algäuschiefer).
 10. Doggerkalk.
 11. Malmkalk.
 12. Aptychenschichten (Wetzsteinschiefer).
- Kreide: 13. Gault.
 14. Cenoman.
 15. Flysch.
- Quartär: 16. Diluvium und Alluvium.

A. Trias.

1. Muschelkalk.

Petrographisches: Im untersten Theile finden sich dunkle, dünnbankige Kalke mit rauher oder welliger Schichtfläche (Petrefacten nicht gefunden). Darauf folgen dünnplattige, blauschwarze und dunkelgraue Kalke mit ebener Oberfläche, sie sind vielfach mit Brachiopodenschalen erfüllt; allerdings sind vollständige Stücke nicht sehr häufig. *Spiriferina Mentzeli* herrscht vor. Einzelne Bänke sind von Crinoideenstielgliedern erfüllt. In den nach oben folgenden dünnbankigen Schichten finden sich hin und wieder brachiopodenreiche Lagen, endlich folgen im Hangenden fossilere Kalke. Die Kalke führen meistens Hornsteinausscheidungen, zuweilen sind die Brachiopodenschalen verkieselt.

Mächtigkeit: Leider tritt das Liegende des Horizontes nirgends zu Tage, so dass eine genaue Angabe der Mächtigkeit nicht möglich ist; 100 m ist in meinem Gebiete wohl der Maximalwerth.

Versteinerungsfundplatz: Der einzige, reiche Fundplatz befindet sich östlich von der Schönleiten. Wenn man von der nördlichen Mühlberger Alm auf den Sattel zwischen Schönleiten und Weissrisskopf steigt, dann an der Basis der Wettersteinkalkwände entlang geht, so sieht man bald unter sich (links) aus dem Walde einen hellen Felsen aufragen; an diesem (etwas bergwärts) befindet sich die Fundstelle.

Versteinerungen: Die Fauna besteht aus verhältnissmässig wenigen Arten, trotzdem die Schalen zuweilen das Gestein fast ganz erfüllen. Ich fand:

1. *Coenothyris vulgaris* Schloth. ca. 25 St.
2. *Waldheimia angusta* Schloth. ca. 15 St.
3. *Spiriferina Mentzeli* Dunker. ca. 50 St.
4. *Spirigera trigonella* Schloth. 3 St.
5. *Retzia Schwageri* Bittn. 2 St.
6. *Encrinus* cf. *liliiformis* Schloth. nicht selten.
7. *Encrinus gracilis* Buch häufig.

Verbreitung: Der Muschelkalk, welcher in den Vilser Alpen in drei Zügen auftritt, ist in unserem Gebiet nur an einer einzigen Stelle, nämlich nördlich von der Schönleiten, vorhanden. Die Schichten fallen an der Mühlberger Alm nach Süden ein, am Klammgraben dagegen steil (80—85°) nach Norden.

2. Partnachschieften.

Petrographisches: Die Kalke haben eine dunkle Farbe, welche zwischen grauschwarz, blau und röthlich wechselt; sie führen sehr häufig Hornsteinknollen

und gelbgrünliche Thongallen. Die Oberfläche ist vielfach wellig, ähnlich den Muschelkalkbänken. Versteinerungen finden sich hauptsächlich in grauschwarzen Bänken mit rauhem Bruch (*Koninckina Leonhardi* Wissm. sp.), seltener in den dickbankigen, dunkeln, grün- und rothfleckigen Kalken (grosse Terebrateln sowie Cidaritenstacheln); in den Mergeln findet sich zuweilen *Bactryllium*.

Die Kalke bilden im Liegenden, z. B. an der Nordseite des Säuling, dünnbankige Schichtcomplexe; im Hangenden liegen sie als wenig mächtige dickbankige Lagen in den Mergeln, z. B. Südseite des Säuling.

An den Schneegeckerln ist die Oberfläche einzelner Bänke mit regelmässig gestalteten kleinen Hohlräumen bedeckt; auf frischen Flächen sind diese Hohlräume mit einem weissen Mineral ausgefüllt. Bei der mikroskopischen Untersuchung stellte sich heraus, dass dieses Mineral Kalkspath ist; jeder Hohlraum wird von einer mehr oder weniger grossen Anzahl von Krystallen angefüllt; wir haben es also wohl mit einer nachträglichen Ausfüllung der Hohlräume zu thun.

Die Mergel bilden gewöhnlich das Hangende der Etage, sie sind schwarz, meistens bröcklich und verwittern gelblich. Charakteristisch sind die Einlagerungen von dunkeln, oft grünlichen, muschelig brechenden, festen Mergelknollen, welche beim Verwittern gelb-grünlich anlaufen und in kleine, splittrige, scharfe Stückchen zerfallen. Nur an einer Stelle, westlich vom Ilgenmösle, treten ziemlich feste schwarze Mergelbänke auf. Versteinerungen sind in den Mergeln äusserst selten.

Versteinerungsfundplätze: Reiche Fundorte sind nirgends zu verzeichnen, doch will ich wenigstens die Punkte angeben, an welchen man die meiste Hoffnung hat, Fossilien zu finden: An der Südseite des Säuling auf den Wiesen und zwar ziemlich hoch, dicht unter dem Schuttgebiet, in dem schwarzen Kalk (in der Liste als SK aufgeführt); ferner in einer kleinen Rinne in den Mergeln nördlich vom Kniepass an der Grenze zwischen Hauptdolomit und Partnachsichten (in der Liste als SM aufgeführt). Am Schützensteig, etwas östlich von der Blöckenau, in dem schwarzen Kalk, bevor der Weg auf die linke Seite des Baches führt (in der Liste mit B bezeichnet); am Weg zwischen dem Benasattel und den Schneegeckerln (S in der Liste); schliesslich vom Ilgenmösle südwestlich in einem kleinen Wasserrisse im Walde in den Kalken (in der Liste unter J); noch weiter westlich, schon im Raitbachthal (Wolfsgraben) unter den Wänden in einem Wasserriss in den festen Mergeln (R in der Liste); in den Mergeln oberhalb des Muschelkalkes an der Schönleiten.

An Versteinerungen fand ich:

Koninckina Leonhardi Wissm. sp. ziemlich häufig (SK, B, S, J).

Terebratula sp. 1 St. (J).

Eine grosse Terebratel, leider nicht vollständig erhalten, erinnert an die *T. Ramsaueri*; Abdrücke von grossen Terebrateln habe ich öfters bei J gesehen.

Rhynchonella sp. 1 St. (J).

Ein leider so verdrücktes Exemplar, dass eine spezifische Bestimmung nicht möglich ist.

Terebratula tenella Bittn. 1 St. (R).

Diese von BITTNER aus den Cassianerschichten beschriebene Species ist hier zum ersten Male in den Nordalpen gefunden worden. Sie zeichnet sich durch die starke Punktirung aus. Die Beschreibung

und Abbildung BITTNER's (Triasbrachiopoden, p. 61, Tafel 1, Fig. 6) stimmt mit unserem Exemplar sehr gut überein.

Halobia sp. 1 St. (S M).

Ein schlecht erhaltener Zweischaler, dessen Species man nicht bestimmen kann, nach der Berippung gehört er zu *Halobia*.

Encrinus sp. 1 St. (J).

Unbestimmbares Stielglied.

Cidaris cf. *dorsata*.

Kleine, z. Th. sehr hübsch erhaltene, keulenförmige Cidaritenstacheln, welche zuweilen ganze Gesteinsbrocken erfüllen, erinnern in Beziehung auf Gestalt und Ornamentirung sehr an *Cidaris dorsata*.

An demselben Fundorte kommen auch Bruchstücke von dünnchaligen Lamellibranchiaten vor; leider liessen sich diese nicht einmal generisch bestimmen.

An den Schneegeckerln fand ich zusammen mit Bruchstücken von *Koninckina Leonhardi* sowie kleinen, vollständigen Schalen dieser Species auch einige Stücke von stark berippten Lamellibranchiaten in einem harten, kalkigen Mergel. Die betreffenden Exemplare lassen sich nicht bestimmen, sie gehören vielleicht zu *Pecten* oder *Avicula*.

In den Mergeln südlich vom Klammgraben fand ich *Bactryllium Schmidii* Heer.

Mächtigkeit: Bei den Mergeln und Kalken dieser Etage tritt nur an einer Stelle das Liegende zu Tage; ausserdem sind die Schichten vielfach von einer Anzahl kleiner Brüche durchzogen, so dass die Mächtigkeit sich nur schwer abschätzen lässt; mit 200 m ist der Maximalwerth wahrscheinlich schon überschritten; an der Schönleiten ist die Mächtigkeit der Partnachsichten aber sicherlich nicht grösser als 20 m; in der Karte ist die Mächtigkeit übertrieben.

Verbreitung: Die Partnachsichten treten in zwei Zügen auf. Der südliche beginnt am Säuling und entspricht dem Rainthalzug auf der Vilser Seite, er unterteuft den Wettersteinkalk des Säuling (was gut zu beobachten ist, wenn man um den Pilgerschrofen herumgeht), zersplittert sich in mehrere Theile nördlich vom Pilgerschrofen, zieht dann hinüber zur Blöckenau und verschwindet dort zum Theil unter dem Wettersteinkalk des Straussberges und Schlagsteines; zum andern Theil ist er an den Benaköpfen und auf der Nordseite des Straussberges zu beobachten; er wird hier durch den eingebrochenen Hauptdolomit in zwei Züge getheilt; diese vereinigen sich im Schwangauer Kessel, und der ganze Zug endigt in der oberen Gumppe, wo er wohl unter dem Wettersteinkalk verschwindet. Die Schichten fallen im Allgemeinen nach Süden ein.

Der nördliche Zug ist nur kurz; er beginnt im oberen Raitbachthal (Wolfsgraben, in der Nähe des Thorschrofen) und zieht sich mit einigen Unterbrechungen bis zum Loberthale fort.

Die stratigraphische Stellung der Partnachsichten: Dieselben Beobachtungen, welche ROTHPLETZ in Beziehung auf die stratigraphische Stellung der Partnachsichten in den Vilser Alpen machte, und welche SKURHOS*) später bestätigt hat, kann man auch in den Hohenschwangauer Alpen machen. Die Partnachsichten liegen bei normaler Lagerung stets unter dem Wettersteinkalke; es finden sich in unserem Gebiete mehrere Profile, welche uns das Unterlagern der Mergel und Kalke beweisen. Sehr schön und klar sieht man, wie die Partnachsichten unter

*) SKURHOS, Stratigr. Stell. d. Partnachs. (Geogn. Jahresh. 1892).

dem Wettersteinkalk durchstreichen, wenn man den Pilgerschrofen auf der Westseite umgeht. Ähnliches zeigt sich an der Nordwestseite des Straussberges. Das schönste Profil aber ist dasjenige am Schlagstein, auf welches bereits GUEMBEL*) aufmerksam gemacht hat. Wenn man von der Blöckenau aus den Reitsteig, welcher zur Jägerhütte und zum Ammerwald führt, verfolgt, so trifft man zuerst ziemlich mächtige Partnachmergel mit Kalkbänken; während einer kurzen Strecke werden die Schichten durch herabgestürzten Wettersteinkalk auf der Südseite verdeckt, sobald man nun an die Stelle kommt, wo die Böllat aus der engen Klamm hervorschießt, welche sie sich durch den Wettersteinkalk des Straussberges und Schlagsteines genagt hat, bemerkt man rechts vom Wege eine Quelle, welche aus den Partnachschiechten kommt; hier sieht man deutlich, wie die Mergel unter den Wettersteinkalk tauchen, die Grenze ist nicht im Geringsten überschüttet.

3. Wettersteinkalk.

a. Kalkfacies.

Petrographisches: Auf die Partnachschiechten folgt der mächtige, helle Wettersteinkalk, welcher an einigen Stellen ins Röthliche, an andern ins Graue spielt. Er ist meistens deutlich dickgebant, doch kommt es auch vor, dass die Schichtung fast gar nicht zu erkennen ist. In andern Fällen aber ist er schön geschichtet, an der Hochplatte sind z. B. die Bänke oft nur wenige Centimeter dick. Von den rhätischen, hellen Kalken unterscheidet sich der Wettersteinkalk durch seine hellere Farbe, sein dichtes Gefüge sowie die charakteristische GROSSOLITHSTRUCTUR. Die letztere kann man in unserem Gebiete fast überall beobachten, besonders schön an den Schneegeckerln, am Hochplattengipfel und in der nördlichen Gasse. Der Wettersteinkalk enthält oft Erze, welche früher an mehreren Stellen abgebaut wurden (Hochplatte, Säuling, Zunderkopf u. s. w.). Dolomitisch wird der Wettersteinkalk nur an der Schönleiten.

Versteinerungen: In unserem Gebiete führt der Wettersteinkalk nur ganz selten gut erhaltene Versteinerungen (mit Ausnahme von Diploporen). Schon seit längerer Zeit sind die Fossilien eines im Raitbach (bei ROTHPLETZ fälschlich Rautbach) gefundenen Kalkbrockens bekannt, welcher wohl von der Hornburg stammt; ich habe an jener Stelle keine weiteren Petrefacten entdecken können.

An Versteinerungen liegen aus unserem Gebiete vor:

1. *Orthoceras triadicum* Mojs. 1 St. Raitbach.
2. *Rhynchonella faucensis* Rothpl. 4 St. Raitbach.

Diese Species wird von BITTNER zum Genus *Waldheimia* (*Cruratula*) gestellt. Ich habe eine Anzahl von guterhaltenen Schalen aus den Partnachschiechten der Alatscharte bei Vils auf ihre Structur hin untersucht; weder an geätzten Stücken noch auf Dünnschliffen in der Quer- und in der Längsrichtung war eine Punktirung zu entdecken; die Schale ist rein faserig. Aus diesem Grunde lasse ich die Species bei dem Genus *Rhynchonella*.

3. *Trochus subbisertus* D'Orb. 1 St. Raitbach.
4. *Traumatocrinus caudex* Dittmar sp. 1 St. Raitbach.

*) GUEMBEL, Geogn. Beschreib. d. bayr. Alpengebirges, 1861, p. 218.

5. *Natica* sp. 1 St. Lehnbach, nahe am Pfacher Alpele.
6. *Lithodendron*-Stöcke am Pfacher Äpele und an der Schönleiten, sie bilden ganze Bänke im Wettersteinkalk.
7. *Gyroporella annulata* Schafh. spec.
Fast überall vorhanden, besonders schön am Kirchdachflecken und am Kitzberg; an einzelnen Punkten scheint es fast, als sei der ganze Wettersteinkalk durch diese Algen aufgebaut.

Mächtigkeit: bis zu 500 m.

b. Dolomitfacies.

Petrographisches: Diese Facies besteht aus einem hellen, oft gut geschichteten Dolomit; an einigen Stellen ist die Schichtung nur schlecht zu erkennen, doch scheint dies die Folge von Druckwirkungen zu sein, da dort das Gestein leicht in Splitter zerfällt, ähnlich wie der Hauptdolomit. An einzelnen Stellen ist der Dolomit sehr porös und ähnelt der Rauhwaacke; die Löcher sind aber zum grössten Theil Hohldrücke von Fossilien. Die Grenze zwischen diesem Dolomit und der Kalkfacies ist nicht überall scharf, da gerade an der Stelle, wo die Dolomitfacies auftritt, auch der Wettersteinkalk dolomitisch wird, oder es treten wenigstens dolomitische Bänke in ihm auf.

Versteinerungsfundplatz: Am Sattel zwischen Schönleiten und Weissrisskopf wird der Dolomit sehr löcherig, er ist dort häufig von Steinkernen erfüllt, welche leider beim Abschlagen von Handstücken sehr leicht zerfallen.

Es gelang mir, folgende Stücke zu erhalten:

Koninckina cf. *Leonhardi* Wissm. sp. einen Steinkern und einen Hohldruck.

Eines dieser Stücke ist ein blosser Hohldruck, welcher die Gestalt einer grossen Schale von *Koninckina* hat; das zweite ist ein Steinkern, welcher die Spiralen sehr schön zeigt. In der Gestalt nähert sich die Form, welche ich durch Ausgiessen des Hohldruckes mit Roseschem Metall erhielt, sehr der *Koninckina Leonhardi*. Allerdings ist dieses Stück etwas grösser als die gewöhnlich vorkommenden Individuen, doch ist dies sicher irrelevant, da BITTNER noch grössere Exemplare abbildet und angiebt, dass ihm eines von 18 mm Länge vorläge.

Spirigera quadriplecta Münster einen Steinkern und mehrere Hohldrücke.

Beim Ausgiessen der Abdrücke stellte sich heraus, dass diese *Spirigera* zu der Gruppe der Anisactinellen BITTNER's gehört und dass sie vorzüglich in Gestalt und Berippung mit *Sp. quadriplecta* übereinstimmt. Auf der kleinen Schale sind fünf, auf der grossen vier Rippen; der Steinkern zeigt die Armgerüstspiralen sehr schön. Im Ganzen stimmt die Form so vorzüglich mit der *Sp. quadriplecta* überein, dass ich keinen Anstand nehme, sie mit ihr zu identificiren, trotzdem der Erhaltungszustand ein mangelhafter ist.

Korallen scheinen ebenfalls vorzukommen, wenigstens habe ich Hohlräume gesehen, welche wahrscheinlich von Korallen herrühren; in dem darüber liegenden Wettersteinkalk kommen, wie bereits erwähnt, Korallen vor.

Ich habe diesen Dolomit zum Wettersteinkalk gestellt, weil er sich nicht streng von ihm scheiden lässt. Im westlicheren Theil der Schönleiten ist der

Dolomit ziemlich scharf geschieden vom Wettersteinkalk, dagegen lässt sich im Osten die Grenze nirgends genau feststellen, oft liegt mitten im Kalk eine kleine Dolomitzone, oft wechsellagert der Dolomit mit dem Kalk. Nun sind allerdings die Partnachschichten an dieser Stelle sehr wenig mächtig (nicht mehr als 20 m), so dass man versucht sein könnte, diesen Dolomit als Partnachdolomit aufzufassen, umsomehr, als die beiden Fossilien aus den Cassianerschichten, eines davon auch aus den Partnachschichten, bekannt sind. Aber auch fast alle in unserem Gebiete gefundenen Fossilien aus dem echten Wettersteinkalk sind aus den Cassianer- und Partnachschichten bekannt, so dass jedenfalls kein rechter Grund dafür vorhanden ist, in den Hohenschwangauer Alpen die Partnachschichten und den Wettersteinkalk als besondere Horizonte abzutrennen. Für eine solche Abtrennung lässt sich nur die verschiedene petrographische Ausbildung, die stetige Überlagerung der Partnachschichten durch den Wettersteinkalk und die grosse Mächtigkeit beider Schichten anführen; immerhin ist dies noch kein genügender Grund; da dieselbe Schicht ganz verschieden ausgebildet sein kann. Mit dem Muschelkalk haben die Partnachschichten und der Wettersteinkalk faunistisch gar keinen Zusammenhang, wenn sie auch petrographisch innig mit ihm verbunden sind. Wenn nun SKUPHOS*) die Partnachschichten als oberstes Glied des alpinen Muschelkalkes auffasst und den Wettersteinkalk als besondere Stufe scharf davon trennt, so halte ich das für ein unberechtigtes Verfahren, da er absolut keine Gründe beibringt; die Verschiedenartigkeit resp. Gleichartigkeit des Gesteinscharakters genügt nicht, und dass *Halobia parthanensis* nur in den Übergangsschichten vorkommt, beweist gar nichts. Auch FRAAS**), welcher dieselbe Ansicht zu hegen scheint, bringt nicht einen einzigen Beweis dafür bei. Dadurch aber, dass SKUPHOS***) und FRAAS die Partnachschichten zum alpinen Muschelkalk rechnen, rufen sie eine sehr störende Verwirrung in der geologischen Nomenclatur hervor.

Bisher gebrauchte man den Namen „alpiner Muschelkalk“ nur für die Zonen des *Ceratites binodosus* und des *C. trinodosus*, fernerhin aber wird man stets angeben müssen, ob man den Ausdruck: „alpiner Muschelkalk“ im alten Sinne oder in dem von

*) SKUPHOS, Stratigr. Stell. d. Partnachsch., p. 139 (Geogn. Jahresh. 1892).

**) FRAAS, Scenerie d. Alpen, p. 146 (Tabelle).

***) Nach Fertigstellung des Manuscriptes dieser Arbeit erhielt ich die Abhandlung meines Freundes Dr. SKUPHOS „Über die Entwickl. u. Verbreit. d. Partnachsch. i. Vorarlberg u. Liechtenstein (Jahrb. d. k. k. geol. R.-A. 1893).“ Auf p. 154 wird irrtümlicher Weise *Spirigera quadrifecta* aus den Partnachschichten der Schönleiten angeführt; die Art stammt aus dem Wettersteindolomit. Ich habe ferner zu bemerken, dass SKUPHOS auch in dieser Arbeit keinen Beweis für die Zugehörigkeit der Partnachschichten zum alpinen Muschelkalk bringt. Der Verf. sagt aber selbst (p. 178): „Es ist möglich, dass in der Zeit, in welcher der Wettersteinkalk abgelagert wurde, in unserem Gebiete vielleicht der oberste Theil der Partnachschichten und die untersten cavernösen Kalke, welche mit dünnen Mergelschichten wechsellagern und den Raiblerschichten angehören, zum Absatze kamen. Daher wäre auch die Grenze zwischen Muschelkalk und Keuper oberhalb dieser cavernösen Schichten zu ziehen“, mit welchem Satze allerdings ein anderer auf p. 156 nicht übereinstimmt: „Die Versteinerungen sind der beste Beweis dafür, dass der ganze Complex zwischen Partnachschichten und Hauptdolomit ein einheitliches Formationsglied darstellt und zwar die Raiblerschichten.“ Wenn wir uns an den ersten Satz des Verfassers halten, so müssen wir unbedingt zu dem Schlusse kommen, dass die obersten Theile der Partnachschichten und die cavernösen (Raibler-) Schichten in Vorarlberg als Facies des Wettersteinkalkes anzusehen sind. Da es auf p. 152 heisst: „Innerhalb des Complexes der Partnachschichten ist keine weitere Eintheilung möglich“, so muss SKUPHOS jetzt wohl die Partnachschichten in eine nähere Beziehung zum Wettersteinkalk als zum Muschelkalk bringen.

SKUPHOS und FRAAS gebraucht. Bei FRAAS ist allerdings das Verhältniss noch complicirter, da er in seiner Tabelle den Ausdruck sowohl im alten engeren wie auch in seinem weiteren neuen Sinne benützt, was jedenfalls als unzulässig zu betrachten ist.

Verbreitung: Der Wettersteinkalk bildet die Hauptgipfel der Hohenschwangauer Alpen und tritt in einer Reihe von Zügen auf. Im Norden haben wir den Wettersteinkalk der Hornburg, die geologische Fortsetzung des Kien- und Hutlerberges; schon vor dem Rohrkopf verschwindet dieser Zug. Am Tegelberg tritt ein zweiter Zug von Wettersteinkalk auf, welcher nach Süden von Raiblerschichten überlagert wird. Er beginnt östlich vom neuen Schloss, bildet die weissen Felsen am Nordabhange des Tegelberges und schliesslich die verschiedenen Gipfel der Schönleiten. Als dritter Zug ist derjenige zu erwähnen, welcher am Kitzberge beginnt und auf der Vilser Seite seine Fortsetzung am Hundsarsch findet. Wir können ihn nach Osten hin über den Pilgerschrofen verfolgen, dann verschwindet er unter dem Schutt des Böllatthales. An den Benaköpfen taucht er wieder auf, bildet die steil abstürzenden Felsen an den Schneegeckerln und am Schwangauer Kessel und vereinigt sich westlich vom Gabelschrofen z. Th. mit dem südlicheren Zug, zum andern Theil bildet er den Zug des Geiselsteins und Kenzenkopfes; am Scheinberg tritt dieser Zug aus unserem Gebiete aus. Der letzte und weitaus mächtigste Zug ist derjenige, welcher bei Pfach im Lechthal beginnt und die Fortsetzung des Wettersteinkalkes am Hohlkopf (Rainthal) bildet. Wir können ihn über den Säuling, Schlagstein (Böllatthal) und Straussberg verfolgen; von dort aus setzt er sich ununterbrochen fort über die Hohe Krähe und Hochplatte, um am Schlössel (Weitalpthal) zu endigen. Dieser Zug hat stets ein südliches Einfallen.

Die Dolomitfacies des Wettersteinkalkes finden wir auf der Nordseite der Schönleiten, ausserdem gehört sehr wahrscheinlich der von ROTHPLETZ als Muschelkalk bezeichnete Dolomit am Hutler- und Kienberg hierher.

4. Raiblerschichten.

Petrographisches: Während jede der bisher beschriebenen Etagen ziemlich einförmig ausgebildet ist, finden wir in den auf den Wettersteinkalk zunächst folgenden Ablagerungen, den Raiblerschichten, eine grosse Mannigfaltigkeit der Gesteine. Ein Normalprofil giebt uns die Roggethalgabel, sie zeigt die Aufeinanderfolge der Bänke so, wie wir sie fast im ganzen übrigen Gebiet finden.

Wir haben dort

Hauptdolomit.

- | | | |
|-------------------|---|---|
| Raiblerschichten. | { | 1. Bräunliche, thonige Kalke mit <i>Ostrea montis caprilis</i> und <i>Corbis Mellingi</i> (Ostreenbank). |
| | | 2. Heller bis grauer Dolomit. |
| | | 3. Blaugraue Kalke. |
| | | 4. Gelbbraune Sandsteine mit verkohlten Pflanzenresten. |
| | | 5. Rauhwaacke und bröcklicher Dolomit. |
| | | 6. Gelblicher, eisenschüssiger Dolomit. |
| | | 7. Gelbbraune Sandsteine mit verkohlten Pflanzenresten. |
| | | 8. Helle, Hornstein führende Kalke mit <i>Sphaerocodien</i> und <i>Cardita crenata</i> var. <i>Guembeli</i> . |

Wettersteinkalk.

Ähnlich, aber weniger gut aufgeschlossen ist die Reihenfolge auch an anderen Stellen. Die Rauhwaacke scheint nur selten direct unter dem Hauptdolomit zu liegen; am Ursprunge des Erzbaches, wo dies der Fall zu sein scheint, bringt eine Verwerfung die Rauhwaacke mit dem Dolomit in Contact. Am Tegelberg ist sie meistens durch eine Lettenschicht vom Hauptdolomit getrennt. Ähnliche Letten treten im Kählebachthal auf; dort, sowie im Boanlandl, finden wir auch ein schwaches Kohlenflötz. Gyps kommt nur an einer einzigen Stelle vor, nämlich im Böllatthal, er wurde früher unterirdisch abgebaut; die Stollen sind jetzt verschüttet, so dass eine Untersuchung nicht mehr möglich ist. Mir erscheint es als höchst wahrscheinlich, dass dieser Gyps die Fortsetzung der Raiblerschichten des Ahorns bildet; als 1892 eine neue Wasserleitung für das Schloss angelegt wurde, wurde oberhalb der Gypsbrüche gesprengt; ich fand dort Wettersteinkalk, welcher anzustehen schien; auf der rechten Seite der Böllat aber trifft man auf Hauptdolomit, so dass wir ganz dasselbe Profil wie am Ahorn haben.

GUEMBEL*) meint, dass man diese Gypse nicht mit völliger Sicherheit in die Raiblerschichten rechnen könnte, weil in der Nähe Muschelkalk anstehe. Was GUEMBEL für Muschelkalk hielt, sind jene versteinungslosen Bänke, welche ich als den unteren Theil der Partnachsichten eintrage. Aus unserer Karte geht aber jedenfalls hervor, dass diese Kalke durch Hauptdolomit und Jura von den Gypsen getrennt sind.

Die Raiblerschichten scheinen am Boanlandl und am Kirchedachflecken auf Eisenerz abgebaut zu sein.

Versteinerungen: Nur selten finden sich in den Raiblerschichten gut erhaltene Versteinerungen, diese stammen dann meistens aus der Ostreenbank; die letztere ist gut entwickelt an der Roggethalgabel ganz oben am Joch auf der Ostseite.

An Versteinerungen fand ich:

Ostrea montis caprilis Klipst. 5 St. an der Roggethalgabel, eine grössere

Anzahl am Mühlberger Kessel, hier meistens verdrückt.

Myophoria Whateleyae Buch 1 St. Roggethalgabel,

Gervillia angusta Goldfss. 1 St. Roggethalgabel.

Corbis Mellingi 2 St. Roggethalgabel, dort nicht selten.

Astarte Rosthorni Boué 1 St. Lähnbach bei Pflach.

Einen unbestimmbaren Fischzahn am Wege von der Jägerhütte zur Niederstraussbergalm in den Sandsteinen.

Eine Fischschuppe in der Ostreenbank am Mühlberger Kessel.

Pflanzenreste von *Equisetum* und *Pterophyllum* am Boanlandl.

Mächtigkeit: Durchschnittlich 50 m.

Verbreitung: Die Raiblerschichten begleiten fast überall in unserem Gebiete den Wettersteinkalk. Im Norden finden wir sie vom Böllatthal (unterhalb des neuen Schlosses) bis zum südlichen Mühlberger Älepe. Weiter südlich treten sie im Laberboden (oder Labbachthal) zwischen Kitzberg und Säuling auf, verschwinden aber bald und zeigen sich erst wieder im Einbruch am Pilgerschrofen. Die Gypse im Böllatthale gehören wahrscheinlich nicht zu diesem Zuge, sondern zu einem nördlicher laufenden (die Fortsetzung der Raiblerschichten vom Hundsarschberg und Greng), welcher oberirdisch am Ahorn beginnt und bis zum Hoch-

*) Bayr. Alpengebirge, p. 296.

kopf streicht, dort aber an einer Verwerfung abschneidet. Als letzter Zug ist derjenige zu erwähnen, welcher im Lähnbachthal auftritt und durch eine grosse Anzahl von Verwerfungen in ganz kleine Fetzen zerrissen ward. Am Zunderkopf tritt dieser Zug aus unserem Gebiete aus, wir treffen ihn erst am Kirchdachflecken wieder, von da an begleitet er normal den Wettersteinkalk der Hohen Krähe und Hochplatte bis zum Schlössl und Boanlandl, wo er an verschiedenen Stellen eingebrochen ist.

5. Hauptdolomit.

Petrographisches: Nächst dem Wettersteinkalk ist diese Stufe am eiförmigsten ausgebildet. Sie besteht aus einem ziemlich dichten Dolomit, in welchen sich nur selten und auf ganz kurze Strecken hin dünne Kalk- und Mergelbänke einschalten. Die Farbe des Dolomites wechselt zwischen hell- und dunkelgrau, öfters ist er gelb und verwittert dann röthlich bis tiefroth (Gelbe Wand im Raitbachthal). Meistens ist er stark bituminös; am Steinberg bei Pflach führt er sogar dünne Asphaltlagen, welche zuweilen mehrere Millimeter dick werden. Der Hauptdolomit ist gewöhnlich schön geschichtet, zuweilen wird die Schichtung unsichtbar, wenn das Gestein durch Druck stark zerklüftet ist, dann ist er in eine Art Breccie verwandelt, welche durch die Einwirkung der Atmosphärien in eckige Stückchen zerfällt. Versteinerungen habe ich nicht gefunden, auch nicht in den Asphalt-schiefern am Steinberg.

Die Mächtigkeit lässt sich in unserem Gebiete nirgends sicher bestimmen, offenbar wechselt sie auch stark; an der Hochblase haben wir ca. 100 m, am Branderschrofen über 200 m, im oberen Böllatthal über 300 m.

Verbreitung: Der Hauptdolomit tritt in den Hohenschwangauer Alpen in einer Anzahl von verschiedenen Zügen auf. Im Norden finden wir die Fortsetzung des Galgenbühelzuges noch in der Hornburg, er verschwindet zugleich mit dem Wettersteinkalk. Weiter südlich tritt am neuen Schloss wiederum Hauptdolomit auf, und zwar bricht er unter dem Lias nahe bei Hohenschwangau hervor, verschwindet bis zur Böllat und streicht von dort, zuweilen mit Liasfetzen bedeckt und in den Wettersteinkalk eingebrochen, bis zum Drehgraben, wo er sich auskeilt. Ein dritter Zug tritt ebenfalls am neuen Schloss auf, in der Böllatschlucht theilt ihn ein eingebrochener Liasstreifen in zwei Theile, von denen der nördliche sehr bald am Wettersteinkalk abbricht, während der südliche die Felsen des Tegelberges bildet und bis zum südlichen Mühlberger Älepe ununterbrochen weiter streicht, seine Fortsetzung findet er am Rahmenstein und Hengst. Die Schichten fallen stets nach Süden ein. Ein vierter Zug beginnt an der Fürstenstrasse in der Nähe des Schluxen. Er streicht, oft mehrfach zerbrochen, am Alpsee, Gassenthomaskopf entlang, bildet die Ahornspitze und den Hochkopf, mit welchem er aufhört. Die Schichten fallen nach Norden ein. Den fünften Zug finden wir am Kniepass, er geht von der Pinswanger Wiese aus und wird vom sechsten Zug, welcher schon vor dem Säuling endigt, durch eine Scholle von Aptychenschichten geschieden. Unser Zug streicht zwischen Kitzberg und Säuling, begleitet diesen dann auf der Nordseite, setzt später auf die Benaköpfe über und verschwindet vor dem Schwangauer Kessel; an der Gumpe taucht er wieder auf, und am Scheinberg tritt er aus unserem Gebiete heraus. Den sechsten Zug haben wir bereits erwähnt, er bildet nur die Luss am Kniepass. Der letzte und südlichste Zug begleitet den Säuling auf der Südseite, tritt am Zunderkopf aus unserem

Gebiete aus und kommt erst im oberen Böllatthal östlich vom Schlagstein wieder in den Bereich unserer Karte. Er begleitet die Raiblerschichten des Kählebachtals, spaltet sich an der Hochblase in zwei Züge, von denen der südliche sich in die Weitalpspitze fortsetzt, während der nördliche in der Roggethalsasse an einem Querbruch endigt.

6. Plattenkalk, Rhätische (Kössener) Schichten, Dachsteinkalk.

a. Plattenkalk.

Petrographisches: Dünne Bänke von gelblich grauem Kalk setzen diesen Complex zusammen. Die Schichtoberflächen sind meistens von einer sehr dünnen Thonlage bedeckt.

Versteinerungen: *Holopella (Rissoa) alpina* Guemb. sp. (Hochblasegipfel) sowie unbestimmbare Durchschnitte von Brachiopoden von derselben Localität.

Verbreitung: Nur an der Hochblase ist diese Facies vorhanden, doch liess sie sich beim Kartiren nicht von den Kössener Schichten trennen, weshalb beide mit derselben Farbe dargestellt sind. Ausserhalb unseres Gebietes, nach Osten hin, werden die Plattenkalke ziemlich mächtig (Geyerköpfe, Kreuzspitze).

Mächtigkeit: Nirgends sicher bestimmbar.

b. Rhätische (Kössener) Schichten.

Petrographisches: Der Hauptsache nach besteht diese Stufe aus dunkeln bis schwarzen, zuweilen auch rostbraunen und gelblichen Mergeln, in welche Kalkbänke eingelagert sind; zuweilen überwiegen die Kalkbänke, wie an der Hochblase, wo sie Pflanzenreste führen. Der Fauna nach stimmen mit diesen Schichten durchaus die gelben bis weissen Kalke in dem Einbruch nördlich vom Pilgerschrofen überein, neben ihnen kommen die Kössener Mergel vor. Diese Kalke werden aber zuweilen sehr mächtig und nähern sich im Aussehen dem Dachsteinkalk, so dass ich sie dem Gesteinscharakter nach unbedenklich zu diesem rechnen würde. Da aber auf der Nordseite des Säuling die zwischen Lias und Hauptdolomit liegenden Schichten ohnehin einen sehr geringen Raum auf der Karte einnehmen, so habe ich es vorgezogen, sie mit der Farbe der Kössener Schichten zu bezeichnen und die Kalkfacies nur auf der Facieskarte anzugeben. Jene Kalke würden dem Aussehen und den Fossilien nach etwa als Vertreter der Starhemberger Facies anzusehen sein, sie führen hauptsächlich Brachiopoden, daneben selten Zweischaler.

Versteinerungsfundplätze: Alle hier angegebenen Fundplätze waren bisher unbekannt. Den ersten (in der Liste als P bezeichnet) finden wir nördlich vom Pilgerschrofen in dem Einbruchsgebiet; man gelangt zu ihm entweder von oben von dem Rücken zwischen Älpeleskopf und Pilgerschrofen, indem man die Runse hinabsteigt, oder aber indem man vom Alpsee aus die grosse Runse hinaufsteigt und sich rechts hält; dort kommt hinter der Grenze des Hauptdolomites von links ein kleiner Wasserriss herab, welcher in die schwarzen, versteinerungsführenden Mergel eingeschnitten ist, daneben stehen die gelben, brachiopodenführenden Kalke an (in der Liste PSt). Ein zweiter, nicht sehr reichhaltiger Fundplatz befindet sich an der Hochblase, und zwar findet man Fossilien in den Runsen vom Gipfel zur Roggethalsasse sowie in der Runse südlich vom Gipfel, welche zur Roggethalsalm hinabgeht. Ein weiterer, wenig reichhaltiger Fundpunkt ist am

Kenzenmösel (in der Liste KM), wo besonders Korallen häufig sind; einzelne Theile der Kalke sind allerdings von Zweischalern erfüllt, doch lassen sich diese nur schwer herauspräpariren. Einen vierten Fundplatz entdeckte ich im oberen Theile des Klammgrabens, man findet dort hauptsächlich Korallen, daneben einzelne Zweischaler und schlecht erhaltene Brachiopoden. Der reichste aller Fundpunkte befindet sich am Joch zwischen der unteren Gumpe und der Gasse; auf dem Joch selbst bilden die Lamellibranchiaten in meistens guter Erhaltung ganze Bänke, etwas tiefer, der Gasse zu, trifft man Brachiopoden und Korallen; am Ausgange der Gasse gegen die Kenzen hin bestehen einzelne Bänke nur aus kleinen Zweischalern (in der Liste habe ich diese Fundplätze unter G zusammengefasst). Ausserdem kommen Versteinerungen in dem kleinen Streifen der oberen Gumpe (OG) vor.

Versteinerungen:

1. *Spiriferina Jungbrunnensis* Petzh. häufig (P).
2. *Rhynchonella cornigera* Schafh. 5 St. (P).
3. *Rh. fissicostata* Suess 5 St. (G).
4. *Rh. Starhembergica* Zugm. 1 St. (G).
5. *Terebratula pyriformis* Suess 10 St. (G, P, PSt).
6. *Waldheimia norica* Suess 5 St. (PSt).
7. *Waldh. elliptica* Zugm. 1 St. (PSt).
8. *Ostrea Haidingeriana* Emmr. häufig (P).
9. *Ostrea* sp. (PSt).
10. *Dimyodon intusstriatum* Emmr. häufig (K, P, G).
11. *Avicula contorta* Portl. selten (G, P).
12. *Pecten acuteauritus* Schafh. häufig (P).
13. *Lima praecursor* Quenst. selten (P).
14. *Cardium rhaeticum* Merian 1 St. (G).
15. *Cardita austriaca* Hauer selten (G).
16. *Hinnites* sp. 2 St. (P).
17. *Gervillia inflata* häufig (OG).
18. *Homomya lagenalis* Schafh. 3 St. (P).
19. *Rhabdophyllia clathrata* Emmr. häufig (P, G, K, KM).
20. *Thecosmilia* n. sp. 2 St. (G).
21. *Thamnastraea* n. sp. 4 St. (P).
22. Platten mit Fischzähnen und Schuppen, ähnlich denjenigen von *Gyrolepis*, bedeckt (Hochblase).
23. Platten mit Zweischalern bedeckt (Hochblase).
24. Verschiedene unbestimmbare Pectiniden von den verschiedenen Fundorten.

Verbreitung: Die Kössener Schichten treten nur in kleinen Fetzen auf, welche hier einfach aufgezählt werden sollen: Klammgraben, Kenzenmösel, Gasse, Gumpe, Hochblase, Nordseite des Säulings und Pilgerschrofens.

Mächtigkeit: An keiner Stelle sicher bestimmbar.

c. Dachsteinkalk.

Petrographisches: Ein heller, gelblicher, zuweilen grauer Kalk, welcher sich durch seine dichtere Structur und seine weniger helle Farbe vom Wettersteinkalk unterscheidet, bildet diese reine Kalkfacies des oberen Rhät. Zuweilen

wird der Kalk auch röthlich und ähnelt dem der Hierlatzfacies des Lias. An vielen Stellen wird der Kalk grau und etwas thonhaltig, er geht unmerklich in die Kössener Facies über.

Versteinerungen: Seltene Durchschnitte von Brachiopoden und Bivalven.

Verbreitung: Südlich vom Säuling, am Alpsee, nördlich vom Säuling, Gasse, Hochblase (an diesem letzteren Orte nicht von den Kössener Schichten zu trennen).

B. Jura.

Im Jura bemerken wir eine ganz eigenthümliche Verschiebung der Facies- und Faunenverhältnisse der Hohenschwangauer Alpen gegen diejenigen der Vilser Alpen. Die Hierlatzkalke treten bedeutend zurück, sie kommen seltener und weniger mächtig vor. Dogger und Malmkalk fehlen nahezu ganz (abgesehen von den Vorkommnissen im Schwarzenberg), dagegen tritt die Mergelfacies in den Vordergrund. Ähnlich steht es mit der Fauna: die Hierlatzkalke sind arm an Versteinerungen, nur an einer Stelle, in der Nähe des alten Schlosses, findet sich eine Brachiopoden-Colonie, in welcher eine einzige Species, die *Rhynchonellina Zitteli* n. sp., in tausenden von Exemplaren vorkommt. Ein zweiter Fundplatz, ebenfalls in der Nähe des alten Schlosses, enthält eine ziemlich grosse Anzahl von Brachiopoden und Lamellibranchiaten, doch ist der Erhaltungszustand so ungünstig, dass keine Species sicher zu bestimmen ist. Gegen Osten werden die Fossilien noch spärlicher, nur am Thorschrofen gelang es mir, einige unbestimmbare Gasteropoden zu finden. Das Vorkommen von Dogger östlich vom Schwarzenberg*) liess sich nicht mit Sicherheit nachweisen. Allerdings befindet sich in der Nähe des neuen Schlosses eine Stelle, welche Brachiopoden enthält, doch war es nicht möglich, eine grössere Anzahl von guten Stücken zu erhalten, ich fand dort die grosse Schale einer ziemlich grossen biplicaten Terebratel, welche Doggerformen nahe zu stehen scheint. Dagegen enthalten die Algäuschiefer zahlreiche Petrefacten; fast alle grösseren Horizonte Schwabens vom Alpha bis Zeta sind vertreten, vielfach durch eine grosse Anzahl von Individuen; am reichsten ist das Beta: die Raricostatenzone. Im Malmkalk finden sich zwar nicht selten Ammoniten, welche allerdings schlecht erhalten sind, doch ist diese Facies auf einen ganz kleinen Raum beschränkt; dagegen gewinnen die Aptychenschichten ausserordentlich an Verbreitung, sie setzen grosse Theile des Gebirges fast ausschliesslich zusammen. An Versteinerungen findet man in ihnen häufig Aptychen, seltener Belemniten und ganz selten Ammoniten.

Ich werde im Folgenden die beiden Facies getrennt besprechen.

1. Lias.

a. Kalkfacies (Hierlatzkalk).

Petrographisches: Rothe und weisse, meistens dickbankige, dichte Kalke setzen diese Stufe zusammen, häufig sind sie von Crinoideenstielgliedern erfüllt, zuweilen werden sie thonig, flaserig, wechsellagern dann aber mit den Crinoideen-

*) Auf einer Excursion, welche Herr Prof. von ZITTEL im Frühling 1893 mit einer grösseren Anzahl von Herren unter meiner Führung in die Hohenschwangauer Alpen machte, gelang es den Herren Dr. ROTHPLETZ, Dr. REISER und mir, am Schwarzenberg einen neuen Doggerfundplatz zu entdecken, welcher sich anscheinend bei sorgfältiger Ausbeutung als reichhaltig erweisen wird.

kalken. Vielfach sind die letzteren von Schalenbruchstücken erfüllt, doch sind gut erhaltene Versteinerungen selten; in den faserigen Kalken finden sich verdrückte Brachiopoden, aber auch die *Rhynchonellen-Colonie* am alten Schloss.

Versteinerungen sind im alten Steinbruch unterhalb der Hofgärtnerei ziemlich häufig, ich fand eine Anzahl von berippten *Rhynchonellen*, welche sich jedoch nicht mit Sicherheit bestimmen lassen, ebenso steht es mit den *Spiriferinen*, *Terebrateln* und *Pectiniden*, doch ist der Charakter dieser Fossilien entschieden liasisch.

An der Strasse zum alten Schloss fanden sich mehrere Tausend Exemplare von *Rhynchonellina Zitteli* n. sp.*); die Fundstelle ist jetzt vermauert, doch habe ich noch einige Blöcke, welche von den Individuen dieser Species erfüllt sind, in demselben Zuge gefunden. Von demselben Fundort stammt ein *Belemnit*. Schlecht erhaltene *Gasteropoden* entdeckte ich am Thorschrofen. Der Charakter der Fauna sowie die petrographische Beschaffenheit, welche genau dieselbe ist wie die der sicher bestimmten Züge im westlichen Theile des Schwarzenberges, lässt uns die hier besprochenen Schichten in den Lias stellen: dazu kommt noch, dass *Rh. Zitteli* n. sp. auch im unteren Lias des Rauhbühels bei Graswang gefunden wurde.

Eine Angabe der Mächtigkeit ist nicht möglich, da in dem von mir kartirten Gebiete das Hangende der Schichten nirgends sicher vorhanden ist.

Verbreitung: Nur in wenigen Zonen treten die Hierlatzkalke auf: am Schäßlerseck, am Tegelberg und nördlich vom Säuling.

b. Mergelfacies (Algäuschiefer oder Fleckenmergel).

Petrographisches: Die Gesteine dieser Stufe sind sehr gleichförmig ausgebildet, die Hauptmasse bilden mehr oder weniger harte, graue bis schwärzlich-graue Mergelkalke, welche in dem obersten Horizont ins Grünliche spielen. Als Zwischenlagen finden sich gelbe und schwarze Mergel; in den ersteren kommen häufig verdrückte *Ammoniten* vor. Im Klammgraben tritt eine Einlagerung von blauschwarzen, sehr festen Kalken auf, welche *Belemniten*, *Seeigelstacheln* und *Fischzähne* führen, sie wechsellagern mit schwarzen, schiefrigen Mergeln. Die Algäuschiefer sind leicht von den *Aptychenschichten* zu unterscheiden, vor Allem durch den eigenthümlichen Bruch, die dunklere Farbe und das Auftreten der Flecken (Algen); letztere finden sich selten in den *Aptychenschichten*. Nur wenn die Gesteine sehr zerquetscht sind, ist eine Unterscheidung schwierig. Weniger leicht sind die Fleckenmergel von dem *Gault* zu unterscheiden, namentlich wenn erstere hauptsächlich aus schwarzen schiefrigen Mergeln bestehen. In diesem Fall kann man den Lias nur an den charakteristisch gefärbten Kalkbänken, welche auch meistens *Ammoniten* führen, erkennen.

Versteinerungsfundplätze: Man findet in den Fleckenmergeln unseres Gebietes fast überall Versteinerungen, doch sind einzelne Stellen vorhanden, an welchen Fossilien äusserst häufig sind. Um sichere Horizonte zu erlangen, habe ich vermieden, im Geröll zu sammeln, und habe anstatt dessen durch meinen Sammler unter meiner Aufsicht einzelne versteinerungsreiche Bänke systematisch abbauen lassen.

*) Die genaue Beschreibung und Abbildung dieser Art gebe ich in meiner Monographie des Genus *Rhynchonellina*, welche in den *Palaeontographica* erscheint.

Die Hauptfundplätze für unteren Lias liegen im Klammgraben (Nr. 1) und am Pechkopf (Nr. 2), für den mittleren im wüthenden Graben (Nr. 3), für den oberen im Fällgraben (Nr. 4).

Nr. 1 erreicht man leicht von Buching aus, in den Wänden rechts und links vom Bache finden sich die Ammoniten; der unterste Lias ist an der Westseite des Weissrisskopfes hoch oben aufgeschlossen, ebenfalls im unteren Klammgraben etwas oberhalb der schwarzen festen Kalke mit Fischzähnen; die Ammoniten der *Raricostatus*-Zone findet man hauptsächlich im obersten Theil des Klammgrabens. Um Nr. 2 zu erreichen, steigt man vom Drehgraben in dem ersten (von Norden gerechnet) grossen Bach, welcher von Osten herabkommt, in die Höhe; nahe am Kamme des Pechkopfes sieht man eine kleine Schutthalde, welche beim Ausbeuten der Localität entstanden ist; der Fundort selbst ist als kleiner Steinbruch leicht zu erkennen. Nr. 3 besteht eigentlich aus zwei Stellen. Die eine befindet sich ziemlich hoch im wüthenden Graben am Nordufer, etwas östlich vom Anfang der grossen Moräne über einem Schuttfelde, auf welchem häufig Ammoniten liegen; im Anstehenden sind sie nicht selten. Die zweite Stelle am Südufer lässt sich nicht gut beschreiben, da sie mitten im Walde liegt; man wird sie ohne Führer schwerlich finden. Nr. 4 erreicht man, indem man den Schleifmühlgraben hinaufgeht, schon hier findet man häufig das *Harpoceras radians* Bronn-Wright; der eigentliche Fundplatz befindet sich höher im Fällgraben; südlich im Bach stehen die tiefrothen Kalke der Aptychenschichten an, während auf der Nordseite das Wasser kleine Wände der Liaskalkmergel freigelegt hat.

Versteinerungen*): Ich ordne hier die gefundenen Species nicht nach Fundorten, sondern nach Horizonten.

- Lias α : 1. *Arietites Bucklandi* Sow (*A. solarium* Quenst.) 1 St. sowie viele Jugendexemplare vom Weissrisskopf.
 2. *Arietites Bucklandi costosus* Quenst. (*A. orbiculatum* Hyatt) 1 St. Klammgraben.
 3. *Terebratula nimbata* Opp. 1 St. Weissrisskopf.
 4. *Rhynchonella plicatissima* Quenst. 1 St. von ebenda.
 5. *Rhynch.* sp. 3 St. von ebenda.
 6. *Saurichthys longiconus* Plien. 2 St. Klammgraben.

- Lias β : 1. *Arietites raricostatus* Quenst. ca. 100 St. Pechkopf, Klammgraben, Ilgenmösle.
 2. *Ar. raricostatus* Quenst. var. *Quenstedti* Schafh. ca. 100 St. von ebenda.
 3. *Ar. Plotti* Reynès 5 St. Pechkopf.
 4. *Ar. bavaricus* n. sp. ca. 50 St. Pechkopf.
 5. *Ar. Rothpletzi* n. sp. 10 St. Pechkopf.
 6. *Ar. Charpentieri* Schafh. 8 St. Pechkopf.
 7. *Phylloceras* cf. *Sturi* Reynès 3 St. Pechkopf.
 8. *Phyll.* aff. *lunense* Men. 1 St. Pechkopf.
 9. *Amaltheus (Oxynoticeras) oxynotus* Quenst. 5 St. Pechkopf.

*) Die genaue Beschreibung der in der Liste aufgeführten Fossilien gebe ich in einer besonderen Abhandlung.

10. *Amaltheus (Oxynoticeras) Guibalianus* D'Orb. 3 St. Pechkopf, Klammgraben.
11. *Aegoceras capricornum nudum* Quenst. 1 St. Klammgraben.
12. *Aegoc. Taylori* Sow. 1 St. Pechkopf.
13. *Avicula sinemuriensis* D'Orb. 6 St. Pechkopf.
14. *Inoceramus* aff. *dubius* Sow. 1 St. Pechkopf.
15. *Waldheimia Ewaldi* Opp. 1 St. Pechkopf.
16. *Waldh. Engelhardti* Opp. 1 St. Pechkopf.
17. *Waldh. subnumismalis* Dav. 2 St. Pechkopf.
18. *Waldh. Finkelsteini* n. sp. 2 St. Pechkopf.
19. *Spiriferina alpina* Opp. 3 St. Pechkopf.
20. *Belemnites* sp. 1 St. Pechkopf.

- Lias γ und δ :
1. *Aegoceras capricornum* Schl. 1 St. wüthender Graben.
 2. *Phylloceras Partschii* Stur 5 St. von ebenda.
 3. *Phyll. (Rhacophyllites) cf. Diopsii* Gemm. 1 St. Pechkopf (über den *Raricostatus*-Bänken).
 4. *Amaltheus costatus nudus* Quenst. 3 St. wüthender Graben.
 5. *Harpoceras normannianum* D'Orb. 2 St. von ebenda.
 6. *Harp. cf. acutum* Tate 1 St. von ebenda.
 7. *Harp. cf. retrorsicosta* Opp. 1 St. von ebenda.
 8. *Inoceramus ventricosus* Sow. (*I. Falgeri* Mer.) 5 St. von ebenda und 10 St. vom Pechkopf.
 9. *Inoc. dubius* Sow. ca. 20 St. wüthender Graben.
 10. *Pecten cf. textorius* Schloth. 1 St. von ebenda.

- Lias ϵ ?:
1. *Harpoceras sternale* Buch 1 St. Fällgraben.
 2. *Phylloceras heterophyllum Posidoniae* Quenst. 1 St. von ebenda.

- Lias ζ :
1. *Phylloceras Nilsoni* 10 St. Fällgraben.
 2. *Stephanoceras (Coeloceras) subarmatum* D'Orb. var. *evolutum* Quenst. 4 St. von ebenda.
 3. *Harpoceras radians* Bronn-Wright (non Rein.) 10 St. von ebenda.
 4. *Harp. Reiseri* n. sp. 10 St. von ebenda.
 5. *Harp. aff. Thouarcense* D'Orb. 1 St. von ebenda.
 6. *Harp. falciferum* Sow. 1 St. von ebenda.
 7. *Harp. bicarinatum* Münst. 2 St. von ebenda.
 8. *Harp. Aalense* Ziet. 1 St. Raitbach (von KUTSCHKER gesammelt).
 9. *Harp. bifrons* Brug. 1 St. Fällgraben.
 10. *Aptychus* sp. 1 St. Fällgraben.
 11. *Belemnites* sp. 2 St. von ebenda.
 12. *Inoceramus* cf. *ellipticus* Roem. 1 St. von ebenda.

Ferner zahlreiche Belemniten, Seeigelstacheln und Fischreste aus den dunkeln festen Kalken (Lias α) des Klammgrabens.

Mächtigkeit: Die Mächtigkeit der Fleckenmergel lässt sich nicht abschätzen, da an den meisten Stellen das Liegende nicht zu Tage tritt.

Verbreitung: In unserem Gebiete ist nur die ROTHPLTZ'sche „Nordzone der Mergelfacies“ vertreten. Der Fleckenmergel ist mit den Aptychenschichten zu

einer Doppelmulde zusammengefaltet, bei welcher die Aptychenschichten des Sattelfirstes zwischen den Mulden erodirt sind, in folgedessen tritt der Lias in drei Zügen auf: nämlich nördlich im Fällgraben, der Zug wird durch eine Längsverwerfung am Rössmöse abgeschnitten, tritt aber am Reiselsberg ausserhalb unseres Gebietes wieder zu Tage. Der zweite Zug beginnt im wüthenden Graben und findet seine Fortsetzung am Pechkopf und im Klammgraben; der dritte Zug ist kurz und nur am Ilgenmöse vorhanden, er wird sowohl im Osten wie im Westen durch eine Längsverwerfung abgeschnitten.

Stratigraphisches: Unsere reiche Fauna (50 Arten und Varietäten) erlangt dadurch eine grössere Bedeutung, dass sie in verschiedene Horizonte eintheilbar ist, welche auch eine topographisch verschiedene Lage haben. Man kann von jeder Species aussagen, in welchen Horizont sie gehört, dadurch wird es möglich sein, an anderen Stellen der Alpen dieselben Horizonte wieder zu finden, umsomehr, als die meisten unserer Species eine grössere horizontale Verbreitung haben; dass einige wenige Arten in zwei geologisch verschiedenen Etagen vorkommen, kann kein Hinderniss abgeben, da gerade diese Species seltener sind als die übrigen. Die Zonen α und β lassen sich in den Hohenschwangauer Alpen scharf trennen, in der ersten finden sich die typischen Bucklandier, in der zweiten stets der *Arietites varicostatus* Quenst. Über der *Raricostatus*-Bank folgen Schichten mit *Inoceramus ventricosus* Sow. Die Stufen γ und δ lassen sich bei uns nicht recht trennen; mir erscheint es sogar fast als wahrscheinlich, dass alle im wüthenden Graben gefundenen Fossilien die Zone δ vertreten; bis jetzt sind jedoch zu wenig Species dort gesammelt worden, so dass sich die Frage nicht mit vollkommener Sicherheit entscheiden lässt; auf dem Nordufer des wüthenden Grabens, wo ich im Schutt ziemlich häufig den *Amaltheus costatus* sah und ihn auch im Anstehenden fand, ist jedenfalls δ vorhanden. Die Bänke, welche über den *Raricostatus*-Bänken am Pechkopf liegen, zu unterst *Inoceramus ventricosus*, höher aber *Phylloceras Diopsii* Gem. enthalten, vertreten wahrscheinlich den Lias γ Schwabens, doch enthalten sie so wenige Fossilien, dass sich schliesslich auch von dieser Localität nichts absolut Sicheres aussagen lässt. Ich habe aus diesen Gründen die ganze Zone in der Liste als γ und δ bezeichnet, da wir es hier jedenfalls mit dem mittleren Lias zu thun haben. Die Zone ϵ ist durchaus problematisch; ich habe die beiden Arten *Harpoceras sternalis* und *Phylloceras heterophyllum posidoniae* zusammen mit den Fossilien des ζ gefunden, es wäre allenfalls möglich, dass die Bank, aus welcher die beiden Ammoniten stammen, einen etwas tieferen Horizont bildet, doch ist das nicht recht wahrscheinlich, da bereits in der nächsten Bank, keine 5 cm vertical entfernt, sich ein *Harpoceras radians* fand. Ich nehme also an, dass wir im Fällgraben nur den Lias ζ , nicht aber ϵ haben, und zwar ist ersterer mindestens 10—15 m mächtig, also bedeutend mehr als in Franken. So wie dort das ζ gegen ϵ stark zurücktritt, könnte ja möglicherweise in den Fleckenmergeln das ϵ gegen das ζ an Ausdehnung verlieren, immerhin lässt sich darüber nichts ausmachen, bis wir eine concordante Schichtenfolge vom δ bis zum ζ in den Algäuschiefern entdeckt haben. Eine solche ist wahrscheinlich am Nordufer des wüthenden Grabens vorhanden. Dort fand ich den *Amaltheus costatus nudus*; über diesem liegen versteinungsarme Bänke. KUTSCHKER fand in dem Graben ein *Harpoceras Aalense*, welches dem Gesteine nach sicher aus diesen versteinungsarmen Bänken stammt. Möglicherweise lässt sich an dieser Stelle einmal die Frage nach dem Vorkommen des ϵ beantworten. Trotzdem dieses *Harpoceras*

Aalense aus dem Schutt stammt, habe ich es ausnahmsweise in der Liste aufgeführt, weil das Vorkommen dieser Species in den Fleckenmergeln interessant ist. *Harpoceras falciferum* und *Stephanoceras subarmatum evolutum*, welche in Schwaben im ϵ vorkommen, habe ich zusammen mit *Harpoceras radians* gefunden.

Leider finden wir in den Hohenschwangauer Alpen nirgends den ganzen Complex der Fleckenmergel aufgeschlossen; bei der Aufstellung der einzelnen Horizonte müssen wir uns also damit begnügen, die verschiedenen Localitäten mit einander zu vergleichen.

Die Schichten sind in den einzelnen Localitäten folgendermassen aufgeschlossen:

Klammgraben:

Hangendes: Aptychenschichten.

Lias	{	Fossilleere Mergelkalke.
	β	Mergelkalke mit <i>Arietites varicostatus</i> Qu.
	α	{ Mergelkalke mit <i>Ar. Bucklandi</i> Sow. Schwarze Kalke mit <i>Saurichthys longiconus</i> Plien.

Liegendes: Kössener Mergel.

Pechkopf:

Hangendes: Aptychenschichten.

Fossilleere Mergelkalke.

γ	{	Mergelkalke mit <i>Phylloceras</i> cf. <i>Diopsii</i> Gemm.
	{	Mergelkalke mit <i>Inoceramus ventricosus</i> Sow.
	β	Mergelkalke mit <i>Arietites varicostatus</i> Qu.

Liegendes: unbekannt.

Wüthender Graben (Nordufer):

Hangendes: Aptychenschichten.

Lias	{	ζ Mergelkalke mit <i>Harpoceras Aalense</i> .
	{	?ε Fossilleere Mergelkalke.
	{	δ Mergelkalke mit <i>Ammonites costatus</i> .

Liegendes: unbekannt.

Wüthender Graben (Südufer):

Hangendes: Aptychenschichten?

Lias	{	Fossilleere Mergelkalke.
	γ (δ?)	Mergelkalke mit <i>Harpoceras Normannianum</i> und <i>Inoceramus ventricosus</i> .

Liegendes: unbekannt.

Fällgraben.

Hangendes: Aptychenschichten.

Lias	{	ζ Mergelkalke mit <i>Harpoceras radians</i> und <i>Harp. bifrons</i> .
	{	?ε Mergelkalke mit <i>Harp. sternalis</i> .

Liegendes: unbekannt.

Aus dieser Übersicht lässt sich leicht erkennen, dass wir die Abtheilungen δ β sicher gegen einander abgrenzen können; dass β gegen γ ziemlich scharf

abgegrenzt ist. Die Mergelkalke mit *Inoceramus ventricosus* Sow. gehören ziemlich sicher bereits zum γ , da der *Inoc. ventricosus* sowohl in Schwaben wie in England stets im mittleren Lias vorkommt und die Bänke, welche ihn am Pechkopf enthalten, über der *Ravicostatus* Zone liegen. Dass der *Inoc. ventricosus* Sow. mit *Inoc. Falgeri* Merian identisch ist, werde ich in der schon erwähnten paläontologischen Beschreibung der Fleckenmergelfauna von Hohenschwangau nachweisen. Die Grenzen der höheren Schichten des Lias lassen sich nicht sicher nachweisen, da diese Ablagerungen entweder ganz isolirt auftreten oder aber durch fossilere Bänke begrenzt werden; immerhin ist es wenigstens gelungen, eine Anzahl von sicher mittelliasischen Species nachzuweisen, während das ζ durch eine grössere Menge von Arten gut vertreten ist.

Auf das Verhältniss der Fleckenmergel zum Hierlatzkalk einerseits und zum schwäbischen Lias andererseits werde ich in dem Abschnitt über die Faciesbildung eingehen.

2. Dogger.

Während in den Vilser Alpen der Dogger an verschiedenen Plätzen  vielen Fossilien gefunden wurde, so dass man sogar unteren, mittleren und oberen unterscheiden konnte, ist er in den Hohenschwangauer Alpen, wenn wir von Schwarzenberg absehen, nur an einer einzigen Stelle aufgeschlossen; diese befindet sich an der Fahrstrasse zum neuen Schloss, gleich hinter der „Restauration“. Durch Sprengungen sind dort die rothen, festen Crinoideenkalke aufgeschlossen. Trotzdem man sehr häufig Brachiopoden-Durchschnitte sieht, gelang es mir nur, einige wenige schlecht erhaltene Stücke, darunter eine grosse biphlicate Terebratel, herauszuschlagen, ausserdem sah ich mehrere Male einen runden, glatten *Pecten*; vielleicht *P. demissus* (?). Weil ich den Dogger nicht durch gut bestimmbare Fossilien constatiren konnte, habe ich ihn auf der Karte nicht eingetragen.

An einer anderen Stelle bei Hohenschwangau fanden sich bestimmbare Doggerfossilien, sie wurden aus einem Felsen herausgeschlagen, welcher sich neben einem kleinen Gewächshaus befindet; dieses liegt am Fusse des Schwarzenberges gegenüber der Strassentheilung beim Wirthshaus zur Liesel (das kleine Gewächshaus liegt neben dem Hause des Kaufmanns Müller und ist nicht mit der Hofgärtnerei zu verwechseln, welche auf Liaskalk steht).

Wir fanden folgende Versteinerungen:

1. *Terebratula* sp. mehrere unbestimmbare Stücke.
2. *Waldheimia Leckenbyi* Walker ein gut erhaltenes grosses Exemplar.
3. *Waldh. Waltoni* Dav. 1 St.
4. *Rhynchonella Chimiensis* Finkelst. 1 St.
5. *Rh. cf. infirma* Rothpl. 1 St.
6. *Rh. cymatophora* Rothpl. 4 St.
7. *Rh. mutans* Rothpl. 3 St.
8. *Rh. sp.* eine Brachialschale, vielleicht zu *Rh. Vigili* gehörig.
9. *Rh. sp. ind.* 1 St.
10. *Pecten cf. spatulatus* Roem. 3 St.

In der Gestalt stimmen die Exemplare ganz mit der RÖMER'schen Species überein, doch ist die Oberfläche so schlecht erhalten, dass sie glatt aussieht.

11. *Pecten ambiguus* Goldfss. 3. St.

Aus dieser Liste ergibt sich, dass wir es mit unterem Dogger zu thun haben, ähnlich dem vom Laubenstein und Rothenstein. Die Kalke überlagern den Lias, welcher die *Rhynchonellina Zitteli* n. sp. und die verdrückten Brachiopoden führt.

3. Malm.

a. Kalkfacies.

Petrographisches: Rothe und weisse, dichte, gut gebankte, muscheligg brechende Kalke, welche sich petrographisch gut vom Hierlatzkalk unterscheiden, setzen diese Stufe zusammen. Versteinerungen sind nicht häufig und meistens sehr schlecht erhalten. Am Schöfflerseck finden sich grosse Ammoniten, welche abgerollt sind und sich schwer aus dem Gestein loslösen lassen. Ich sammelte nur zwei Exemplare, das eine ähnelt einem verdrückten *Aspid. acanthicum*; das andere gehört anscheinend zur Gattung *Perisphinctes*; ausserdem sah ich einige *Lytoceras* sowie Aptychen.

Verbreitung: Die Kalke finden sich nur an einer Stelle, nämlich am Schöfflerseck, wo sie durch einen alten Steinbruch gut aufgeschlossen sind; sie liegen direct unter den Aptychenschichten.

b. Mergelfacies.

Petrographisches: Mächtige, dünnbänke Mergel und Kalke von rother, grauer und gelblich weisser Farbe mit eigenthümlich muscheligem Bruch (ähnlich dem des südtyroler Biancone) mit eingelagerten Hornsteinbänken bilden die Gesteine dieser Facies. Zuweilen werden die Mergelkalke fleckig, so dass sie den Fleckenmergeln ähnlich werden (an der Mühlberger Alm und am Kniepass). Man bezeichnet diese Schichten gewöhnlich als Aptychenschichten oder Wetzsteinschiefer; unter dem letzteren Namen sind sie in einem grossen Theil des oberbayrischen Gebirges bekannt.

Versteinerungen: Sehr häufig kommen in diesen Schichten Aptychen vor, ich habe sie überall dort gefunden, wo ich sorgfältig gesucht habe. Hauptfundstellen sind die Wetzsteinbrüche am Kammerkopf (K) und im oberen Fällgraben (F), ferner die Nordwand des wüthenden Grabens (W) und die Ufer des Raitbaches (R). Die Stücke, welche ROTHPLETZ (Vilser Alpen, p. 42) aus dem „Rautbach“ citirt, stammen wahrscheinlich aus dem wüthenden Graben. Dort findet man grosse Platten mit Aptychen und Belemniten bedeckt; noch schönere Platten, deren Oberfläche ganz und gar aus Aptychen besteht, fand ich im oberen Fällgraben.

Die in den Aptychenschichten gefundenen Versteinerungen sind:

1. *Perisphinctes* cf. *Richteri* Zitt. 1 St. (R) (Tithon).
2. *Perisphinctes* sp. 1 St. (R).
3. *Aptychus lamellosus* Voltz (F) (Malm).
4. *Apt. punctatus* Voltz (F, W, K) (Tithon).
5. *Apt. Beyrichi* Opp. (R, W, K, F) (Tithon).
6. *Apt. gracilicostatus* Gieb. (W, K, F, ausserdem je 1 St. im Klammgraben und am Kniepass) (oberer Malm, ζ).
7. *Belemnites* cf. *Zeuschneri* Opp. (R, W) (Tithon).
8. *Belemnites* sp. (F).

Wie aus dieser Liste hervorgeht, scheint der grösste Theil der Aptychenschichten zum Tithon zu gehören, merkwürdiger Weise aber ist zwischen dem Lias ζ und den Aptychenschichten keinerlei Discordanz wahrzunehmen. Allerdings habe ich im alleruntersten Theile der Aptychenschichten bisher niemals Versteinerungen gefunden, so dass die Möglichkeit nicht ausgeschlossen ist, dass dieser unterste Theil in der Doggerperiode gebildet wurde.

Mächtigkeit: Die Mächtigkeit dieser Schichten lässt sich nirgends sicher beurtheilen.

Verbreitung: Die Aptychenschichten setzen den grössten Theil des Waldgebirges zusammen, sie sind zu einer Doppelmulde aufgefaltet und bilden somit zwei Züge: den Rohrkopf-Pechkopf-Zug und den Raitbach-Klammgraben-Zug. Im Hochgebirge kommen sie an drei Stellen vor: am Kniepass und in der Blöckenau (Fortsetzung der Aptychenschichten der Schlagsteinscholle des Vilser Gebietes) sowie am Kenzenköpfl. Der südlichste Bezirk der Mergelfacies, welcher im Vilser Gebiet sehr gross ist, liegt ausserhalb der Grenze unserer Karte; er tritt übrigens an der Papiermühle bei Reutte östlich vom Lech wieder auf.

Die Aptychenschichten sind für die Gegend von Hohenschwangau industriell von grosser Wichtigkeit, man bricht in ihnen einzelne härtere Bänke, deren Material zu Wetzsteinen verarbeitet wird.

C. Cretacische Bildungen.

Cretacische Ablagerungen finden sich nur im nördlichen Gebiete der Hohenschwangauer Alpen; die älteste Schicht, das Neocom, welches im Vilser Gebiet an einigen Stellen auftritt, konnte nicht nachgewiesen werden: dafür wird das Cenoman mächtiger. Der Gault ist bisher nur an einer einzigen Stelle gefunden worden. Als neues Glied tritt der Flysch auf, welcher in den Vilser Alpen nicht vorkommt. Zu bemerken ist, dass die Verbreitungsgebiete der einzelnen Horizonte nicht so scharf getrennt sind wie in den Vilser Alpen.

1. Gault.

Petrographisches: Schwarze, oft schiefrige, zuweilen plattige Mergel, ähnlich denjenigen des Flysches und der Algäuschiefer bilden diese Stufe.

Versteinerungen: Die hier angegebenen Versteinerungen sind von OPPEL gesammelt worden; wenn FRAAS*) die betreffende Fundstelle als eine besonders reiche aufführt, so ist das insofern richtig, als man dort eine grössere Anzahl von Arten gefunden hat; jetzt ist jedoch (ebenso wie am Hirschberg bei Hinde-lang) nur ganz wenig zu finden, wenn man nicht den Moränenschutt entfernt, mit welchem das Wasser die Stelle überschüttet hat; ich selbst habe auf diese Art durch meinen Sammler eine grosse Anzahl von Ammoniten gefunden, welche jedoch nichts Neues enthalten und meistens sehr verdrückt sind.

*) Scenerie der Alpen, p. 232; die Localität wird irrthümlicherweise Höllgraben genannt, einen solchen giebt es bei Hohenschwangau nicht.

Die Fossilien sind folgende:

1. *Lytoceras Agassizianum* Pictet
2. *Schlönbachia* cf. *Royssiana* D'Orb.
3. *Hamites (Anisoceras) Nerthensis* Math.
4. *Hamites (Ptychoceras)* n. sp.
5. *Desmoceras Majorianum* D'Orb.
6. *Hoplites tardefurcatus* Leym.
7. *Acanthoceras mammillare* Schloth.
8. *Acanthoceras Milletianum* D'Orb.
9. *Belemnites* sp.
10. *Inoceramus* sp.
11. Zähne, Schuppen und Parasphenoid (?) von Fischen
12. Pflanzenreste (Coniferen ?)

Alle aus
der Hölle.

Die Mächtigkeit ist nicht zu bestimmen.

Verbreitung: Nur an einer einzigen Stelle kommt in unserem Gebiete der Gault vor: in der sogenannten Hölle (Schleifmühlgraben). Merkwürdig ist dieses Vorkommen dadurch, dass es nördlich von der jurassischen Kalkbarriere liegt, während in den Vilser Alpen der Gault in seiner Erstreckung dieser Barriere folgt. Uebrigens haben wir auch hier in der Nähe die jurassische Kalkfacies (am Schäfflerseck). Überlagert wird der Gault durch Cenoman.

2. Cenoman.

Petrographisches: Diese Stufe besteht aus sehr verschiedenartigen Gesteinen. Die Hauptmasse bilden grobe Conglomerate, welche sich hauptsächlich im unteren Theile des Horizontes finden: sie werden gewöhnlich noch von Dolomit- oder Kalkbreccie unterlagert, welche unmerklich in die anstehenden Schichten übergeht. An die Conglomerate schliesst sich nach oben gewöhnlich ein mehr oder minder feinkörniger Sandstein an, auf diesen folgen gelbe und graue, sandige, zuweilen sehr harte Kalke und gelblich bis dunkelgraue Mergel, welche häufig von verkohlten Pflanzenresten erfüllt sind. Die sandigen Kalke sind oft petrographisch gar nicht von denjenigen zu unterscheiden, welche bei Niederndorf (Kufstein) die *Exogyra columba* führen.

Versteinerungen:

Exogyra columba Lam. mehrere Stücke vom Branderschrofen (Gipfel).

Janira aequicostata Lam. 1 St. (Branderflecken).

Orbitulina concava fast überall häufig, am meisten am Branderflecken und am Kenzenköpfl; (am Branderschrofen zusammen mit *Exogyra columba*).

Cidaris-Stacheln 2 St. vom Kenzenköpfl.

Verbreitung: Wir können zwei Züge unterscheiden, einen südlich von der jurassischen Kalkbarriere (Branderschrofen, Rahmenstein) und einen nördlich davon (Hölle im Schleifmühlgraben). Das Cenoman liegt im südlichen Theile stets auf dem Hauptdolomit, die Grenze lässt sich nicht scharf ziehen, da den untersten Theil des Cenomans stets eine Dolomitbreccie bildet, welche einerseits in das Conglomerat und andererseits in den Hauptdolomit allmählig übergeht. Schön aufgeschlossen sind die Schichten am Branderflecken und am Sattel zwischen Rahmenstein und Geiselstein. Der nördliche Zug liegt concordant auf dem Gault;

dies ist eine Schichtenfolge, welche in den oberbayrischen Alpen bisher nur an wenigen Punkten beobachtet wurde, nämlich in der Urschelau, neuerdings auch im Höllgraben an der Kampenwand bei Hohenaschau (durch die Herren Dr. J. BÖHM, Dr. W. SALOMON und U. SÖHLE auf einer Excursion).

Am Branderflecken fällt ein grosser Block von Hauptdolomit auf, welcher mitten in dem Cenoman liegt und an den Rändern vermittelt der Breccie in die Geröllschichten übergeht, offenbar haben wir es mit einer Klippe zu thun. Ich werde in dem Abschnitt über Faciesbildung darauf zurückkommen.

3. Flysch.

Den Nordrand unseres Gebirges nimmt eine Serie von dunkeln und grauen Mergeln, schmutzig braunen, glimmerhaltigen Sandsteinen, blaugrauen Kalken und sehr festen, meistens nicht besonders groben Conglomeraten ein, welche ich in Übereinstimmung mit den früheren Autoren als Flysch bezeichne.

Versteinerungen mit Ausnahme von Chondriten fand ich nicht.

Nach den neueren Untersuchungen von J. BÖHM*), GUEMBEL**) und SCHLOSSER***) muss man diese Schicht in Oberbayern wenigstens wohl noch zur Kreide rechnen. Ich habe dies hier gethan, obwohl ich in meinem Gebiete nichts fand, was dafür oder dagegen spräche.

Verbreitung: Der Flysch bildet einen grossen Zug, welcher in den Vorbergen: Jagdkopf, Buchberg, Hennenkopf u. s. w. zu Tage tritt. Nach Süden wird er durch Längsverwerfungen mit verschiedenen älteren Schichten in Contact gebracht. Weiter nach Westen verschwindet der Flysch unter den Schottermassen der Ebene, taucht jedoch in den kleinen Hügeln bei Schwangau, Horn und westlich vom Lech wieder auf, wo er auch von der Füssener Bahn angeschnitten ist. In den Vilser Alpen ist das Abstossen des Flysches an den älteren Schichten nicht zu beobachten.

D. Quartär.

Diluvium und Alluvium.

Auf der Karte habe ich die Moränen, den Gebirgsschutt und Thalschotter mit verschiedenen Farben bezeichnet, natürlich sind die Grenzen nicht überall sicher anzugeben. Jeder, welcher in den Alpen gearbeitet hat, wird wissen, wie schwierig es häufig zu sagen ist, wo die Moräne anfängt und der abgestürzte Schotter oder das Flussgeröll anfängt. Die Karte wird ohnehin kein genaues Bild der Moränenbedeckung geben können, da ich diese nur da eingetragen habe, wo sie sehr mächtig waren oder Schichtgrenzen und grössere Theile von Schichten vollständig bedeckten.

Im Allgemeinen lässt sich der Verlauf der diluvialen Gletscher in unserem Gebiete ziemlich genau verfolgen; wir haben zwischen Haupt- und Localgletschern zu unterscheiden. Der einzige Hauptgletscher befand sich im Lechthal, seine östliche Seitenmoräne reicht nicht besonders hoch an den Thalwänden hinauf; an

*) J. BÖHM, Kreidebild. d. Für- und Sulzberges. Palaeontogr., Bd. 38 (1891).

**) GUEMBEL, Geologie von Bayern, 1892, p. 169 und 179.

***) SCHLOSSER, Verhandl. d. k. k. geol. Reichsanst., 1893, p. 195.

keiner Stelle überschreitet sie die 1000-Meter-Curve, was den Verhältnissen an der Westseite entspricht (ROTHPLETZ loc. cit. p. 46). Die Moräne führt stark abgerollte Gesteine aus den Centralalpen mit sich. ROTHPLETZ (loc. cit. p. 46) hat es sehr wahrscheinlich gemacht, dass der Lechgletscher sich bei dem Ranzen in zwei Äste theilte, von welchen der eine das Vilsthal hinaufzog, der andere aber bei Füßen in die Ebene trat. Nicht weniger wahrscheinlich ist es jedoch, dass der Lechthalgletscher noch einen weiteren Seitenast absandte. Dieser zweigte bei Pinswang (Schluxen) ab, überschritt das niedrige Joch am Schwangauer Gatter und legte sich in das bereits vorhandene Alpseeethal, was uns die an der Fürstenstrasse vorhandenen Moränen sowie der schöne Gletscherschliff (Streifung nach N. O. gerichtet) am sogenannten oberen Seeweg (Nordufer) beweisen.

Am Alpsee vereinigte sich dieser Seitenarm mit dem Localgletscher des Böllatthales und trat, die Barrière bei Hohenschwangau überschreitend, in die Ebene. Die colossalen Schuttmassen, welche vor dem Gebirge liegen und durch Kiesgruben aufgeschlossen sind, weisen sehr viel seichte Seen auf, u. a. den Bannwaldsee und Hopfersee.

Ausser dem Lechgletscher lassen sich in den Hohenschwangauer Alpen verschiedene Localgletscher nachweisen. Diese zeichnen sich dadurch aus, dass sie nur solche Gesteine enthalten, welche in der nächsten Umgebung anstehen, und dass die Moränen zum Theil bedeutend höher liegen als diejenigen des Hauptgletschers, wenn auch immerhin die Vereisung nicht bis zu den Gipfeln reichte. Die höchsten Moränen*) überschreiten die 1300-Meter-Curve nirgends. Wir können vier Localgletscher unterscheiden, davon verlaufen drei von Osten nach Westen und einer von Süden nach Norden. Betrachten wir vorderhand die ersteren.

Der südlichste reichte von der Blöckenau bis zum Alpsee; die Moränen bilden jetzt hohe Terrassen an den Thalwänden, während in der Mitte die Böllat sich tief eingeschnitten hat. PENCK**) giebt an, dass in der Nähe des neuen Schlosses auf den Wegen zur Teufelsbrücke (? vielleicht Marienbrücke, eine Teufelsbrücke existirt bei Hohenschwangau nicht) drei Gletscherschliffe vorhanden seien und zwar in der Höhe von 840—855 m. Die Ortsangabe ist leider so ungenau, dass es nicht möglich ist, die Gletscherschliffe zu finden; übrigens ist auch in der Höhe von 855 m gar kein anstehendes Gestein sichtbar, ausser in einigen Bachrissen, in welchen sich natürlich keine Gletscherschliffe erhalten können. Ich selbst habe in der Umgegend des neuen Schlosses wohl öfters vom Wasser geglättete Gesteinsflächen, aber keine Gletscherschliffe wahrgenommen, immerhin ist es ja auch möglich, dass ich die von PENCK angeführten Stellen übersehen habe oder dass sie seither verschüttet sind.

Der zweite Localgletscher verlief vom oberen wüthenden Graben bis zur Ebene und hielt sich in den Thälern des Raitbaches und des wüthenden Grabens; die Moräne ist im letzteren gut aufgeschlossen.

*) Als Curiosum führe ich an, dass in dem vom Alpenverein herausgegebenen Werke „Die Erschliessung der Ostalpen“ auf p. 233 bemerkt wird, auf dem (sehr schmalen) Grat der Hochplatte (2089 m) befänden sich Gletschertöpfe und Gletscherschliffe.

**) Vergletscherung der Ostalpen, p. 467.

Der dritte begann am Pechkopf (oberen Fällgraben) und bedeckte die Thäler des Fäll-, Schleifmühl- und Kammergrabens mit seinen Schottermassen, in welche sich die Bäche tief eingeschnitten haben; der Gletscher trat am Bannwald in die Ebene.

Der süd-nördlich verlaufende Eisstrom befand sich im Kenzenthale und erhielt wahrscheinlich von Westen einen Zufluss aus dem Loberthale; er trat in die Ein-senkung an den Rohrecken ein und überschritt die niedrigen Flyschberge; der Halblech hat die Moränen vollständig durchnagt und den Flysch angeschnitten. Auf der ganzen Strecke sieht man sehr mächtige Moränen. An der Vereinigung des Lober- und Kenzenthales ist eine Schuttmasse mit ausgezeichneter Fluvial-structur aufgeschlossen (Geigersau, etwas nördlich von der Schleifmühle). Im oberen Theile dieser Schuttanhäufung ist die Schichtung horizontal, dann neigt sie sich nach Norden, noch tiefer nach Süden, und ganz unten ist sie wiederum horizontal, wir haben also deutliche discordante Parallelstructur (Triftstructur).

Über den postglacialen Schotter ist wenig zu sagen. Den prähistorischen Bergsturz bei Pfach hat schon ROTHPLETZ (loc. cit. p. 47) beschrieben; ein weiterer scheint südlich der Blöckenau am Säuling stattgefunden zu haben, vielleicht haben hier die Partnachsichten dem Drucke des Wettersteinkalkes nachgegeben. Ähnliches hat wohl in der oberen Gumppe stattgefunden, wo colossale Trümmer von Wettersteinkalk die Thalsohle bedecken.

Zur Faciesbildung.

In mannigfaltiger Weise wechseln die Gesteine, aus welchen sich die Hohenschwangauer Alpen aufbauen. Eine solche Veränderung des Gesteincharakters können wir nach zwei Richtungen hin constatiren: vertical und horizontal. Die letztere macht sich in den älteren Schichten wenig bemerkbar, desto mehr die erstere, welche bis zum Beginne des oberen Rhät (wenn wir den Hauptdolomit als das untere Rhät auffassen) andauert. Obgleich im Grossen eine ähnliche Ausbildung wie in den Vilser Alpen vorhanden ist, weichen doch die Facies-verhältnisse der Hohenschwangauer Alpen bereits etwas von denjenigen dieses ersteren Gebietes ab.

Schön in den Partnachsichten zeigen sich Unterschiede; während wir am Säuling, Niederstrausberg, Schönleiten u. s. w. die schwarzen und grauen Mergel mit eingelagerten Kalkbänken finden, ist der Kalk am Ilgenmösle massig, die Mergel, welche nicht sehr mächtig sind, unterteufen ihn.

Weiter gegen Westen, am Hutler- und Kienberg, werden die Kalke noch mächtiger und massiger, die Mergel verschwinden nahezu. Wenn man will, kann man diese beiden Ausbildungen als Mergelfacies und Kalkfacies unterscheiden, die Mergelfacies wird dann durch das Vorkommen der Halobien (in den Mergeln) und *Koninckina Leonhardi* Wissm. (in den Kalkbänken) charakterisirt, die Kalkfacies durch das Überwiegen der Brachiopoden. Sicherlich lassen sich aber nicht, wie FRAAS*) es will, zwei Facies abtrennen, nach dem Vorkommen von Halobien

*) FRAAS, Scenerie der Alpen, p. 147, Tabelle.

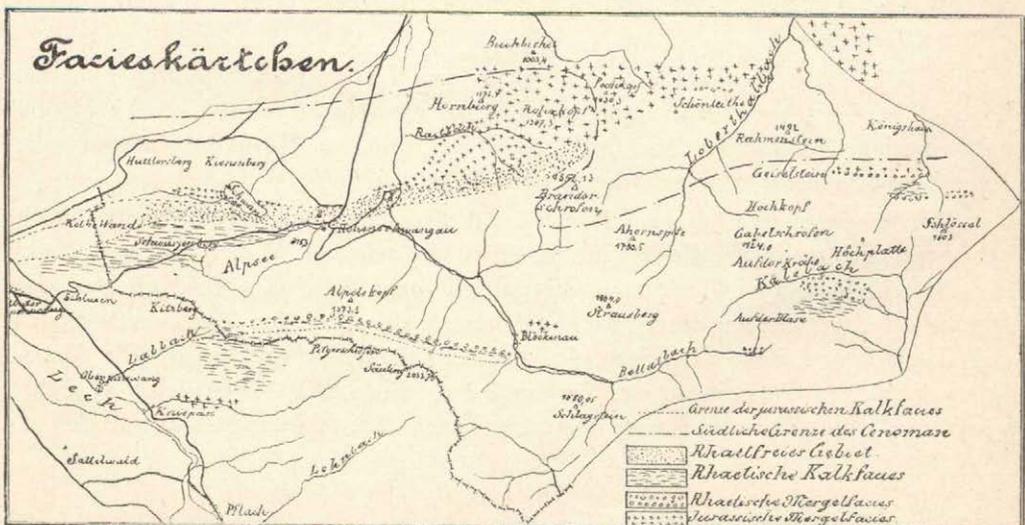
einer seits und *Koninckina Leonhardi* andererseits. Leider lässt sich an keiner Stelle der Übergang der massigen Kalke in die Mergel beobachten, gerade die dafür wichtigen Stellen sind entweder überschüttet oder von Brüchen durchzogen.

Auch im Wettersteinkalk lassen sich zwei Facies, Kalk- und Dolomiffacies, unterscheiden. Der Dolomit liegt stets an der Basis und geht, ohne dass sich eine scharfe Grenze ziehen liesse, in den Kalk über. Ich rechne hierher auch die von ROTHPLETZ und SKUPPOS in den Muschelkalk gestellten Dolomite am Hutler- und Kienberg; sie lagern normal zwischen Partnachsichten und Wettersteinkalk. Dass in den Hohenschwangauer Alpen nach den Fossilfunden kein Grund vorliegt, die Partnachsichten vom Wettersteinkalk als besonderen Horizont abzutrennen, habe ich bereits bei der Beschreibung des Wettersteindolomites ausgeführt.

In der Raibler Periode wird der Facieswechsel in verticaler Richtung ein ganz besonders häufiger, was das Profil an der Roggenthalgabel beweist.

Über den Hauptdolomit habe ich nichts Besonderes auszusagen, die Verhältnisse sind genau dieselben wie in den Vilser Alpen.

Vom oberen Rhät an tritt plötzlich ein starker Facieswechsel in horizontaler Richtung auf. ROTHPLETZ hat auf einer Skizze die Vertheilung von Mergel und Kalk im Rhät und Jura, soweit dies heute noch zu erkennen ist, darzustellen versucht, ich gebe untenstehend ein Kärtchen, welches sich östlich an dasjenige von ROTHPLETZ anschliesst und den ferneren Verlauf der einzelnen Grenzen erkennen lässt. Natürlich habe ich auch nur das in der Natur Wahrnehmbare dargestellt und die Grenze nicht nach hypothetischen Vermuthungen gezogen. Dadurch hat meine Übersichtskarte aber auch dieselben Fehler, welche die ROTHPLETZ'sche aufweist; die Grenzen der Faciesbezirke sind nicht die ursprünglichen, und man kann auch nicht annähernd den Betrag der durch Erosion und tektonische Störungen verloren gegangenen Schichten angeben. Ausser dem Rhät und Jura habe ich auf der Karte die südliche Grenze des Cenomans eingetragen, wodurch dessen eigenthümliche Vertheilung anschaulich gemacht wird.



Gehen wir zur Besprechung der Faciesverhältnisse im Rhät über.

Die Gesteine wechseln in dieser Periode sowohl in verticaler wie in horizontaler Richtung sehr häufig; auch ist die Aufeinanderfolge der einzelnen Facies an den verschiedenen Stellen sehr ungleich. SUESS und MOJSISOVICS*) haben das obere Rhät einer genauen Untersuchung unterworfen und verschiedene Facies unterschieden. Von diesen lassen sich einige auch in den Hohenschwangauer Alpen nachweisen. Am Joch zwischen Gasse und Gumpe finden wir über dem Hauptdolomit Mergel und Kalke, welche von Zweischalern (darunter *Cardium rhaeticum*, *Cardita austriaca*, *Gervillia inflata*, *Avicula contorta*, *Dimyodon intusstriatum*) erfüllt sind. Diese Abtheilung ist wohl als „schwäbische Facies“ anzusehen. Darauf folgt eine wenig mächtige Kalkbank mit Brachiopoden und Korallen (*Terebratula pyriformis*, *Rhynchonella Starhembergica*, *Rh. fissicostata*, *Thecosmilia* n. sp.). Dies wäre also wohl als Kössener Facies aufzufassen; darüber folgen die versteinungsleeren Bänke des Dachsteinkalkes. Die schwäbische Facies tritt auch am Kenzenmösle auf, doch gelang es mir nicht, ein wirklich gut bestimmbares Fossil zu erhalten, trotzdem einzelne Bänke nur aus Schalen bestehen. An diesem Fundort aber tritt der Hauptlithodendronkalk auf, welcher in der Gasse zu fehlen scheint. Auch im Klammgraben ist er vorhanden, doch kommt dort auch *Dimyodon intusstriatum* in Menge vor, ebenso Brachiopoden, welche leider nicht bestimmbar sind.

In der oberen Gumpe tritt die schwäbische Facies auf, ebenso am Pilgerschrofen, wo die Lamellibranchiaten überwiegen; daneben kommt verhältnissmässig häufig *Rhynchonella cornigera* vor, selten *Terebratula pyriformis*, sehr häufig sind Lithodendren. Über dieser schwäbischen Facies liegt der gelbe, brachiopodenführende, dickbankige Kalk, welchen ich als Starhemberger Facies auffasse, er enthält hauptsächlich Brachiopoden, daneben selten Zweischaler. An der Hochblase tritt der Plattenkalk auf; darüber liegen wohl die Kalke und Mergel der schwäbischen Facies, doch lässt sich das nicht ganz sicher bestimmen.

Die karpathische und die Salzburger Facies scheinen in unserem Gebiete vollständig zu fehlen, der Lithodendronkalk ist schwerlich als eine besondere Facies aufzufassen, er kommt fast überall vor. Die Fossilvertheilung ist eine vollkommen andere als diejenige, welche SUESS angiebt. Der *Pecten acuteauritus* tritt bereits in der schwäbischen Facies auf; *Terebratula gregaria* fehlt vollkommen, *Avicula contorta* ist nur in seltenen Exemplaren vorhanden; *Rhynchonella cornigera* kommt in der schwäbischen Facies vor, ebenso *Spiriferina Jungbrunnensis* und *Terebratula pyriformis*.

Weiter gegen Osten am Scheinberg („auf dem Joch“) scheinen die Brachiopodenkalke mächtiger zu werden, ich habe jedoch die Localität nicht genauer untersucht, weil sie ausserhalb meiner Karte liegt.

Der Charakter der rhätischen Gesteine wechselt in unserem Gebiete sehr häufig, ich stelle dasjenige, was ich beobachtet habe, in der folgenden Tabelle zusammen.

*) Studien über die Glieder d. Trias, II. Jahrbuch der k. k. geologischen R.-A. 1868, p. 193.

	Lias (Hierlatz)		Lias (Hierlatz)		Lias (Algäuschiefer)	Lias (Hierlatz)	
Dachsteinkalk	Starhemberger Kalk	Dachsteinkalk	Dachsteinkalk	Starhemberger Kalk	Mergel und Kalk	(Das obere Rhät fehlt)	Rhät
Mergel und Kalk		Mergel und Kalk					
Plattenkalk							
Hauptdolomit	Hauptdolomit		Hauptdolomit		Hauptdolomit	Hauptdolomit	
Hochblase	Pilgerschrofen	Gasse	Südseite des Säuling	Pilgerschrofen	Klammgraben	Schwarzenberg und Tegelberg	

Diese anscheinend so verwickelten Verhältnisse lassen sich ohne Schwierigkeit auf einen ziemlich einfachen Grundplan zurückführen. Wenn wir einstweilen von dem rhätfreien Gebiet ganz absehen, so finden wir, dass nach Ablagerung des Hauptdolomits zwei Faciesbezirke entstanden: der Kalkbezirk und der Mergelbezirk. Der Kalkbezirk reicht vom Schwarzenberg bis zum Säuling, der Mergelbezirk vom Säuling bis zum Klammgraben. Auf der Facieskarte habe ich den Mergelbezirk so eingetragen, wie er heute sichtbar ist, trotzdem sehr grosse Wahrscheinlichkeit dafür vorhanden ist, dass alle Fleckenmergel auf rhätischen Mergeln liegen. Vielleicht lässt sich hier zwischen einem südlichen und einem nördlichen Bezirk unterscheiden, dies kann sich jedoch erst bei der Kartirung des östlich anstossenden Gebirges herausstellen. Die Mergel sind im Westen (Säuling) viel weniger mächtig als im Osten (Hochblase, Gasse). Nachdem nun ein Theil der Mergel sich abgelagert hatte, dehnte sich der Kalkbezirk nach Osten hin aus, so dass der Dachsteinkalk die Mergel überlagerte. Diese Überlagerung ist nur bis zur Gasse hin zu beobachten, weiter nördlich aber nicht. Dort liegen die Algäuschiefer auf den Kössener Mergeln. Dieses bedingt gewissermassen einen nördlichen und einen südlichen Mergelbezirk, welche allerdings zwischen Gasse und Klammgraben in Zusammenhang gestanden haben mögen; weiter nach Westen werden sie sicherlich durch das rhätfreie Gebiet geschieden. Dieses beginnt in den Vilser Alpen am Aggenstein und lässt sich fast ununterbrochen bis zum Drehgraben verfolgen. Eine Erklärung der Thatsache, dass sich in diesem ganzen Bezirk der Lias direct auf dem Hauptdolomit abgelagert hat, versuchte ROTHPLETZ zu geben (Vilser Alpen, p. 51). Er nimmt an, dass in dem absatzfreien Gebiet der Hauptdolomit an Längsverwerfungen auf der Nordseite gehoben sei, so dass eine Barrière entstand, welche rhätfrei blieb, während in den nördlicheren und südlicheren tieferen Theilen sich die Mergel absetzten; auf den höheren Theilen würde sich dann der rhätische Kalk abgelagert haben. Diese Hypothese lässt sich

zwar nicht strict beweisen, hat aber doch einen gewissen Grad von Wahrscheinlichkeit. Besonders wird sie unterstützt durch die merkwürdigen Einbrüche am Nordrande des Tegelberges; der Verlauf dieser Bruchlinien ist so eigenthümlich im Verhältniss zu dem übrigen Verwerfungssystem, dass ich geneigt bin, ältere Verwerfungen anzunehmen, welche jenen Einbrüchen quasi ihre Lage vorzeichneten.

Mit dem Beginn der Liasperiode treten in den Vilser Alpen bedeutende Verschiebungen der Faciesgrenzen ein, in den Hohenschwangauer Alpen ist dies weit weniger der Fall. Die Hierlatzkalke folgen im Süden dem Dachsteinkalke, sie reichen bis zum Schlagstein; auch das rhätfreie Gebiet wird mit Liaskalken bedeckt, während im Norden sich die Fleckenmergel auf den Kössener Schichten ablagern. Die südliche Mergelzone, welche in den Vilser Alpen einen grossen Raum einnimmt, liegt ausserhalb des Bereiches unserer Karte. Wenn wir die Fauna unserer Fleckenmergel mit derjenigen der mediterranen und der mitteleuropäischen Provinz vergleichen, so finden wir eine ganz entschiedene Hinneigung zu der letzteren.

Wir finden:

Mitteleuropäische Arten:	Mediterrane und neue Arten:
Lias, unterer . . . 12	Lias, unterer . . . 10
„ mittlerer . . . 8	„ mittlerer . . . 2
„ oberer . . . 10	„ oberer . . . 2

Unter den zwölf mitteleuropäischen Arten des unteren Lias befinden sich acht Ammonitenarten, zwei Brachiopoden-, eine Pelecypoden- und eine Fischart; unter den übrigen Species des unteren Lias sind drei neue Formen, ferner drei Ammoniten- und vier Brachiopodenspecies. Von den mediterranen Formen kommt die eine der drei Ammonitenarten, nämlich *Arietites Charpentieri*, wahrscheinlich auch in England vor; die drei Brachiopodenspecies sind echte Hierlatzformen und auch die beiden anderen als mitteleuropäische Formen aufgeführten Brachiopodenarten sind im Hierlatzkalk sehr verbreitet. Wir müssen somit zu dem Schlusse kommen, dass die Ammoniten und Pelecypoden des unteren Lias der Fleckenmergel einen entschieden schwäbischen Charakter aufweisen, während die Brachiopoden mediterrane Formen sind. Schon diese Brachiopodenfunde machen es wahrscheinlich, dass der Hierlatzkalk das schwäbische Oberalpha (von der *Bucklandi*-Zone an) und Beta vertritt. Noch mehr tritt dies hervor, wenn wir auch die Ammoniten- und Pelecypoden-Fauna des Hierlatz mit derjenigen des Fleckenmergels vergleichen. Sechs Arten des unteren Lias der Fleckenmergel kommen ebenfalls im Hierlatzkalk vor, ausserdem das mittelliasische *Phylloceras* cf. *Diopsii*. Wir können somit wohl an dem oben constatirten Alter der Hierlatzfauna festhalten.

Der mittlere und obere Lias der Mergelzone stimmt ganz mit dem schwäbischen überein, nur ganz wenige Arten sind specifisch mediterran.

Wir wollen noch einmal kurz die einzelnen Abtheilungen der Fleckenmergel den schwäbischen Horizonten gegenüberstellen:

Algäuschiefer:	Schwaben:
<i>Radians</i> -Schichten und Bänke mit <i>Harpoceras</i> <i>Aalense</i> , ? Fossilleere Bänke.	oberer Lias { Zeta Epsilon

Algäuschiefer:		Schwaben:
Schichten mit	<i>Amaltheus costatus</i> ,	mittlerer Lias { Delta Gamma
" "	<i>Phylloceras cf. Diopsii</i> ,	
" "	<i>Inoceramus ventricosus</i> .	
" "	<i>Arietites varicostatus</i> ,	unterer Lias { Beta Alpha
" "	" <i>Bucklandi</i> .	
" "	<i>Saurichthys longiconus</i> .	Bonebed

In den Fleckenmergeln lassen sich nun allerdings die einzelnen Bänke nicht so trennen wie in Schwaben; ja, Fossilien, welche in Württemberg Horizonte charakterisiren, finden wir im Algäuschiefer in derselben Bank (z. B. *Arietites varicostatus* und *Amaltheus oryotus*). Diejenigen Horizonte, welche ich in der vorhergehenden Tabelle aufgestellt habe, werden sich aber wahrscheinlich in anderen Theilen der bayrischen Alpen ebenfalls finden lassen, wenn auch mit anderen Fossilien. Nach dem in der Münchener Staatssammlung vorhandenen Material tritt in dem östlichen Theil Oberbayerns der unterste Lias mit *Arietites geometricus*, der obere Theil des unteren Lias als *Raricostatus*-Zone, der mittlere als Mergel mit *Inoceramus ventricosus* und mit *Amaltheus costatus* und *A. margaritatus* auf. Der obere Lias ist bisher in den bayrischen Alpen noch nicht weiter sicher constatirt; nur ein einziger Ammonit, das *Harpoceras Normannianum* SCHAFFHÄUTL'S*) (von Bergen), liegt in der Münchener Sammlung, welcher sicherlich zu *Harp. radians* gehört. *Harp. radians* wird zwar in der Fleckenmergel-Litteratur viel citirt, doch gehören die meisten der betreffenden Stücke zu *Harp. Algovianum* und *Harp. Kurrianum*. Im Algäu ist dieser obere Horizont noch nicht paläontologisch nachgewiesen, doch kann er sehr wohl durch die oberen fossiliferen Bänke vertreten sein, da eine petrographische Unterscheidung der einzelnen Stufen meistens nicht möglich ist. Die Algäuschichten rücken zwar sehr nahe an die Hierlatzschichten heran, unterscheiden sich von diesen aber petrographisch und paläontologisch; während man die Hierlatzkalke als mediterrane Facies des alpinen Lias bezeichnen kann, darf man wohl die Fleckenmergel „die schwäbische Facies des alpinen Lias“ nennen. Der Ausdruck „alpin“ ist im letzteren Falle sicherlich berechtigt, denn die Algäumergel unterscheiden sich petrographisch von dem schwäbischen Lias, auch ist ja bei ihnen die Vergesellschaftung der Arten eine andere als in Württemberg. Die Faunenbezirke der einzelnen Horizonte sind in den Fleckenmergeln sicherlich nicht so getrennt wie diejenigen der Hierlatzkalke (siehe ROTHPLETZ, Vilsener Alpen, Facieskarte, p. 49); könnte man die beiden Mulden der Mergel ausstrecken und untersuchen, so würde man wahrscheinlich an den meisten Stellen alle Faunenbezirke über einander constatiren können. Aus der hier gegebenen Auseinandersetzung geht übrigens mit ziemlicher Sicherheit hervor, dass das Fleckenmergelmeer mit dem schwäbischen Meer in directer Verbindung stand. Dass die Algäuer Mergel litorale Facies sind, geht aus ihrem Thongehalt hervor, in welcher Tiefe aber die Hierlatzkalke sich abgelagert haben, lässt sich weder aus dem Gesteine noch aus der Fauna schliessen; einen Anhaltspunkt giebt uns nur das rhätfreie Gebiet, welches ROTHPLETZ bewog, die vorher erwähnte Hypothese aufzustellen.

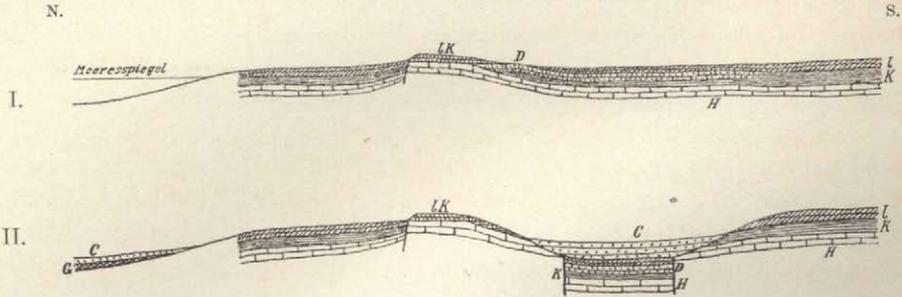
*) SCHAFFHÄUTL, Südbayerns Lethaea geogn., Taf. 82, Fig. 1.

Welche Verschiebungen die Faciesgrenzen während der Dogger- und Malmperiode erfahren haben, lässt sich in unserem Gebiete nicht feststellen; die Kalkfacies des Doggers finden wir nur am neuen Schloss, die des Malm nur am Schöfflerseck. Merkwürdig ist es, dass dieses letztere Vorkommen weit nördlich von der Kalkbarriere liegt. Wahrscheinlich sind jedoch die Veränderungen der Faciesbezirke nicht sehr bedeutend gewesen, da sich die Verbreitung der Mergelfacies des Malm und Tithon an die der Fleckenmergel im Norden genau anschliesst. Im Süden dagegen finden wir in der Nähe der Kalkzone einen Bezirk von Aptychenschichten (am Kniepass); allerdings können diese die Fleckenmergel, welche vielleicht von der Schlagsteinscholle (Vilser Gebiet) herüberstreichen, überlagern. Zwei merkwürdig isolirte Vorkommnisse sind das der Blöckenau und das des Kenzenköpfls. Das erste kann jedoch mit den soeben erwähnten Fleckenmergeln in Verbindung stehen, während das zweite möglicherweise noch zum nördlichen Bezirk gehört. Jedenfalls treten beide Bezirke sehr nahe an einander heran.

Gewaltige Verschiebungen der Strandlinien treten mit dem Beginn der Kreidezeit auf. Das Neocom konnte ich im Gebiete der Hohenschwangauer Alpen nicht auffinden; auch der Gault ist nur an einer Stelle entwickelt, während er in den Vilser Alpen stets in seiner Verbreitung sich der jurassischen Kalkbarre anschloss, liegt er bei Hohenschwangau nördlich davon (Schleifmühlgraben), allerdings auch hier in der Nähe des Malmkalkes (Schöfflerseck). Auf dem Gault setzte sich im Norden das Cenoman ab, während dieses in den Vilser Alpen stets auf dem Hauptdolomit liegt. Das Cenoman reicht aber in unserem Gebiete bedeutend weiter nach Süden als in den Vilser Alpen, wo es sich ganz im Norden anlagert; in diesem südlichen Bezirke liegt es ebenfalls auf Hauptdolomit. Da ich nun in den Conglomeraten und Sandsteinen des Cenomans in dem südlichen Bezirke dieser Schichten trotz eifrigem Suchens keine Spur von Gaultmergeln finden konnte, während ganze Platten der Aptychenmergel darin vorhanden waren, so nehme ich an, dass der südliche Theil der Hohenschwangauer Alpen zur Gaultzeit bereits Festland war. Ein sicherer Beweis lässt sich allerdings nicht führen, da der Gault zu geringe Verbreitung hat. Die Küstenlinien des Cenomanmeeres lassen sich klarer erkennen. Das Meer reichte im Westen bis zu den Vilser Voralpen, damit stimmt ganz gut das Vorkommen des Cenomans im Schleifmühlgraben. Aber wir haben noch einen südlichen Bezirke, in welchem das Cenoman auf dem Hauptdolomit auflagert; wir könnten annehmen, dass bei Hohenschwangau die Küste plötzlich zurücktrat; mir erscheint es jedoch wahrscheinlich, dass der südliche Bezirke einer von Osten hereindringenden Bucht zuzurechnen ist, welche von dem nördlicheren Theile durch eine Landzunge von Aptychenschichten und Jurakalk getrennt wurde. Gegen den Drehgraben hin endigte ja die alte Kalkbarre, welche möglicherweise noch in der Kreidezeit sich geltend machte; vielleicht stand an dieser Stelle (Drehgraben) das nördliche Meer mit dem südlichen Arm in Verbindung.

Wenn die Alpen zur Zeit der Gaultperiode bereits so weit gehoben waren, dass der Gault sich nicht mehr südlich vom heutigen Branderschrofen ablagern konnte, so müssen wir annehmen, dass kurz vor der Cenomanzeit in der Gegend des Branderfleckens oder der Ahornspitze Einbrüche erfolgten, und dass das Meer in die entstandenen, tieferen Theile eindrang, die Ränder der stehen

gebliebenen Theile erodirte und aus den abgespülten Theilen die Conglomerate*) bildete. Ich habe auf den beistehenden Profilen dargestellt, wie nach meiner Ansicht ungefähr die Gegend zwischen dem heutigen Schleifmühlgraben und dem Straussberg aussah und zwar I. zur Zeit der Gaultperiode, II. nach dem Ende der Cenomanzeit. Wenn wir uns vorstellen, dass das südliche Cenoman bei der



Figur A I. Ideales Profil durch die Gegend zwischen Schleifmühlgraben und Ahornspitz in der Gaultperiode.
II. Ideales Profil durch dieselbe Region am Ende der Cenomanperiode.

H Hauptdolomit; K Rhaetische Mergel; D Dachsteinkalk; L Juramergel; LK Jurakalk;
G Gault; C Cenoman.

Aufrichtung der Alpen zur Mulde aufgefaltet wurde, so erhalten wir das Bild, wie es unser Hauptprofil E (p. 40) (vom Schleifmühlgraben bis zum Böllatthal) am Branderflecken giebt; unter dem Cenoman, d. h. unter der Muldenaxe, muss dann Rhät und vielleicht noch Jura liegen. Am Profil A durch den Branderflecken sind die Wirkungen der Aufrichtung so heftig gewesen, dass alle jüngeren Schichten, welche nach meiner Hypothese neben der Kreide liegen müssten, verschwunden sind; wir finden sie aber weiter im Osten am Geiselstein noch, nahe an der Kreide liegend. Dass der Einbruch nicht so einfach war, wie ihn das Profil darstellt, beweist die Hauptdolomitklippe am Branderflecken. Diese Verwerfungs-
linien, auf denen sich im Süden die Kreide ablagerte, stehen wahrscheinlich mit dem Bruch in Verbindung, auf welchem der grösste Theil des Ammer-Graswangthales liegt. Bei den höheren Kreideschichten ist diese Art der Ablagerung auf Einbruchstellen schon von verschiedenen Seiten nachgewiesen, so fand z. B. v. MOJSISOVICS**) Derartiges in der Gosaubucht, und BITTNER***) zeigte, dass die Gosaukreide bei Buchberg, Mariazell, Windischgarten auf einer grossen Aufbruchlinie liegt. Vom Branderschrofen an rückt gegen Osten die Grenze des Cenomans stark nach Süden, bei Linderhof erreicht sie das Graswangthal. Auf dieser südlichen Linie muss das Kreidemeer, wie schon erwähnt, an einer Felsküste gebrandet haben, was die Grundbreccien und Conglomerate beweisen. Jedenfalls waren aber auch Strömungen vorhanden, welche abgeriebene Kalkstücke bis zu dem Punkte führten, wo der Gault die Unterlage bildete.

In der postcenomanen Periode vereinfachte sich die Küstenlinie immer mehr, das Festland erhob sich stetig, und zur Flyschzeit ist die Küste weit nach Norden

*) Theilweise werden allerdings wohl auch Flüsse Geröllmassen dem Cenomanmeere zugeführt haben.

**) v. MOJSISOVICS, Verh. d. k. k. geol. Reichsanst., 1883, p. 293.

***) BITTNER, Verh. d. k. k. geol. Reichsanst., 1887, p. 98.

hinausgerückt und von ziemlich einfacher Gestalt. In der folgenden Zeit dauerte die Hebung des Festlandes stetig fort, das Eocän lagert westlich von Unterammergau nahe am Flysch, aber das Oligocän befindet sich schon weit im Vorlande. Endlich im Miocän begann die eigentliche Gebirgsbildung, welcher die heutigen Alpen ihr Dasein verdanken. Zugleich wurde die Denudation und Erosion eine stärkere; sie bildete sozusagen dasjenige im Detail aus, was jene gewaltigen Bewegungen im Grundplan vorgezeichnet hatten. Die Eiszeit konnte nur Weniges umgestalten, sie hat eher conservirend als zerstörend gewirkt.

Tektonik.

Jene Bewegungen, welche das Gebiet bei der Bildung des Gebirges erschütterten, haben alle Schichten, mit Ausnahme des Quartärs, bedeutende Veränderungen erfahren lassen. Die Schichten sind aufgerissen, verworfen, gefaltet etc., und häufig hat sich auch ihre Structur stark verändert. Auf dieses Letztere brauchen wir hier nicht einzugehen, da dem von ROTHPLETZ für die Vilser Alpen Beigebrachten in Beziehung auf unser Gebiet nichts hinzuzufügen ist; wir werden uns also im Folgenden nur mit den tektonischen Verhältnissen zu beschäftigen haben.

Genau wie das Vilser Gebiet sind auch die Hohenschwangauer Alpen von einer Reihe von Verwerfungen durchzogen; diese sind auf der beigegebenen tektonischen Übersichtskarte eingetragen; die Schichtbiegungen sind durch Fallzeichen markirt. Das Kärtchen schliesst sich an das von ROTHPLETZ (loc. cit. p. 57) publicirte an.

In unserem Gebiete lassen sich zwei Systeme von Verwerfungen unterscheiden, die Spalten des einen streichen von Westen nach Osten mit geringen Abweichungen nach Norden und Süden; diejenigen des anderen von Norden nach Süden mit Abweichungen nach Westen und Osten. Das erstere System ist das longitudinale, das zweite das transversale. Das longitudinale System ist wichtiger als das transversale, das erstere hat für den Grundplan des Aufbaues die grösste Bedeutung, wesshalb es hier vor dem anderen besprochen werden soll.

Wir können in unserem Gebiete fünf Hauptspalten des Longitudinalsystems unterscheiden, zwischen ihnen verlaufen Verwerfungen von geringerer Sprunghöhe. Die fünf Hauptspalten bedingen sechs Schollen, welche sich als die Fortsetzung der verschiedenen Vilser Schollen erweisen. Ich nenne diese Schollen von Norden nach Süden fortschreitend: Flysch-, Hornburg-, Schwansee-, Tegelberg-, Gumpen- und Säulingscholle. Parallelisiren wir diese mit denjenigen des Vilser Gebietes, so gewinnen wir folgendes Schema:

Vilser Alpen.

Hohenschwangauer Alpen.

1. Flyschscholle (ausserhalb des Gebirges liegend).
2. Füssener Scholle.
3. Vilser Scholle.
4. Aggensteinscholle.
5. Schlagsteinscholle.
6. Rainthalscholle.

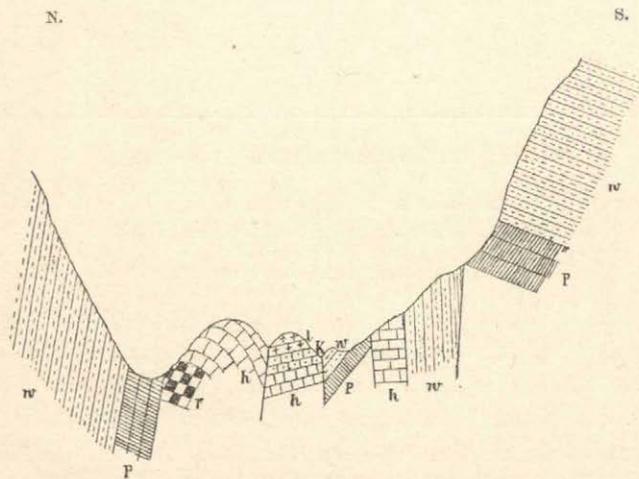
- Flyschscholle.
- Hornburgscholle.
- Schwanseescholle.
- Tegelbergscholle.
- Gumpenscholle.
- Säulingscholle.

Lassen wir die Flyschscholle einstweilen ausser Betrachtung, so sehen wir, dass drei von unseren Schollen stärker gehoben sind als die übrigen, nämlich die Säuling-, Tegelberg- und Hornburgscholle; sie sind auch in viel geringerem Maasse als die übrigen zersplittert. Die Ränder der stärker gehobenen Theile sind vielfach über die weniger gehobenen oder gesunkenen Schollen hinübergeschoben, so dass diese letzteren vielfach zerbrochen und einige Theile von ihnen in der Tiefe verschwunden sind; ja, an einzelnen Theilen verschwindet die ganze gesunkene Scholle. Einzelne starke Verwerfungen lösen sich in eine Art von Bruchbündeln auf, vielleicht haben wir es hier mit den Spuren älterer Verwerfungen zu thun; ich werde im Folgenden an den geeigneten Stellen auf dieses Zersplittern aufmerksam machen. Das Flyschgebiet habe ich als eine besondere Scholle aufgefasst, trotzdem es wenig gehoben zu sein scheint. Es gehört aber einem anderen Faltungssystem als die Schwansee Scholle an.

Nach diesem kurzen Überblick wollen wir an die Besprechung der einzelnen Schollen schreiten.

Wir beginnen mit dem Süden, weil dort die Verhältnisse am klarsten und einfachsten liegen.

Die Säulingscholle bildet die östliche Fortsetzung der Rainthalscholle. Diese ist eine gewaltige Mulde, welche am Schattschrofen beginnt und sich bis an die Ostgrenze unseres Gebietes hin fortsetzt. Am Säuling haben wir nur den Nordflügel: alle Schichten fallen ziemlich flach nach Süden ein. Am Nordrand nimmt der Hauptdolomit noch an der Scholle Antheil, doch verschwindet er bald, vom Pilgerschrofen an wird der Rand gegen die Gumpenscholle hin nur noch aus Partnachschieben und Wettersteinkalk gebildet. Im Süden betheiligen sich am Säuling selbst noch Raiblerschichten und Hauptdolomit an dem Aufbau der hier besprochenen Scholle.

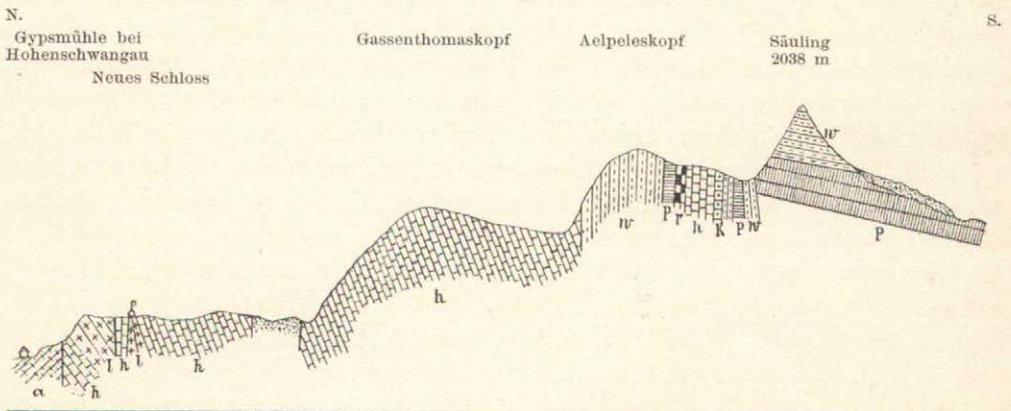


Profil (B) durch das Einbruchgebiet nördlich vom Pilgerschrofen.

P Partnachschieben; w Wettersteinkalk; r Raiblerschichten; h Hauptdolomit; K Rhätische Schichten; l Hierlatzkalk.

Maassstab 1 : 8000.

Vom Säuling bis zur Hohen Krähe bleiben die Verhältnisse ziemlich unverändert, an der Hohen Krähe selber aber werden die Schichten steiler gestellt. An der Hochblase tritt uns ein ziemlich bedeutender Muldensattel entgegen, welcher zum grössten Theile aus dem neu hinzutretenden oberen Rhät gebildet wird. Im Süden der Hochblase, an der sogenannten Schäferblase, fallen die Schichten bereits nach Norden ein, der Hauptdolomit vertritt hier den Südflügel unserer Mulde. Die Längsspalten innerhalb dieser Scholle haben selten eine grössere Sprunghöhe, so dass sie das Bild einer Mulde fast gar nicht stören. Gegenüber dem Vilser Antheile finden wir einige Veränderungen, welche wohl nur zum Theil der Wirkung der Lechspalte zuzuschreiben sind. Im Norden fehlt der Dachsteinkalk, der Südflügel wird nur durch Hauptdolomit vertreten; soweit er in unser Gebiet fällt, fehlen die älteren Schichten. Die südliche Grenze der Säulingscholle liegt ausserhalb unseres Gebietes; die nördliche wird durch die Gumpen- und Tegelbergscholle gebildet. Der Contact ist an vielen Stellen gut aufgeschlossen, er ist auf den Hauptprofilen, sowie auf dem Nebenprofil durch den Einbruch am Pilgerschrofen dargestellt. Besonders instructive Stellen findet man an der Nordseite des Straussberges, am Gabelschrofen, in der Gasse und in dem Thal, welches die Gasse mit dem Boanlandl verbindet.



Profil (C) von Hohenschwangau bis zum Säuling.

P Partnachsichten; w Wettersteinkalk; r Raiblerschichten; h Hauptdolomit; K Rhätische Schichten; l Hierlatzkalk; a Aptychenschichten.

Maassstab 1 : 25000; Länge des Profils 700 m.

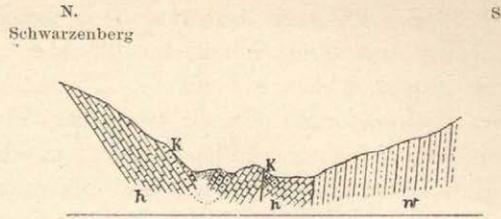
Die nach Norden angrenzende Gumpenscholle fasse ich als den eingesunkenen First eines Sattels auf. Wir haben es hier mit der Fortsetzung der schmalen Schlagsteinscholle des Vilser Gebietes zu thun. Nur jüngere Schichten, von den Raiblerschichten aufwärts, nehmen an dem Aufbau dieser Scholle Theil. Sie tritt auf der Pinswanger Wiese in unser Gebiet ein und wird durch eine colossale Verwerfung (von vielfach mehr als 1000 m Sprunghöhe) von der Säulingscholle getrennt. Diese Verwerfung zersplittert sich nördlich vom Pilgerschrofen in ein Bruchbündel, dessen Darstellung das umstehende Profil giebt. Vielleicht ist auch diese Verwerfung schon in rhätischen Zeiten angelegt; wenn die ROTHPLETZ'sche Hypothese über die Entstehung des rhätfreien Gebietes richtig ist, so ist wohl auch an der Nordseite des Säuling ein solch' älterer Bruch

anzunehmen, da das Rhät hier meistens äusserst wenig mächtig ist. An der Blöckenau verschwindet das Gestein unter Schutt, taucht aber an den Benaköpfen wieder auf. Die Scholle besteht hier wie an der Niederstrausbergalm aus einem schmalen Streifen Hauptdolomit. Im Schwangauer Kessel verschwindet sie gänzlich, um erst in ziemlich grosser Mächtigkeit in der Gumpe wieder aufzutauchen. Am Joch zwischen dem vorderen und hinteren Scheinberg tritt sie aus unserem Gebiete hinaus, wird sich aber wahrscheinlich noch weiter verfolgen lassen. Die Gumpenscholle ist sehr schmal, aber äusserst wichtig, weil sie die gesunkene Verbindung zwischen den beiden Mulden der Säuling- und der Tegelbergscholle darstellt. Sie wird nach Norden durch eine Bruchlinie von mehr oder minder grosser Sprunghöhe von der Tegelbergscholle getrennt. Der Contact ist an vielen Stellen gut aufgeschlossen: im Labbach, an den Benaköpfen und der Niederstrausbergalm, der Gumpe etc. An verschiedenen Stellen können wir beobachten, wie die Ränder der gehobenen Schollen über diejenigen der gesunkenen hinübergeschoben sind. Trotzdem das Fallen der Schichten sich häufig ändert, wie aus den Profilen zu ersehen ist, fasse ich doch diese Scholle als den eingebrochenen First eines Sattels auf, in Ansehung dessen, dass die angrenzenden Theile Mulden darstellen. Den Rest einer Sattelwölbung finden wir noch im Hauptdolomit des Einbruches am Pilgerschrofen, im Allgemeinen aber sind die Schichten ziemlich steil gestellt, besonders im östlichen Theile.

Die Tegelbergscholle stellt, wie schon erwähnt, wiederum eine Mulde dar. Diese ist die Fortsetzung der Hundsarschmulde im Vilser Gebiet. Wenn man auf dem Tegelberg steht, so kann man ganz deutlich erkennen, dass beide Mulden in einer Linie liegen. Die Tegelbergscholle ist die directe Fortsetzung der Aggensteinscholle, der tektonische Grundplan aber ist in unserem Gebiete weit klarer. Alle Gesteine vom Muschelkalk bis zum Hauptdolomit (ausserdem noch das Cenoman) nehmen am Aufbau Antheil. Die Grenze bildet gegen Süden die Gumpen-, an wenigen Stellen die Säulingscholle, ganz ähnlich wie im Vilser Gebiet; nach Norden bildet die Schwanseescholle die Grenze. Der Contact ist auch hier an manchen Stellen gut aufgeschlossen, so vor allem im Raitbach von der gelben Wand bis zum Sattel beim Ilgenmösle, an anderen Orten verhindert Schutt und Pflanzenwuchs das Sichtbarwerden des Contactes.

Die Tegelbergscholle, welche die grösste in unserem Gebiete ist, hat eine ausgesprochen muldenförmige Lagerung, sowohl was das Einfallen der Schichten, als was die Aufeinanderfolge der Gesteine betrifft.

Den grössten Theil des Nordflügels der Mulde am Schwarzenberg und dessen Fortsetzung hat bereits ROTHPLETZ beschrieben; deshalb beschränke ich mich darauf, den übrig bleibenden Theil zu besprechen. Am Schwangauer Gatter ungefähr liegt die Muldenaxe, dort ist die Lagerung gestört; auch lässt sich an jenem Ort das Einfallen des Wettersteinkalks nicht sicher beobachten, etwas weiter gegen Süden scheint er ziemlich seiger (80° N.) zu stehen, an einer anderen Stelle scheint er flach gegen Südwesten zu fallen. An der Grenze gegen die Gumpenscholle hin liegt im Labbach eine schmale Partie von Raiblerschichten anscheinend concordant auf dem Wettersteinkalk, wir haben es hier wohl mit einem abgesunkenen Theile der Tegelbergscholle zu thun. Nahe vor dem Alsee beginnen neue Aufschlüsse, wir finden zweimal Dachsteinkalk und Hauptdolomit, welche nach Norden einfallen (Str.: O.—W. F.: 80° N. im nördlicheren Theil, Str.: N. 80° W. F.: 45° N. im südlicheren Theil). Im Schwarzenberg fallen alle

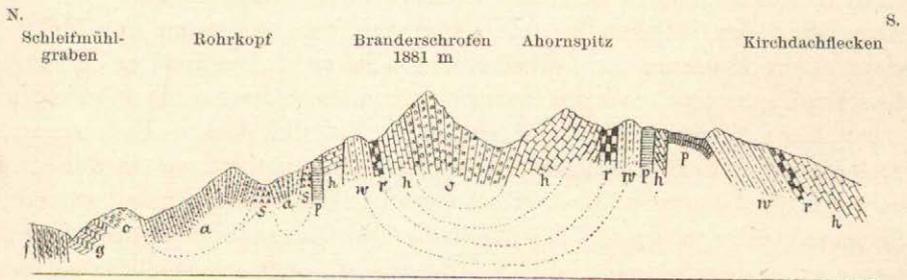


Profil (D) vom Schwarzenberg zum Kitzberg (am Westende des Alpsees).

w Wettersteinkalk; h Hauptdolomit; K Dachsteinkalk.

Maassstab 1:25000; Länge des Profils 700 m.

Schichten nach Süden ein, was man am nördlichen Alpseeufer an vielen Stellen beobachten kann; wir haben also an der Fürstenstrasse westlich vom Alpsee die Muldenaxe; sie geht durch den Nordtheil des Alpsees. An dieser Stelle ist die Mulde noch einigermassen gestört, je weiter wir nach Osten fortschreiten, desto klarer wird der Aufbau. Leider ist im Böllatthal ein grosser Theil der Gesteine verdeckt, erst zwischen Branderschrofen und Straussberg ist wieder alles vorzüglich aufgeschlossen. Am Branderflecken finden wir Cenoman, welches gegen Norden



Profil (E) vom Schleifmühlgraben bis zum Kirhdachflecken (im oberen Böllatthal).

P Partnachsichten; w Wettersteinkalk; r Raiblerschichten; h Hauptdolomit; s Fleckenmergel; a Aptychenschichten; g Gault; o Cenoman; f Flysch.

Maassstab 1:50000; Länge des Profils 700 m.

hin steil nach Süden, im Süden aber nach Norden einfällt. Schreiten wir gegen Norden vor, so finden wir mit gleichem Fallen und Streichen: Cenoman, Hauptdolomit, Raiblerschichten Wettersteinkalk, dann folgen Störungen, Hauptdolomit und Lias sind in den Wettersteinkalk eingebrochen, nördlich liegen noch Partnachsichten. Gehen wir vom Branderflecken nach Süden, so finden wir Cenoman, Hauptdolomit, Raiblerschichten, Wettersteinkalk und discordant anlagernde Partnachsichten, alles nach Norden einfallend oder steil stehend; nur die Partnachsichten sind stark gefaltet. Wir haben hier die instructivste Stelle der ganzen Mulde; das Einfallen stimmt mit der Schichtenfolge aufs Genaueste überein.

Weiter nach Osten wird das Bild wieder unklarer, da im Südflügel starke Störungen vorhanden sind, welche vielleicht auf das Vorhandensein vorcenomaner Brüche deuten, während ein Theil des Nordflügels durch den Schutt des Loberthales überdeckt wird. Wahrscheinlich sind unter dem Schotter Störungen ver-

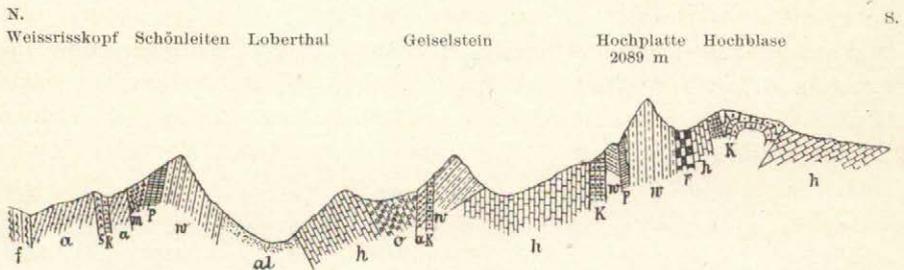
borgen. Sehr klar ist jedoch der äusserste Nordrand, welcher die Reihenfolge vom Muschelkalk bis zum Wettersteinkalk aufweist. Alle diese Verhältnisse sind auf den Profilen E und F zum Ausdruck gebracht.

Die Tegelbergscholle wird von einer Anzahl von Längsverwerfungen durchsetzt. Im Südfügel sind diese ziemlich häufig, aber von geringer Sprunghöhe. Die Querverwerfungen sind bedeutend seltener. Wenn wir vom Nordufer des Alpsees zum Kitzberg hinaufsteigen, so finden wir eine treppenförmige Wiederholung von Dachsteinkalk und Hauptdolomit, welcher letztere an dem Wettersteinkalk abstösst, die Raiblerschichten sind verschwunden; dieses Fehlen der Raiblerschichten hält an bis zum Böllatthale, wo sie früher unterirdisch aufgeschlossen waren. Am Ahorn, etwas bergwärts von der dort liegenden Jagdhütte, treten sie zu Tage, wir bekommen eine regelmässige Aufeinanderfolge von den Partnachschiehten bis zum Hauptdolomit. Diese Aufeinanderfolge zeigt sich auch weiter östlich an den Schneegeckerln, doch ist die Schichtenserie durch einen Querbruch nach Norden verschoben. Die Raiblerschichten verschwinden wieder am Hochkopf und bald darauf auch der Hauptdolomit, es treten dafür rhätische Schichten und Aptychenschichten auf, welche discordant aneinander lagern. Der ganze südliche Muldenflügel ist nunmehr höchstens einen halben Kilometer breit.

Ein zu beachtender Unterschied zwischen dem Hohenschwangauer Antheil der Aggenstein-Tegelbergscholle und dem Vilser Theil ist darin zu finden, dass im ersteren die Muldenaxe ziemlich in der Mitte liegt, während sie im zweiten (westlichen Theile) nach Norden rückt; ganz gegen Osten liegt die Axe sogar nahe dem Südrande der Scholle.

Gehen wir nun zur Betrachtung des Nordflügels über, so sehen wir, dass auch dieser von Längsverwerfungen durchzogen wird, doch eigentlich nur am Rande, dagegen werden die Querverwerfungen häufiger und wichtiger. Im Schwarzenberg besteht dieser Muldenflügel nur aus jüngeren Schichten (Hauptdolomit bis Malm); vom neuen Schloss an nehmen die älteren Schichten einen immer grösseren Raum ein, bis sie schliesslich die nördlich angelagerten jüngeren Gesteine am Drehgraben gänzlich verdrängen; damit treten aber auch die Querverwerfungen mehr in den Hintergrund. Östlich vom Mühlberger Kessel finden wir eine plötzliche Knickung der steil stehenden Schichten, dann kommen nur noch zwei bedeutendere Querspalten: am Mühlberger Älepele und an der Schönleiten. Im Gegensatz hierzu weist der Schwarzenberg eine grosse Anzahl von Querbrüchen auf. Weiter nach Osten, vom alten Schloss an, treten ganz merkwürdige Einbrüche auf. Wenn man z. B. den Tegelbergweg (von der Marienbrücke aus) verfolgt, so stösst man auf der Nordseite des Kammes östlich vom Thorschrofen (welcher an seinem „Thor“ leicht zu erkennen ist) auf einen alten, stellenweise verfallenen Jagdsteig, der in die Tiefe führt. Wenn man auf diesem hinuntergeht, so trifft man zuerst Raiblerschichten, dann Wettersteinkalk und kommt plötzlich in Hauptdolomit, welcher östlich und westlich von Wettersteinkalk begrenzt wird. Dieser letztere steht steil, der Dolomit ist stark zerklüftet, so dass eine Schichtung nicht deutlich wahrnehmbar ist. Dadurch, dass der Dolomit leichter erodirt wurde als der Wettersteinkalk, ist eine grossartige Schlucht entstanden, in welcher der Steig hinabführt. Am Ausgange der Schlucht findet man eine kleine etwas überkippte Scholle von weissröthlichem Lias und Hauptdolomit. Verfolgt man den von hier an schlecht gangbaren Weg noch weiter,

so kann man sehr schön die Anlagerung des (häufig röthlich verwitternden) Hauptdolomites an die Aptychenschichten beobachten. Ähnliche merkwürdige Brüche treten südlich vom Ilgenmösle auf. Diese Verwerfungen unterscheiden sich von den beiden übrigen Systemen durch ihre Unregelmässigkeit; wir haben es hier nicht mit der Erscheinung zu thun, dass eine grosse Bruchlinie sich in ein Bruchbündel auflöst, ebenso wenig haben wir hier eine gesunkene und zerquetschte Scholle. Wie schon erwähnt, hat ROTHPLETZ diese Erscheinung, welche auch im Vilser Gebiet auftritt, durch die Annahme rhätischer Bruchlinien zu erklären versucht, eine Hypothese, welche ich für mein Gebiet acceptiren zu müssen glaube. Waren ältere Brüche bereits vorhanden, so mussten diese bei der Aufrichtung der Alpen auf mancherlei Weise verschoben werden, neue Verwerfungen mussten entstehen, durch die älteren vorgezeichnet, bis sich schliesslich das Verwerfungssystem gebildet hatte, welches wir jetzt wahrnehmen. Mit dieser hier besprochenen Erscheinung steht wahrscheinlich die oben erwähnte in Zusammenhang, dass gegen Osten die complicirten Verwerfungen aufhören, denn die rhätischen Brüche müssen dort ebenfalls ihr Ende erreicht haben, da schon im Klammgraben wieder rhätische Schichten zu Tage treten.



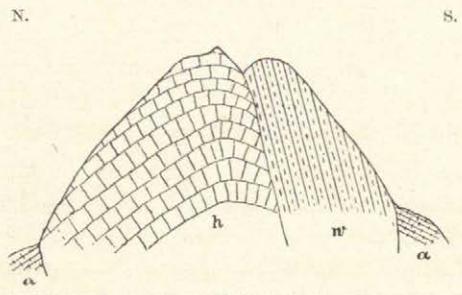
Profil (F) vom Weissrisskopf bis zur Hochblase.

m Muschelkalk; P Partnachschieben (nördlich von der Schönleiten bedeutet P Partnachschieben und Wettersteindolomit); w Wettersteinkalk; r Raiblerschichten; h Hauptdolomit; K Rhätische Mergelschichten, Plattenkalk, Dachsteinkalk; s Fleckenmergel; a Aptychenschichten; o Cenoman; f Flysch; al Schotter.

Maassstab 1 : 50000; Länge des Profils 700 m.

Wenn wir von der Tegelbergscholle nach Norden gehen, so stossen wir auf die Schwanseescholle. Diese ist wiederum ein abgesunkener Theil; sie besteht ganz aus jüngeren Ablagerungen: rhätischen Schichten bis Kreide. Die ersteren bilden nur einen ganz schmalen Zug im Klammgraben, den grössten Raum nehmen Lias und Aptychenschichten ein, Gault und Cenoman sind nur an einer einzigen Stelle, im Schleifmühlgraben, vorhanden. Die Schwanseescholle bildet die Fortsetzung der Vilser Scholle, die Aptychenschichten des Schwanzes liegen im Streichen der Aptychenkalke des Raitbaches. ROTHPLETZ konnte keinen tektonischen Grundplan dieses Theiles seiner Karte nachweisen, in unserem Gebiete stellt es sich heraus, dass wir es mit einer doppelten Mulde zu thun haben, welche allerdings auf der Vilser Seite nur theilweise vorhanden sein mag, verbreitert sich doch die Scholle bei Hohenschwangau ganz bedeutend, besonders nachdem der Rest der Füssener Scholle in die Tiefe gesunken ist. Die Schichten

streichen durchschnittlich von Osten nach Westen; am Schäfflerseck stehen sie ziemlich senkrecht, am wüthenden Graben fällt der nördliche Theil des Lias mit etwa 50° unter die Aptychenschichten ein, am Pechkopf in der Fortsetzung dieses Zuges sieht man in einem der riesigen Wetzsteinbrüche ganz deutlich das Umbiegen der Aptychenschichten, so dass das Vorhandensein dieser nördlichen Mulde vollkommen sicher ist. An demselben Berge, und zwar an der Ammonitenfundstelle, bildet der Lias einen Sattel, er fällt nach Norden und Süden unter die Aptychenschichten ein. Der nördliche Liasflügel der ersten Mulde ist im Schleifmühlgraben vorhanden, dagegen fehlt uns in dem Profil durch den Pechkopf der südliche Liasflügel der zweiten Mulde, er wird am Weissrisskopf (Klammgraben) durch eine Verwerfung abgeschnitten; wir können ihn jedoch in einem weiter im Westen gelegten Profil am Ilgenmööslle noch beobachten. Möglicherweise ist einer oder der andere dieser Liasstreifen etwas verschoben. Dies ist sicherlich der Fall am Weissrisskopf, wo die südlichen Aptychenschichten an die Kössener Schichten stossen, doch ist diese Verschiebung von ganz geringer Bedeutung, da die rhätischen Schichten mit ihren obersten Theilen an die Aptychenschichten stossen; auch im Raitbach ist eine solche sehr geringe Verschiebung bemerkbar. Die beiden Mulden mit dem mittleren Sattel durchziehen von West nach Ost unser ganzes Gebiet. Im Drehgraben sind die Schichten durch einen Querbruch verschoben, weiter östlich wird je ein nördlicher und ein südlicher Liaszug durch eine Verwerfung abgeschnitten, doch tritt der nördliche bereits am Reiselsberg (ausserhalb unserer Karte) im Trauchgau wieder zu Tage, allerdings um ein Bedeutendes nach Norden verschoben.



Profil (G) durch die Hornburg.

w Wettersteinkalk; h Hauptdolomit; a Aptychenschichten.

Maassstab 1 : 8000.

Nicht absolut sicher ist es, ob die Aptychenschichten nördlich von der Hornburg noch zu der Schwanseescholle gehören, es wäre möglich, dass sie sich an die Flyschscholle anschließen. Wenn man jedoch die im Allgemeinen so geradlinige Grenze des Flysches betrachtet, so wird diese Annahme unwahrscheinlich; da aber an den entscheidenden Stellen keine Aufschlüsse vorhanden sind, lässt sich die Frage nicht mit Sicherheit beantworten. Die Grenze der Schwanseescholle nach Süden haben wir bereits besprochen, im Norden ist sie gewöhnlich schlecht aufgeschlossen. Gute Aufschlüsse finden sich nur ganz im Nordosten. Dort stossen die Geröll- und Sandsteinbänke des Flysch an die

steilstehenden Aptychenschichten, so dass die ziemlich senkrechte Verwerfungsfläche deutlich zu beobachten ist.

Die Hornburgscholle, welche als die Fortsetzung der Füssener Scholle aufzufassen ist, stellt die Überreste eines Sattels dar. Wenn man von Nordwesten her auf dem Hauptdolomit in die Höhe steigt, so sieht man ziemlich in der Höhe die Umbiegung zum Sattelfirst sehr deutlich. Allerdings sind die meisten Schichtenglieder verschwunden, nur Hauptdolomit und Wettersteinkalk sind noch vorhanden. Die Scholle ist, soweit sie in unserem Gebiete liegt, sehr wenig ausgedehnt, orographisch hebt sie sich scharf von der Umgebung ab, der steile Felsenkegel fällt jedem Beschauer schon von Hohenschwangau aus auf. Der Querbruch, welcher diese Scholle von den Aptychenschichten des Rohrkopfes trennt, markiert sich ganz scharf durch eine Einsenkung. Die Grenzen der Hornburgscholle sind an keiner Stelle besonders gut aufgeschlossen, meistens sind sie durch Gehängeschutt verdeckt.

Wir gelangen nun zur Besprechung der letzten Scholle, der Flyschscholle. Sie tritt in unserem Gebiete zuerst wieder ins Gebirge, in den Vilser Alpen fehlt sie. Wir haben sie als stehengebliebene oder wenig gesunkene Scholle aufzufassen; wahrscheinlich wird sie von einer Anzahl kleiner Quer- und Längsbrüche durchsetzt, was aus dem häufig wechselnden Fallen und Streichen hervorgeht. Sicher nachweisen lassen sich diese Störungen nicht, da das betreffende Gebiet zu stark überdeckt und überwachsen ist. Wenn man in dem Thale des Halblechs den Flysch, welcher die ganze Scholle bildet, durchquert, so findet man eine Neigung zu sattelförmiger Aufbiegung; an einer Stelle ist ein Sattel thatsächlich vorhanden. Durchschnittlich stehen die Schichten ziemlich steil und streichen von Ost nach West. Die südliche Grenze haben wir bereits besprochen, nach Norden geht der Flysch bis zur Ebene, wo er durch Geröll überdeckt wird. Man trifft ihn am ganzen Gebirgsrand anstehend, so z. B. am Ausflusse des Halblechs, bei Buching, vor dem Bannwaldsee an der Fahrstrasse u. s. w., ferner schon in der Ebene in den Dörfern Schwangau und Horn, sowie jenseits des Lechs gegen Westen, wo ihn die Bahnlinie durchschneidet.

Es bleibt uns nun noch übrig, das System der Querspalten zu besprechen. Diese sind in unserem Gebiet, ebenso wie in den Vilser Alpen, fast immer jünger als die Längsspalten, da sie diese meistens verschieben. Nur in einzelnen Fällen, besonders da, wo wir es mit kleineren Einbrüchen zu thun haben, scheinen die Querspalten mit den Längsspalten gleichalterig zu sein. Dahin gehört vor allem wohl diejenige Verwerfung, welche die Hornburgscholle gegen Osten in der Tiefe verschwinden lässt; ferner die Querbrüche in der Gumpe, sowie diejenigen am Schlössel. Im Allgemeinen haben die Querbrüche geringen Einfluss auf die Tektonik, sie bewirken selten sehr beträchtliche Verschiebungen, lassen sich gewöhnlich auch nicht sehr weit verfolgen. Aus diesem letzten Grunde konnten sie auch nicht überall in die Karte eingetragen werden, trotzdem sie sicherlich vorhanden sind. Gewöhnlich waren sie nur an einzelnen Stellen sichtbar, an den meisten aber durch Schotter verdeckt. Besonders ist dies der Fall, wenn eine einzige Schicht durch einen Querbruch durchsetzt wird, z. B. der Hauptdolomit. Südöstlich von der Jägerhütte am Schützensteig zeigt an zwei Stellen im Bach der Hauptdolomit verschiedenes Streichen und Fallen, so dass hier Querbrüche anzunehmen sind; gegen Norden aber ist dann alles mit Latschen überwachsen, durch welche man nur unter grossen Schwierigkeiten hindurch

dringt; vom Gestein ist wenig mehr sichtbar. Auf dem tektonischen Kärtchen habe ich die Querbrüche soweit eingetragen, wie sie nach den Andeutungen in der Natur vorhanden sind, vor allem aber sind diejenigen Brüche durchgezogen, welche an vielen Punkten beobachtet werden, an manchen Stellen aber mit Schutt bedeckt sind.

Ganz besonders schön aufgeschlossen sind die beiden Querspalten östlich und westlich vom Straussberg. Die westliche ist in ihrer ganzen Ausdehnung vorzüglich aufgeschlossen, man beobachtet sie am leichtesten, wenn man von den Schneegeckerln auf dem Jagdsteig zum Benasattel (von den Jägern Kamin genannt) geht. Den östlichen Bruch kann man an vielen Stellen gut beobachten, besonders deutlich am Weg von der Jägerhütte (am Schützensteig) zur Niederstrausbergalm; zuerst sieht man die Raibler Kalke gerade am Weg gegen den Hauptdolomit streichen; etwas weiter nach Norden werden die Raibler Sandsteine durch den Wettersteinkalk abgeschnitten.

Von grösserer Bedeutung sind nur zwei Querbrüche, diejenigen, welche unser Gebiet im Westen und Osten begrenzen. Der westliche, welcher wohl eine Anzahl von Nebenspalten aussandte, hat die Entstehung des Lechthales verursacht. Wahrscheinlich waren zwei Haupteinbruchgebiete vorhanden: das von Reutte und das von Pinswang. Beide werden durch den Querriegel am Sattelwald getrennt, doch wird auch dieser von einer Anzahl von Querverwerfungen durchsetzt, deren Verlauf sich nicht genau nachweisen lässt, erstens weil der hier anstehende Hauptdolomit sehr breccienartig ist und vielfach die Bestimmung des Streichens nicht gestattet, zweitens weil der Querriegel stark überwachsen ist; immerhin konnte ich an verschiedenen Punkten verschiedene Streichrichtungen ablesen.

Der andere Querbruch liegt an der Nordostgrenze unseres Gebietes. Jenseits des Halblechs rückt die Flyschgrenze bedeutend nach Norden, am Reiselsberg kommt noch Fleckenmergel (mittlerer Lias) vor, welcher jedenfalls die Fortsetzung des Fällgrabenzuges bildet. Auch die Aptychenschichten sind nach Norden gerückt. Der Verlauf dieser sehr starken Querverwerfung wird sich erst bei einer Kartirung des Ammergebirges ergeben.

Die Querbrüche haben in unserem Gebiete einen charakteristischen Verlauf. Wenn wir das von ROTHPLETZ (Vilser Alpen, p. 57) publicirte tektonische Kärtchen betrachten, so sehen wir, dass im Westen der Vilser Alpen die Querbrüche in ziemlich gerader Linie von Norden nach Süden oder von Nordnordwest nach Südsüdost verlaufen. Etwas weiter nach Osten zeigt der Querbruch, welcher vom Hahnenkamm bis zum Zirmgrat zu verfolgen ist, eine Knickung, so dass der südliche Theil von Südsüdwest nach Nordnordost, der nördliche aber von Nordnordwest nach Südsüdost verläuft. Diese Knickung wird noch auffälliger an der Verwerfung, welche zwischen Zirmgrat und Weissensee beginnt und an der Ostgrenze der Gachtscholle endigt. Genau parallel zu diesem Bruch geht der Lauf des Lechs, in den übrigens derjenige Querbruch einmündet, welcher vom Weissensee über den Alatsee sich fortsetzt. Schon dass der Lech in seinem Lauf die Knickung der Querbrüche nachahmt, macht es uns höchst wahrscheinlich, dass sein Bett einer solchen Verwerfung folgt. In den Hohenschwangauer Alpen nun wird es zur Regel, dass die Querbrüche im Süden von Südwest nach Nordost, im Norden aber von Nordwest nach Südost verlaufen, wobei natürlich auch

einige Unregelmässigkeiten vorkommen. Während in den Vilser Alpen die Knickungsstelle stets in der Rainthalscholle liegt, reicht sie in den Hohenschwangauer Alpen in die nördlicher liegende Aggerstein-Tegelbergscholle hinauf. Wenn man die Knickungsstellen mit einander durch eine Linie verbindet, so stellt diese ungefähr die Durchschnittsrichtung des Verlaufs der Gebirgsrücken dar. Ob wir es hier mit einer zufälligen oder mit einer gesetzmässigen Erscheinung zu thun haben, kann erst die Kartirung des Ammergebirges lehren.

Die Beziehungen zwischen Orographie und geologischem Bau.

Naturgemäss hat die Tektonik eines Gebirges grossen Einfluss auf die Anzahl und Richtung der Thäler und Bergzüge. Manche Geographen sind zwar auch heute noch geneigt, der blossen Erosion durch Gletscher und Wasser eine grössere Bedeutung beizulegen, als sie in Wirklichkeit hat. Wenn man eine Detailkarte ausführt, so sieht man, wie wenig auf Rechnung jener eben genannten Factoren kommt, wie viel aber auf die der Tektonik. Häufig allerdings verbinden sich die Einflüsse beider: weiche Schichten werden zwischen feste Kalke eingeklemmt und zum Theil ausgewaschen; die Tektonik gab den Grundplan, welcher später durch die Erosion im Detail ausgearbeitet wurde. In unserem Gebiete konnte ich nur ein einziges echtes Erosionsthal (von übrigens geringer Bedeutung) entdecken, nämlich das des Erz- oder Roggethalbaches. Alle anderen Thäler sind entweder in weiche Schichten eingeschnitten, welche oft noch durch Verwerfungen gesenkt oder zwischen feste Kalke eingeklemmt sind, oder durch Einbrüche oder Faltungen erzeugt. Besonders zu beachten ist, dass an der Grenze einer Scholle fast immer ein Thal auftritt, ebenso auf jeder anderen, einigermassen bedeutenden Bruchlinie; aus der Karte geht der Beweis für diese Behauptung ohne Weiteres hervor. Die Höhenzüge werden fast immer durch festere Schichten gebildet, im Süden hauptsächlich durch Wettersteinkalk, im Norden durch Hauptdolomit und Aptychenkalke. Gegenüber den Vilser Alpen tritt der Hauptdolomit in dem Hohenschwangauer Gebiet als Gipfelbildner erheblich zurück, erst in der Region, welche südlich von derjenigen unserer Karte liegt, gewinnt er eine grössere Bedeutung. Dagegen fangen bereits am Brandershofen die cretacischen Gebilde an, die Gipfel von Bergen zusammensetzen; weiter nach Osten, gegen Linderhof zu, spielen sie eine noch grössere Rolle.

Schon im tektonischen Theile wies ich auf das Fehlen von grossen Querbrüchen hin. Mit dieser Erscheinung steht offenbar das Fehlen grösserer Querthäler im Zusammenhang. Das bedeutende Querthal des Lechs beruht sicherlich auf einer Anzahl von zusammenhängenden Einbrüchen; die Gletscher können hier schwerlich viel eingewirkt haben, findet man doch ihre Spuren nur in ganz geringer Höhe. Ein zweites, allerdings nicht besonders mächtiges Querthal finden wir in der Einsenkung des Drehgrahens; es steht sicherlich im Zusammenhang mit jener Verwerfung, welche die jurassischen Schichten in einer nord-südlichen Richtung verschoben hat. Ferner zieht sich noch ein grosses Querthal von der Kenzen bis in die Ebene. Auch dieses findet seine Bedingung in der nord-südlichen Verschiebung einer Schichtenserie; während auf der Westseite

die Flyschgrenze etwas nördlich von der Schönleiten liegt, finden wir sie im Osten erst am Reiselsberg, ca. einen Kilometer weiter nördlich.

Da der Zusammenhang zwischen Longitudinalbrüchen und Längsthälern direct aus der Karte hervorgeht, ist wohl eine weitere Besprechung dieser Erscheinung nicht nöthig. Wir wenden uns also zu der Thal- und Bergbildung, welche durch Faltung der Schichten hervorgerufen wurde. Das Böllatthal wird in seinem unteren Theil durch eine Reihe von Einbrüchen gebildet; weiter nach Osten, an der Jägerhütte (am Schützensteig), verdankt es sein Dasein einer Mulde im Hauptdolomit; zu dieser Mulde gehört als Muldensattel die Hochblase (siehe Profil F, p. 42). Dadurch dass die Erhebung dieses Berges tektonisch bedingt ist, wird bewirkt, dass der Gipfel aus den weichen rhätischen Schichten besteht.

Das Kälebachtal, welches nördlich von diesem Muldensattel liegt, ist zum grössten Theil in die steilstehenden Raiblerschichten, den Hauptdolomit und einen Theil der rhätischen Schichten eingeschnitten; vielleicht hat die Thalbildung in der Mulde begonnen.

Das 'vorzüglichste Beispiel für Thalbildung durch Faltung bietet uns die grosse Mulde der Tegelbergscholle. Diese Mulde, welche bereits im Vilser Gebiet am Hundsarsch zu beobachten ist, tritt in der Nähe des Schluxen in unser Gebiet ein und bildet die Einsenkung am Schwangauer Gatter. In ihr finden wir auch die tektonische Bedingung des Alpsees. Wie schon im tektonischen Theile ausgeführt ist, fallen Dachsteinkalk und Hauptdolomit im Schwarzenberg nach Süden ein, während sie neben der Fürstenstrasse nach Norden einfallen. Läge nun der Alpsee bloss in dieser Mulde, so würde er wahrscheinlich ein sehr schmales Becken bilden, vermöge des steilen Einfallens der Muldenflügel. Es kommt jedoch hinzu, dass die Mulde mehrfach zerbrochen ist. Am Westufer wiederholen sich Dachsteinkalk und Hauptdolomit, und der letztere grenzt nach Süden hin an Wettersteinkalk, es gehen somit zwei Längsverwerfungen in den See hinein. Den einen dieser Brüche finden wir etwas nach Norden verschoben am Älpeleskopf wieder. Ferner können wir am Nordufer beobachten, dass vier Querbrüche in den See einmünden, welche sicherlich ebenfalls Antheil an der Gestaltung des Sees haben. Der grosse Einbruch jüngerer Schichten nördlich vom Pilgerschrofen steht nur secundär mit der Entstehung des Seebeckens in Verbindung, insofern, als einige Verwerfungen in den See hineinreichen mögen. Sein östliches Ende findet der Alpsee an der Barre des Jurakalkes und Hauptdolomites, welche vom alten Schloss zum neuen zieht. Vielleicht war an dieser Stelle früher ein Abfluss vorhanden, doch ist das nicht sicher nachweisbar. Gegenwärtig fliesst das Wasser des Alpsees auf einer Kluft ab, welche sich vom Wendlingteich durch den Schwanstein (auf welchem das alte Schloss steht) bis zum Thal des Schwansees erstreckt, hier schießt das Wasser als starker Bach aus dem Felsen hervor. Wo die tektonische Anlage so klar ist wie beim Alpsee, kann natürlich von einer Entstehung des Beckens durch Gletschererosion nicht die Rede sein.

Die Hundsarsch- oder Alpseemulde bildet noch weitere Thäler. Zuerst bewirkt sie im Ahornthal eine Einsenkung, welche über das Joch des Branderfleckens in das Loberthal leitet. Auch dieses verdankt zum Theil seine Entstehung sicherlich dem Vorhandensein der Mulde. Wahrscheinlich sind im

unteren Ende des Loberthales Störungen vorhanden, welche eine Fortsetzung dieser Einsenkung verursachten. Die Muldenaxe läuft über den Sattel zwischen Rahmenstein und Geiselstein und die Einsenkung des Wangfleckens; sicherlich wird sich die Mulde jedoch noch weiter nach Osten verfolgen lassen.

Zur Kenntniss des Skelets der Acanthodinen.

II.

(I. vergleiche Geognostische Jahreshefte 1890.)

Von

Dr. Otto M. Reis.

Seit meiner ersten Publikation über *Acanthodes* (Geognostische Jahreshefte 1890) habe ich die mir in mancher Beziehung noch offene Frage nach der Feststellung der Skeletverhältnisse dieses Fisches nicht aus dem Auge gelassen; in der Zwischenzeit habe ich daher die schönen Materialien der Landesuniversität in Strassburg, der königlichen Bergschule in Saarbrücken und des Senckenbergianums in Frankfurt am Main zum Theil wiederholt studirt. Das Ergebniss dieser erweiterten Studien fiel zu Gunsten fast aller in meiner ersten Publikation bekannt gegebenen Thatsachen bezüglich der Lage, der Verbindung, Beschaffenheit und der Formen der einzelnen Skelettheile aus. Was die Deutungen betrifft, so bin ich noch von keiner abgekommen, hoffe sie vielmehr demnächst durch Veröffentlichung des oben erwähnten Materials noch befestigen zu können. Wie ich endlich die hypothetischen Skeletconstructions in Fig. VI und besonders Fig. VII (l. c. S. 20 und 28) aufgefasst wissen möchte, darüber habe ich mich S. 57 dieses Textes näher ausgesprochen.

Der Zweck der nachfolgenden Zeilen ist nun, meine durch die erwähnten Nachstudien gefestigten und geläuterten Deutungen mit den Ergebnissen eines neuen grossen Werkes von A. FARRER (Fauna der Gaskohle und Kalksteine der Permformation Böhmens, Bd. III, Heft 1) in Einklang zu bringen. In diesem mit vielen Tafeln und Text-Figuren ausgestatteten Werke findet sich eine grosse Anzahl von Angaben und Deutungen, die mit den meinigen in directem Widerspruch stehen, wobei der Autor versäumt hat, letztere in einer Controverse auf ihre Haltbarkeit zu prüfen, ihre Berechtigung zu verneinen oder anzuerkennen, Abweichungen zu begründen, ja ihre Existenz überhaupt zu bekennen. Ausser diesen Fällen findet sich auch eine grössere Anzahl von Angaben, die mit den meinigen übereinstimmen, ohne dass diese älteren Aussprüche auch nur zur

Bestätigung der jüngeren des Autors angeführt wären, und unter den ganz wenigen Bezugnahmen finden sich auch solche, wo Ausführungen meines Textes geradezu unrichtig wiedergegeben sind.

Trotzdem nun A. FRITSCH* der von WOODWARD und mir vertretenen Ansicht, dass die Acanthodinen Elasmobranchier sind, beistimmt, glaube ich, dass ein Gegner dieser Ansicht aus seinen Darstellungen und Auffassungen gerade das Gegentheil finden könnte und so von dieser Behandlung die Ansicht aufkommen könnte, dass die Acanthodinen einen Übergangstypus zwischen Elasmobranchiern einerseits und den übrigen teleostomen Fischen und Amphibien andererseits bildeten. Da ich nun der Überzeugung bin, dass die richtige Auffassung der Stellung und der Organisation der Acanthodinen für die Stammesgeschichte der Fische von äusserster Wichtigkeit werden wird, muss ich an dieser Stelle die neu aufgetauchten differirenden Angaben und Anschauungen kritisch abhandeln, damit sie nicht, soweit sie unberechtigt sind, die Grundlage zu dann noch weniger berechtigten Schlussfolgerungen bilden.

In gleichem Sinne um die Präcision der Stellung der Acanthodinen besorgt, habe ich auch in den Sitzungsberichten der Gesellschaft naturforschender Freunde zu Berlin 1892, Nr. 9 eine Zusammenfassung der wichtigsten Gründe gegeben, welche mich bewogen haben, die Acanthodinen zu den Elasmobranchiern zu stellen. Der Anlass hierzu war die Äusserung O. JAEKEL's, dass ich ausser anderem auch die Thatsache, dass bei *Cladodus* ein Augenring vorkomme, für die Einreihung der Acanthodier unter die Elasmobranchier für massgebend angesehen hatte. Da von einer solchen Meinungsäusserung in meinem Text nirgends die Rede, ich ausserdem diesen Augenring für sklerotikal erklärte und derartiges unter den Fischen bis dahin nur bei den knochenbildenden Fischen (bezw. Ganoiden) beobachtet war, so habe ich die Thatsache bei *Cladodus* nur angeführt, um die Berechtigung dieser meiner morphologischen Deutung bei einem Typus darzustellen, von welchem ich eben beweisen wollte, dass er ein Elasmobranchier und kein Ganoide sei; gemeinsame Merkmale zweier Gruppen beweisen aber nichts für die eine noch für die andere.

Wenn wir so zu dem Zweck unserer gegenwärtigen Darstellung schreiten, so müssen wir vor allem das Material betrachten, welches A. FRITSCH zur Verfügung stand; schon allein die ungünstigen Eigenschaften desselben lassen mir einen grossen Theil der differirenden Angaben erklärlich erscheinen. Die meisten der Figuren sind nämlich um ein Bedeutendes vergrössert und es ist in denselben eine grössere Klarheit, als sie im Material sich repräsentirt, dadurch fingirt, dass Dermalskelettheile, Knorpelverknöcherung und vermeintlicher Prismenknorpel in verschiedener Färbung gegeben sind. Das Gefühl der nicht ganz zuverlässigen Resultate seiner Methode verräth FRITSCH selbst, z. B. S. 53, wo er bezüglich der Deutung kleiner Knochenfragmente sagt: „Wenn ich mich in die nähere Deutung dieser Verkalkungen nicht einlasse, so geschieht dies in der Erwägung, dass die dargestellten Theile in starker Vergrösserung nach galvanischen Copieen gezeichnet sind.“ Diese Bemerkung gilt eigentlich für einen weit grösseren Umfang des dargestellten Materials, für die Darstellungsmethode überhaupt, und ich glaube nicht, dass es mit demjenigen concurriren kann, welches mir zur Verfügung stand und steht, das zwar auch seine Schattenseiten hat, aber doch die Möglichkeit unmittelbarer Anschauung in vollem Maasse bietet.

Über *Acanthodes* (*Traquairia*) *pygmaeus* FRITSCH spec.

In der Diagnose der Gattung fällt besonders der Satz auf: „Rücken, After und Schwanzflosse ohne Strahlen.“ Dies erinnert an eine gleiche Auffassung bei der Abhandlung der Xenacanthiden (Fauna der Gaskohle Bd. II, S. 99) wonach *Orthacanthus* Flossen ohne Hornstrahlen, *Xenacanthus* Flossen mit solchen besitzen soll. — Ich habe in meiner Abhandlung S. 26 dagegen die Flossenstrahlen der Pectoralis und Ventralis als in vital verkalktem Zustand überlieferte Hornstrahlen erklärt und bemerkt, dass Hornstrahlen an den anderen Flossen in weichem, nicht fossilisationsfähigem Zustand nicht überhaupt gefehlt haben dürften. Dies ist wichtig und mit Vorsicht zu gebrauchen, da das Fehlen von Hornstrahlen als Gattungsmerkmal gelten muss, ein wechselndes Auftreten von Verkalkung in denselben aber ein Familiencharakter ist, der an einem und demselben Individuum auftreten kann und daher allein keinen Gattungscharakter bilden darf.

Was den Schwanz der im Umriss höchst undeutlichen und theilweise defecten „Traquairien“ betrifft, so behauptet FRITSCH, dass von einer Schwanzflosse garnicht die Rede sein könne. Diese Thatsache würde sogar weit aus dem Familiencharakter herauspringen und ist offenbar nur auf Artcharaktere zurückzuführen, nämlich, dass die Beschuppung des unteren Schwanzlappens schwächer entwickelt und die Hornstrahlen an dieser Stelle nicht verkalkt sind.

Bezüglich der Schuppen bemerkt FRITSCH S. 51: „sie haben einen geräumigen Pulpalraum und entspricht er der nach hinten gelagerten Hautpapille, welche die Schuppen getragen hat.“

Wie ich versichern kann, sind die Acanthodinen-Schuppen rings geschlossen; die von FRITSCH erwähnte weissliche Masse zwischen zwei von vorne nach hinten folgenden Schuppen deutet nicht auf einen offenen Pulpalraum; sie findet sich zwar in Stachelhöhlungen, aber auch in den Rinnen auf der Unterseite der „Nervenschuppen“, welche FRITSCH selbst nicht als Pulpalbildungen erklärt. Ein Verhalten, wie es für *Traquairia* angegeben ist, würde eine solche Gattung überhaupt aus dem Verband der Acanthodinen ausscheiden.

Dass an den Schuppen der Acanthodinen eine hintere Spitze vorhanden ist, habe ich l. c. S. 16 durch mikroskopische Beobachtung bewiesen; zugleich habe ich auf den grundsätzlichen Unterschied der Acanthodinen-Schuppen und der Ganoiden (besonders der Palaeonisciden) hinreichend aufmerksam gemacht. Dies scheint FRITSCH ganz übersehen zu haben, wenn er bemerkt (S. 67), dass erst nach der Entdeckung der Schuppen von *Traquairia* und *Protacanthodes* die Verwandtschaft der Schuppen von *Acanthodes*, welche man mit denen der Palaeonisciden verglichen habe, und der Selachier klar wurde. Wenn aber diese hintere Spitze bei *Acanthodes* schon viel früher demonstrirt worden ist, so ist meine Meinung, dass FRITSCH das etwas stärkere Hervortreten der Spitze bei *Traquairia pygmaea* nicht als Gattungscharakter hat aufstellen dürfen; es kann dies bloß als ein Artcharakter aufgefasst werden und sprechen wir nach wie vor von einem *Acanthodes pygmaeus* FRITSCH spec.

An die Betrachtung des Schuppenkleides schliesst sich schicklich die der Schuppenbegrenzung der Seitenlinie; sie soll stellenweise zu einer einzigen Reihe „verschmelzen“, was aber mit grosser Vorsicht aufzunehmen ist. S. 51 unten

heisst es: nach vorne verändert die Seitenlinie ihre Form und zieht sich in einer Reihe mit einem Halbcanal versehener Schuppen über die Wangen um das Auge herum und dann auf den Scheitel.

Bezüglich dieser Schuppenreihen habe ich besonders wegen des Auftretens einer ganz gleich gebildeten medianen Reihe die Alternative offengelassen, ob sie zum Schleimcanal gehören oder als craniale Fortsetzung der bei anderen Acanthodinen vorhandenen dorsalen „parapodialen“ Schuppenreihe gehören könnten. Meine erweiterten Beobachtungen haben mir aber gezeigt, dass von der seitlichen Reihe hinter dem Auge ein suborbitaler Zweig nach dem vorderen Schnauzenende abgeht, wodurch ihre Angehörigkeit zur Seitenlinie ohne Weiteres feststeht.

Die von FRITSCH démonstrirte Schuppenreihe bei *Acanthodes pygmaeus* entspräche daher dem suborbitalen Zweig, doch existirt auch hier die normale frontale Reihe. Die Figuren 1 und 2 auf Taf. 105 und Fig. 1 auf Taf. 104 beweisen dies; man blickt nämlich von der Ventralseite auf den Schädel und erkennt (besonders Taf. 104, Fig. 1) den Raum für das Auge zwischen einer Reihe der in Rede stehenden Schuppen und dem mit der äusseren Oberfläche ventral umgeklappten, „vorderen Gaumenknochen mit verkalkten Rändern“, also dorsal vom Auge. Von dem Halbcanal heisst es bei FRITSCH S. 52, es lasse sich nicht sicher entscheiden, ob er auf der Aussen- oder Innenseite entwickelt war. Ich habe aber l. c. Fig. IV, c. S. 7 die Schuppen abgebildet und genau dargestellt, dass die dem Canal entgegengesetzte Seite skulpturirt ist, also die äussere Oberfläche gebildet haben muss. „*Traquairia*“ verhält sich also auch bezüglich der Seitenlinie nicht anders als *Acanthodes*, bei welchem FRITSCH zwar die frontale Reihe der Schuppen darstellt, aber die suborbitale nicht.

Was die Beschreibung der Flossen betrifft, so haben wir uns schon oben über den Gebrauch der Worte „Flossenstrahlen und Hornstrahlen“ und ihre systematische Verwerthung ausgesprochen. Es bleibt aber noch hinzuzufügen, dass in meiner Abhandlung S. 34 weiter ausgeführt ist, wie eine Regionalisirung des Schuppenkleides in der Caudalis auf die Existenz unverkalkter, wirklicher Hornstrahlen daselbst hinweist.

Über FRITSCH's Ableitung des Stachels der paarigen Flossen können wir rasch hinweggehen; sie leitet an dem Grundgebirge, dass der auch schon von mir festgestellte Verlauf der HAVERS'schen Canäle (fiederartig zur Stachelhöhle) auch für die Dorsalstacheln gilt, für welchen dann auch die Urflosse von archipterygialen Typus gelten müsste. Ganz unstatthaft ist hierbei die Homologisirung der Stachelhöhle und Stachelcanäle (HAVERS'schen Canäle), als ob die letzteren jemals Knorpelhöhlungen gewesen sein könnten, wie es die erstere thatsächlich ist und bleibt. Dass die HAVERS'schen Canäle überhaupt unmittelbar von der Stachelhöhle ausgehen, ist eine Ausnahme, welche nicht einmal für alle Acanthodinen (vergleiche meine Abhandlung S. 7, Fig IV, e) zutrifft; es beruht dies darauf, dass in Folge der bei Acanthodinen im Allgemeinen bemerkbaren Anzeichen einer Reductionstendenz im Hautskelet sowohl die Innenschicht der radialen Canäle als auch theilweise die innere Zone senkrecht im Stachel aufsteigender HAVERS'scher Canäle nicht verkalken.

Was nun die Osteologie des Schädels von *Acanthodes pygmaeus* betrifft, so bemerkt FRITSCH S. 521: „die Schädelkapsel war ein zusammenhängendes, den

ganzen Schädel umfassendes Gebilde, das vielfach in Schwefelkies sich erhalten hat und überall eine Zusammensetzung aus vier- und dreieckigen Plättchen zu erkennen giebt, welche letzteren den Kalkprismen der Selachier entsprechen dürften.“

Ich habe hierzu zu bemerken, dass auf keiner der vorhandenen Tafeln eine Schädelkapsel dieser Beschreibung nur in einigermaßen befriedigendem Bilde vorliegt. Zudem rechnet FRITSCH zu der Schädelkapsel noch andere Dinge: Taf. 104, Fig. 1 soll eine Verdickung des Hinterrandes des Schädels darstellen, und es ist derselbe nichts anderes als ein Theil des verdickten Quadratkiels des Palatoquadratum, wie ich es bei *Acanthodes Bronni* dargestellt habe. Das Gegenpart ist, von der Fläche der Knorpelhöhlung aus gesehen, grüngefärbt und seine zerquetschten dem Unterkiefergelenk zugewandten Theile (braungefärbt, von der äusseren Oberfläche aus gesehen) sind als „Verknöcherungen der Ohrgegend“ gedeutet. Dahinter liegt ein Theil des Hyomandibulare (desgleichen eine seitliche Verkalkungshülle desselben von der Innenfläche gesehen und grüngefärbt). In Fig. 7 derselben Tafel ist als Cranium ebenso die Innenfläche der einen Verkalkungshülle des Palatoquadratum (grün) bezeichnet, als Palatoquadrat nur ein Fragment der entgegengesetzten Hülle von der Aussenseite (braun), durch deren theilweise Abspaltung nur die Innenfläche der entgegengesetzten Verkalkungshülle zum Vorschein kommt. FRITSCH hat die von mir ausführlich dargestellte Hüllenverkalkung und daher die Möglichkeit der Zerspaltung eines jeden flächenhaften Knochens in zwei Hälften ganz übersehen, was bei der Kleinheit der Objekte sehr erklärlich ist. Daraus folgt aber eine Masse von Irrthümern.

Vor allen Dingen beruht die Annahme einer Prismenverkalkung auf einer grossen Täuschung; bei *Acanthodes* wenigstens, bei welchem FRITSCH (*Acanthodes Bronni*, *A. gracilis* und *A. gracilis* var. *Bendai*) sie darstellt, ist sie nicht vorhanden und offenbar auch nicht bei *Acanthodes pygmaeus*. Makroskopisch ist bei *Acanthodes* nichts davon zu erkennen, mikroskopisch noch weniger, und habe ich betont, dass die Structur der continuirlichen Verkalkung der Elasmobranchierwirbel am nächsten komme (Verkalkung des gemischten prochondralen Knorpels nach HASSE).

Die Verkalkung der Knorpelskelettheile bei *Acanthodes* findet offenbar wegen des Mangels der Zähne schon auf einem früheren Stadium der Knorpelentwicklung an der Aussenseite der Kiefer statt; zuerst zu einer Zeit, wo der Vorknorpel noch mehr spindelzellig-faserig ist, wodurch die Aussenschicht schon makroskopisch dicht und längsfaserig erscheint; dieser Modus bleibt bei der allmäligen Entwicklung der hyalinen Substanz, wodurch die Innenfläche den Habitus der „Knollenverkalkung des gemischten (hyalinen und faserigen) Knorpels“ erhält, welche also aussen Faserknorpelverkalkung zeigt, mit partiell eingeschlossenen, unverkalkten hyalinen Inseln in der Innenseite der knolligen Verkalkung.*)

*) Die Entwicklung der hyalinen Substanz findet nach dem zum Theil in undifferenzirterem Zustand des Gewebes befindlichen Perichondrium der einzelnen Skelettheile von innen nach aussen statt. Wenn wir daher auf der Innenseite der Kalkhüllen bei *Acanthodes* die Höhlen eingeschlossener hyaliner Inseln erkennen können, so haben wir hier genau dieselbe Folge von aussen nach innen wie bei den Wirbeln der Elasmobranchier von innen nach aussen, d. h. von der weniger differenzirten Schicht des centralen Doppelkegels nach der Schicht des

Ich kann nach meinen sehr erweiterten Erfahrungen nun versichern, dass das, was FRITSCH im Allgemeinen „Verknöcherung“ nennt, nichts anderes ist als die Ansicht der Oberfläche oder des queren Durchbruchs der dichten, faserigen Aussenschicht der Hüllenverkalkung der Knorpelskelettheile; dagegen ist alles, was er Kalkprismen nennt, nichts anderes als die Ansicht der unregelmässig bis regelmässig porösen Innenfläche der Kalkhüllen, welche durch Druck innerlich zerspalten ist.

Zur Deutung der Prismenstructur am Cranium wird auch wohl noch eine andere nicht hierher gehörige Beobachtung verleitet haben. Ich habe l. c. S. 13 festgestellt, dass die drei Schuppenreihen des Schädels Theile einer continuirlichen Schädelbedeckung darstellen. Wenn nun die Skelettheile mineralisch durchsetzt sind, so können diese polygonalen Schüppchen bei grosser Kleinheit schon den Eindruck von Kalkprismen machen. Ich werde hierin bestärkt erstens durch die von FRITSCH S. 52 erwähnte Reihe von viereckigen Knorpelstücken, welche „an die Spiracularia von *Polypterus* erinnern“, zweitens durch die in der Restauration S. 70, Fig. 269 gegebene, von den „Rändern des Rostrums bis in die Schläfengegend des Craniums gehende, verdickte Leiste von stärkeren Kalkprismen“. Dies ist ja aber der Verlauf der frontalen Reihe der Seitenlinienschuppen, welche FRITSCH bei *Acanthodes pygmaeus* nicht kennt.

Nach allem diesen darf man die gegebene Darstellung und Restauration des Craniums für völlig unbegründet halten.

Bei der Besprechung der Unterseite des Craniums bemerkt FRITSCH S. 69 ausserdem: die Deutung der verschiedenen Verkalkungen der Schädelbasis ist eine sehr gewagte Sache und ich will darin nicht REIS folgen, welcher an zerquetschten Schädeln von *Acanthodes* sogar Parachordalia und Trabeculae zu erkennen glaubt, welche doch bei Entstehung des knorpeligen Schädels nur vorübergehend auftreten und nie als selbständige Theile verkalken.

Dieser Belehrung brauche ich nur meine unverfälscht citirten eigenen Worte entgegenzuhalten (l. c. S. 11 unten): Natürlich sind die betreffenden Theile nur verkalkte Parteen des dorsal knorpelig oder häutig geschlossenen Craniums; zwei Zeilen vorher sprach ich von einer „Reminiscenz an die ursprünglichen Stadien des Wirbelthiercraniums“, weil man sehr wohl annehmen kann, dass die ältesten Parteen des Craniums auch am schnellsten verkalken. Partielle Verkalkungen des Craniums kennt man, und es ist bekannt, dass die Stellen, von welchen aus hauptsächlich das Knorpelwachsthum auszugehen scheint (Nasen- und Ohrregion), also die relativ jüngsten, am längsten weich bleiben. Jedenfalls ist diese Annahme viel begründeter als die Annahme von FRITSCH, dass alle Gelenkenden der Kieferskelettheile besonders stark verkalken, worüber wir uns noch aussprechen müssen.

S. 53 erwähnt nämlich FRITSCH nach Aufstellung einer äusserst fraglichen „Gehörkapsel“ noch andere feste Stücke in der Ohrgegend, deren Zugehörig-

hyalinen Knorpels zu. Diese Verkalkungsart ist also, wenn sie auch bei allen Skelettheilen ausser der Wirbelsäule ausnahmsweise auftritt, doch durchaus Elasmobranchier-artig; ihr Auftreten ist hier aber nur dadurch so ausnahmsweise, weil bei Acanthodinen in einer ebenso ausnahmsweise auftretenden Thatsache die Zähne in den Kiefern fehlen; hierdurch wird eine hypertrophische und frühzeitig auftretende Verkalkung in den Kiefern selbst bedingt, welche eine Prismenverkalkung natürlicherweise ausschliesst.

keit zum Ohrsegment ihm nicht sicher scheint; er vermuthet, dass sie „zur Gelenkverbindung der Kiefern mit dem Schädel“ gehören.

Diese Ansicht kann ich nicht bestätigen; die Verbindungsstelle des Palatoquadratum mit dem Schädel ist in meinem Material stets besonders gut erhalten; es ist dies das proximale Ende des Quadratkiels. Es unterscheidet sich nun weder in der Verknöcherungsstärke von dem mittleren Theil desselben, noch ist die eigentliche proximale Gelenkfläche verkalkt (die Gesteinsmasse dringt stets etwas in den Kiel ein). Das Gleiche gilt von dem Kiefergelenk selbst. Diese Annahme ist also willkürlich und kann keine Grundlage abgeben, die Selbständigkeit der von mir als selbständig erkannten Prälabiale und Prämandibulare anzuzweifeln. — Die „Verknöcherungen der Ohrgegend“ gehören übrigens dem Gelenkabschnitt des Palatoquadratum mit dem Unterkiefer an; es sind die bei der Zerspaltung der Matrix und einer Zersplitterung des Palatoquadratum liegenden gebliebenen Fragmente einer (der inneren?) Hüllenhälfte desselben von der glatten Aussenfläche gesehen.

Im Zusammenhang mit der weiteren Besprechung des Palatoquadratum beschreibt FRITSCH dessen vorderes Ende in einem dislocirten Stück und bemerkt mit Beziehung auf mich: „dieses als Prämaxillare zu deuten, halte ich für voreilig.“ Abgesehen davon, dass FRITSCH es für weniger voreilig hält, von einem Parasphenoid zu reden, wo jede andere dermale Verknöcherung im Gaumen fehlt, von Radii branchiostegi ohne Opercularapparat und bei Annahme separater offener Kiemenspalten, von Clavicula und Infraclavicula — abgesehen davon habe ich das Wort Prämaxillare ausdrücklich um Missverständnissen vorzubeugen nur ein einziges Mal gebraucht und es in meinem ganzen Text durch das Wort Prälabiale ersetzt. Das in Rede stehende Gebilde habe ich nämlich nicht mit dem Prämaxillare im gewöhnlichen Sinne, sondern mit dem Lippenknorpel der Haie verglichen, welcher auch bei Froschembryonen beobachtet wurde und hier nur die knorpelige Grundlage der Prämaxilla bildet. Ich nannte daher den Knorpel im Gleichklang mit Prämandibulare Prämaxillare oder Prälabiale, welchen letzteren Terminus ich für meinen ganzen Text vorzog.

Für dieses Prälabiale habe ich nun festgestellt (und kann ich auch durch mein neues Material beweisen), dass es sich eben nicht an das Palatoquadratum anschliesst wie das Prämandibulare an die eigentliche Mandibel, sondern an ein hinteres Stück, das ich Labiale genannt habe. Die Ansicht FRITSCH'S ist also ebenso aus der Luft gegriffen, wie seine Behauptungen bezüglich des Craniums und der Gehörverknöcherungen.

Was die Prämandibel betrifft, so zeigt sie nicht das Verhalten einer separaten, undeutlich umgrenzten symphysealen Verknöcherung, wie FRITSCH annimmt, sondern das eines Gliederungsstückes. Es kann daher nur von einer Angliederung an die Mandibel oder einer Abgliederung von derselben die Rede sein; da Prälabiale und Labiale im vorderen Mundrand der Prämandibel und Mandibel entgegenwirken, so müssten erstere die Ursache der Abgliederung der letzteren sein. Es ist so augenscheinlich, dass hier nicht entfernt ähnliche Ursachen zu einer Abgliederung vorliegen, wie sie zum Beispiel bei der Bildung des dermalen Prämandibulare bei *Aspidorhynchus* vorliegen. Es bleibt also nur die Möglichkeit einer Angliederung, und ich glaube in der Bildung des für alle älteren Teleostomen wichtigen Mentomeckelianum (welches man auch früher für eine symphyseale Verknöcherung ansah, aber nach PARKER eine vom

Meckelschen Knorpel selbständige Entstehung hat) den homologen Vorgang mit der Bildung des Unterkiefers bei *Acanthodes* erkannt zu haben. Diese von dem Mandibularknorpel selbständigen Knorpel heissen bei den Elasmobranchiern „Submentalknorpel“ und kommen bei den lebenden Scylliiden und den Holocephalen vor.

Was die Verbindung von Unterkiefer und Oberkiefer anbelangt, so erwähnt FRITSCH auch ein Quadratum, von welchem in meinen Skizzen keine Erwähnung geschehen sei: Dies ist nicht richtig! In allen meinen Figuren ist der mächtige Condylus des Palatoquadratum deutlich dargestellt und ich kann versichern, dass er ein wesentlicher Theil des Palatoquadratum (beziehungsweise seines Quadratkies) und nicht äusserlich, nicht innerlich von ihm getrennt ist. Für das hiergegen recht winzige Quadratum FRITSCH's habe ich ein anderes Unterkommen. Ich habe nämlich S. 3 eines kleinen Kronenfortsatzes der Mandibel ausdrücklich Erwähnung gethan, welcher in eine eigenthümliche Grube auf der Innenfläche des Palatoquadratum einspielt (vergl. l. c. Fig. I und III); hinter diesem Fortsatz ist das eigentliche grosse, normale Gelenk, gegen welches die von FRITSCH angenommene Gelenkverbindung eine Monstrosität von Kleinheit ist. Bei meinen Exemplaren ist dieser Kronenfortsatz nur ein Theil des Oberandes der Mandibelhülle; möglich ist, dass er bei jungen Exemplaren separat ist, dann ist dies eher ein Beweis, dass er zum präoralen Knorpelsystem gehört und mit einem separaten Quadratum nichts zu thun hat.

In meiner Arbeit habe ich die Zahnlosigkeit der Acanthodinen als eine Grundeigenschaft dieser Familie darzustellen gesucht und TRAQUAIR bestätigt, Geolog. Mag. 1893, S. 177, dass dies nun endgiltig feststehe. FRITSCH spricht zwar noch von Zähnen; so bei *Acanthodes* und *Cheiracanthus*: Zähne klein oder abwesend, bei *Acanthodopsis* Zähne gross, übersieht aber hierbei, dass HANCOCK und ATTNEY (vergl. meine Abhandlungen S. 9 und 23) mikroskopisch nachgewiesen haben, dass letztere Zahnvorragungen der köchernen Hülle der Mandibel angehören, also keine Dentinbildungen sind. Bezüglich der Zähne von *Acanthodes pygmaeus* giebt er auch sehr problematische indirecte Daten (S. 53, Taf. 104, Fig. 4). Hier erkennt er am Oberrande von sehr fraglich als Unterkiefer gedeuteten minimalen Stäbchen eine „Zahnleiste mit Gruben nach Zähnen.“ Hiergegen ist zu betonen, dass Zahnalveolen nur durch Umwachsung der Zahnwurzeln bei dermalen Kieferknochen entstehen können und die Kiefer der Elasmobranchier (respektive deren Kalkhüllen) nie zu den Zähnen in irgend welche unmittelbare Befestigungsbeziehung treten.

Bezüglich der Zungenbeinfrage ist FRITSCH in die alten Deutungen zurückgefallen. Ich habe nachgewiesen (nicht „behauptet“), dass das als Hyoid gedeutete Gebilde aus Dentin bestehe“, dass es also höchstens als ein dem Hyoid aufgelagertes Zahngebilde zu betrachten ist. Das eigentliche Hyoid sei wegen dieser Auflagerung ebenso wenig verkalkt, wie der knorpelige Schultergürtel in Verbindung mit dem zweifellos dermalen Claviculoid (dermale Clavicula nach FRITSCH, vergl. unten); dies ist eine ganz befriedigende Analogie. Ist nun das fragliche Hyoid ein „Dentohyoid“, so ist es mit der Deutung der „Radii dentohyoides“ als Radii branchiostegi eine heikle Sache; ich habe sie mit der grössten Vorsicht behandelt. Es giebt zwei Möglichkeiten, entweder entstehen die Radii dentohyoides aus der inneren Cutis der Schlundhöhle oder aus der äusseren Cutis der Kehle; im ersteren Falle können Rechenzahnbildungen des Hyoidbogens eine

selbständige Grössenentwicklung besitzen, etwa wie die bei vielen Teleostiern stark verlängerten Rechenzähne der ventralen Hälfte des I. Branchialbogens; wie diese nach dem Hyoid verlängert sind, so könnten bei Acanthodinen solche vom Hyoid aus gebildet sein. Oder es könnten auch Rechenzähne des Hyoids den knorpeligen Hyoidradien entsprechend verlängert sein und von innen zur Hyoidmandibularfalte in Beziehung treten, welche bei Elasmobranchiern vor allen anderen Branchialfalten entwickelt ist; dies ist meine Ansicht. — Die zweite Möglichkeit wäre, dass es Gebilde der äusseren Cutis, vergleichbar den Radii branchiostegi, sind. Nun habe ich dargestellt, dass die ganze Kehlseite eine continuirliche Chagrinbedeckung besitze; eine Bedeckung von Radii branchiostegi durch Schuppen giebt es aber weder bei älteren, noch bei jüngeren Ganoiden und bei isolirten extremen Seitenzweigen der jüngsten Teleostier erst bei Familien, wo sowohl die Radii branchiostegi an Zahl sehr stark reducirt sind, als auch die übrigen Kopfknochen und auch Flossenstrahlen von Schuppen überdeckt werden. In alten Dentin-Hautskelettypen giebt es überhaupt keine Überschiebung von ausgebildeten Cutisbildungen durch andere; hier ist das „Nebeneinander“ ausnahmslos Gesetz. Die Überlagerung der Radii dentohyoidei durch Chagrin endgültiger Grösse ist daher nur scheinbar und dadurch zu erklären, dass erstere dem Schlund angehören, letztere der äusseren Kehlseite.

Ganz Ähnliches muss für den Schultergürtel gelten, von dem ich ebenso nachwies, dass er aus Dentin bestehe, und doch behauptet FRITSCH: soviel ist gewiss, dass diese Theile (Clavicula und Infraclavicula) die Function eines Schultergürtels versehen, aber über ihre Bedeutung in's Klare zu kommen ist unmöglich. Ich habe aber gerade aus der Bildung des Claviculoids geschlossen, dass es eben nicht gewiss ist, dass das Gebilde eine Clavicula-artige Function hat. Gewiss ist nur, dass es einem knorpeligen Schultergürtel nahezu axial angegliedert ist und dass diese Angliederung dorsal von der Flossenansatzstelle liegt. Der knorpelige Schultergürtel der Elasmobranchier ist vom Hautskelet unabhängig und wird in ganzer Länge von Muskeln fixirt, der Schultergürtel der Ganoiden ist dagegen ein Doppelgebilde; der dem Schultergürtel der Elasmobranchier entsprechende knorpelige Theil befestigt sich an dem dermalen Gürtel, welcher nun selbst von Muskeln und anderen Hautskelettheilen getragen wird.

Das sich an den nicht verkalkten, knorpeligen Schultergürtel bei *Acanthodes* angliedernde Dentingebilde wird aber in ganz eigenthümlicher Weise getragen, es sitzt wie der Flossenstachel an seinen distalen Enden auf Knorpelzapfen auf, die nothwendig getrennten Gebilden angehören müssen.

Ich habe auch in einer hypothetischen Reconstruction eine der beiden hierbei zu berücksichtigenden Möglichkeiten figürlich darzustellen gesucht und gezeigt, wie ein ursprünglich vom Schultergürtel getrenntes Dentingebilde, ohne auch nur eine entfernte Ähnlichkeit mit der Function einer Clavicula zu haben, durch eine Aneinandergliederung zweier sie tragenden Knorpelgebilde (Scapula und Infra-scapula, an deren letzteren Stelle wir auch den hintersten, an die Scapula sich angliedernden Kiemenbogen setzen können) in eine Clavicula-artige Lage gerathen kann. Das Verdienst hiervon liegt darin, wahrscheinlich gemacht zu haben, dass es noch ganz andere Möglichkeiten giebt, dies merkwürdige Gebilde zu erklären, und man nicht nothwendig auf eine Clavicula

zurückzugreifen braucht; diese Möglichkeit anzuerkennen werden sich selbst die widerstrebendsten Gemüther gewöhnen müssen.

Die Sache hat auch eine Kehrseite; mit der Abweisung der Clavicula und der Radii branchiostegi ist auch die Hypothese in weitere Ferne gerückt, nach welcher bei Elasmobranchiern im Hautskelet einzelne die Teleostomen charakterisirende Skeletelemente isolirt auftreten könnten, ohne dass im übrigen Skelet auch die Grundlage solcher Bildung, das histologische Grundelement, die Knochenzelle, vorhanden ist.

FRTSCH freilich hat im Claviculoid von *Machaeracanthus* Knochenkörperchen sehen wollen; dies beruht aber auf einer gänzlich irrthümlichen histologischen Diagnose, worauf wir unten ausführlich zurückkommen.

Über *Acanthodes Bronni* Ag.

Auch diese Art hat FRTSCH in einzelnen Exemplaren untersucht und auch hier dieselben Irrthümer bezüglich der Art der Verkalkung der Skelettheile, wie sie schon oben besprochen wurden, aufgestellt.

Einzelnes erfordert eine genauere Besprechung; in Fig. 7, Taf. 106 beobachtet FRTSCH einen Hyoidbogen (Dentohyoid), und daneben vier Kiemenbogen, welche Prismenstructur besitzen sollen. Da bei *Acanthodes Bronni* in einer Grösse, wo das Dentohyoid nur 12 mm lang ist, noch kein Kiemenbogen verkalkt und die Mandibel erst zu verkalken beginnt, so muss ich die von FRTSCH als Kiemenbogen gedeuteten, noch schwach verkalkten und daher in scheinbare Prismen verdrückten ganz schmalen Züge als Randverkalkungen der Kiefer ansehen, an welche sich das Dentohyoid in gleicher Längserstreckung anlegt. Sodann erwähnt FRTSCH fünf „Kiemensäcke“; sie sind nach seiner Meinung aus zwei Reihen Kiemenblättchen gebildet, welche „einen gekerbten äusseren Rand zeigen, der wohl zur Anheftung an die Körperhaut diene“ (S. 60), „... so dass die rechte Seite einer solchen Kieme in die eine Höhle, die linke in die benachbarte zu liegen kam“ (S. 61 zu Taf. 107, Fig. 1 und 16).

Diese Deutung ist eine in ihre Grundirrhümer nur schwer aufzulösende Illusion. Erstens ist zu bemerken, dass die Kiemenblätter niemals selbst verkalken, sondern nur ihre zwischen den beiden Kiemenblattreihen liegenden hyalinenknorpeligen Radien; letztere sind bei den Elasmobranchiern unpaare längliche Gebilde, sie verkalken selten und erst dann schwach, wenn die Kiemenbogen sehr stark verkalkt sind. Bei Ganoiden und Teleostiern sind die Kiemenradien paarige Gebilde, welche durch randliche Zellenumbildung mit schwacher Verkalkung deutlich in drei Zonen zerfallen; sie bestehen hier nicht aus hyalinem Knorpel und sind bei vielen fossilen Gattungen in einheitlicher Verkalkung erhalten. Zweitens endigen beider Arten Gebilde frei und spitz; die Radien der Elasmobranchier endigen im Septum zwischen den Kiemenblättern, sind von Muskeln überdeckt und befestigen sich niemals an der Haut selbst; ein vermeintlicher gemeinsamer gekerbter Rand bei *Acanthodes* kann also hierauf nicht bezogen werden. Drittens vereinigen sich auch die eigentlichen Kiemen (oder Kiemenblättchen) niemals distal bei Elasmobranchiern, sondern bleiben durch das muskulöse Kiemenseptum getrennt. Von Kiementaschen und Kiemenblättchen kann also in keinem Falle die Rede sein. Der einheitliche

gekerbte Rand ist überhaupt eine Illusion, die Kerbung ist ein missverstandenes Zeichen getrennter, aber eng aneinandergereihter Theilchen, und was FRITSCH für Kiemensäcke mit Kiemenblättchen ansieht, ist nichts anderes als die dichte Reuse des inneren Rechenzahnbesatzes der Kiemenbogen; ihre Spitzen ragen von beiden Seiten der Kiemenbogen interbranchial in den Schlund hinein; der „gekerbte Rand“ stellt die Reihe der basalen Verdickungen einer lateralen Serie der Rechenzähne dar, welche die der anderen Serie verdeckt (weil die Kiemenbogen nicht ganz symmetrisch sind). Das aber, was FRITSCH Taf. 106, Fig. 7 in zwei Reihen „Rechenzähne“ nennt, sind Dentohyoidradien (jedenfalls die eines Dentohyoids, welche unter den Rechenzähnen des ersten Kiemenbogens hindurch nach dem Vorderrand des zweiten Bogens verlaufen).

In Taf. 106, Fig. 2 und 3 demonstrirt FRITSCH ein Hyoid (Dentohyoid), einen Kiemenbogen mit daran sitzenden Rechenzähnen, darüber fadenartige Stäbchen, welche er als „Stützeleisten“ bezeichnet, die „auf die einzelnen Kiemenblätter übergehen“. Diese in so aparter Weise gedeuteten Gebilde sind nichts anderes als schwach verlagerte Dentohyoidradien!

Hierdurch wird ersichtlich, wie FRITSCH Kiemenblättchen und Kiemenradien von Elasmobranchiern und Ganoiden, endlich Rechenzähne und die fraglichen Radii dentohyoidei mit einander in krauser Weise vermengt, dass also die Resultate seiner Abhandlung zu einer Lösung der Frage in dem Sinne, wie ich sie angeregt habe, nicht herbeigezogen werden kann.

Acanthodes gracilis BEYR.

Hier interessirt uns vor allem die Bestätigung der von TROSCHEL und mir behaupteten Existenz einer Bauchlinie, welche WOODWARD in Abrede stellte. FRITSCH sucht freilich trotz der vollkommenen Identität mit den Schuppen-Bildungen der eigentlichen Seitenlinie, sie nur als eine „Art Bewaffnung der Bauchkante“ darzustellen. Ich bin überzeugt, dass diese Annahme ebensowenig Gläubige findet als seine Ableitung der paarigen Flossenstacheln.

Taf. 106, Fig. 8 zeigt Skelettheile, von deren Auffassung nun FRITSCH auch eine Correctur der Deutung der von mir als Parachordalia und Trabeculare bezeichneten Gebilde unternimmt; er erklärt das, was ich Rostrum genannt habe, als eine Copula, welche mit einem Hypo- und Keratobranchiale verbunden sein soll; diese sollen den Theilen entsprechen, welche ich zur Schädelbasis gerechnet habe.

Was es mit der Deutung der in Fig. 8, Taf. 106 gezeichneten Gebilde für eine Bewandniss habe, kann kein Mensch sagen; es sind Behauptungen, von einem unvollkommenen, in Schwefelkies verwandelten Exemplare abstrahirt. Ein Beweis liegt nicht vor; weder ist bewiesen, dass die betreffenden Gebilde den ventralen Kiemenbogenenden (und nicht vielleicht auch den dorsalen) angehören, noch ist dargestellt, dass die Mandibel und vor allem Cranialverkalkungen noch ausserdem vorhanden sind, so dass diese Gebilde wirklich als überzählige Theile dem ventralen Kiemengerüste zugerechnet werden müssen. Es kann ja das, was FRITSCH Keratobranchiale und Hypobranchiale nennt, auch Mandibel und Prämandibel sein mit dem dem Unterrand angefügten Dentohyoid und -radien, was mir die viel wahrscheinlichere Deutung dünkt,

Schon Troschel erwähnt eine Copula der ventralen Kiemenbogen, und ich habe diese Möglichkeit, da sie schon von einem Vorgänger ausgesprochen war, um so mehr in Betracht gezogen; ich bin aber durch folgende Überlegungen, welche durch das Studium der zahlreichen neuen Materialien nur noch gefestigt wurden, davon ganz abgekommen. Erstens: das Stück, welches in meiner Abhandlung Fig. I und II Prälabiale genannt ist, artikulirt zweifellos mit dem, was ich Rostrum nannte; daraus schloss ich die Gaumenlage von Parachordale und Trabeculare, den median hinter R liegenden Gebilden; wenn nun Fritsch das Prälabiale als vorderes Ende des Palatoquadratus ansieht, so trägt er zu meiner Deutung nur neue Stützen bei. Zweitens müsste das Prälabiale das Hypobranchiale von dem Labiale (als ceratobranchialem Glied) sein, was offenbar falsch ist. Drittens würden die epibranchialen Theile von diesen ventralen morphologisch derart verschieden sein, wie es nirgends beobachtet ist; weiter würden die ventralen Hälften stets von den dorsalen derart verlagert sein, wie es der normalen Lage der übrigen Kiefertheile nach mechanisch gar nicht vorstellbar wäre.

Dass nun trotzdem die Labialia in einzelnen Fällen (vergl. meine Abhandlung Fig. II, S. 5) bei umgeklappten Kiefern eine Lage haben, welche auf ventrale Kiemenbogenhälften hinweisen könnte, liegt wohl daran, dass das Labiale sich am Innenrand der Mandibel befestigt. Diese Art der Befestigung scheint mit der Entwicklung der eigenthümlichen Coronoidspitze der Mandibel zusammenzuhängen, welche, wie erwähnt, in einer inneren Grube des Palatoquadratus einspielt.*)

Über *Machaeracanthus* und *Gyracanthus*.

Meine Deutung der als *Machaeracanthus* bekannten Ichthyodorulithen hat Fritsch angenommen. Er giebt nun auch das Bild eines mikroskopischen Schliffs und behauptet, dass das Gewebe des Claviculoids aus echter Knochensubstanz bestehe. „Die Constatirung dieser Thatsache“, sagt Fritsch, „wird wohl nicht ohne Einfluss bleiben auf die histologische Auffassung der Clavicula der kleinen Acanthodinen, bei denen die Knochenkörperchen nicht deutlich nachgewiesen werden konnten.“

Wäre dies richtig, so wäre das Kapitel XII meiner Abhandlung, zu dessen sehr erweiterter Ausführung ich schon seit Jahren unausgesetzt Beweismaterial sammelte, eine todtgeborene Phantasie.

Die Knochensubstanz oder die Räume, welche Fritsch für Knochenzellen hält, kenne auch ich, und habe ich sie auch an dem „Stachel von *Pleuracanthus*, den Zähnen von *Ischyodus* und dem Claviculoid von *Acanthodes* etc.“ gefunden (vergl. meine Abhandlung über *Acanthodes* S. 9, Anm.). Dies: „*Acanthodes* etc.“ bezieht sich auf das Claviculoid von *Gyracanthus*, dessen Untersuchung und Vergleichung mit dem von *Acanthodes* ich (S. 32, Anm.) an anderer Stelle vorzubringen versprach.

*) Diese sehr merkwürdige Bildung erlaubt nur eine geringe Beweglichkeit des Palatoquadrats und der Mandibel und bedingt von vorne herein eine grössere Activität der präoralen Glieder (Labiale, Prälabiale und Prämandibel).

Was nun die Deutung der erwähnten Räume bei den Zähnen von *Ischyodus* betrifft, so treten sie hauptsächlich unterhalb der „Aussenschicht“ und zwar zunächst der unteren Grenze derselben auf, da, wo der Zahn sich am Oberrand des Kieferknorpels befestigt. Kurze grössere Hohlräume reichen von da in das Innere des Zahnes, welche sich im vitalen Process allmählig mit Verkalkungsmaterie erfüllen. Diese Verkalkung ist ganz dicht mit den erwähnten zellenartigen Räumen erfüllt, welche sich aber in Zahl nach den inneren HAVERS'schen Canälen verlieren. Hier halten sie sich an den innersten Zügen des Trabekelwerks des Vasodentins, je möglichst weit von den HAVERS'schen Canälen, von welchen die Dentinröhrchen fast senkrecht ausstrahlen. Die inneren spitzigen Enden der letzteren treten oft in Verbindung mit diesen Räumen und gehen seltener an der anderen Seite wieder hinaus. Diese Verbindung erinnert ausserordentlich an die an den peripheren Enden der Dentinröhrchen auftretenden Interglobularräume. Diese Räume sind aber bekanntlich keine Zellräume, sondern nur die Relictenräume mangelhafter Verkalkung in den ältesten Zahntheilen, hervorgebracht durch einen unvollkommenen Anschluss der globulösen concretionären Ausscheidungen, was auch bei durch pathologische Zufälle gestörter Zahnbildung auftritt. Es ist deductiv wahrscheinlich zu machen, dass dies auch in der Lamellirung des Dentins zum Ausbruch kommen kann, und es ist neuerdings durch CREDNER ein eigenartiges, etwas unregelmässiges Auftreten dieser Interglobularräume innerhalb des eigentlichen Dentintheils der Stegocephalenzähne bekannt geworden, welche er „Dentinhöhlen“ nennt. Die in meiner Abhandlung über *Acanthodes* S. 7, Fig. IV g dargestellte Structur des Claviculoids (vergl. auch S. 28, Anm.) zeigt diese „natürlichen Anschwellungen der Dentinröhrchen, wie sie im Rindentheil der Zähne zu beobachten sind“ und zeigt die vollständige Identität mit den Dentinhöhlen der Stegocephalenzähne (vergl. S. 65 Fig. 3). Ich habe hierbei mehrmals zur Vorsicht betreffs des Vergleichs mit den Höhlen echter Knochensubstanz gemahnt*), welche manchmal einander zum Verwechseln ähnlich sehen. Ein wichtiges Kennzeichen dieser Höhlen zum Unterschied von echten Knochenhöhlen besteht darin, dass die Primitivröhrchen der letzteren sich in der That als Röhrchen zu erkennen geben, dass aber die Primitivröhrchen-artigen Ausläufer der interglobularen Dentinhöhlen beim Auf- und Niederschrauben des Tubus zu einem grossen Theil als interglobulare tangential-periphere, flächenhafte Zwischenräume zwischen den Kugeln der Dentinbildung erscheinen; zu einem anderen Theil sind es proximal zusammengebündelte Primitivröhrchen der Odontoblasten wirklicher Dentinsubstanz, wie aber die Primitivröhrchen der Osteoblasten niemals auftreten.

Dasselbe ist der Fall bei den erwähnten zelligen Räumen in den Zähnen von *Ischyodus* innerhalb des Vasodentins; es ist eine allgemeine Eigenschaft der Holocephalenzähne, aber von wechselndem und ganz ungesetzmässigem Auftreten; ganz Gleiches gilt (vergl. die beigegebenen Figuren) von dem Vasodentin der *Pleuracanthus*-Stacheln, dem Vasodentin der Insertionsspitze der Flossenstacheln von *Hybodus* und *Gyracanthus* und endlich von dem Claviculoid (Pectorale-

*) Da das Dentohyoid ganz dieselben Höhlen trägt und dasselbe von HANCOCK und ATHEY als Angulare des Unterkiefers betrachtet wurde, so habe ich schon hierauf (l. c. S. 9) die Angabe dieser Autoren zurückgeführt, dass im Unterkiefer Knochenzellen vorkämen. Dieselbe Vorsicht hätte FERRISS auch bei *Machaeracanthus* walten lassen können.

TRAQUAIR) von des letzteren Elasmobranchiers. TRAQUAIR beschreibt (Proc. Roy. Phys. Soc. Edinburgh Vol. VIII 1883—1884) die Structur; er erwähnt einen grösseren Gefässreichthum, als in den Stacheln, von welchen Gefässen reichlich sich verzweigende und anastomosirende Canälchen ausstrahlen. In einem Claviculoid von *Gyracanthus*, welches ich untersuchte, fand ich ausserdem (an einzelnen Stellen häufig, an anderen gar nicht) jene bei *Ischyodus*, *Pleuracanthus* und *Hybodus* beobachteten irregulär interglobularen Dentinhöhlen; sie stimmen vollständig mit jenen Räumen in dem Claviculoid von *Machaeracanthus*, welche FRITSCH für Osteoblasträume ansieht, welche sich aber durch ihre fremdartige Form dem routinirten Histologen schon als interglobulare, unverkalkte (mit organischer Substanz erfüllte) Relictenhöhlen der Dentinbildung zu erkennen geben. Hierin stimmt *Machaeracanthus* ganz und gar mit *Gyracanthus* überein; der Gefässreichthum im Claviculoid entspricht der Sculptur ihrer Aussenfläche, welche wie TRAQUAIR ausdrücklich hervorhebt, derjenigen der Insertionsspitze der Plagiostomenstacheln vollständig entspricht. *Acanthodes* zeigt eine glatte Oberfläche am Claviculoid, es sind keine Gefässe im Innern des Dentins desselben vorhanden und es beweist dies ein Reductionsvorgang im Hautskelet; dieser darf aber systematisch nicht zu scharf ausgenutzt werden, weil bei *Acanthodes* selbst verschiedene Stadien dieses Processes sich noch an einem Individuum bethätigen: Die Stacheln haben keine Tuberkulirung, sind dagegen gefässreicher, die Sclerotikalplatten zeigen dagegen wenig Gefässe, aber reichlichere Tuberkulirung, welche in den Nervenschuppen des Kopfes ihren Übergang zum Schuppenkleid besitzen. Das Claviculoid zeigt sich daher morphologisch und histologisch den Flossenstacheln verwandt, entweder ist eines von dem anderen abzuleiten oder beide Gebilde von einer dritten neutralen Form. Ich habe dies von Anfang an betont und die Möglichkeit eines Vergleichs mit der Clavicula der Teleostomen weit abgewiesen, was sich immer mehr bestätigt.

Durch meine obigen histologischen Vergleiche ist aber nicht nur die Annahme des isolirten Auftretens der Knochensubstanz in einzelnen Theilen des plakoiden Hautskelets als nichtig erwiesen, sondern es zeigt sich auch durch die Structur des Claviculoids von *Machaeracanthus* eine Verknüpfung der Acanthodinen mit *Gyracanthus*. Wenn allein nach dem Claviculoid der Gattung *Acanthodes* noch einiger Zweifel über die Hinzuziehung von *Gyracanthus* in einen engeren Verband mit den Acanthodinen herrschen konnte, so ist er nun beseitigt. Wir müssen die mit paarigen Stacheln und einem Claviculoid versehenen Formen systematisch in nähere Vereinigung bringen. Die beiden grössten Verbände unter den Elasmobranchiern: Holocephalen und Plagiostomen, basiren nun im Grunde auf Verschiedenheiten des Hautskelets. Wie ich an anderer Stelle ausführen werde, lassen sich sämmtliche wichtigeren Unterschiede des inneren Skelets der Holocephalen von dem der Plagiostomen auf gewisse, in mancher Hinsicht parallele Umwandlungsvorgänge im Hautskelet zurückführen. Diese Prozesse sind zweifellos degenerative und es lassen sich die Holocephalen als Degenerationsformen von typischen Plagiostomen ableiten. *)

*) Ich werde hierauf an anderer Stelle sehr ausführlich zurückkommen, wenn ich mir erst in einer Reihe im inneren Zusammenhange stehender Publikationen die nöthigen Beweisgrundlagen geschaffen habe.

In ganz gleicher Weise sind die merkwürdigen Umwandlungen in der Morphologie des Kopfes der Acanthodinen zu erklären, in gleicher Weise auch die histologischen Eigenthümlichkeiten des knorpeligen Innenskelets (vergl. oben S. 53). Das Hautskelet zeigt hiermit zusammenhängend einen gewissen extremen Höhepunkt der Entwicklung mit partieller Reduction, welche sich besonders in der Zahnlosigkeit der vorderen Mundhöhle bemerkbar macht. Die extreme Höhenentwicklung selbst zeigt sich ganz auffällig in dem Vorhandensein ventraler Parapodialstacheln und der hiermit genetisch zusammenhängenden paarigen Flossenstacheln. In diesen ist jedenfalls eine ausserordentlich alte, durch die extreme Dermalentwicklung hervorgehobene Reminiscenz an den segmentalen Ursprung der paarigen und unpaaren Extremitäten enthalten, und glaube ich, dass es systematisch das am besten verwerthbare Kennzeichen der Gruppe bieten wird. Ich möchte daher Acanthodinen (inclus. *Machaeracanthus*) und Gyracanthinen in eine gemeinsame Gruppe, die *Amphoteracanthiden*, vereinigen und als eine in degenerativer Entwicklung abzuleitende Unterordnung der Plagiostomen (vergl. v. ZITTEL, Hdb. III, S. 56) betrachten. *Gyracanthus* zeigt noch viel entschiedenere Plagiostomenmerkmale als die Acanthodinen. Eine Insertionsspitze ist deutlich ausgeprägt, die Structur des Stachels, welche ich an anderer Stelle berücksichtigen werde, zeigt deutlich die zwei Hauptschichten, welche ältere Holocephalen und Plagiostomen in gleicher Weise charakterisiren. Die innere Schicht ist bei den Acanthodinen reducirt, die Sculptur verschwindet und mit ihr die peripher-apicale Entwicklung von Dentinbündeln; auch die Insertionsbasis verschwindet bei Acanthodinen wie bei den jüngsten Plagiostomenstacheln. *Machaeracanthus* zeigt noch zwischen schwach entwickelten Sculpturrippen eine ausserordentlich reichliche Ausmündung der HAVERS'schen Canäle, auch dies schwindet bei den *Acanthodes*-Stacheln fast ganz, bei welchen auch die Vascularisirung im Claviculoid verschwindet; diese Reductionstendenz innerhalb der Familie der eigentlichen Acanthodinen muss auch schon maassgebend bei der Bildung des Acanthodinentypus selbst gewesen sein, denn schon die ältesten Vertreter zeigen keine Insertionsspitze an den Stacheln und ihre Sculptur reicht bis zum Unterrand derselben. Der Verbindung der Gyracanthiden und Acanthodinen steht auch zeitlich nichts entgegen, denn der älteste typische *Gyracanthus* ist durch TRAQUAIR aus dem Unterdevon bekannt geworden, wo auch die ältesten unzweifelhaften Acanthodinen auftreten. *)

Wo sich nun die Gruppe der Amphoteracanthiden an den Stamm der Plagiostomen anschliesst, darüber ist heute nur vermuthungsweise zu sprechen. Dass die Acanthodinen abgeleitete Typen der Knorpelfische sind, darüber kann zwar gar kein Zweifel herrschen, ebenso wenig darüber, dass ihre Vorfahren Plagiostomen gewesen sind, die von einem Durchschnittstypus der uns aus unserer heutigen Fauna bekannten Elasmobranchier nur unwesentlich abwichen. Der Besitz eines dermalen Sklerotikalrings könnte

*) Vielleicht gehört auch hierher *Stethacanthus* (vergl. WOODWARD, Catal. of. brit. Mus. foss. Fish, II. S. 129).

**) Man rechnet zwar vermuthungsweise einige als *Onchus* bezeichnete Stacheln aus dem obersten Silur zu den Acanthodinen; es gilt dies aber jedenfalls nicht für Stacheln, welche (vergl. v. ZITTEL's Handbuch, Bd. 3, S. 64, Fig. 58 *Onchus tenuistriatus* Ag.) eine wohlentwickelte Wurzel besitzen.

vielleicht auf *Cladodus* verweisen. Derselbe wird aber bei alten Plagiostomen eine grössere Verbreitung gehabt haben, da er von den Elasmobranchiern auf die Teleostomen übergegangen ist, als deren Vorfahren weder die *Acanthodes* noch die *Cladodus* gelten können. Was das Skelet der Brustflosse von *Cladodus* betrifft, so kann dies durchaus nicht als primär gelten. Die Verdrängung je des zweiten Knorpelträgers auf ein Flossen- (resp. Körper-) segment ist in ihrer Art einzig; die Flossenbildung selbst weist auf einen etwas abgeplatteten Rumpf hin. Hiermit stimmt der von O. JAEKEL festgestellte Mangel einer dorsalen Stachel-flosse; auf das Fehlen des Stachels weist die reducirte Chagrinbedeckung, deren einzige Reste vor dem Schultergürtel in zwei grösseren Hautplatten (?) und dem dermalen Sklerotikalring bestehen. Wir haben hier einen sehr ähnlichen Degenerationstypus vor uns, wie einen solchen die Xenacanthiden vorstellen, welche mit den gleichfalls im Dermal skelet ähnlich degenerirten (verkümmerten) Holocephalen ausserordentlich nahestehende Convergenzbildungen theilen. Das Körperende der Holocephalen wie der Xenacanthiden weist auf eine ursprünglich verkürzte, stark heterocerke Caudalis hin, die Verlängerung des Körpers überhaupt auf den Verlust eines als Kiel wirkenden Flossenstachels an einer zweiten Dorsalis. Überall werden wir auf Urformen mit den bekannten Durchschnittscharakteren der heute lebenden Plagiostomen hingewiesen und solange wir die Anknüpfungspunkte bei diesen bisher mit Recht als Stammväter sämtlicher Vertebraten angesehenen Typen finden können, ist es vorsichtiger hier anzuschliessen, als einen neuen Begriff, etwa den Sammelbegriff der „alten Wirbelthiere“, zu schaffen und darnach die Plagiostomen aus der directen Descendenzreihe der Vertebraten, besonders der teleostomen Fische, auszuschliessen, wie dies JAEKEL wünscht. Im Grunde ist diese Idee beeinflusst von der ebenso unbegründeten als unheilvollen Vereinigung der Pteraspiden und Cephalaspiden, welche ersteren aber (mit den eng anzuschliessenden Psammosteiden) nur als in Bezug auf das Dermal skelet extrem entwickelte Elasmobranchier gelten können und offenbar den Holocephalen nahestehende Vertreter derselben sind. *)

*) Die ausführlichere Begründung dieser Ansicht werde ich nicht verfehlen an anderer Stelle zu bringen und nachweisen, dass Pteraspiden und Psammosteiden sehr nahe mit einander verwandt eine einheitliche Degenerationsgruppe der Elasmobranchier bilden, für welche ich den Namen der *Psammacanthiden* vorschlage.

Figurenerklärung.

Sämmtliche Figuren bei 125-facher Vergrößerung mit der Camera gezeichnet.

Figur 1. Claviculoid von *Gyracanthus* mit unregelmässig interglobularen Dentinhöhlen (Terminus CREDNER), die Ausläufer derselben zum Theil interglobulare Zwischenräume, zum Theil echte Dentinröhren, welche von diesen Höhlen, wirklichen Unterbrechungen der globularen Verkalkung innerhalb der Dentinbildung, auszugehen scheinen. Diese Verkalkungsunterbrechungen halten sich augenscheinlich an die Lamellirung der Dentinsubstanz.

Figur 2. Flossenstachel von *Gyracanthus* mit typischen Interglobularräumen und Dentinhöhlen in derselben granulirten Zone, wo auch im Gegensatz zu den unmittelbar um die HAVERS'schen Canäle abgelagerten Lamellen die Dentinröhren vorwalten; in letzterer Zone also vollkommene, in der granulirten Zone dagegen unvollkommene Verkalkung.

Figur 3. Claviculoid von *Acanthodes Bronni* von Lebach mit Dentinhöhlen; auch hier ist die Anordnung der Dentinhöhlen nach den Lamellen der Dentinsubstanz deutlich; die Dentinhöhlen verschmelzen, wie gelegentlich auch bei *Gyracanthus*, zu langen Verkalkungsinterstitien, welche den Dentinlamellen parallel laufen und hauptsächlich den weniger dichten entsprechen.

Figur 4. Dentinhöhlen aus einem Dorsalstachel von *Pleuracanthus*.

Figur 5. Dentinhöhlen (Interglobularlücken) aus dem Basaltheil eines Stachels von *Hybodus*; an der Umgrenzung der distal zu den HAVERS'schen Canälen sich verengenden Maschen der trabekularen Verkalkung bemerkt man deutlich die globulare Structur der Verkalkung, welche sich sehr rasch nach innen continuirlich schliesst.

Figur 6. Dentinhöhlen (Interglobularlücken) aus einem Zahn von *Ischyodus*; gleiche Bildungen finden sich in den Zähnen der lebenden *Chimaera*, ohne dass es mir möglich war, einen zelligen Inhalt in den Höhlen zu entdecken; es sind in der That Unterbrechungslücken der Verkalkung des Zahnes, die scharf umgrenzten Hohlräume sind HAVERS'sche Canäle, die weniger scharf umgrenzten, in deren Umgebung sich die Dentinhöhlen in grösserer Anhäufung befinden, entsprechen den im Begriffe der Verkalkung befindlichen pulpalen Höhlungen der unteren Grenze der „Aussenschicht“ auf der Externseite der Holocephalenzähne.

Fig. 1.



Fig. 2.



Fig. 3.

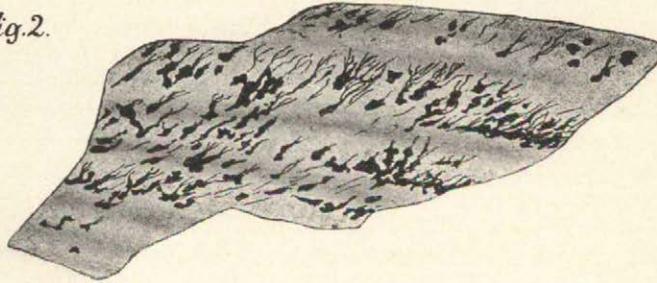


Fig. 4.



Fig. 5.

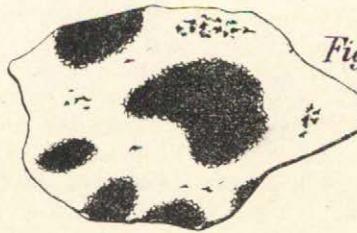
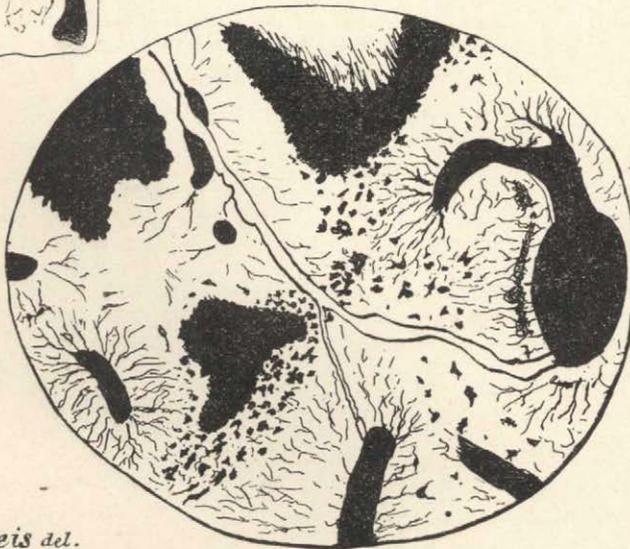


Fig. 6.



a.M. Reis del.

Hydrochemische Untersuchungen im Bereich des unteren bayerischen Donaubegebietes.

Von

Adolf Schwager.

Die Stoffe, welche die natürlichen Wässer ausser den normalen Bestandtheilen, der chemischen Verbindung von zwei Raumtheilen Wasserstoff und einen Raumtheil Sauerstoff, führen, nennen wir ihren Gehalt.

In erster Linie sind unter diesem Gehalt die gelösten, mineralischen Stoffe zu verstehen, und es besteht kein Zweifel, dass ihre Herkunft fast ausschliesslich auf jene Erdmassen zu beziehen ist, die ein Wasser während seines Laufes berührt hat.

Es ist weiter bekannt, dass natürliches Wasser, ein und derselben Stelle entnommen, oft sehr wechselnden Gehalt aufweist, was bei der Voraussetzung, dass der Contact zwischen Wasser und durchzogener Erdschicht der gleiche geblieben sei, nur in Änderungen, die sich an das Wasser selbst knüpfen, liegen kann.

Diese finden wir, ausser in später näher zu kennzeichnenden Verhältnissen, unschwer in den wechselnden Mengen von Wasser, die sich in Thätigkeit gesetzt zeigen, und ferner in den, durch die Jahreszeit zumeist beeinflusst, schwankenden Temperaturen, unter welchen Wasser und Erde in Gegenwirkung gelangen.

Wollen wir daher den Gehalt des Wassers aus verschiedenen Erdschichten in den aussichtsvollsten Vergleich setzen, so sind wir genöthigt, die vorgenannten Hauptlösungsbedingungen in thunlichster Übereinstimmung zu wählen, d. h. wenn eine Reihe von Wasserproben zu untersuchen und zu vergleichen ist, diese möglichst gleichzeitig zu nehmen, und ferner zu einer Jahreszeit, in welcher die Vertheilung der Niederschläge die geringste Verschiedenheit aufweist, und dies wird nur in einer niederschlagsarmen Periode zutreffen.

Als, auf mein Ersuchen, mir von der Leitung der geologischen Abtheilung des königlichen Oberbergamtes der Auftrag wurde im Frühjahr 1892 die Wässer aus dem unteren bayerischen Donaubegebiet zu untersuchen, war der besonders günstige Fall eingetreten, dass in dem ganzen in Betracht kommenden Zuflussgebiet durch anhaltend warme Witterung der Winterschnee entweder vollständig geschmolzen war, oder sich nur in den höheren und höchsten Lagen noch vorfand. Ferner war es mindestens vier Wochen vorher im ganzen Gebiet zu keinen nennenswerthen Niederschlägen gekommen, und endlich war

trotz des andauernd warmen, sonnigen Wetters, selbst in den geschütztesten Lagen, die Vegetation noch sehr wenig fortgeschritten; somit konnte auch dieses, gewiss keinesfalls zu vernachlässigende Moment auf den Gehalt der betreffenden Wässer nicht örtlich ändernd einwirken.

Der Hauptzweck des folgenden Berichtes soll nun sein, im Rahmen des oben genannten Flussgebietes die Beziehungen des mineralischen Gehaltes seiner Hauptwasseradern zu dem geologischen Aufbau ihrer Abstammungsgebiete und mithin seinen mineralischen und chemischen Bestand, zu verfolgen.

Das engere Beobachtungsfeld umfasst die Donau von der Naabmündung bei Regensburg bis zum Austritt aus Bayern. Da aber die Donau oberhalb der Naab ein wichtiges Glied der Beobachtungsreihe selbst bildet, sei bei Besprechung der, in den allgemeinsten Umrissen zu gebenden Übersicht über die orographische, geologische und hydrographische Gliederung, das gesammte Donauebiet bis zur Landesgrenze in Betracht gezogen.

Begrenzung, Ausdehnung und Gliederung des Donauebietes bis zur Landesgrenze.

Ohne uns in Einzelheiten zu verlieren, kann hier nur der natürlichen Begrenzung durch Gebirgszüge gedacht werden. Anschliessend sind die Grenzflussgebiete genannt. Die Hauptflüsse derselben geben die generelle Abfallrichtung der umschliessenden Landestheile.

Die Grenzlinie unseres Gebietes fällt nur nach S. und NO. mit den Höhenrücken von Gebirgszügen, den Alpen und dem ostbayerischen Grenzgebirge zusammen. (Bemerkenswerth ist, dass die Hauptrichtung der Donau, bis zum Regensburger Knie, parallel den Alpen und von da an mit dem ostbayerischen Grenzgebirge gleich gerichtet verläuft, sonach von den grössten Erhebungen im Strombereich beeinflusst erscheint.) Der schwankende Verlauf der Wasserscheide in und an dem Jura Höhenzug lässt nur bedingt von einem nordwestlichen Abschluss durch dieses Gebirge sprechen.

Das Gebiet der oberen Donau wird in seiner ganzen westlichen und dem grössten Theil seiner nördlichen Ausdehnung von jenem des Rheines umspannt, dem sich in nordöstlicher Richtung das Gebiet der Elbe anschliesst; Ströme, deren Hauptabflussrichtung nach Norden gerichtet ist. Im Osten und einem Theil des Südens schliesst die Donau an das eigene untere Gebiet, das dem östlichen Binnenmeer, dem schwarzen Meer, tributär ist, und nur an schmaler Stelle des Südens treten Po und Etsch als Zufüsse zum Mittelmeer an unser Gebiet heran.

Bis zur Landesgrenze hat die Donau von einer Fläche, die 76,904,7 km² umfasst, die abfliessenden Wasser gesammelt. Hiervon entfallen auf bayerische Gebietstheile 48,148 km² gleich 62,61 % des ganzen betrachteten Flusssystemes und 68,83 % des rechtsrheinischen Bayerns.

Mit Einschluss des kleinen Schwarzwald-Antheils sind es vier Gebirgszüge, welche die äussere Gestaltung des Gebietes beeinflussen. Das ist, im westlichen Ursprungstheil der Schwarzwald, mit der mittleren Höhe von 600 m über der Rheinebene*) und einer in NO. gestellten Hauptrichtung.

*) Geologischer Führer der Umgebung von Freiburg von STEINMANN und GRAEFF, 1890.

Das folgende nördliche Ufer der Donau wird fast ausschliesslich vom grössten Theil der fränkisch-schwäbischen Juraplatte unter Beitritt kleiner Keuperflächen und anschliessend vom Westabfall des bayerisch-böhmischen Grenzgebirges eingenommen. Erstere mit der Durchschnittshöhe von etwa 475 m über dem Meere und 175 m absoluter Höhe und der Haupttrichtung NO. zu NON., und letzteres mit der mittleren Höhe von 570 m über dem Meere*) und nordwestlicher Haupttrichtung.

Das rechte oder Südufer der Donau gehört mit wenigen Ausnahmen dem Alpensystem an. Nur kleine Strecken, besonders im Beginn und am Ende des betrachteten Laufes, fallen den nordwärts gelegenen Gebirgszügen zu. So zu Beginn jener Theil der schwäbischen Juraplatte, der nach der Durchquerung zum rechten Ufer der Donau fällt, dann übergreifende Stücke des Jura bei Neuburg und Regensburg, ebenso der Urgebirgstheil der Passauerecke, dem böhmisch-bayerischen Grenzgebirge zugehörig.

Der Alpenantheil zerfällt wieder in die dem Hochgebirge nordwärts vorgelagerte Hochfläche mit einer mittleren relativen Höhe von 500 m, welche an der Donau selbst, im Durchschnitt, bis etwa auf 400 m fällt. Die mittlere absolute Höhe der Hochebene mag etwa 100 m betragen.

Endlich das Hochgebirge mit der Durchschnittshöhe von 1500 m über dem Meere und vorwiegend ostnordöstlich gerichtetem Streichen.

Eine ungefähre Berechnung der Flächenantheile nach Gebirgszugehörigkeit ergab für das gedachte Donauebiet folgende Zahlen:

Schwarzwald	0,7 %
Juragebirge	19,8 „
Ostbayerisches Grenzgebirge	12,5 „
Alpengebiet 67 %	{ Alpenvorland . . 36,5 „ Alpenhochgebirge . 30,5 „

Wir sehen aus diesen Zahlen, dass die Hauptmasse des Abflussgebietes, der Fläche nach schon zu mehr als zwei Drittel nach dem Süden gelegen ist.

Bei Betrachtung der Höhenverhältnisse tritt diese herrschende Stellung des Hochgebirges und seines Vorlandes noch klarer hervor.

Der Tiefenpunkt des Gebietes liegt etwa bei 280 m über dem Meere und fällt nur wenig unter die mittlere Höhe des Continents von 290 m.

Berechnen wir aus den oben gegebenen Höhenangaben und den eben angeführten Flächen- das Massenverhältniss genannter Theile über dem gegebenen Tiefenpunkt, so kommen wir zu folgenden Zahlen:

Procentischer Massenanteil der Gebirgszüge und ihrer angegliederten Theile am Aufbau des Donauebietes bis zur Landesgrenze (vom Niveau des Endpunktes gerechnet):

*) l. c. S. 41, l. c. S. 43.

Schwarzwald	0,40 %
Juraplatte	7,12 „
Ostbayerisches Grenzgebirge	6,86 „
„Hochfläche“	15,20 „
Alpenhochgebirge	70,42 „
	<hr/>
	100,00

Diese Werthe lehren, dass die Masse der „Hochfläche“ jener der nördlich gelegenen Landstriche schon die Waage hält und weiter sprechen sie eindringlich von der erdrückenden Wucht des Alpenhochlandmassivs gegenüber den sonstigen Theilen der oberen Donau.

Geologischer Bestand.

Wird mit der Geologie eines Theiles der Erdrinde der gesammte Werdegang seiner unorganischen Theile dargestellt, der Auf- und Abbau seiner Schichten bis zur gegenwärtigen Gestalt, dann ist verständlich, dass das heutige Oberflächenbild eines Landes, nämlich seine Orographie, vom geologischen Standpunkt aus als das Schlussergebniss der gesammten geologischen Vorgänge betrachtet, uns zugleich den Wechsel dieses Werdens nach Maass des Verbliebenen, in allgemeinsten Zügen den geologischen Bestand enthüllen muss.

Demgemäss sehen wir die im vorigen Abschnitt genannten Höhen und ihre organisch angegliederten Theile aus Gebilden einer ihrer Höhenlage oder gegenseitigen Stellung entsprechend gleichen Zeit zusammengesetzt, oder bei besonders wechselndem geologischen Aufbau diese innere Verschiedenheit auch durch das Äussere der Gestaltung zum Ausdruck gebracht.

Die äussersten und höchsten Theile des Donaugebietes bis zur Landesgrenze gehören mit Ausnahme des den Nordwest-Abschluss bildenden Jura, dem Urgebirge an; Schwarzwald, ostbayerisches Grenzgebirge und die centralen und höchsten Theile der Alpen werden, soweit sie in unseren Betrachtungskreis fallen, vorherrschend von den ältesten Gesteinsarten, Gneiss und Granit aufgebaut, denen sich nur im Alpengebiet in fast ebenbürtiger Entwicklung jüngere Bildungen, die hier als Gesteine der Phyllitgruppe zu bezeichnen sind, hinzugesellen. Der Rest des Alpenhochgebirges, der wie ein schützender vielfacher Mantel, nach Aussen in sinkender Höhe sich um die inneren Theile schlägt, gehört in der Hauptmasse viel jüngeren Bildungen an, und zwar sind die triadischen Stufen zumal, und unter diesen der Keuper zumeist entwickelt. Der herrschenden Mineralbetheiligung (Kalk und Dolomit) entsprechend hat man diesen äusseren Randtheil der Alpen kurz Kalkalpen genannt. Der restliche äusserste Saum dieser Zone gegen die Hochebene hin fällt noch jüngeren Gebilden zu, unter welchen Kreide und älteres Tertiär hauptsächlich zu nennen sind.

Das Juragebirge, als nordwestlich abschliessender Höhenzug unseres Gebietes, gehört im Hauptstock dem Malm an. Das Dach bilden westlich wenig entwickelte jüngere, im Osten etwas stärker vortretende cretacische Bildungen von zumeist sandigem Charakter. Der Sockel wird aufgebaut durch Dogger- und Liasschichten, diese treten aber nur im nordwestlichen Theil des Gebirges zu Tage und finden sich spärlich in unserem Gebiete vor.

Die Grundmauern des Jura stehen in der obersten Trias, im Keuper, der ebenso in seinem bloß nordwestlichen und nordöstlichen Zutagetreten in schmalen Zungen hier in Betracht fällt.

Was die mineralische Zusammensetzung dieses Höhenzuges anbelangt, so wird sein Haupttheil, der Malm, fast nur von Kalk (und Dolomit) aufgebaut und auch stärker entwickelte Glieder der übrigen Schichtenreihen, mit Ausschluss des hier weniger in Betracht kommenden Keupers*), führen Kalk entweder als Haupt- oder in den sie zusammensetzenden Mergeln als sehr bedeutenden Nebenbestandtheil, so dass wir hier fast noch mit mehr Recht als bei den vorgenannten Nebenzonen der Alpen von einem Kalkgebirge sprechen können.

Die sichtbaren Theile der Hochfläche gehören dem jüngeren Tertiär und dem Diluvium an. Ersteres, die Grundstufe, setzt sich hauptsächlich aus Geröllen, Sanden, sandigen Mergeln etc., zusammen, während die diluviale Decke in erster Linie aus wechselnden Gerölllagen besteht, denen sich untergeordnet feinere Schutt- und Fluthgebilde, wie Sand, mergeliger Thon und Lehm in schwankenden Mengen beigemischt zeigen, oder zu selbstständigen, mächtigeren Zwischen- und Auflagerungen anwachsen.

Zur Verbreitung dieser Erdmassen wäre zu bemerken, dass die tertiäre Grundlage am Fusse des Hochgebirges und dann gegen den Donaurand zu in wachsendem Maasse sich an der Zusammensetzung der zu Tage tretenden Schichten betheiltigt, und weiter die diluvialen Massen in ihrer Gesamtheit am Gebirgsrand rasch zum Maximum der Mächtigkeit anschwellen, um gegen die Donaulinie hin in der Entwicklung stetig abzufallen.

Die petrographische Beschaffenheit der eben genannten geologischen Glieder lässt über ihre fast ausschliessliche Abstammung aus den Alpen keinen Zweifel und tragen insbesondere die diluvialen Gebilde den Stempel dieser Herkunft in unverkennbaren Zügen an sich; wie in gleicher Weise die Hauptvertretung von dolomitischen, dann kalkigen und Mergel-Gesteinen auf eine ähnliche Vertheilung dieser Gesteinsarten in dem Hauptabstammungsgebiete, in den Kalkalpen, hinweist.

Der procentische Flächenantheil der eben petrographisch gekennzeichneten Formationen wurde in folgenden Annäherungswerthen gefunden:

Urgebirge	{	Schwarzwald	0,34	} 23,22 %
		Ostbayerisches Grenzgebirge	11,48	
		Centralalpen	11,40	
Alpenantheil von den ältesten paläolithischen Schichten bis einschliesslich dem älteren Tertiär				19,08 "
(Mit geringen Ausnahmen Bestandtheil der Kalkalpen)				
Jungtertiär und Diluvium (mit Einschluss der Alluvionen) der Hochfläche				36,34 "
Malm (mit Einschluss der östlichen Kreidedecke)				12,74 "
		Rest		8,62 "
				<hr/> 100,00 %

*) Sind im fränkischen Keuper, besonders im oberen, selbständig entwickelte bedeutendere Kalk- oder Dolomitlagen kaum zu nennen, so ist dennoch der Kalkgehalt seiner Wässer, selbst nach Abzug des fast nie fehlenden Gypses, oft noch bedeutend höher als der aus reinen Kalkformationen. Die grosse Oberflächendarbietung der meist sehr durchlässigen Schichten, wie die feinvertheilte Kalkführung, mögen die Hauptgründe dieser daselbst hervorzuhelenden Erscheinung sein. A. a. O. S. 82.

Der zuletzt angeführte Rest setzt sich zusammen aus den nordöstlich unter dem Malm hervortretenden Dogger und Lias, den anschliessenden kleinen Keuperflächen die noch in unser Gebiet fallen, wie aus den zwischen Urgebirge und Malm liegenden kleinen Partien von Rothliegendem, Keuper, Kreide und Tertiär, und schliesslich jenem triadischen Mantelstück des Schwarzwaldes, das noch zum Donauebiet fällt.

Die hydrographischen Verhältnisse.

Die lehrreichen Veröffentlichungen der obersten Baubehörde*) setzen uns in Stand, an der Hand ihrer graphischen Darstellung und den gegebenen Zahlenbelegen, das Wesentliche und Wissenswerthe der Hydrographie unseres Gebietes in möglichster Kürze wiederzugeben.

Die im Folgenden angeführten Zahlen sind jenen Publicationen entnommen oder mit deren Hilfe berechnet.

Niederschlagsmengen und deren Vertheilung.

Ein Blick auf die ombrometrische und hydrographische Karte genügt, um uns den nahen Zusammenhang von Oberflächengestaltung und Niederschlagsvertheilung erkennen zu lassen.

Der herrschenden Masse der Alpen fallen auch die höchsten Niederschlagszahlen zu, und dies trotz ihrem ostnordöstlich gerichteten Hauptstreichen, welches der vorwiegenden Windrichtung nur schwach gegengestellt erscheint.

Vom Fuss des Gebirges bis zur vordersten Kammhöhe steigen die Zahlen, welche die Höhe der jährlichen Niederschläge in mm angeben, in rascher Folge von 1100 bis nahe auf 2300, dem Maximum der Alpen, an. Die inneren Gebirgsteile zeigen, gegenüber der Windprallseite, sehr verringerte Werthe. Es bewegen sich z. B. die Niederschlagszahlen des oberen Innthales, soweit es dem Urgebirge zufällt, nur zwischen 700 bis 1500, wobei die oberen Grenzzahlen noch dazu nur für ganz kleine Strecken Geltung besitzen.

Auf der Hochfläche beträgt die Regenhöhe 600 bis 1100 mm. Die Regelinien (Linien gleicher Niederschlagshöhe) erscheinen dem Alpenrand gleich gerichtet.

Von den nördlicheren Theilen der oberen Donau sind nur die Schwarzwaldtheile und das ostbayerische Grenzgebirge durch höhere Regenzahlen (900—1400) ausgezeichnet. Wir sehen diese Gebirgszüge nicht bloß durch die Höhenlagen, den geologischen Aufbau, nun auch durch die Niederschlagsmenge in nahe Beziehung zueinander gebracht. Als letztes Glied erscheint der Jura Höhenzug mit den geringsten Niederschlagszahlen von 600 bis 800. Diese wenig verschiedenen Werthe deuten nicht bloß auf ungetheilte, gleichwerthige Erhöhung, noch mehr, ihr Zusammenschluss zu Regelinien, die den Jura umkreisen, zeigt in seinem Verlauf viel weniger Anlehnung an den umschlossenen Gebirgskörper, als viel-

*) Ombrometrische und hydrographische Übersichtskarte des Königreichs Bayern (rechts des Rheins), 1885.

Der Wasserbau an den öffentlichen Flüssen im Königreich Bayern, eine hydrographische Beschreibung der Hauptflussgebiete. München 1886.

mehr an die benachbarten grossen Höhenzüge. Ein Anklang an die nahen genetischen Beziehungen des Jura zu diesen und seiner nächsten Umgebung, seine wenig selbständige Stellung gegenüber denselben.

Fließwasservertheilung.

Flussgebiete	Flächen- Inhalt in km ²	Mittlerer Jahres- Abfluss in m ³	Procent. Antheil des Flussgebietes am oberen Donaugebiet,		Jährliche Nieder- schlags- höhe in mm	Abfluss- coefficient
			der Fläche nach	dem Ab- fluss nach		
Donau bis zur Iller	5378,2	65,45	7,00	4,59	—	—
Iller	2227,7	79,96	2,90	5,61	1529,06	0,742
Lech	4328,3	119,60	5,62	8,39	1330,93	0,690
Isar	9039,3	182,42	11,75	12,79	1183,75	0,538
Inn	26045,2	686,36	33,86	48,15	1126,90	0,74
Altmühl	3181,6	23,89	4,13	1,60	610	0,39
Naab	5450,5	62,88	7,08	4,41	758	0,48
Regen	2854,5	38,00	3,78	2,67	874	0,48
Ilz	839,2	15,67	1,09	1,10	1227	0,48
Erlau	217,5	3,50	0,28	0,25	1050	0,48
Rest	17341,3	146,66	22,51	10,44	—	—
Donau bis zur Landesgrenze	76904,7	1425,39	100,00	100,00	1000,22	0,585

Um nur Einiges, was diese Zahlen besagen, in Worte zu fassen, sei folgendes hervorgehoben:

Dem Inn fällt ein Drittel von der ganzen Zuflussfläche der oberen Donau (wie wir das Gebiet derselben bis zum Austritt aus Bayern nennen wollen) zu. Sein Antheil am Abfluss steigt aber fast bis zur Hälfte der Gesamtmenge.

Inn, Isar, Lech und Iller, die Hauptabflüsse der Alpen, betheiligen sich mit 54,13 Flächen- und 74,94 Abflussprocent am betrachteten Donaugebiet. Es ist zu ersehen, dass sich die Abflussmengen sehr viel mehr dem Massen- als dem Flächenverhältniss der Zuflussgebiete anschliessen.

Setzen wir die Zuflussflächen = 1, so erhalten wir für die Wasserführung oben genannter Flüsse folgende Werthe: Iller 1,93; Lech 1,49; Inn 1,42; Isar 1,09; Ilz 1,01; Erlau 0,89; Regen 0,70; Donau vor der Iller 0,66; Naab 0,62; Altmühl 0,39; Rest 0,46. Diese Zahlen bedürfen keiner weiteren Erläuterung.

Untersuchungsgang.

Bei der Wahl der Probegefässe, ihrer Vorbereitung, Füllung u. s. f. wurde in der gleichen Weise verfahren, wie in der vorhergehenden Abhandlung über die Fichtelgebirgswässer des Näheren berichtet ist.*)

*) AD. SCHWAGER, Untersuchungen von Quell- und Flusswasser aus dem Fichtelgebirge etc. Geogn. Jahreshfte, 1891.

Ehe wir aber an die eigentliche Untersuchung herantreten, sei der Wahl der Schöpfungspunkte und deren Bedeutung mit einigen Worten gedacht.

Der tiefste Ort der Entnahme von Wasser der Donau liegt 12 km unterhalb Passau, also nicht am eigentlichen Austritt aus Bayern, auf den sich die Angaben über Ausdehnung des Zuflussgebietes u. s. w. und später zu gebende Erläuterungen beziehen. Doch ist der weiter abwärts liegende Zufluss von so geringer Bedeutung, dass diese Berechnungen trotzdem noch ihre Geltung behalten.

Der Schöpfungspunkt im Inn liegt unter der Brücke an der Seilfähre in Passau, jener der Ilz unter der Brücke in Hals. Bei allen Nebenflüssen war mein Streben dahin gerichtet, den Schöpfungspunkt möglichst an den Hauptstrom heranzurücken, doch immer so, dass eine diesbezügliche Einflussnahme auf den Wassergehalt entschieden ausgeschlossen wurde.

Donauaufwärts liegen die weiteren Entnahmestellen der Wasserproben: knapp unter dem Kettensteg in Passau, bei Oberwinzer oberhalb Regensburg und endlich an der Seilfähre bei Prüfening.

Alle Proben sind der Oberflächenmitte der Flussläufe entnommen*), eine Vorsicht die geboten erscheint, will man nicht Gefahr laufen bei der Untersuchung Ergebnisse zu erhalten, die dem Durchschnittsgehalt des Flusslaufes gar nicht entsprechen.

Dies gilt besonders für die Donau, welche in unserem Fall je rechts- und linksseitig aus geologisch völlig verschiedenen Gebieten Zuflüsse erhält. Aus dem Süden die wasserreichen Alpenflüsse, die ihrem hochgelegenen Ursprung und der Wasserführung gemäss rasch fliessende Gewässer sind, während die hier in Betracht gezogenen nördlichen Zuflüsse fast ausschliesslich dem ostbayerischen Urgebirge entstammen, somit aus verhältnissmässig kleinem Gebiet, mit viel getheiltem Abfluss. Ihr Gefälle, im Maximum schon nicht sehr bedeutend, sinkt zu Ende meist so stark, dass sie mit tragem Lauf münden.

Daher kommt es, dass die nördlichen Zuflüsse der Donau, einmal schon durch die überragende Masse des schnellfliessenden Hauptstromes, und vermehrt noch durch die Hochgebirgszuflüsse, zur Seite gedrängt werden, und erst nach langem Lauf mit dem Wasser des Hauptstromes sich inniger vermengen.***) So ist bei Hochwasser das dunkle Wasser des Regens noch 25 km unter seiner Mündung in der Donau bei Wörth bemerkbar, und ähnlich kann man bei allen diesen dunkelgefärbten Zuflüssen aus dem böhmisch-bayerischen Grenzgebirge die Beobachtung machen, dass ihre Wassermassen sich nach erfolgter Mündung noch lange Zeit am Nordufer der Donau durch ihre Färbung als mehr oder weniger unvermischt erkennen lassen.

Diese Thatsachen sind sichtlich bei der Probenentnahme für die METZGER'sche Abhandlung: „Beiträge zur Kenntniss der hydrographischen Verhältnisse des

*) Eigentlich wäre der sogen. „Stromstrich“, die Linie der grössten Geschwindigkeit, jene Stelle, an welcher man die innigste Mengung der Wassertheilchen annehmen müsste. Doch würde die Entnahme der Stromstrichproben sehr viel mehr Zeit und Vorbereitungen beansprucht haben.

**) Auch ist anzunehmen, dass der Unterschied im specifischen Gewicht, bedingt durch den ungleichen Gehalt der aufeinander treffenden Wässer, ein Hinderniss ihrer raschen Mengung darstellt.

bayerischen Waldes. Inaug.-Dissert. Erlangen, 1892* nicht genügend berücksichtigt worden.

Nur um einiges herauszugreifen: für die Donau oberhalb Regensburg ist die Rückstandszahl 0,2580 g, für jene unterhalb dieser Stadt mit 0,1000 g angegeben! Ebenso für die Donau oberhalb Passau 0,1122 und unterhalb 0,1440. Noch unzweifelhafter als aus diesem unnatürlichen Wechsel der Rückstände, erhellt die unrichtige Probeentnahme bei Vergleichung der Einzelbelege der betreffenden Analysen. Es ist erwiesen, dass die Differenzen dieser Angaben auf keinen Fall nur aus einer Zeitverschiedenheit, und mithin aus wechselnder Wasserführung der Flüsse, sondern nur in unrichtiger Wahl der Schöpfpunkte und überdies, nicht angegebener Zeitverschiedenheit erklärt werden können.

Feldbeobachtung.

Diese betrifft die Farbe, die Temperatur und die Menge des Wassers.

Der Sachlage entsprechend, könnten diese Wahrnehmungen bezüglich der Farbe nur flüchtige sein, sie fanden aber durch spätere Untersuchungen eine solche Ergänzung, dass es gestattet sei in kurzen Bemerkungen auf dieselben einzugehen.

Im scharfen Contrast zu den südlichen Zuflüssen und der Donau selbst, welche eine vorherrschend bald bläulich-grüne, bald mehr grünlich-blaue Färbung besitzen, welche nur durch die wechselnde Farbe der Sinkstoffe mehr oder minder verändert oder ganz ausgelöscht erscheint, steht, wie wir schon oben gesehen, die Farbe der nördlichen Zuflüsse.

Diese, fast ausschliesslich dem Urgebirge entstammend, zeigen alle die gelblich-braune Färbung von Wässern, die hervorragend reich an organischen Stoffen sind.

Ich hatte bei genannter Untersuchung der Fichtelgebirgswässer Gelegenheit, darauf hinzuweisen, dass besonders auffällig gefärbte Wässer auch eine reichliche Entwicklung von niederen Pflanzen zeigen und unter diesen besonders viel Diatomeen, und brachte diese Thatsache theilweise mit der wechselnden Farbe, dann den hohen Kieselgehalt der Wässer der archäolithischen Stufe mit diesem augenfälligen Wachstum von Kieselpanzerpflanzen in ursächlichen Zusammenhang.

Nach der verzeichneten Farbenabstufung der von mir untersuchten Waldwässer ergab sich folgende aufsteigende Reihe: Naab, Regen, Erlau, Ilz und als das dunkelste, jenes des Rachelsees. Es ist auffällig, wie hier mit der Menge des Fliesswassers und Länge des Laufes die Farbe abschwächt, um bei nahezu ruhendem Wasser das fast unmittelbar von Quellen gebildet wird, am augenfälligsten zu werden.*)

Die Beantwortung der Frage nach der Ursache der verschiedenen Färbung der natürlichen Wässer wurde in letzter Zeit durch die Abhandlung F. Boas**)

*) Es sei hier gleich die Analyse des Rachelseewassers angeschlossen, die an einer von mir am 14. September 1891 gesammelten, freilich nur 0,5 Liter betragenden Probe ausgeführt wurde. In 1000 g sind enthalten in $\frac{1}{10}$ mg: 37 SiO₂; 15 Al₂O₃; 2 Fe₂O₃; 8 CaO; 7 MgO; 16 K₂O; 32 Na₂O; 26 Cl; 36 SO₃; 8 CO₂; 113 Organisches und Wasser. Summe 300.

**) F. Boas, Beiträge zur Erkenntniss der Farbe des Wassers. *Inaug.-Dissert. Kiel 1881.

und nicht zum mindesten durch die beigeschlossene umfassende Sichtung der einschlägigen Literatur gefördert.

Hier wird darauf hingewiesen, dass schon H. DAVY als Erster die blaue Farbe des chemisch reinen Wassers erkannte, und die verschiedenen Abstufungen und Änderungen dieser Grundfarbe auf feinst vertheilt, suspendirte organische Materie zurückführte, welcher Ansicht sich spätere Forscher, unter welchen als die namhaftesten BUNSEN, BEETZ, WITTSTEIN zu nennen sind, ergänzend anschlossen.

F. SCHÜTT hat sich in neuester Zeit in seinem „Pflanzenleben der Hochsee“ im selben Sinne geäußert, und Peridineen und Diatomeen als die vorherrschende Ursache speciell der wechselnden Färbung der Meereswasser erklärt.

In dieser Ansicht der Abhängigkeit der Farbe der natürlichen Wässer, soweit sie nicht durch suspendirte, mineralische Bestandtheile beeinflusst erscheint*), von der organischen Materie ihres Gehaltes, bin ich auch durch eine weitere Beobachtung bestärkt worden.

Alle untersuchten Alpenwässer, zu welchen in beschränktem Sinne, die Donau auch zu zählen ist, zeigen, von schwebenden Mineraltheilchen befreit, entschieden blaugrüne Farbe.

Wird ihr Abdampfrückstand mit sehr wenig Wasser behandelt, so geht alle organische Substanz mit nur wenig unorganischen Salzen erneut in Lösung. Diese besitzt aber immer eine ausgesprochene gelbe Färbung.

Was liegt nun näher, als anzunehmen, dass durch dieses Gelb das Blau des reinen Wassers bald in Blaugrün oder ausgesprochenes Grün umgewandelt wird? Das physikalische und chemische Verhalten des organischen Gehaltes der Wässer, welche möglichst von allen schwebenden Theilen befreit sind, lässt schliessen, dass wir es hier nicht so sehr mit organisirten Körpern zu thun haben, als mit rein chemischen Verbindungen.

Wir schliessen hieraus, dass die niedere Pflanzenwelt wohl zum guten Theil der mittelbare Grund der Färbung der natürlichen Wässer ist, der unmittelbare aber dem gefärbten Zellplasma derselben zufällt, welches nach dem Absterben der einzelnen Zellen vom Wasser in Lösung geführt wird und die ursprünglich sekundäre nun zur primären Färbung gestaltet.

Nur so können wir uns die leichte Wasserlöslichkeit dieses färbenden Prinzipes erklären, wie auch dass scheinbar mit nichts Organischem in Berührung getretene Quellwässer sich als gefärbt erweisen.

Dem verschiedenen Gefälle zumeist entsprechend führen die Alpenflüsse wechselnde Mengen schwebender Mineraltheile. Am stärksten erscheinen in der Beobachtungszeit die Farbe des Inn an der Schöpfstelle von diesem schwebenden Gehalt verändert.***) Schmutzig hellröthlich-grau schießen seine Wogen zu Thal.

Die Isar führt in derselben Zeit gar viel weniger Sinkstoffe, doch ist ihre ursprünglich bläulich-grüne Farbe ganz verdeckt von den vorherrschend licht-

*) VON GÜMBEL, Geologie von Bayern. II. S. 264. Siehe auch: Unters. v. Quell- u. Flusswasser. S. 40.

**) Zur Zeit der Probeentnahme führte die Donau unterhalb Passau 0,0408 g, der Inn in Passau 0,0709 g, die Donau in Passau 0,0165, dieselbe oberhalb Regensburg 0,0125 und bei Prüfening kaum nennenswerthe Mengen schwebender Stoffe im Liter Wasser. Ihre Zusammensetzung siehe Anal. Tabelle II.

röthlich-braunen Schlammtheilchen. Die Wellen welche die Donau oberhalb Passau zu Thale wälzt, lassen schon durch das Gelbbraun ihrer Schlammtheile das ursprüngliche Blaugrün hervorscimmern und je weiter wir Donauaufwärts wandern — mit Ausnahme der Mündungsstellen der Alpenzuffüsse —, umso sieghafter bricht dieser blinkende Farbenton aus dem Wasser hervor. Oberhalb Regensburg zeigt sich das Wasser der Donau nur mehr leicht getrübt.*)

Zu gleicher Zeit lassen die Waldflüsse fast keine, oder verschwindend geringe Mengen schwebender Theile erkennen, und ihre dunkeln Wässer heben sich umso wirkungsvoller von den hellen Farbentönen der Alpenflüsse ab.

Die Wassermengen.

Die zeitlich und örtlich genaue Bestimmung dieses in der Wasserstatistik so wichtigen Factors, besonders an grösseren Wasserläufen, ist von je, selbst dem geschulten Techniker als eine schwierige Aufgabe erschienen, und so muss es doppelt freudig empfunden werden, dass von berufenster Stelle für die Hauptflüsse Bayerns ziffermässige Angaben vorliegen, die sich auf jahrelang fortgeführte Ermittlungen stützen.**)

Im Rückschluss an die Feldbeobachtung konnte dergestalt für die einzelnen Probestellen der zeitige Abfluss mit erwünschter Genauigkeit aus den vorliegenden Daten entnommen oder berechnet werden.

Wie der Pegelstand des Inn in Passau genau „Mittlerer Wasserstand“ angezeigt hatte, so ergaben andere Ablesungen, von diesem Stand wenig abweichende Wasserhöhen, und auch Berechnungen an den sonstigen Probestellen, mit Hülfe der eben genannten Angaben oder aus eigenen Messungen, Zahlen die dem mittleren Wasserstand der betreffenden Stelle entsprechen mochten.

Die wenig bedeutenden thatsächlichen Abweichungen von dieser Annahme nehmen den weiter unten zu gebenden Berechnungen kaum ihren Werth.

Es sind somit für alle Punkte, die hier angeführt sind, die amtlichen Zahlen für „mittleren Wasserstand“ eingesetzt, oder aus solchen berechnet worden.

Dieser „mittlere Wasserstand“ entspricht „dem arithmetischen Durchschnitt der Jahresabflüsse nach langjähriger Beobachtung“.

Die Temperatur

der Fliesswasser stellt sich dar als Product jener der umgebenden Luft und des Bodens. Quellwässer, die eben dem Schoosse der Erde entsprungen, zeigen somit meist annähernd die mittlere Jahrestemperatur des Ursprungortes, d. h. Bodentemperatur. Je länger diese Abflüsse als Tagwässer der herrschenden Lufttemperatur ausgesetzt sind, werden sie von dieser beeinflusst erscheinen und dies am meisten, wenn reichliche Niederschläge als Oberflächenwasser mit ausgesprochener Lufttemperatur in sie gelangen.

*) Ein Zeichen, dass die Sinkstoffe der aufwärts einmündenden Alpenflüsse Lech und Iller bis hierher grösstentheils zum Fallen gebracht sind oder die Schneeschmelze in diesem Hochgebirgtheil eine geringe war.

**) Siehe „Die hydrographischen Verhältnisse“ S. 72.

Wie oben erwähnt ist, war der Beobachtungszeit eine mehrwöchige niederschlagslose Periode vorangegangen und doch konnten, genährt von der Winterfeuchtigkeit, die Abflussmengen als mittlere angesehen werden.

Wir werden daher die Beobachtungszeit mit Recht als jene betrachten dürfen, in welcher das Maximum des Untergrundabflusses stattfand, d. h. die Flüsse fast reines Quellwasser führten.

Demgemäss sehen wir die gefundenen Zahlen sich in sehr engen Grenzen bewegen und hauptsächlich von der Grösse und Ausdehnung, dann der Durchschnittsbodenwärme des Abflussgebietes und endlich dem Gefälle der Flüsse zumeist beeinflusst.

Wenn die Zahl $9,8^{\circ}$ C. der untersten Donau ausgeschlossen wird, da entsprechend dem Rückgang von der Tagestemperatur der Vortage mit 14 auf $7,7^{\circ}$ C., auch jene des Wassers an gedachter Flussstrecke erfolgt sein muss, so verbleiben Werthe die zwischen $10,0^{\circ}$ und $11,8^{\circ}$ C. liegen.

Das kälteste Wasser zeigt der Inn. Sein Abflussgebiet ist das höchst gelegene, seine Wassermassen sind der ihm beegnenden Donau fast gleich, die Geschwindigkeit, entsprechend dem Gefälle, die grösste unter den betrachteten Flüssen.

Das nächst wärmere Wasser führt die Donau oberhalb der Naab. Die grosse Wassermenge bedingt keine derselben entsprechende Temperaturerhöhung, da der Hauptzufluss aus den erhöhten, somit kälteren Alpen stammt. Es folgen: die Ilz mit $10,3^{\circ}$ C., die Naab mit $10,7^{\circ}$, Regen mit $11,2^{\circ}$ C. Wasserwärme.

Der Regen als wärmster der genannten drei Waldflüsse zeigt im Unterlauf das kleinste Gefälle ($0,046\%$ *), die kältere Naab besitzt im Unterlauf das Gefälle $0,26\%$, und als kältester Wasserlauf erscheint die Ilz mit dem stärksten Gefälle von $0,51\%$ im Unterlauf.

Als wärmste Glieder der Gesamtreihe schliessen: die Donau in Passau und die Erlau. Die Donau hat normal von oben nach unten mit der Stromlänge anwachsend $10,2$, $11,0$ und $11,5^{\circ}$ C. gezeigt.

Dass die Erlau als kleines Waldflüsschen die höchste Temperatur aufweist, mag in der öfteren künstlichen Stauung an ihrem Unterlauf, und der nach N. und W. geschützten Lage ihres Hauptlaufes gelegen sein.

Die chemische Untersuchung.

Die Bemerkungen die ich in Bezug auf den Gang der Analyse, Einzelbestimmungen, Ermittlung der Constitution unter dieser Aufschrift der Bearbeitung der Fichtelgebirgswässer angeschlossen hatte, behalten hier ihre Gültigkeit und allenfallsige Änderungen oder Erweiterungen der Untersuchungsart sollen an geeigneter Stelle kurz Erwähnung finden.

Ehe wir die Einzelbestimmungen der unten angefügten Analysentabelle I einer vergleichenden Durchsicht unterziehen, wird es zweckdienlich erscheinen, die allgemeinen, natürlichen Lösungsbedingungen unter welchen Wasser und Boden in Wechselwirkung zu stehen kommen, in ihren Grundzügen flüchtig zu betrachten.

*) Siehe GÜMBEL, a. a. O. S. 48—52.

[Allgemeine Lösungsbedingungen der natürlichen Wässer.

Das Wasser. Als ersten Factor bei der Lösungsarbeit einer Flüssigkeit müssen wir das Verhältniss ihrer Menge zu jener des Lösungskörpers ansehen. Bei einem Übermaass derselben gegenüber der zu lösenden Substanz wird leicht eine Grenze zu denken sein, über welche hinaus das absolute Maass des Gelösten, in einer gegebenen Zeit, sich gleich bleibt.

Bei der Einwirkung der Meteorwässer auf die Erdschichten, in welchem Fall meist verhältnissmässig wenig Wasser zu grossen Erdmassen in Beziehung tritt, ist anzunehmen, dass mit steigender Menge stets auch steigende Wirkung gepaart auftritt.

Als Beweis für die summarisch höhere Wirkung grösserer Wassermengen kann gelten, dass die Verschiebung der Zahlen für die Fliesswasserrückstände bei Nieder- und Hochwasser sich in viel engeren Grenzen vollzieht, als jene der entsprechenden Wassermassen.

Nach eigenen Beobachtungen beträgt der Isarrückstand nächst München bei kleinstem Niederwasser etwa 2400, dem bei Hochwasser im äussersten Fall 1800 $\frac{1}{10}$ mg im Liter gegenüberstehen. Das Verhältniss der führenden Wassermengen ist aber 1:30 und darüber. Die Lösungsabfuhr der Isar bei Nieder- und Hochwasser verhält sich daher wie 1:22 und mehr.

Ein weiteres wichtiges Moment, unter welchem Flüssigkeit und Körper aufeinander wirken, bildet die Temperatur.

Wird die Wärme als Molekularbewegung gedeutet, so muss die steigende lebendige Kraft derselben bei erhöhter Wärme für feste Körper eine erhöhte Löslichkeit, bei Flüssigkeiten aber eine vermehrte Lösungsfähigkeit zur Folge haben.

Liefert uns das tägliche Leben auch hunderte für ein Beispiel zur Geltung dieses Satzes, so sei nicht unerwähnt, dass es, wenn auch meist bei weiter auseinander liegenden Temperaturen, manche Ausnahme hierfür giebt. Ich erinnere nur an das bekannte Verhalten des Gypses.

In den engen Grenzen der natürlichen, gewöhnlichen Wärmeverschiebung in unserem gegebenen Fall (in welchen Wärmegrenzen auch der Gyps noch eine steigende Löslichkeit aufweist) werden die Ausnahmen jedenfalls sehr beschränkt sein.

Als Wärmequellen sind, kurz gefasst, nur drei zu nennen. Die Sonnen-, die Erdwärme und jegliche aus Körperbewegung entstandene Molekularbewegung, d. h. entwickelte Wärme, im weitesten Sinne des Wortes, die Bewegungswärme.

Als Beispiele für die Wirkung der Wärme von verschiedener Herkunft können folgende gelten:

Die Verwitterung der Gesteine, in der Hauptsache unter Vermittelung des Wassers sich abspielende Vorgänge, ist in den Tropen die stärkste.

Die Mineralquellen, erwiesenermaassen aus grösserer Erdtiefe stammend, in welchen steigende Temperaturen herrschen, zeichnen sich durch grösseren Gehalt vor den Wässern der obersten Erdkruste aus.

Die vorangeführte Thatsache der so viel grösseren Lösungsarbeit der Hochwässer gegenüber dem Niederwasser, wo sonach Leistung und Zeit in geraden Gegensatz zu stehen kommen, wird nicht allein als Massen- oder

Mengenwirkung aufzufassen sein, sondern es ist anzunehmen, dass die höhere Temperatur hier auch ein gut Theil Arbeit mitgethan, entweder als gegen die Erdoberfläche wirksame Sonnenwärme oder als in Wärme umgesetzte Bewegung; denn es ist bekannt, dass stark bewegte Flüssigkeiten vielfach lösender wirken, als wenig bewegte oder ruhende, welche Erscheinung des Weiteren doch nur durch gedachte Umsetzung leicht erklärt werden kann.

Wenn wir die Gesamtwirkung einer Wärmeverschiebung auf die Lösungskraft des Wassers in's Auge fassen, so werden auch jene Factoren die gegen eine Änderung des bestehenden Zustandes wirksam sind, nicht ausser Acht zu lassen sein, das ist die specifische Wärme.

Ist die specifische Wärme der Bodenschichten im Allgemeinen fünfmal geringer als die des Wassers und diese letztere mit Ausnahme des Wasserstoffs überhaupt die grösste, so lässt sich schon aus diesem Hinweis die im Einzelnen noch eingehendere Bedeutung dieser Verhältnisse für unsere Frage leicht ermessen.

Ein summarischer Ausdruck der klimatischen, d. h. speciell Wärmeerscheinungen eines Erdpunktes, liegt ausgesprochen in der mittleren Jahrestemperatur, welche mit der mittleren Bodentemperatur tieferer Erdschichten und der Durchschnittswärme der in dieser Beziehung constantesten Quellen eines bestimmten Gebietes nahe zusammenfällt.

Der innige Zusammenhang dieser Werthe legt uns die Bedeutung der Temperaturbestimmungen bei vergleichender Untersuchung von Quell- oder Flusswasser nahe.

Da wechselnder Druck nicht bloß auf die einfache Wasserlöslichkeit eines Körpers verändernd wirkt, sondern die Aufnahmefähigkeit des Wassers an Gasen, zumal der Kohlensäure im directen Verhältniss zu diesem steht, wird auch dieser Factor gebührend in Rechnung zu setzen sein. Als Druck-Abarten kommen in Betracht: der atmosphärische Druck, der Druck überstehender, zusammenhängender Wassermassen. Attraktion, innere Reibung, Oberflächenspannung etc. fallen im Grunde genommen ebenfalls unter die Druckerscheinungen, wenn auch ihre Wirkung im Einzelnen schwer nachweisbar sein wird.

Die Rückstandszunahme von Quell- und Fliesswasser in petrographisch wenig verschiedenen Zuflussgebieten nach, der Oberfläche folgend, tieferen Lagen, trifft nicht bloß mit der durch Verdunstung, Aufsaugung, chemische Bindung u. s. w. gegen den Niederschlag verminderten Abflussmenge, längeren Wirkung und der höheren Temperatur zusammen; sondern es haben hier die mit der Tiefe zunehmenden Pressungen oben erwähnter Art gewiss ihr gut Theil an der berührten grösseren Arbeitsleistung des Wassers.

Für die Lösungsfähigkeit des Wassers erscheint ferner sein „sonstiger Gehalt“ sehr bedeutsam.

Als Erstlingsform der bewegten, natürlichen Wässer sei der Gehalt der Niederschläge zunächst in Betracht gezogen.

Mit Ausnahme von feinsten Staubtheilchen, sowohl mineralischer, wie organischer Abkunft, von flüchtigen chemischen Verbindungen, als welche in erster Linie Salpetersäure, Ammoniak, Schwefel- und Salzsäure zu gelten haben, begegnen wir in dem Niederschlagswasser den Gasen der Luft: Stickstoff, Sauerstoff, Kohlensäure.

Der indifferente Stickstoff fällt fast ganz ausser Betracht, aber schon der Sauerstoff, zwar nicht selbst lösend, aber leicht zu neuen chemischen Verbindungen geneigt, fördert durch diese chemischen Wandelungen die Lösungskraft des Wassers bedeutend, was endlich von der Kohlensäure ganz besonders gilt.

Die grosse chemische Verwandtschaft der Kohlensäure, zumal gegenüber den alkalischen Erden und den Alkalien, befähigt ihre wässerige Lösung jene Stoffe rasch in Verbindungen von grösserer Wasserlöslichkeit überzuführen. Da wenigstens einer der genannten Stoffe selten einem erdbildenden Minerale fehlt, und die erhöhte Wirkung des kohlenensäurehaltigen Wassers sich nicht bloss auf Kalk, Magnesia, Alkalien als Hauptbestandtheile führende Erdmassen beschränkt, sondern diese Stoffe oft auch aus innigeren Gemengen, und selbst bei geringem Gehalt auslaugt und mit diesem Vorgang zugleich das ganze chemische wie mechanische Gefüge der angegriffenen Mineralsubstanz gelockert erscheint, so wird es klar, dass der Kohlensäuregehalt der Wässer deren Wirkungskraft fast auf alle Gesteinsarten in ganz bedeutendem Maasse erhöht.

Die häufige Eisenockerfärbung der obersten und durchlässigsten Erdschichten zeigt uns nicht bloss dadurch die Wanderung und Wandlung des Eisens im Gefolge des einsickernden Meteorwassers, sie giebt auch Zeugniß von der mächtig verändernden Wirkung des das Wasser begleitenden Sauerstoffs.

Die Arbeitsleistung der kohlenensäurehaltigen Wässer wird uns in dem reichen mineralischen Gehalt der Säuerlinge und in den oft so mächtigen Kalktuffablagerungen vor Augen geführt. Die Voraussetzung zur Bildung der letzteren liegt in dem Kohlensäuregehalt ihrer Mutterwässer, die jene Kalkmassen in Lösung brachten, um durch irgendwie bewirkten Verlust der lösenden Kohlensäure, dieselben wieder zum Absatz zu bringen.

Von weiterem Einfluss auf die Lösungskraft des Niederschlagwassers muss sein Gehalt an den angeführten, flüchtigen, chemischen Verbindungen sein, welchen wir kurz als zufälligen Gehalt bezeichnen wollen.

Als ungesättigte Salzbilder, oder der Umsetzung geneigte chemische Complexe, ist ihre leichte Einwirkung auf die Erdstoffe eine verständliche.

Die Abwässer grösserer Culturstätten weisen diesen zufälligen Gehalt nebst seinen Abkömmlingen in besonders reichem Maasse auf.

Es wäre noch zu untersuchen, welchen Einfluss der schon aufgenommene, mineralische Gehalt der natürlichen Wässer auf das weitere Lösungsvermögen derselben auszuüben im Stande ist.

Diese, vorzüglich für erdinnere Vorgänge, Mineral-Um- und Neubildung, hochwichtige Frage auch nur in aller Kürze hier zu besprechen, fehlt der Raum. Es wird sich später Gelegenheit bieten, im Rahmen vorliegender Arbeit, einen oder den andern Punkt näher zu berühren.

Noch sei der möglichen Beimengung organischer, belebter, wie unbelebter Stoffe im Wasser gedacht. Ihre Gegenwart macht sich nicht nur einerseits im Kohlensäurebedarf, andererseits durch Kohlensäurebildung und -Abscheidung bemerkbar, ihr Einfluss auf den Gehalt der Wässer wird weiter auch durch Mineralstoffaufnahme und -Abgabe bethätigt (Verunreinigung und Selbstreinigung der Flüsse zum Theil).

Abhängigkeit der Lösungsarbeit von der Beschaffenheit der zu lösenden Substanz.

Diese ist einmal in der chemischen Zusammensetzung, das andere mal in ihrem physikalischen Zustand gegeben.

Die eingehendere Verfolgung der Stoffwanderung im Erdinnern lässt uns erkennen, dass es kaum Gesteinselemente, noch weniger Gemenge derselben giebt, welche nicht durch das Wasser selbst, oder unter Beihilfe der schon von ihm aufgenommenen Stoffe, Veränderungen erfahren würden.

Diese Veränderungen bestehen in Stoffverlust durch directe Lösung, Umsetzung zu neuen, im ersteren Sinne gekennzeichneten Verbindungen, oder Zersetzung und folgender Lösung.

Der Verlauf all dieser Processe fusst auf dem Chemismus des betroffenen Körpers, in herrschendem Maasse auf seiner elementaren Zusammensetzung, und weiter in der besonderen atomistischen Verkettung dieser Grundstoffe.

Für weitere Strecken der Erde lehrt uns die Geologie nicht blos den Wechsel der Gesteine in ihren grossen Verbänden, den Stufen und Schichten, Stöcken und Gängen kennen; indem sie uns die Einzelglieder, die Mineralien nennt, welche die Gesteine bilden, führt sie uns zugleich ihre innerste Wesenheit, den chemischen Aufbau vor Augen.

Neben dem chemischen Bestand ist die physikalische Beschaffenheit eines Körpers von grossem Einfluss auf seine Löslichkeit.

Ohne näher auf die nach Gestalt (ob krystallinisch oder amorph), noch der Ursache nach geschiedene Aggregation (chemische oder mechanische) auf Härte, Festigkeit etc. einzugehen, so wichtig sich diese im Einzelnen für die Lösungsfrage gestalten, sei des körperlichen Zustandes nur so weit gedacht, als er sich in wechselnder Flächendarbietung ausspricht.

Je grösser die Angriffsfläche ist, die ein Körper der Einwirkung darbietet, d. h. in je kleinere Theile er getrennt erscheint, desto weitere Wege stehen dem Eindringen einer Flüssigkeit offen, umso leichter wird er der unter den gegebenen Umständen möglichen Lösung verfallen.*)

Bei den Erdschichten kann diese Angriffsfläche eine ursprüngliche, bei Bildung derselben gegebene sein (Mineral-, Trümmer-Aggregation) oder sie erscheint durch die Einwirkung der Atmosphärien (Verwitterung), durch fliessendes Wasser verändert (Auswaschungen u. s. w.). Sie wird erweitert durch die lösende Kraft des Wassers (Auslaugung) oder es liegen ihr Bewegungsvorgänge zu Grunde (Schieferung, Sprünge, Klüfte etc.).

Neben diesen geologischen Ursachen ist es die organische Welt, welche, wenigstens in den ihr zugänglichen Oberflächenschichten, diese Angriffsfläche mächtig zu verändern, die Kraft besitzt.

Die, für grössere Erdmassen schwer zu ermittelnde Wasserfassung (das Maximum der Wasseraufnahmefähigkeit) oder, im beschränkterem Maasse, die

*) Es ist wohl zu beachten, dass nicht jede Möglichkeit der Lösung auch zur Abfuhr durch die Fliesswässer führt, wie wir des weiteren an einigen Beispielen ersehen werden.

Bestimmung der Untergrundabflussmengen eines gegebenen Gebietes, lassen noch am besten diese physikalischen Verhältnisse im Allgemeinen beurtheilen.

Von ausschlaggebender Bedeutung für jede Arbeitsleistung, so auch für unsere, gilt die Zeit der Kraftäusserung.

Ist die Menge des zur Wirkung gelangenden Wassers durch die Niederschlagshöhe gegeben, so gewahren wir zunächst, dass die zeitliche Vertheilung der Niederschläge schon von grösstem Einfluss auf ihre Lösungswirkung sein, und zwar der gleichen Vertheilung die grösste Wirksamkeit zukommen muss.

Die zunächst getroffenen Oberflächenschichten nehmen, je nach Fassungsvermögen, einen Theil des Niederschlagwassers auf, ein Theil wird oberflächlich abzufließen streben.

Die Wasserfassung der getroffenen Schicht, wie die Neigung ihrer Oberfläche zum Horizont geben die ersten Bedingungen für die längere oder kürzere Einwirkung dieser Wässer.

Sahen wir mit der Wasserfassung einer Schicht das Maximum der wirksamen Sickerwasser gegeben, so wird die hier nur in Betracht fallende Abflussmenge schon vom ersten Eindringen in den Untergrund an durch die Verdunstung und capillare Aufsaugung der Schichten beeinflusst. Wir sehen somit einen Theil des Wassers in seiner Wirkung zeitig beschränkt; dies im Ganzen um so mehr, je langsamer das Wasser sich zur Tiefe bewegt, d. h. je geschlossener seine Mineraltheile erscheinen, je geringer und gleichvertheilter die Wasserfassung der leitenden Schicht ist.

Ist in der Folge nur mehr von der Bewegungsart des Untergrundwassers die Rede, so erscheint es verständlich, dass mit dieser auch die Zeit der Einwirkung gegeben ist.

Das Bewegungsmaximum des absinkenden Wassers ist bei gleichem Widerstand lothrecht, nach der Schwerkraft, bei örtlich vermindertem Widerstand, nach diesem gerichtet und bei erhöhtem Widerstand tritt eine Stauung des Wassers ein.

Die am Erdbau vorwaltend beteiligten Absatz- oder Schichtgesteine zeigen nach der Schichtfläche meist die geringste Widerstandsfähigkeit gegen Kraftwirkung, d. h. vermindert enge Aneinanderlagerung der Gemengtheile, demgemäss sehen wir die in ihnen bewegten Wässer meist dieser Richtung folgen.

Bei der so selten normalen Lage der Schichten ist daher die Grösse ihrer Neigung zum Horizont vom wesentlichen Einfluss auf die Beweglichkeit der circulirenden Wässer.

Folgt auf eine Schicht mit grosser Wasserfassung eine solche mit geringer, so sahen wir eine Stauung des absinkenden Wassers eintreten, welche unter Umständen zu grösseren Wasseransammlungen führt; die Bewegung wird eine gehemmte, sie kommt zum Stillstand, oder seitlicher Abfluss und endlicher Austritt führt zur Quellbildung: die Lösungsarbeit in der Teufe ist beendet.

Der chemische Befund.*)**Vertheilung der Einzelbestandtheile.**

Kieselsäure. Im absoluten Gehalt ergibt sich folgende absteigende Reihe:

Erlau 105**); Ilz 82; Regen 63; Donau oberhalb Regensburg 48; Inn 46; Donau unterhalb Passau 39; Donau in Passau 39; Naab 35; Donau vor der Naab 33; Isar 28.

Den grössten Gehalt an Kieselsäure bieten die Wässer aus dem Urgebirge auf, also jene, die aus Gebieten mit fast ausschliesslichem Silikatbestand stammen. Der kleinste Gehalt findet sich in der Isar und der Donau vor der Naab, Flussläufe deren Gebiete die geringste Betheiligung von Silikatgemengtheilen in ihren geologischen Gliedern aufweisen.

Der relative Gehalt an SiO_2 in den verschiedenen Wasserrückständen bewegt sich fast genau in der gleichen Folge wie der obengenannte, und beträgt im kieselsäurereichsten Rückstand des Ilzwassers 27,34% um in jenem der Isar bis auf 1,37% zu sinken.

Thonerde. Es folgen im absoluten Gehalt derselben: Erlau 34; Regen 21; Ilz 20; Isar 20; Donau vor der Naab 16; Naab 9; Donau oberhalb Regensburg 9; Donau in Passau 9; Donau unterhalb Passau 8; Inn 7.

Im Ganzen folgt die Al_2O_3 der Vertheilung der SiO_2 .

Weist dieser Gleichlauf auf verwandte Abstammung zurück, so wird aber in seinem schwankenden Verlauf zugleich angedeutet, dass die anfänglich im Quellwasser innigere chemische Verkettung***) nun meist gelöst und beide Stoffe neuen Einflüssen gegenüber sich, weil getrennt, verschieden verhalten.

Es ist zu vermuthen, dass die Kieselsäure leicht die Beute von Organismen des offenen Fliesswassers wird, die ihrer zum Aufbau bedürfen, und hiermit ihr Gehalt in den grossen Wasserläufen stetig abnimmt, während bei der Thonerde, als dem organischen Leben gegenüber mehr indifferentem Stoff, und ihrem sinkenden Gehalt vielleicht mehr auf mechanische Kräfte, Sedimentation, zu denken wäre.†)

Titansäure. Zu ihrem Nachweis sei folgendes bemerkt: Die möglichst eingeeengte (0,01—0,02 cm^3) schwefelsaure Lösung des von Kieselsäure befreiten Ammoniakniederschlags, giebt Gelegenheit mittels Wasserstoffsperoxyd auf Titansäure zu prüfen.

*) Das Untersuchungsquantum betrug für jedes Objekt **1,5 Liter**. Die Untersuchungen wurden im chemischen Laboratorium der geognostischen Landesuntersuchung ausgeführt.

**) Diese Zahlen geben den betreffenden Gehalt von 1000 g Wasser in $\frac{1}{10}$ mg an.

***) Die Wässer der Ilz und Erlau zeigen einen Überschuss von Alkali, dessen Bindung nur an CO_2 oder SiO_2 gedacht werden kann. Die Reaction dieser Wässer schliesst aber grössere Mengen erstgenannter Art aus. Es verbleibt daher nur die Annahme der Kieselsäurebindung, welche wir an den Fichtelgebirgswässern ebenso gegen den Ursprung zu in wachsendem Maasse nachweisen konnten.

†) Der frei gelöste oder doch nur locker an Kieselsäure gebundene Thonerdegehalt der Wässer, der in keinem Fall gänzlich fehlt und besonders in den Quellwässern des Urgebirges zu bedeutenden Mengen anschwillt, mahnt an die kaum geschlossene, aber wohl überflüssige Controverse, ob die geringen Thonerdemengen, die bei Gebrauch von Aluminiumgegenständen dem menschlichen Organismus möglicherweise zugeführt werden, schädlich wirken könnten.

Zeigt sich die Lösung, aufgesogen in einem etwa 1 mm weiten Glasfaden im durchfallenden Lichte ursprünglich gefärbt, so erzielt man durch Erhitzen mit einem Stäubchen übermangansaurem Kali leicht eine völlig farblose Flüssigkeitssäule, in welcher die geringste Neufärbung deutlich wahrgenommen werden kann.

Auf diese Weise wurde es mir möglich noch 0,000001 g TiO_2 sicher zu erkennen und in allen hier untersuchten Wässern Spuren derselben nachzuweisen.*)

Die so erhaltene gelbbraune Färbung der untersuchten Lösung ergab aber deutlich verschiedene Abstufungen in der Stärke und ich habe versucht durch wechselnde Abkürzung des Zeichen Spur, im Maasse dieser Abkürzung, auch die Abnahme der bestimmten Menge anzudeuten.

Wässer, die entweder in ihrer Schlammführung schon relativ bedeutende Mengen von Titansäure erkennen lassen, oder solche, in dessen Abflussgebieten man auf ein reichlicheres Vorkommen dieses Stoffes schliessen kann, sind auch hier durch deutliche Spuren gekennzeichnet, wie die meisten der angeführten, bis auf die Donau vor der Naabmündung und die Isar, welche entsprechend der mineralischen Zusammensetzung ihrer Abstammungsgebiete nur schwache Spuren von Titansäure aufweisen.

Versuche von DOELTER**) haben die verhältnissmässig leichte Löslichkeit der Titansäure im reinen Wasser dargethan und so ist es nicht verwunderlich diesen Stoff in weiter Verbreitung in den natürlichen Wässern zu finden, und nur die Stärke seines Auftretens werden wir für abhängig ansehen müssen, einmal von der absoluten Menge und dann der wechselnden Bindung seines Vorkommens im betreffenden Abflussgebiete.

Eisenoxydul, Eisenoxyd. Die wenig bedeutenden Mengen Eisen, welche die grösseren Wasserläufe führen, sind auf die leichte Abscheidbarkeit dieses Stoffes aus seiner natürlichen Lösung zurückzuführen.

Auch unsere Untersuchungen leiten zu diesem Ergebniss, und die geringen Unterschiede der Befunde erlauben nicht auf diese weitere Schlüsse zu bauen.

Dasselbe kann vom Mangan gesagt werden, welches zudem in den verfügbaren Probemengen nur in wenigen Fällen sicher nachweisbar war.

In Bezug auf den Eisengehalt sei noch Eines erwähnt.

Die allgemeine Annahme geht dahin, das kohlen saure Eisenoxydul als die gewöhnlichste Lösungsverbindung anzusehen, ausnahmsweise noch die Bindung an Phosphor-, Schwefelsäure oder organische Säuren.

Bei Behandlung von stark eisenhaltigem Gesteinspulver mit Wasser bei höherer Wärme fand ich, dass stets grössere Mengen von Eisen in Lösung gingen, ohne dass an eine der oben genannten Lösungsverbindungen zu denken war. Auch von DOELTER angestellte Versuche ergaben die Löslichkeit von Eisenoxyd in reinem Wasser.***)

Es wird anzunehmen sein, dass bei längerer oder irgendwie gestalteter Einwirkung von Wasser auf Eisenoxyd unter Umständen eines jener Hydrate

*) Die Reaction ist sehr charakteristisch und giebt das Wasserstoffsperoxyd nur noch mit Molybdänsäure ähnliche Färbungen. Ist daher deren Gegenwart ausgeschlossen, so hat die auftretende Farbenreaction gewiss als untrüglicher Nachweis der Titansäure zu gelten.

**) C. DOELTER, Allgemeine chemische Mineralogie.

***) C. DOELTER, Allgemeine chemische Mineralogie.

Anal. Tab. II. Sand, Schlamm und schwebende Theile der unteren bayerischen Donau und ihrer Hauptzuflüsse.

Bezeichnung u. s. w.	Verhältniss von CaO : MgO (CaO = 100)		% CaO u. MgO im führenden Wasser		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ TiO ₂ MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Cl	SO ₂	CO ₂	H ₂ O+ Org.	Summe
	Flöss- schutt*)	Wasser														
Naabschlamm, rothbraun, Chlorophyll-reich, Cu-haltig. Spec. Gewicht 2,653.	43,1	46,87	26,18	12,27	55,56	20,23		2,44	1,35	4,48	1,06	—	—	2,72	12,06	99,90
Donausand oberhalb Regensburg, schwach röthlich-braun. Spec. Gewicht 2,672, Raum-Gewicht 1,460.	25,49	26,18	37,20	9,74	67,80	3,65	Fe ₂ O ₃ 1,90 TiO ₂ 0,21	10,40	2,86	0,92	0,36	0,04	0,03	10,87	1,01	100,50
Regenschlamm, röthlich-braun, unter 0,5 mm. Spec. Gewicht 2,653, Raum-Gewicht 1,412.	24,59	38,89	14,10	5,48	79,14	9,48	Fe ₂ O ₃ 3,00 TiO ₂ 0,37	1,36	0,70	2,42	1,01	—	—	0,62	2,46	100,56
Isarschlamm, schwach röthlich-braun. Spec. Gew. 2,740, Raum-Gewicht 1,260.	27,78	28,19	33,94	9,53	16,98	6,44	1,40	29,73	8,25	0,14	0,28	—	Sp.	32,52	4,47	100,21
Schwebende Theile der Isar bei Hochwasser.	27,72	28,19	33,94	9,53	18,10	7,62	2,14	28,33	7,86	0,58	0,59	—	—	29,52	5,24	99,98
Donausand vor Passau, schwach röthlich- braun. Spec. Gewicht 2,708, Raum- Gewicht 1,448.	30,37	27,03	36,07	9,75	51,07	9,15	1,87	13,60	5,07	1,64	0,94	0,05	0,14	15,01	1,96	100,50
Schwebende Theile der Donau in Passau (in einem Liter: 0,0165 g).	39,94	27,03	36,07	9,75	18,18	7,07	3,53	18,20	7,57	6,54	3,20	—	—	21,68	14,03	100,00
Ilzschlamm, feinsten, licht rothbraun. Spec. Gewicht 2,657, Raum-Gewicht 1,460.	20,59	60,00	5,00	3,00	51,81	18,22	4,53	1,13	1,74	4,78	1,67	—	—	0,75	15,45	100,08
Innschlamm, licht röthlich-braun, grau. Spec. Gewicht 2,761, Raum-Gewicht 1,475.	31,67	29,57	33,61	9,94	62,65	10,25	Fe ₂ O ₃ 4,25 TiO ₂ 0,75	9,23	2,55	1,59	1,26	—	—	5,91	1,59	100,03
Schwebende Theile des Inn (0,0709 g im Liter Wasser).	34,41	29,57	33,61	9,94	49,04	13,10	5,70	15,10	5,41	3,55	1,86	—	—	15,25	1,79	100,80
Donauschlamm unterhalb Passau, 1 m über dem Wasserspiegel, licht röthlich, braun, grau. Spec. Gew. 2,761, Raum-Gewicht 1,408.	30,68	29,52	34,33	10,13	58,50	9,52	Fe ₂ O ₃ 8,08 TiO ₂ 0,10	9,84	4,05	2,12	1,63	—	P ₂ O ₅ 0,25	9,20	1,79	100,88
Schwebende Theile der untersten bayer. Donau (0,0408 g im Liter Wasser).	41,12	29,52	34,33	10,13	30,19	15,60	5,20	15,84	6,93	3,32	1,63	—	—	18,76	2,51	99,98

*) Das Verhältniss von CaO : MgO im Flössschutt bezieht sich auf den Carbonatgehalt desselben.

gebildet wird, deren Wasserlöslichkeit schon längere Zeit bekannt ist*), und wir somit auch das Eisenoxyd zu den möglichen Bestandtheilen der natürlichen Wässer zählen dürfen.

Alkalische Erden.

Kalkerde. Vertheilung dem absoluten Gehalt nach: Donau oberhalb der Naab 775; Donau oberhalb Regensburg 760; Donau in Passau 725; Isar bei München 690; Donau unterhalb Passau 630; Inn 558; Naab 288; Regen 54; Erlau 44; Ilz 15.

Der höchste Kalkgehalt findet sich in der Donau vor der Naabmündung. Das Zuflussgebiet besteht, nach den in Analysentabelle I verzeichneten Angaben mit Ausnahme von 0,98 %, die dem Schwarzwald-Urgebirge zuzurechnen sind, fast ausschliesslich aus Kalk als Hauptbestandtheil führenden geologischen Gliedern.

Die nächst kalkreichste Probe stellt die Donau oberhalb Regensburg. Die Abnahme des Kalkes ist durch die vorhergehende Einmündung der Naab, deren Bezugsgebiet fast zur Hälfte dem Urgebirge angehört, erklärt. Es folgt die Donau in Passau, Isar und dann die Donau unterhalb Passau.

Dass die Isar, als Vertreterin der rein alpinen Abflüsse und zwar mit Ausschluss des Urgebirges, hier erst nach der Donau in Passau folgt, hat seinen Grund darin, dass die angeführte Analyse sich nicht auf eine Probe an der Mündung des genannten Flusses bezieht, sondern als Ersatz die Analyse des Isarwassers nächst München bei mittlerem Wasserstand herbeigezogen werden musste.

Nach Dr. BRUNNER und Dr. EMMERICH führt die Isar bei Plattling (nahe der Mündung) 809 bis $826\frac{1}{10}$ mg Kalkerde im Liter**), sie würde folglich mit diesem Gehalt in unserer Reihe die erste Stelle einnehmen.

Es ist gewiss, dass eine mit den anderen gleichzeitig an genannter Stelle entnommene Probe entsprechend höheren Gehalt und besonders einen solchen an Kalk aufgewiesen hätte, dessen Höhe eine flüchtige Berechnung annähernd geben soll.

Die Donau oberhalb Regensburg führt 432 m^3 Wasser und besitzt $760\frac{1}{10}$ mg Kalkgehalt im Liter. Nach der Mündung des Regen mit 38 m^3 Wasser und 54 Kalkführung muss letztere im Hauptfluss auf 700 gefallen sein. Um nun die Steigerung auf 725 in Passau herbeizuführen, müssen die 244 m^3 Wasser, welche die weiteren Zuflüsse der Donau zwischen Regensburg und Passau bilden, und von welchen die Isar mehr als Zweidrittel liefert, einen Durchschnittskalkgehalt von $772\frac{1}{10}$ mg im Liter aufweisen. Jene Zahl entspräche also dem mittleren Gehalt der unteren Isar und zeigt sich annähernd gleich mit jenem der Donau vor der Einmündung der Naab.

Bei näherem Vergleich der Abflussgebiete von der Donau vor der Naab und der Isar an der Mündung, finden wir im ersteren Fall einen Antheil der Kalkalpen und seines Vorlandes zu 62,79 %, welcher sich bei der Isar gleich 100 % stellt.

*) Gmelin-Kraut, III, 312.

**) Diesen entsprechen, nach Angabe, die Rückstandsmengen 2486 und 2050 (die sich daher auffälliger Weise umgekehrt wie die angeführten Kalkmengen verhalten). Diese Rückstandsmengen, wie die verzeichnete Temperatur von $+1^\circ$ deuten auf Niederwasser, also Rückstand über Mittel. Zeitschrift für Biologie.

Das ausseralpine Zuflussgebiet der genannten Donaustrecke setzt sich aus den weiteren 31,85 % Malm, 4,38 % zumeist Keuper und 0,98 % Urgebirge zusammen.

Haben die Abflüsse dieser Formationen zusammengenommen, trotz ihrer theilweise beschränkten Kalkführung, jene der alpinen Gewässer nach bewirkter Mengung im Hauptstrom nicht herabzudrücken vermocht, so werden wir schliessen müssen, dass der Malm als Hauptvertreter dieser Gruppe, nebst einzelnen Keuperschichten, Wässer von gleichem, wenn nicht grösserem Kalkreichthum führen, als jene der Kalkalpen und ihrer Vorstufe.

Die Untersuchungsergebnisse an Quellwässern des fränkischen Keupers*) führen im Allgemeinen, zu Folge des meist bedeutenden Gypsgehaltes dieser Wässer, sehr hohe, bis 8673 reichende Kalkzahlen**) an. Die Angaben von M. LECHLER***) über einige Keuperwässer aus dem in Betracht gezogenen Gebiet, können als weitere Bestätigung obiger Folgerung gelten.

Unterhalb Passau sehen wir die Kalkerdezahl der Donau von 725 plötzlich auf 630 herabgehen. Die knapp unter Passau erfolgte Mündung des mit der Donau in Passau fast gleich wasserreichen Inn, mit nur 558 Kalkerde, hat diese Minderung bewirkt.

Analysen Tabelle V.

Bezeichnung	Die Schwemmtheile der Flussläufe enthalten:				Geologische Abstammung
	% Carbo- nate.	Ca CO ₂	Mg CO ₂	Ca O : Mg O Ca O = 100	
Donausand unter Passau	20,75	73,50	26,50	30,68	68,16 % Kalkformat. 23,22 Urgeb.
Innsand in Passau . . .	12,77	72,82	27,18	31,67	66,34 „ „ 33,66 „
Donauschlamm vor Passau	32,48	73,68	26,32	30,37	70,93 „ „ 15,70 „
Donausand oberh. Regens- burg	23,67	76,94	23,06	25,49	81,95 „ „ 9,20 „
Naabschlamm	5,81	66,40	33,60	43,10	20,18 „ „ 49,38 „
Regensand	1,40	77,60	22,40	24,59	0,41 „ „ 92,48 „
Ilzschlamm	0,75	80,50	19,50	20,59	— „ 100,00 „
Isarsand bei München .	70,41	75,40	24,60	27,78	100,00 „ „ —

Der Antheil von Kalkformationen am Inngebiet ist der kleinste (66,34 %, neben dem grössten Urgebirgsantheil von 33,66 %, siehe Anal. Tab. V) gegenüber den verschiedenen in Betracht gezogenen Donaustrecken und besonders der Isar, die, wie wir gesehen, nur aus solchen Zuflüssen erhält.

Nehmen wir den Meistgehalt der Isar an Kalkerde mit 800 an, so müsste der Inn, bei $\frac{1}{3}$ geringerem Antheil an den Kalkalpen und ihrer Vorstufe, einen solchen von 533 aufweisen. Die bestimmte, wenig grössere Führung mag auf

*) A. SCHWAGER, Untersuchungen von Quell- und Flusswasser etc., Jahreshäfte 1891, S. 82.

**) Unter Kalk-, Rückstandszahl ist immer der betreffende Gehalt von 1000 g Wasser in $\frac{1}{10}$ mg zu verstehen.

***) M. LECHLER, Die chem. und hydrogr. Verhältnisse der fränk. Keuperformation, Inaug.-Diss. Erlangen, 1892. Diese Schrift theilt folgende Analysenbefunde mit: Wörnitz 2908 Rückstd., 837 Ca O, Altmühl 3947 Rückstd., 1148 Ca O. Leider fehlt die nähere zeitige und örtliche Festlegung für die Probepunkte.

das häufigere Einbrechen von Kalk- und dolomitischen Lagen in den jüngeren kristallinen Schiefen des Inngebietes zurückzuführen sein.

Berechnen wir aus dem Kalkerdegehalt der Donau, unter Beziehung der gegebenen Wassermengen in und unterhalb Passau, jenen der inzwischen erfolgten Zuflüsse, so müsste derselbe 534 betragen. Nach Abzug der 25 m³, die, ausser dem Inn, sich bis zur bestimmten Stelle in die Donau ergiessen und deren Kalkzahl, entsprechend jener der Ilz und Erlau, auf etwa 20 zu veranschlagen ist, verbleibt für den Inn ein solcher von 553 (ermittelt 558). Desgleichen führt die Berechnung des Gehaltes der Donau unterhalb Passau nach Maass der nachgewiesenen Kalkerdemengen in Inn, Ilz, Erlau zu der Zahl 634 (gefunden 630).

Die nahe Übereinstimmung dieser berechneten Werthe gegenüber den wirklich ermittelten giebt uns einmal die Gewissheit, dass die Angaben bezüglich der verschiedenen, in Rechnung gesetzten Wassermengen dem Thatbestand entsprechen müssen, so wie, dass an der gewählten Schöpfstelle unterhalb Passau auch wirklich eine innige Mischung der verschiedenseitigen Zuflüsse im Hauptfluss stattgefunden hatte.

Anlehnend an Vorstehendes sei bemerkt, dass anderentheils die Verschiebung im Kalkgehalt, wie sie die Analysentabelle I zwischen der Donau vor und nach der Naabmündung verzeichnet, nicht im Einklang steht mit der im letzteren Fall nach den gegebenen Daten, unter Annahme der völligen Vermischung beider Flusstheile, berechneten Kalkerdezahl.

Diesen Unterschied zu erklären giebt es nur zwei Auswege. Entweder ist das Naabwasser 5 km unter seiner Mündung (Donau oberhalb Regensburg) in Mitten des Flusslaufes mit jenem der Donau noch nicht völlig vermisch, welche Möglichkeit nach dem auf Seite 74 bemerkten, gegeben ist, oder die thatsächlich aufeinander getroffenen Wassermengen entsprachen nicht ganz den angenommenen Werthen. Bei Zusammenwirken beider Factoren ist die Erklärung besagter Erscheinung leicht gegeben.

Die nicht unwichtige Frage nach der Gehaltsbewegung im Flusskörper selbst, mag diese sie streifende Abschweifung berechtigt erscheinen lassen.

Nach dem Inn stellt sich die Naab als nächst kalkärmerer Flusslauf ein. Hier ist der Flussgebietsantheil des Urgebirges auf 49,38 % gestiegen und der Antheil am Kalkgebirge, vertreten durch Malm, bis auf 20,18 % gesunken.

Die Kalkzahl beträgt 288. Nehmen wir an, dass die Kalkführung von Malm-, oder Alpenkalken entstammenden Gewässern gleich gross sei (für die Isar hatten wir die abgerundete, höchste Kalkerdezahl 800 angenommen), so entsprächen den 20 % Malm 160 Kalkerde. Der bestehende Überschuss deutet auf die, mit dem Malm fast gleich stark auftretenden Keuperschichten im Naabgebiet.

Im Regen sehen wir den Kalkerdegehalt nur mehr mit 54 angegeben. Die verzeichneten Gebietsantheile von 0,41 % Malm und weiteren 7,11 %, zumeist Keuper, sind als die Hauptabstammungsschichten für diesen Gehalt anzusehen.

Die kalkärmsten Glieder der Untersuchungsreihe bilden die reinen Urgebirgs- wässer: Erlau und Ilz.

Bei fast gleichem petrographischen Aufbau der Zuflussgebiete ist es bemerkenswerth, dass der grössere Kalkgehalt der Erlau (44) gegen den gleichzeitigen der Ilz*) ($15\frac{1}{10}$ mg Kalkerde im Liter) mit sichtlicher Deutlichkeit auf das Einbrechen grösserer Lagen von körnigem oder Urkalk im Erlaugebiet hindeutet.

Bittererde. Der absolute Gehalt an dieser zeigt sich wie folgt vertheilt: Donau vor der Naab 213; Donau vor Regensburg 199; Donau in Passau 196; Isar 194; Donau unterhalb Passau 186; Inn 165; Naab 135; Regen 21; Erlau 9; Ilz 9.

Die völlig gleiche Vertheilung, welche hier die Bittererde mit jener vorgegebenen der Kalkerde aufweist, ist beachtenswerth.

Gleich auffallend gestaltet sich das wenig abweichende Verhältniss von Kalkerde zur Bittererde in den Schwemmtheilen zu jenem des führenden Wassers, wie es in der ersten und zweiten Spalte der Analysentabelle II (S. 87) zum Ausdruck gelangt. Die vorspringenden Ausnahmen bilden nur die Urgebirgswässer und dies verweist uns auf die erste Bedingung einer gleichlaufenden Vertheilung von Kalk- neben Bittererde in den Wässern: den gleichen Mineral-Ursprung.

Analysentabelle III giebt die Constitution der wesentlichen Bestandtheile der untersuchten Wasser.**)

Die Erdalkalisalze sind dort nur als Carbonate und Sulfate vertreten und die Frage nach ihrer Herkunft leitet in weitaus den meisten Fällen zu den gleichen Grundverbindungen.

Gesteinsbildend treten sie als Kalk, dolomitischer Kalk, Dolomit, Mergel, Gyps u. s. f. auf. Die Überführung in den Gehalt der Wässer wird durch einfache Lösung***) bewirkt, sie besteht in bedingter Lösung (einfach kohlenaurer Kalk und ebensolche Bittererde werden in die wasserlöslicheren doppeltkohlenaurigen Salze, Anhydrit durch Wasseraufnahme in geradezu [einfach-] löslichen Gyps übergeführt), oder endlich Umsetzungen haben ihre Neubildung und Folgelösung (Lösung zur Folge und in der Folge von chemischen Umsetzungen) bethätigt, wie in den reinen Urgebirgswässern.

Auf letztgenannte Lösungsart ist in den meisten Fällen der Bittersalzgehalt der Wässer zurückzuführen. Die Leichtlöslichkeit und auch Unbeständigkeit der schwefelsauren Magnesia in gewissen Lösungsgemengen bedingt ihr seltenes

*) Eine Probe der Ilz, vom 3. September 1891, ergab mir in 1000 g H_2O : 447 Rückstand, in demselben: 182 SiO_2 ; Sp. TiO_2 ; 25 Al_2O_3 ; 3 Fe_2O_3 ; 8 MnO ; 37 CaO ; 14 MgO ; 21 K_2O ; 55 Na_2O ; 35 Cl ; 51 SO_2 ; Sp. P_2O_5 . Kieselsäure, Kalk, Bittererde, Chlor und Schwefelsäure erscheinen in diesem Herbstwasser (bei tieferem Wasserstand) gegenüber dem Frühjahrswasser bedeutend vermehrt.

**) Über den Gang dieser Untersuchungen a. a. O., S. 44. Hervorzuheben wäre nur, dass bei der Bestimmung der Gypsmenge, welche bei der Alkoholfällung unter den gewählten Umständen gelöst bleibt, die Temperatur wohl zu beachten, dieselbe möglichst niedrig und auf gleichem Stand zu halten ist.

***) Der vermittelte Übergang vom festen zum flüssigen Aggregatzustand ist als Lösung zu bezeichnen. Geschieht dies ohne Zuthun eines zweiten Körpers von Aussen her, so kann der Vorgang unmittelbare Lösung benannt werden. Mit Hilfe einer Flüssigkeit (meist allein als „Lösung“ angesehen) würden wir die eigentlich mittelbare Lösung erhalten. Die Lösung eines Körpers durch eine Flüssigkeit, ohne jede chemische Änderung, würde dann mittelbar einfache oder kurz einfache Lösung zu nennen sein.

Anal. Tab. III. Theil-Constitution der unteren bayerischen Donau und ihrer Hauptzuflüsse.

Bezeichnung	In 1000 g Wasser sind enthalten in $\frac{1}{10}$ mg:															
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	NaCl	KCl	Na ₂ SO ₄	K ₂ SO ₄	CaSO ₄	MgSO ₄	CaCO ₃	MgCO ₃	Organ. + H ₂ O	Na ₂ O
Naab vor der Einmündung in die Donau	35	9	2	Sp.	S. Cu	Sp.	54	22	30	17	93	—	446	283	95	3
Donau vor der Naabmündung	33	16	1	S.	S.	S.	34	9	34	60	116	—	1299	447	112	Na ₂ O 4
Donau oberhalb Regensburg	48	9	1	Sp.	S.	S.	36	9	25	21	201	—	1209	418	56	—
Regen vor der Mündung	63	21	3	Sp.	—	Sp.	12	24	50	4	—	—	96	44	—	—
Isar nächst München	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	257	—	—	—	—	—
Ilz vor der Mündung	82	20	1	Sp.	Sp.	Sp.	4	11	59	11	—	—	27	19	57	Na ₂ O 8 unver- bunden!
Erlau vor der Mündung	105	34	1	Sp.	—	S.	28	4	59	25	—	—	78	19	101	Na ₂ O 3 unver- bunden!
Donau in Passau	39	9	1	Sp.	—	S.	30	10	56	37	215	—	1137	412	60	36
Inn in Passau	46	7	2	Sp.	S.	S.	36	29	31	6	110	167	916	230	59	NaNO ₂ 6
Donau unterhalb Passau	39	8	1	Sp.	—	Sp.	52	18	12	27	190	36	986	365	57	NaNO ₂ 31

92 Hydrochemische Untersuchungen im Bereich des unteren bayerischen Donaugebietes.

Vorkommen in den Erdschichten. Der ausgewiesene Gehalt im Inn und dem entsprechend auch in der Donau unterhalb Passau (siehe Anal. Tab. III) wird demnach ebenso als Neubildung anzusehen sein.

Das Fehlen dieses Gehaltes in den anderweitig angeführten Alpenabflüssen verweist seinen Ursprung auf die, bloß dem Inngebiet zufallenden, Urgebirgsteile der Alpen. In den häufigen Schwefelkieseinsprengungen seiner jüngeren Glieder erkennen wir die Quelle der oberflächlich durch Oxydation des Schwefels leicht gebildeten Schwefelsäure, welche durch Einwirkung auf benachbarte dolomitische Lagen oder leicht zersetzbare Magnesiasilikate (Chlorit etc.) zur Bildung des Bittersalzes führt.

Bevor wir den Antheil besprochener Lösungsarten am Erdkaligehalt der Wässer und diesen wiederum erfolgreich mit dem mineralischen Aufbau ihrer Zuflussgebiete in Wechselbeziehung stellen können, erscheint es geboten, in Kürze das durch Versuche Bekannte über die Löslichkeit von Gyps, Kalk und Dolomit zusammen zu fassen.

Gyps. Die einfache Löslichkeit im Wasser, bei wechselnden Temperaturen, ist durch vielfache Versuche genau ermittelt. Es genügt uns zu wissen: Unter den natürlichen Bedingungen (der Temperatur und des Druckes) werden 2 g Gyps in 1000 g Wasser gelöst.

Kochsalz- und Salmiakgehalt*), Gegenwart verschiedener Alkalisalze**) erhöht diese Löslichkeit.

Kalk. Die einfache Löslichkeit desselben (ohne Beihülfe der Kohlensäure) beträgt nach verschiedenen Angaben und eigener Ermittlung im Höchstfall (nach anhaltendem Kochen) und im Durchschnitt 0,0350 CaCO₃ im Liter.***)

Nach FRESENIUS vermindert freies Ammoniak und kohlen-saures Ammoniak diese Aufnahmefähigkeit bis ungefähr zur Hälfte.

Die Löslichkeit des Kalkes, mit Beihülfe der wassergelösten Kohlensäure ist der Gegenstand vielfacher Versuche gewesen.

Den kürzesten Ausdruck der allgemeinen Lösungsgesetze für Kalk allein, und bei Gegenwart von Kohlensäure gab SCHLÖSING (Compt. rend. 74, 1552; 75,70). Derselbe lautet: „Bei Gegenwart von überschüssigem CaCO₃ und einer Atmosphäre von constantem Kohlensäuregehalt löst das Wasser zugleich freie Kohlensäure, neutrales Carbonat und Dicarbonat. Die Auflösung der Kohlensäure erfolgt wie im reinen Wasser bei Abwesenheit von Carbonat und gemäss dem Absorptionsgesetz. Die Auflösung des neutralen Carbonates erfolgt wie im reinen Wasser bei Abwesenheit von Kohlensäure. Die Menge des Dicarbonates hängt für eine gegebene Temperatur von der Spannung der in der Gasatmosphäre enthaltenen Kohlensäure ab.“

Mehrfache Versuche ergaben ALF. COSSA für die Löslichkeit des Kalkes in Wasser, welches bei gewöhnlicher Temperatur unter normalem Druck mit Kohlensäure gesättigt war, die mittlere Zahl von 1 g CaCO₃ im Liter.†)

*) TROMSDORF (N. Tr. 18, 1, 234).

**) A. VOGEL (J. pr. Ch. 1, 196).

***) A. W. HOFMANN (J. B. 1865, 171) giebt die einfache Löslichkeit des Kalkes zu 34 mg; WELTZIEN (An. Pharm. 136, 156) mit 36 mg CaCO₃ im Liter an.

†) ALF. COSSA, Ric. di Chim. min. Udine 1868.



Erwähnt sei die erhöhte Löslichkeit des Kalkes, insbesondere des frisch gefällten, bei Gegenwart von K_2SO_4 , KCl (G. MORVEAU), $CaCl_2$, $MgCl_2$ (HUNT). Eigene Versuche haben die erhöhte Löslichkeit von Kalk und Dolomit in kochsalzhaltigem Wasser dargethan*).

Dolomit. COSSA giebt die, unter gleichen Umständen wie oben, bewirkte Lösung desselben zu etwa 0,5 g im Liter an. Die einfache Löslichkeit wurde von mir in einem Versuch zu 0,062 g im Liter gefunden.**) Eine unter Einwirkung des gewöhnlichen CO_2 Gehaltes der Luft und dem Wechsel der Temperaturen und Drucke des Tages, ein Jahr lang ausgesetzte Probe, lieferte das Lösungsmaximum von 0,111 g Carbonate im Liter. Einfache und bedingte Lösung zeigten die Zusammensetzung von Normaldolomit.

Die versuchte allgemeine, nicht einmal nach dieser Seite hin erschöpfende Erörterung der Lösungsbedingungen lässt deren grosse Mannigfaltigkeit, selbst unter natürlichen Verhältnissen, erkennen.

Einseitige Versuche, bei welchen oftmals die Hauptfactoren (es sei nur der zeitlichen Wirkung, oder der Flächendarbietung gedacht) nicht festgelegt sind, können demnach zur Beurtheilung ähnlicher Vorgänge im Felde nur in beschränktem Maasse dienen.

Die einfache Lösung stellt den kürzesten Weg beim Übergang des festen Moleküls in den Lösungszustand dar. Sie ist es, die gegebenen Falls zuerst in Erscheinung treten und auch gleicherweise ihre Grenze, den Sättigungsgrad erreichen wird. Dem entspricht der Gehalt an $CaSO_4$ in den Quellwässern aus den Grundgypsschichten des fränkischen Keupers, welcher in einzelnen Fällen an die oben gegebenen 2 g im Liter heranreicht.

Die angeführte einfache Löslichkeit von Kalk und Dolomit erscheint den natürlichen Verhältnissen zu wenig angepasst und tritt auch in den gegebenen äussersten Werthen zu sehr hinter die aus den Ergebnissen der Analysen ersichtliche Feldwirksamkeit der bedingten Lösung der Erdcarbonate, sodass die Würdigung ihres Antheils am Gehalt der Wässer hier zurückgestellt werden muss.

Die Gehaltszahlen für Kalk- und Bittererdecarbonat der meisten untersuchten Wässer lehren, dass die überwiegende Menge derselben unter Beihülfe von CO_2 aufgenommen wurde.

Die vorliegenden Maximalzahlen unserer Kalkgebiete, wie sie aus dem Durchschnittsgehalt der Quellwässer der Umgebung Münchens**) und dann jener

*) Von 1 g feingepulvertem Normaldolomit wurden bei Zimmertemperatur durch 1000 g 2,5% kochsalzhaltigem Wasser in zwei Stunden gelöst (bei Durchströmung): 0,1365 $CaCO_3$; 0,0896 $MgCO_3$ (= 60,37% $CaCO_3$ und 39,63% $MgCO_3$), desgleichen, aber unter CO_2 Einleitung: 0,2125 $CaCO_3$ und 0,1399 $MgCO_3$ (= 60,30% $CaCO_3$ und 39,70% $MgCO_3$). Kalk, wie der erste Versuch angiebt behandelt, brachte 0,1651 $CaCO_3$, unter CO_2 Einleitung: 0,5590 $CaCO_3$ in Lösung. — Die einfache Wasserlöslichkeit des Dolomits, aber bei viel länger wärender Einwirkung bei Kochhitze, und jene unter CO_2 Einleitung wurde zu 0,062 und 0,150 g Gelöstem mit Normaldolomitzusammensetzung ermittelt. Kalk gab die entsprechenden Werthe: 0,0240 und 0,5653 $CaCO_3$ im Liter.

**) Der Durchschnittsgehalt von, auf Anal. Tab. IV verzeichneten 11 Quellwässern der nächsten Umgebung Münchens beträgt: 0,3263 g Rückstand im L. Dieser enthält 0,2630 Carbonate mit 75,84% $CaCO_3$ und 24,16% $MgCO_3$. $CaO : MgO = 100 : 27,08$.

Anal. Tab. IV. Rückstandsmengen, Erdalkaliengehalt und Verhältniss von Kalk zur Bittererde einiger Wässer, besonders der Umgebung Münchens.

Zeit der Probenahme	Bezeichnung (Entfernung von München, Frauenkirche)	$\frac{1}{10}$ mg Rückstand in 1000 g Wasser	Procent-Gehalt des Rückstandes an		CaO : MgO (CaO = 100)
			CaO	MgO	
12./12. 1887	Isar (Reichenbachbr.) (1,25 km S.) Hochwasser	1906	35,36	9,54	27,15
4./1. 1891	Isar (Giesing) (2,25 km SOSS.) . . .	2387	35,64	10,72	30,10
10./1. 1893	Isar (Reichenbachbr.) (1,25 km S.) . .	2318	36,32	11,25	31,00
27./12. 1888	Isar (Grosshesselohe) (7,5 km SWS.) Niederwasser	2486	33,99	10,83	31,90
14./12. 1890	Isar (Thalkirchen) (4,8 km SWS.) . .	2325	36,12	11,52	31,96
21./4. 1889	Inn bei Wasserburg (48 km W.) . . .	2100	32,19	10,85	33,72
25./12. 1887	Isar bei Krün (76 km SWS.)	1784	35,53	13,45	37,90
25./12. 1887	Loisach bei Garmisch (76 km SWS.)	2089	33,30	8,47	25,40
25./12. 1887	Partnach bei Partenkirchen (77 km SWS.)	1823	28,08	9,38	33,40
7./9. 1888	Würm bei Leutstetten (19 km SW.)	1667	33,33	8,33	25,00
25./8. 1888	Glön bei Indersdorf (30 km NW.) . .	2417	29,10	13,64	46,87
17./8. 1890	Amper 1 km westlich von Dachau (17 km NW.)	2460	30,00	6,50	21,67
6./1. 1890	Sempt v. d. Schwillach bei Wifling (25 km NO.)	2927	34,65	10,09	29,11
24./12. 1888	Würm bei Leutstetten (19 km SW.)	1870	29,56	10,43	35,29
25./4. 1888	Ableitungsstollen der Münchener Wasserleitung	2797	38,89	10,31	26,53
23./12. 1877	Walchensee, aus 1,5 m Tiefe (60 km SWS.)	1270	35,01	10,57	30,24
29./10. 1888	Wenz'sche Stollenquelle (7,1 km SWS.)	3031	36,81	9,54	25,90
27./12. 1888	" " (7,1 " ")	3245	33,11	8,78	26,50
23./6. 1889	Quelle nördlich von Schäftlarn (16 km SWS.)	3490	36,55	11,03	30,20
5./5. 1889	Hachingerbachquelle (12 km SOS.) . .	3120	32,78	7,78	23,75
14./12. 1890	Quelle bei der M. Klause (5,5 km SSWS.)	2556	30,00	11,43	38,09
13./1. 1889	Brunthalbach (2,4 km NO.)	4717	30,71	7,88	25,70
13./1. 1889	" " bei Oberföhring (4,8 km NO.)	3636	32,59	8,03	24,65
1./11. 1888	St. Emmeran-Mühlbach b. Oberföhring (6 km NO.)	3186	35,63	7,98	22,38
27./12. 1888	Dritte Quelle südlich von Einsiedel (6 km SWS.)	3237	36,50	9,50	26,02
27./12. 1888	Dritte Quelle südlich vom Kalkofen (6,8 km SWS.)	3215	35,10	8,94	25,58
5./6. 1887	Quelle am Germaniabad (3,75 km NON.)	2460	36,55	11,03	30,20
21./5. 1888	Ebrachbach (35 km W.)	4135	29,78	7,30	24,53
12./12. 1887	Lech bei Schongau (62 km SW.) . .	2300	34,43	10,26	29,79
12./12. 1887	Versuchsbrunnen in Schongau (62 km SW.)	3216	34,90	10,20	29,18

im Bereich des Frankendolomits*) gewonnen sind, zeigen in beiden Fällen, selbst gegen die vorangeführte Löslichkeit des Dolomits im kohlenensäuregesättigten Wasser, um die Hälfte geringere Werthe.

Diese Thatsache kann, aus mancherlei Gründen, nicht wohl auf zeitlich unzulängliche Einwirkung zurückgeführt werden. Erstlich ist der Wechsel der Rückstandsmengen in den, zu verschiedensten Zeiten gesammelten Quellwässern der Umgebung Münchens kein so grosser, dass er nicht hinlänglich aus der Verschiedenheit der diluvialen Kieslagen ihres Ursprungs erklärt werden könnte. Beweisender erscheint die geringe Abweichung im Verhältniss von Kalk zur Bittererde — besonders bei der feststehenden, leichteren Löslichkeit des Kalkes — in diesen Quellwässern. Die obige Annahme wird aber zur Gewissheit, wenn wir dieselbe Erscheinung am Wasser der Isar bei Nieder- und Hochwasser gewahr werden**), deren Gehaltszahlen in diesem Fall doch gewiss der denkbar zeitlich verschiedensten Wirkung entsprechen (siehe S. 95).

Wir müssen demnach, nicht blos diese, sondern die meisten Kalk-(Dolomit-) Wässer bezüglich ihres Gehaltes an Erdcarbonaten als nahezu gesättigte Lösungen ansehen, und nur in dem Mangel an grösseren Mengen überschüssiger Kohlensäure den Grund erblicken, warum hier die Lösungshöhen nicht an die Zahlen des erwähnten Versuches heranreichen.

Die vorstehenden allgemeineren Erörterungen gestatten, bezüglich ihrer Anwendung auf den vorliegenden geologischen Bestand, uns möglichst kurz zu fassen.

Das Lösungsverhältniss von Gyps zu jenem von Kalk und Dolomit stellte sich im Versuch wie 2 : 1 und 4 : 1. Die bei der Untersuchung gewonnenen Zahlen für letztere erheben das Verhältniss bis nahe an 10 : 1. Erwägen wir ferner die so viel raschere Löslichkeit von Gyps, so wird der ausgewiesene, scheinbar hohe Kalksulphatgehalt der Alpenflüsse kaum verwunderlich erscheinen, zumal, wenn wir die mächtig ausgedehnte Entwicklung des Keupers (neben einer spärlichen des Buntsandsteins) in den Alpen bedenken, auf dessen Gypseinlagerungen wir die Hauptmasse dieses Salzes beziehen müssen.

Von den, zur Untersuchung beigezogenen nördlichen Zuflüssen der Donau, ist nur die Naab durch bedeutenderen Gypsgehalt ausgezeichnet. Der nicht unbeträchtliche Antheil von Keuper am Aufbau ihres Sammelbeckens findet hierdurch deutlichen Ausdruck.

Anfangs dieses Abschnittes wurde die grosse Übereinstimmung des Verhältnisses von Kalk- zur Bittererde im Gehalt der betrachteten grösseren Flussläufe gegen jenes in den betreffenden Schwemmtheilen hervorgehoben. Der daraus abgeleitete Hinweis auf gleichen Mineralursprung trifft in unserem Fall insofern zu, als die vorwiegende Bindungsart der Erdalkalien, sowohl im Wasser wie im Bezugsgebiet, jene an Kohlensäure ist.

*) Die Angaben von GORUP-BESANEZ (Anal. Ch. ph. Suppl. 8,230) über 18 Wässer aus dem Bereich des Frankendolomits geben im Mittel: 0,2661 Rückstand, mit 0,2587 Carbonaten (64,59 % CaCO_3 ; 35,41 % MgCO_3). $\text{CaO} : \text{MgO} = 100 : 46,61$ (Normaldolomit: 54,35 CaCO_3 ; 45,65 MgCO_3 . $\text{CaO} : \text{MgO} = 100 : 71,44$).

**) Das Verhältniss von $\text{CaO} : \text{MgO}$ ($\text{CaO} = 100$) in den Wässern der Umgebung Münchens giebt die Werthe 22,38 — 38,09. Die verzeichneten Isarrückstände bei Nieder- und Hochwasser bewegen sich zwischen 0,2486 und 0,1906 g im Liter, während das Verhältniss von $\text{CaO} : \text{MgO}$ ($\text{CaO} = 100$) nur zwischen 31,96 und 27,15 schwankt (Anal. Tab. IV).

Nehmen wir nun an, die Zusammensetzung der Carbonate in den abgeschwemmten Theilen, dem Schwemmschutt, entspreche vollkommen jener im Bezugsbestand (der Schwemmschutt wird dagegen, bei der grösseren Löslichkeit des Kalkes und in Folge der leichteren mechanischen Theilung des oft lockerkörnig entwickelten Dolomits, stets mehr oder minder, vorzüglich in den feineren Theilen, an Bittererde angereichert erscheinen; siehe das Verhältniss von $\text{CaO} : \text{MgO}$ in den schwebenden Theilen und dem Sand der gleichen Stelle. Anal. Tab. II, S. 87), selbst dann ergibt sich, nach Abzug des Kalkerdeanteils, welcher als Gyps in unseren Wässern auftritt, dass der Gehalt derselben an Bittererdecarbonat, im Verhältniss zum Kalk, mindestens jenem im eigentlichen Ursprung gleichkömmt.

Diese auffällige Thatsache kann der oft hervorgehobenen leichteren, bedingten Löslichkeit des Kalkes wegen nicht im Lösungsvorgang begründet sein, nur nachfolgende Gehaltsänderungen können sie herbeigeführt haben.

Die Ausscheidung von (vorweg) Kalk an vielen Quellorten, und sonst an der Oberfläche der Erdschichten ist wohl eine oft beobachtete, aber keine stehende Erscheinung, um hieraus die eben berührte Thatsache genügend zu erklären.

Wir sehen uns gezwungen, den gleichen Vorgang in ausgedehnterem Maasse, als meist angenommen wird, auch für die tieferen Schichten gelten zu lassen, und finden in der häufigeren Neubildung von Kalkspath daselbst, wenigstens den Beweis der Möglichkeit hierfür.

Die Ursache der Kalkausscheidung ist zunächst im verminderten Lösungsvermögen, also Kohlensäureverlust des Wassers, zu suchen. Dieser Verlust wird vereinzelt durch die Lebenskraft der Pflanzen herbeigeführt, er kann von Wärme- oder Druckveränderungen herrühren; am häufigsten wird aber die Minderung im CO_2 Gehalt mit der Abnahme der Wassermenge selbst zusammenfallen.

Daraufhin müssen wir als allgemeinsten Grund der Kalkausscheidungen, den Verlust am Lösungsmittel, den Wasserverlust ansehen.

Abgesehen von chemischer Bindung, welche im Kalkgebirge aber von keinem grossen Belang sein kann, ist dieser Verlust auf Änderungen im Aggregatzustand, vorweg die alltäglichste derselben, die Verdunstung zu beziehen.

Die Kalktuffablagerungen „zu Tage“ sind meist auf stark verbreiterte Verdunstungsflächen, solche im Bereich der Krume, nicht zuletzt auf die durch das Pflanzenwachsthum ganz bedeutend vermehrte, vermittelte Verdunstung mit zurückzuführen.

Dass dieser Übergang des Wassers in Gasform nicht blos in den obersten Erdschichten heimisch ist, sondern in ganz bedeutende Tiefen dringt, lehren die häufigen Mineralneubildungen dortselbst, welche in letzter Instanz auf Verdunstung des Wassers beruhen. Dieser Vorgang wird somit in der Erdtiefe an den Grenzen der flüssigen Ansammlungen so gut stattfinden, wie zu Tage, und ist anzunehmen, dass hierbei die capillare Aufsaugung, welche gerade im Erdinnern wirksam ist, durch die mächtig erweiterte, benetzte Fläche als stärkste Stütze dient.

Aber nicht blos der Übergang in den gasförmigen Zustand, auch jener in den festen, die Eisbildung, führt zu Gehaltsausscheidungen. So ist es mir in mehrfachen Versuchen mit Kalkwässern geglückt, die besonders in geologischer Beziehung beachtenswerthe Thatsache

festzustellen, dass durch Ausgefrieren und nachfolgende Wiederlösung fast nur CaCO_3 ungelöst zurückbleibt.*) Endlich kann der grössere Bedarf der Pflanzen an Kalk gegenüber jenem an Bittererde nicht unerwähnt gelassen werden.

Die Summe des Angeführten lautet dahin, dass die Bedingungen für eine fortgeschrittene Entkalkung der Wässer vielerorts gegeben sind und wir nur auf diesem Wege den hohen Bittererdegehalt der untersuchten Wässer, wie seinen augenfälligen, örtlichen Gleichstand erklären können.

Es mag noch bemerkt werden, dass sich aus der Höhe des Magnesiumgehaltes der Fliesswässer gegenüber dem des Ursprungs, leicht der Umfang und die Grösse der vorausgegangenen Kalkausscheidungen entnehmen lässt.

Das Verhältniss der möglichen, blossen Umformung zur wirklichen Lösungsabfuhr für die löslichsten Elemente unter den wesentlichen, gesteinsbildenden Mineralien, bietet insofern geologisches Interesse, als uns hiermit auch die äusserste Grenze zwischen Neubildung und Lösungsabfuhr weniger löslicher Gesteinselemente klar vor Augen geführt wird.

Alkalien. Die Zusammenstellung nach absolutem Gehalt (in 1000 g Wasser) und im relativen (der Rückstandsmenge nach), giebt nachstehende Reihen:

Kali (absolut): Isar 33; Donau unterhalb Passau 29; Donau in Passau 26; Donau vor der Naab 24; Naab 23; Inn 22; Erlau 19; Donau oberhalb Regensburg 17; Regen 17; Ilz 13.

Kali (relativ): Regen 4,43 %; Ilz 4,33; Erlau 4,04; Naab 2,09; Isar 1,62; Donau unterhalb Passau 1,57; Inn 1,32; Donau in Passau 1,30; Donau vor der Naab 1,10 und Donau oberhalb Regensburg 0,83 %.

Natron (absolut): Isar 56; Inn 47; Donau unterhalb Passau 44; Erlau 44; Naab 42; Donau in Passau 35; Ilz 34; Donau oberhalb Regensburg 30 und Regen 28.

Natron (relativ): Ilz 11,34; Erlau 9,36; Regen 7,31; Naab 3,82; Inn 2,83; Isar 2,75; Donau unterhalb Passau 2,39; Donau vor der Naab 1,88; Donau in Passau 1,75; Donau oberhalb Regensburg 1,46 %.

Das Bemerkenswertheste dieser Zusammenstellung ist das Hervortreten der grösseren Flussläufe im absoluten Gehalt beider Alkalien, trotzdem ihre Zuflussgebiete, bei fehlendem oder doch sehr wechselndem Urgebirgsantheil, in ihrem sonstigen Bestand meist wenig alkaliführende Mineralien aufweisen.

Der relative Reichthum an Alkalien, welcher die vorzugsweise dem Urgebirge entstammenden Wässer auszeichnet, bietet demgegen nichts Auffälliges an sich.

Die Hauptmasse der Alkalien im Fliesswasser ist unzweifelhaft auf Feldspath oder von ihm abzuleitende Mineralien, zu beziehen. Von allen alkalireichen Mineralien, welche als wesentliche Bestandtheile der Gesteine auftreten, ist der Feldspath der am meisten verbreitete, am leichtesten der Zersetzung zugängliche. Seinem massigen Auftreten in den älteren Gesteinen steht das spärlichere, wenn

*) Münchener Leitungswasser enthält: 0,2780 g Rückstand im Liter, welcher aus 71,29 % CaCO_3 und 23,92 % MgCO_3 ($\text{CaO} : \text{MgO} = 100 : 28,54$) besteht. Dieses Wasser hinterliess nach dem Ausgefrieren und folgendem Aufthauen die Rückstände: 1) vom Liter Wasser 0,0626 g Carbonate mit 97,85 % CaCO_3 und 2,15 % MgCO_3 . 2) 0,0828 Carbonatrückstand mit 96,98 CaCO_3 und 3,02 % MgCO_3 .

auch getheiltere, meist vorgeschrittener Zersetzung und Umwandlung verfallene Vorkommen in den jüngeren Schichten, besonders den Trümmergesteinen gegenüber.

Dass einem so vorbereiteten, vom Wasser oft leicht durchtränkbar Material unter Umständen grössere Mengen Alkali entzogen werden können als den Urgebirgs-gliedern, liegt auf der Hand.

Diese Erwägungen erklären aber immer noch nicht den Alkalireichthum von Flüssen, wie z. B. der Isar, deren Mineralbestand im Zuflussgebiet aus 70—90 % Kalk und Dolomit besteht und wo die Alkaliführung des Restes, der etwa auf Feldspath bezogen werden könnte, kaum 0,4 % beträgt.

Eingehendere Untersuchungen der erdbildenden Gesteinsmassen, welche, ihrem Mineralbestand nach, als alkalifrei gelten sollten, haben dennoch zum Nachweis von kleinen Mengen Kali und Natron, und, was besonders betont zu werden verlangt, in zumeist leicht löslicher Form, geführt.

So konnte ich in allen von mir untersuchten fränkischen Malmkalken und -Dolomiten, die sich in ihrer grossen Mehrheit als sehr reine, ohne besondere Silikatbeimengung versehene Carbonate zu erkennen gaben, diesen Gehalt feststellen. *)

Aus dieser Thatsache ist die relativ nicht unbedeutende Alkaliführung eines Quellwassers des Frankendolomits**) (der absolute Gehalt an Kali ist nicht viel geringer als jener der angeführten Urgebirgswässer) leicht verständlich und giebt ihr erweiterte Bedeutung.

Wie sich die Jurakalke und -Dolomite durch den Gehalt einfach löslicher Alkalien auszeichnen, so ist ein Gleiches für die verwandten alpinen Gesteine zu erwarten. Der oftmals nachgewiesene, nie fehlende, wie oben im fränkischen Malmquellwasser gleich auffällige Alkaligehalt in den Wässern der näheren Umgebung Münchens, haben diese Erwartung mir zur Gewissheit erhoben.

Wir müssen demnach, neben den als Folgelösung — Lösung zufolge von Zersetzung — zu bezeichnenden Hauptursprung der Alkalien im Fliesswasser, noch jenen durch einfache Lösung gewonnenen in Rechnung setzen. Da die Wirksamkeit letzterer Lösungsart sich weniger an die Zeit, als an die Ausdehnung der benetzten Fläche knüpft, so erscheint — bei Gegenwart dieser Salze in leicht löslicher Form — der Alkalireichthum von Wässern mancher, sehr durchlässiger Schichten (Keuper)***) und ferner auch grösserer Flussläufe zur Genüge erklärt.

Auf gleiche Weise ist der mit der Grösse der Flüsse wachsende, hier gewiss auch nicht fehlende, Antheil am Culturabfall zu deuten.

*) von Gümbel: Geognost. Beschreib. d. fränk. Alb. S. 126, 128, 129, 130 und 136.

**) Quelle aus weissem Jura (Dolomit) unterhalb der Rosenmüllerhöhle bei Muggendorf. Die Analyse ergab mir: 0,2479 g Rückstand in 1000 g H₂O, mit 56 Si O₂, 19 Al₂O₃, 1 Fe₂O₃, 692 Ca O, 450 Mg O, 19 K₂O, 27 Na₂O, 22 Cl, 89 SO₂, 976 CO₂, und 128¹/₁₀ mg Org. + H₂O; oder in % des Rückstandes: 2,26 Si O₂, 0,76 Al₂O₃, 0,04 Fe₂O₃, 27,92 Ca O, 18,15 Mg O, 0,76 K₂O, 1,09 Na₂O, 0,88 Cl, 3,59 SO₂, 39,37 CO₂, 5,16 Org. + H₂O. Ca O : Mg O = 100 : 46,61; K₂O : Na₂O = 1 : 1,42.

***) A. a. O. S. 83.

Verhältniss von Kali zu Natron.*)

Donau in Passau 1,35 (0,57); Donau unterhalb Passau 1,52 (0,76); Regen 1,65 (0,42); Donau oberhalb Regensburg 1,76 (0,39); Isar 1,70 (1,50); Donau vor der Naab 1,71; Naab 1,83 (0,24); Inn 2,14 (0,79); Erlau 2,32; Ilz 2,61 (0,35).

Die oft hervorgehobene Thatsache des grösseren Natrongehaltes der Wässer, gegenüber jenem an Kali, tritt auch hier und insbesondere an den Urgebirgs-wässern scharf zu Tage.

Um den nächst gelegenen Anhalt zur Beurtheilung der Alkaliverhältnisse in den Abflussgebieten zu gewinnen, wurden die Schwemmtheile der Flüsse der chemischen Analyse unterworfen (Anal. Tab. II S. 87). Aus den so gewonnenen Verhältnisszahlen ergibt sich nun die auffallende Thatsache, dass die kalireichsten Gebiete (jene des Urgebirges) die natronreichsten Wässer liefern!

Wie ist dies zu erklären?

Für's Erste sei bedacht, dass die für den Bezugsbestand angenommenen Werthe nur kurzerhand abgeleitete sind.

Die mineralische Zusammensetzung der Schwemmtheile wird zwar der Hauptsache nach qualitativ mit jener der Abstammstufen übereinstimmen, quantitativ aber örtlich sehr merkliche Abweichungen aufweisen.

Der Abtrennung der festen Erdtheile durch die Fliesswässer liegen zwei Arten von Kräften zu Grunde, chemische und mechanische. Unter ihrem Einfluss vollzieht sich die erste und alle folgende Scheidung der wasserbewegten Erdmassen, des gröbereren, wie des feineren Schwemmschutttes.

Betrachten wir jenen unseres Urgebirges. Er besteht aus Quarz, Feldspath (Orthoklas und Oligoklas) und Glimmer. Chemisch am veränderlichsten zeigt sich der Feldspath, ihm folgt in gleicher Hinsicht der Glimmer; den Schluss bildet der chemisch beständige Quarz. Die Theilbarkeit durch mechanische Kräfte, insbesondere aber noch unter Beihülfe der chemischen, ergibt die gleiche Folge. Diesem entspricht ihre Feldvertheilung.

Dem Ursprung zunächst, und diesem gemäss, herrscht meist der Quarzsand vor. Thalwärts wächst Glimmer und Feldspath und ihre Reste, bei stetig verfeinertem Korn, allmähig zu Hauptbestandtheilen an, bis zuletzt nur mehr der Feldspath im feinsten Thonschlamm sich vertreten zeigt.

Vorstehendes auf unsere Schlamm- und Sandproben angewandt, erlaubt den sichern Schluss, dass die Alkalisilikate und ihre Reste in denselben, durch das allmähige Zurückgehen des Quarzes, angereichert sein müssen. Der chemisch widerstandsfähigere, in seinen Alkalien fast nur kalihaltende Glimmer wird diesen Gehalt im allgemeinen besonders hervorheben, andererseits liegt aber die Möglichkeit vor, dass durch die Gegenwart von leichter verwitterbaren Feldspäthen mit vorwiegendem Natron wiederum der Natrongehalt des Flössschutttes vermehrt erscheint.

Für den Alkaligehalt der Wässer ist der Glimmer wenig ausschlaggebend (siehe „Lithion“), ferner dessen Menge in den betrachteten Sanden kaum so gross, dass wir durch dessen Ausscheidung im verbliebenen Rest (Feldspäthe etc.) das Natron etwa verdoppelt annehmen dürften. Und selbst nach dieser denkbar

*) Die folgenden Zahlen geben den Natrongehalt der Wässer, wenn jener an Kali = 1 gesetzt wird. Die in Klammer beigefügten, in gleicher Weise diese Werthe für die entsprechenden Schwemmtheile.

äussersten Verschiebung des gefundenen, zu Gunsten des als wirksam angenommenen Alkaliverhältnisses würden die Ilz und Naab mehr als das dreifache und der Regen das doppelte von Natron gegen den Ursprung besitzen.

Der Innsand weist den meisten Glimmer auf, zeigt sich aber (ausser dem alkaliarmen Isarsand) verhältnissmässig am natronreichsten, muss daher von allen Proben den meisten Natronfeldspath führen. Da aber der Inn im relativen Natrongehalt von Ilz und Erlau überboten wird, kann im Natronfeldspath nicht die alleinige, wenn auch erwiesen vornehmste Ursache*) der öfters schon erwähnten allgemeinen Thatsache liegen.

Wir hatten vorher den Ursprung der Alkalien im Fliesswasser auf einfache und Folgelösung bezogen. Da erstere meist nicht jenen Unterschied in den Mengen zwischen Kali und Natron zeigt, als letztere, so ist es verständlich, dass die Urgebirgswässer des bayerischen Waldes, welche nur unter dem Einfluss von Folgelösung stehen dadurch im Natrongehalt, im Gegenhalt zu den anderen, gehoben erscheinen müssen.

Diese Erscheinung ist aber noch auf zwei weitere, allgemeine Ursachen zurückzuführen. Die Absorptions- oder Haltungskraft der Krume für Pflanzennährstoffe, und unter diesen besonders für Kali, ist bekannt. Da nun grosse Flächen des Alpenlandes jeder Vegetation entbehren, gegenüber nur spärlichen Kahlflächen im ostbayerischen Grenzgebirge, so muss hier die Krume als Ganzes verhältnissmässig viel mächtiger entwickelt sein und demnach auch mehr Kali zurückhalten, als etwa im Innggebiet; die „Waldwässer“ natronreicher erscheinen als der Inn.

Endlich ist die Krume die Trägerin der Cultur. Diese, nur als Pflanzenwelt betrachtet, verlangt beträchtliche Mengen mineralischer Stoffe und unter diesen wieder vor allem Kali zum Gedeihen. Einige Zahlenangaben werden diese Verhältnisse anschaulicher gestalten als noch so viel Worte.

Aus dem Bestand, Zuwachs, specifischem Gewicht und Durchschnittsaschengehalt desselben berechnet sich der jährliche ungefähre Bedarf des Waldes im Bereich des ostbayerischen Grenzgebirges pr. km² an Mineralstoffen: 2500 kg, darunter 154 kg K₂O; 393 kg Ca O; 288 kg P₂O₅. Die Jahresabfuhr durch die Fliesswässer im Regengebiet beträgt pr. km²: 712 kg K₂O; 2267 kg Ca O. Bei der Ilz betragen diese Zahlen 765 (kg K₂O) und 883 (kg Ca O); bei der Erlau 943 (kg K₂O) und 2185 (kg Ca O); bei der Donau an der Landesgrenze 1684 (kg K₂O) und 36821 (kg Ca O). Beansprucht somit der Wald schon etwa 1/5 der Kalimenge, wie sie sich in den angeführten Urgebirgswässern findet, so ist das Kalibedürfniss bei gesteigerter Cultur ein noch sehr viel grösseres.

Das berechnete Verhältniss des Kali im Rothertrag von Wald, Wiese und Culturland**) giebt folgende Werthe:

	Wald	Wiese	Culturland
Rothertrag nach Gewicht	1	0,53	3,8
Asche	1	3,40	15
Kali	1	26	42,5
Phosphorsäure	1	2	8,4
Kalk	1	1,2	?

*) Unters. v. Quell- und Flusswasser S. 71 ff.

**) Es ist der Durchschnittsrothertrag etc. der 9 Culturpflanzen: Weizen, Roggen, Gerste, Hafer, Erbsen, Lupinen, Rothklee, Kartoffeln, Zuckerrüben gemeint.

Aus diesen Zahlen geht mit Entschiedenheit hervor, dass mit höherer Cultur das Bedürfniss, besonders nach Kali mächtig ansteigt.

Die Nährsalze für die Pflanzenwelt sind als ursprünglicher Gehalt der Bodenwässer*) anzusehen. Erweist sich jener der Fließwässer zum guten Theil als unverbrauchter Restgehalt dieser Bodenwässer, dann ist klar, dass der Einfluss der Vegetation sich auch auf den Gehalt der offenen Abflüsse erstrecken muss, nur erscheinen gerade die hier behandelten Frühlingswässer am wenigsten geeignet an ihnen allein diese Beziehungen zu verfolgen. Nicht, als ob anzunehmen wäre, dass die gedachte Wirkung sich bloß an die Vegetationszeit mit ihrem Höhepunkt, der Fruchtreife, auf's Engste anschließen müsse; es ist vielmehr aus mancherlei Beobachtungen, besonders jenen, welche Rückschlüsse auf die Bewegungsart der Untergrundwässer erlauben, zu folgern, dass zeitlich, wie örtlich wechselnde, auf den Gehalt der Wässer wirksame Einflüsse, vorzüglich in den grösseren Sammelwässern, oft zu bedeutendem Ausgleich gelangen.

Auf alle Fälle steht aber fest, dass die Frühjahrswässer in ihrem Gehalt vom Pflanzenbedarf am wenigsten betroffen werden, und unter diesen wiederum am wenigsten (speciell in Bezug auf Kali), die Wässer der meist mit Wald bestandenen Urgebirgsteile. Beansprucht der Wald etwa vierzimal weniger Kali als der Feldbau, und erscheinen die Abflüsse aus Gebieten seiner grössten Verbreitung dennoch viel natronreicher, als jene mit vorherrschender Feldcultur, dann kann zur Beobachtungszeit die Rückwirkung der Vegetation auf den Alkaligehalt der Wässer keine grosse gewesen sein.

Ist demnach aus all den vorher angeführten Gründen die anfangs so befremdlich scheinende Thatsache der hier stärksten Natronführung von Wässern aus dem Urgebirge nicht genügend erklärt, so kann nach dem eben gesagten, neben dem Hauptgrund, der leichteren Verwitterbarkeit der Natronmineralien gegen jene mit vorherrschendem Kali, nur die Haltungskraft der Krume für Kali als nächster Hauptfactor genannt werden.

Lithion. Die spectroscopische Prüfung der auf Anal. Tab. II S. 87 namhaft gemachten Schlammproben, führte in den meisten Fällen zum Nachweis dieses Stoffes.

Alle Proben, welche Urgebirgsschutt des ostbayerischen Grenzgebirges führen, zeigen sehr deutlich Lithiongehalt. Viel schwächer, aber immerhin erkennbar führt ihn der Innsand von Passau und jener, bei gewiss rein alpiner Abstammung, von Wasserburg.

Als Träger dieses Gehaltes ist ohne Frage der dunkle Eisenmagnesiaglimmer anzusprechen, der sich sowohl im hercynischen, wie alpinen Urgebirge als wesentlicher Gemengtheil der Gesteinsarten findet. Die reichliche Vertretung dieses Glimmers, besonders im Innsand, im Zusammenhalt mit der sehr schwachen Reaction gerade hier, deutet auf sehr wechselnden Lithiongehalt in den verschiedenen dunklen Glimmerarten hin.

Jeder Versuch, Lithion in den Alkalien der untersuchten Wässer nachzuweisen, schlug fehl. Die Prüfung geschah mit einem einfachen Bunsen-Spectroskop, und war es mir mit demselben möglich, nach wiederholter, genauer

*) Es ist ersichtlich, dass hier unter dem engeren Begriff „Boden“ die oberste, mittelbar durch die Bodenwässer pflanzennährende Erdschicht gemeint ist.

Bestimmung, noch 0,000 000.01 g Li_2O nachzuweisen. Das Fehlen des Li_2O bis zu dieser Grenze, im Rückstand von je 1000 g Untersuchungswasser, giebt uns die Gewissheit, dass die dunkeln Glimmer sich nur spärlich am Gehalt der Wässer betheiligen.

Chlor.*) Vertheilung desselben dem absoluten Gehalt nach: Naab 44; Donau unterhalb Passau 40; Inn 35; Donau oberhalb Regensburg 26; Donau oberhalb der Naab 25; Donau in Passau 23; Erlau 21; Regen 19; Isar 9; Ilz 7.

Das meiste Chlor führt die Naab, entsprechend dem grössten Antheil von fränkischem Keuper**) am Zuflussgebiet. Ihr folgen die unterste Donau, dann der Inn mit 40 und 35 Chlor und erst an sechster Stelle erscheint die Donau in Passau; ein deutlicher Beweis, dass der Chlorgehalt der untersten Donau durch Verunreinigungen bei Passau erst auf die ermittelte Höhe gebracht wurde.

Bei den Alpenflüssen entspricht die Chlorführung nicht dem ersichtlichen Antheil an Keuper. Die procentische Bethheiligung von Keuper am Inn- wie Isargebiet ist ziemlich gleich gross. Der Chlorgehalt von Inn und Isar verhält sich aber wie 4 : 1. Der alpine Keuper zeichnet sich somit in seinen Hauptgliedern gegen den fränkischen durch Chlorarmuth aus. Hierbei bleibt die Frage, ob die Hauptmenge des Chlors dem Keuper oder dem sehr viel schwächer entwickelten Buntsandstein entnommen ist, eine offene.

Schwefelsäure. Das Wichtigste fand schon bei den alkalischen Erden Erwähnung.

Phosphorsäure. Die entsprechende Behandlung des wässerigen Auszuges der Alkalischnmelze von Thonerde und Eisen liess mit Molybdänlösung in allen Fällen, schon durch die eingetretene Färbung, die Gegenwart von P_2O_5 erkennen. In zweifelhaften Fällen wurde die mikrochemische Reaction***) zur Entscheidung beigezogen.

Der Bedarf der Cultur an P_2O_5 schon in ihrer einfachsten Form, als Wald, gegenüber dem Gehalt der Fliesswässer an diesem Stoff, ist eine, aus den Belegen ersichtlich, ungemessen grössere. Nur die in diesem Fall erheblich hohe Haltungskraft der Krume kann als Stütze einer dauernden Culturfähigkeit des Bodens gelten.

Um beiläufig noch Eines zu erwähnen, erhellt aus Obigem um so mehr die hohe Bedeutung der Abfallstoffe (Streu), welche sich durch grösseren P_2O_5 Gehalt vor den übrigen Pflanzentheilen auszeichnen, für eine erspriessliche Waldwirthschaft. Vom gleichen Gesichtspunkt aus wird zum Theil der Erfolg einer künstlichen andauernden Bewässerung (z. B. Wiesenbewässerung) der Culturen zu beurtheilen sein.

Von den noch unbesprochenen Einzelbestimmungen sei nur der Salpetersäure gedacht. Der plötzlich ansteigende Gehalt an N_2O_5 in der Donau bei Passau und auch im Inn daselbst kann nur als Culturabfall jener Stadt gelten.

Rückstandsmengen. Das geologische Interesse wendet sich ganz besonders jenen natürlichen Wegen zu, auf welchen einem gegebenen Landestheil dauernde Einbusse am Bestande droht. Diese Wege sind durch die

*) Über den Chlorgehalt d. fränkischen Keuperquellwässer s. a. a. O. S. 83.

**) Die Bestimmung erfolgte nach MOHR in der möglichst eingeengten Probe, mit Hilfe einer Gewichtspipette.

***) K. HAUSHOFER, Mikroskopische Reactionen, Braunschweig 1885.

rinnenden Gewässer verzeichnet. Der Schwemmschutt den sie führen und ihr Lösungsgehalt bilden fast den einzigen möglichen Verlust für ein bestimmtes Gebiet. Die vorliegende Untersuchung hat uns mit dem Haupttheil dieses Verlustes, dem Lösungsgehalt der oberen Donau und ihrer Hauptzuflüsse, bekannt gemacht. Die Schlussworte sollen der Vertheilung dieses Gehaltes auf die Einzelgebiete gedenken.

Flussgebiet	Antheil in Procenten am Donaubegebiet bis zur Landesgrenze		
	der Fläche nach	dem Abfluss nach	der Lösungs- abfuhr nach
	und ihr gegenseitiges Verhältniss.		
Donau oberhalb der Naabmündung	35,06 1,00	25,86 0,74	30,63 0,87
Naab bis zur Einmündung in die Donau	7,08 1,00	4,41 0,62	2,64 0,37
Regen bis zur Einmündung in die Donau	3,78 1,00	2,67 0,71	0,56 0,15
Ilz bis zur Einmündung in die Donau	1,09 1,00	1,10 1,01	0,18 0,16
Erlau bis zur Einmündung in die Donau	0,28 1,00	0,25 0,89	0,06 0,21
Isar bis zur Einmündung in die Donau	11,75 1,00	12,79 1,09	14,62 1,24
Inn bis zur Einmündung in die Donau	33,86 1,00	48,15 1,42	43,56 1,29

Den grössten Abfuhr*)-Coefficienten zeigt der Inn, ihm folgt die Isar. Wir sehen, nicht dem löslichsten Bestand (Isar mit vorwiegendem Kalkbestand) entspricht die grösste Abfuhr, sie wird mit bedingt durch die Wasserabflussgrösse (Inn). Die Abfuhr der gesammten oberen Donau wird relativ nur von diesen zwei Flüssen überboten. Isar und Donau vor der Naab sind die einzigen Flussstrecken, welche höheren Abfuhr- als Abflusscoefficienten aufweisen (Gebiete mit fast ausschliesslich Kalkbestand). Bei der Naab sinkt dieses Verhältniss bis fast zur Hälfte, und die Wässer des nördlichen Urgebirges zeigen gegen den Abfluss bis $\frac{1}{5}$ gesunkene Abfuhr. Der Verlust durch die lösende Kraft der Wässer ist im ostbayerischen Grenzgebirge sechsmal geringer als jener der ganzen oberen Donau und sogar achtmal kleiner als im Inngebiet. Wenn dieser Verlust sich zumeist in der Oberflächengestaltung ausgeprägt findet und im Maass der eben gegebenen Zahlen durch ungemessen lange Zeiträume mindestens in ungeschwächter Kraft angedauert hat, dann wird uns die so verschiedene äussere Gestaltung genannter Landestheile, wie sie sich wenigstens in ihren inneren Zügen dem heutigen Beschauer darbietet, schon aus diesem einen Grund leicht verständlich sein.

*) Kurz Abfuhr für Lösungsabfuhr.

Ich hoffe mit vorstehenden, wenn auch vielfach aphoristischen Erörterungen, den Beweis erbracht zu haben, dass zusammenhängende und eingehendere Wasseruntersuchungen nicht bloß als erwünschte Ergänzung der sonstigen geologischen Forschung anzusehen seien; die practische Anwendbarkeit ihrer Ergebnisse liegt, wenn auch meist unausgesprochen, selbst hier vielfach nahe.
