

96

# Das Heuberg-Gebiet und sein Vorland

Beitrag zur Geologie des Unterinntales

Von

**Wilhelm Eder**

Mit 1 Karte (Taf. I) und Profilen (Taf. II).



STUTT GART 1923  
E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung  
(Erwin Nägele) G. m. b. H.

# Das Heuberg-Gebiet und sein Vorland.

## Beitrag zur Geologie des Unterinntales.

Von

Wilhelm Eder in München.

Mit 1 Karte (Taf. I) und 3 Profilen (Taf. II).



3933

### Inhalt.

	Seite
Literaturverzeichnis und Vorwort . . . . .	1
I. Das Gebiet . . . . .	3
II. Schichtfolge und Schichtbeschreibung . . . . .	5
III. Der Aufbau . . . . .	46
IV. Oberflächengestaltung . . . . .	61

### Verzeichnis

der Werke, die für das Gebiet von Bedeutung sind.

(Im Text abgekürzt L.V. = Literaturverzeichnis.)

1. BAYERGER, F.: Der Inngletscher von Kufstein bis Haag. Ergänzungsheft No. 70 zu Petermanns Mitteilungen 1882.
2. BROIL, F.: Kampenwand und Hochplatte. Ein Beitrag zur Geologie der Chiemgauerberge. Dies. Jahrb. Beil.-Bd. XXXVII. 1914.  
— Geologische Beobachtungen im Gebiete des Heuberg. Sitz.-Ber. d. Bayer. Akad. d. Wiss., Math.-phys. Kl., München 1921.
3. FINKELSTEIN, H.: Der Laubenstein bei Hohen-Aschau. Ein Beitrag zur Kenntnis der Brachiopodenfazies des unteren alpinen Doggers. E. Schweizerbart'sche Verlagshandlung, Stuttgart 1888.
4. GÜMBEL C., W.: Geognostische Beschreibung des bayerischen Alpengebirges und seines Vorlandes. Justus Perthes, Gotha 1861.
5. KLEBELSBERG, R. v.: Glazialgeologische Notizen vom bayrischen Alpenrande. Zeitschr. f. Gletscherkunde, 13. 1923.

6. LEUCHS, K.: Die geologische Zusammensetzung und Geschichte des Kaisergebirges. Zeitschr. des Ferdinandeums. III. Folge, 51. Heft. Innsbruck 1907.
- Geologischer Führer durch die Kalkalpen vom Bodensee bis Salzburg und ihr Vorland. J. Lindauer'sche Universitätsbuchhandlung (Schöpping), München 1921.
7. LOESCH, C. v.: Vorläufige Mitteilung über Aufnahmeergebnisse zwischen Inn und Leitzach. Gesellschaftsdruckerei Brüder Hollinck, Wien 1914.
8. PENCK, A. und BRÜCKNER, E.: Die Alpen im Eiszeitalter. I. Bd. Chr. Herm. Tauchnitz, Leipzig 1909.
9. SCHLOSSER, M.: Geologische Notizen aus dem bayerischen Alpenvorlande und dem Inntal. Verhandl. d. K. K. geol. Reichsanst. 1893. No. 8.
- Geologische Notizen aus dem Inntale. I. Der Heuberg. Dies. Jahrbuch 1895. I. Bd.
- Das Eocän und Unteroligocän der bayerischen Alpen. Centralbl. f. Min. etc., Jahrg. 1922, No. 6.
10. TROLL, K.: Der Inn- und Chiemseegletscher. Mitt. d. geogr. Gesellsch. München 1923. Im Erscheinen.

### Vorwort.

Die vorliegende Arbeit ist entstanden auf Anregung meines hochverehrten Lehrers, Herrn Prof. Dr. BROILI, der mir auch bei der Durchführung mit seiner großen Erfahrung fördernd zur Seite stand. Ihm bin ich vor allem zu besonderem Dank verpflichtet.

Mit freundlicher Teilnahme und manchem guten Rat begleitete auch Herr Prof. Dr. SCHLOSSER, der vorzügliche Kenner des Gebietes, den Fortgang meiner Arbeit. Daß seine schöne Beschreibung des Heuberges für mich die wichtigste und aufschlußreichste Veröffentlichung war, die das Gebiet betraf, braucht eigentlich nicht besonders hervorgehoben zu werden.

Herr Dr. OSSWALD, der das westlich angrenzende Wendelsteingebiet aufnimmt, stellte mir das von ihm gesammelte Material in freundlichster Weise zur Verfügung. Der Vergleich damit ergab eine weitgehende Übereinstimmung der Schichtausbildung.

Herr Dr. SCHRÖDER, der sich besonders mit Liasammoniten beschäftigt, hatte die große Liebesswürdigkeit, auch meine Liasammoniten mitzubestimmen.

Allen diesen Herren möchte ich hier meinen aufrichtigen Dank aussprechen.

Die Herstellung der geologischen Karte wurde ermöglicht durch die Spende eines ungenannt sein wollenden Deutschamerikaners. An dieser Stelle gedenke ich mit wärmstem Dank dieses hochherzigen Förderers wissenschaftlicher Arbeit!

### I. Das Gebiet.

Das Aufnahmegebiet hat überall natürliche Grenzen mit Ausnahme einer kleinen Strecke im NO, am Hoehries, wo die Grenzführung durch die FINKELSTEIN'sche Karte des Laubensteingebiets (L. V. 3) bedingt war. Im N schließt die Rohrdorfer Achen, im S der Trockenbach, im W der Inn, im O ebenfalls der Trockenbach und der Haberbach, dessen Mittel- und Unterlauf Taurer Graben heißt, das Gebiet ein. Es umfaßt eine Fläche von rund 100 qkm.

Als Unterlage für die Arbeit im Felde dienten die Blätter Neubeuern, Rohrdorf, Brannenburg und Sachrang (Maßstab 1:25 000, aufgenommen vom topographischen Büro des bayerischen Generalstabes); für die Veröffentlichung wurde vom topographischen Büro ein Zusammendruck dieser Blätter angefertigt. —

Wenn man das Gebiet von einer beherrschenden Warte, etwa dem Wendelstein oder der Rotwand, aus überschaut, so liegt es bescheiden und niedrig erscheinend im Rahmen der umgebenden Berge. Kein überragender Gipfel taucht daraus empor. Der Wendelstein im W, der Geigelstein im O übertreffen die höchste Erhebung des Gebiets, das Feichteck (1514,5 m), um 300 m. Trotz dieser geringen Höhe aber zeigen die Berge den Charakter der nordöstlichen Voralpen in reinster Ausprägung.

Der wahre König unseres Gebietes ist der Heuberg. Nicht nur weil der geologische Aufbau der Gegend an ihm sich am klarsten zeigt, sondern auch, weil er das ganze Landschaftsbild bestimmt, hat diese Arbeit nach ihm seinen Namen. Seiner Form nach ist er einer der eigenwilligsten und reizvollsten Berge der bayerischen Voralpen. Im unteren Inntale macht ihm da keiner den Rang streitig. Unwiderstehlich zieht er die Augen aller auf sich, die die Gegend besuchen. Aus üppigen, grünen Matten schießen mauergleiche Wände auf. Die nimmerruhende Kraft des Wassers hat seine steile Westflanke zerrissen. Mehrere Bäche, von denen

der von den Klammern herabkommende und der Höllgraben die bedeutendsten sind, stürzen zum Inntale nieder. Es ist nicht so sehr die Ausschau von seinem Gipfel, die dem Berge seine unvergleichliche Eigenart gibt, als vielmehr die Mannigfaltigkeit des Landschaftsbildes. Düstere Ernst unwegsamer Steilwände wechselt mit sonnig ruhsamen Wiesen, köstlicher Wald mit steinigem Hängen. Wer je bei einer der zahlreichen Heuhütten geruht hat, über sich den unendlich blauen Himmel, um sich die farbenfrohe Matte mit ihrem Duft und ihrem feinen Summen, unter sich den aufschimmernden Inn mit seinen schmucken Dörfern: der weiß, wie freundlich und freudig der Heuberg sein kann. Und wer je versucht hat, im Höllgraben aufzusteigen, der weiß auch, wie trotzig und abweisend dieser selbe Berg ist. Von woher wir uns auch ihm nähern, immer gibt er sich anders, wie er sich auch dem Auge aus jeder Himmelsrichtung in einer anderen Ansicht darbietet. Ihm fehlt ein beherrschender Gipfel; vielmehr sind einem nordsüdlich gestreckten Höhenzuge mehrere Gipfel aufgesetzt: Höllwand (1399 m), Heubergspitze (1338 m), Wasserwand (1338 m), Eingefallene Wand (1240 m), Kindlwand (1228 m) und Kogel (1020 m).

Und gleichsam als wollte die Natur den Heuberg noch ganz besonders bevorzugen und hervorheben, so steht er von allen Seiten frei da. Im N trennt ihn der Steinbach, im S der Euzenauergraben kräftig und tief von den angrenzenden Bergen. Im O erhebt er sich über der breiten Senke des Gammernwaldes, im W bespült der Inn seinen Fuß.

Die anderen Berge: Karkopf (1497 m), Feichteck (1514 m), Basterkopf (1324 m) und Kranzhorn (1367 m) umspannen den Heuberg im O und S als mehr oder minder geschlossener Zug. Karkopf und Feichteck sind unter sich nur durch eine unbedeutende Einsenkung getrennt, so daß man sie füglich als Feichteck-Karkopfgruppe zusammenfassen kann. Der kräftige Einschnitt der Käsalm scheidet diese Gruppe vom Basterkopf und Kranzhorn, die ihrerseits durch die Senke der Spadaalm geschieden sind. Ich nehme diese beiden Berge als Kranzhorn-Basterkopfgruppe zusammen. Die Einteilung in diese zwei Gruppen ist morphologisch wohl berechtigt und erweist sich für die geologische Beschreibung als sehr brauchbar.

Im N des Heuberges erhebt sich das Gelände nur mehr zu unbedeutenden Hügelwellen. Der Steinbach ist die morphologische Grenze zwischen den Bergen alpinen Gepräges und den niedrigen Vorbergen. Da haben wir den landschaftlich so reizvollen Sattelberg und den geschlossenen Zug des Steinberges, Dandlberges und Samerberges. In der NW-Ecke des Gebietes heben sich noch einzelne Höhen heraus: der Neubeurer Schloßberg, die Höhe von Althaus, der Kirchberg und Fadenberg. —

Alle Wasser, die das Gebiet durchschneiden, sind dem Inn hörig. Die größten sind: die Rohrdorfer Achen, der Steinbach, der aus dem Zusammenfluß des Fluderbachs und der Törwanger Achen entsteht, der Euzenauergraben und der Trockenbach. Diese Bäche beleben und bereichern das Landschaftsbild in hohem Grade. Es sei nur an die Romantik des Steinbachtals, an die unzugängliche Wildheit des Euzenauergrabens und an den herben Reiz des einsamen Trockenbachtals erinnert.

Viele andere kleine Bäche und Quellen finden sich außerdem noch, so daß das ganze Gebiet reich bewässert ist.

Schließlich möchte ich noch den auffallenden klimatischen Gegensatz erwähnen, der zwischen dem Inntale und den östlichen Teilen des Gebietes, besonders dem Samerberg, herrscht. Wie mild und sonnig die O-Seite des Inntales ist, beweist der Reichtum an Obstbäumen, vor allem aber das Gedeihen vieler prachtvoller Nußbäume. Der Samerberg aber ist dem Obstbau nicht so günstig, er ist nach N ungeschützt und viel kälter. Eine Wanderung, etwa von dem hochgelegenen Dorfe Törwang nach dem tiefen und geschützten Inntal, macht diesen klimatischen Gegensatz für Auge und Empfinden gleich fühlbar.

## II. Schichtfolge und Schichtbeschreibung.

Folgende Ablagerungen haben teil am Aufbau des Gebietes:

Quartär	{ Alluvium
	{ Diluvium
Tertiär	{ Eocän
	{ Flysch
Kreide	{ Senon
	{ Cenoman
	{ Neocom

Jura	{	Aptychenschichten
		Dogger
		Lias
Trias	{	Rhät: Oberes Rhät
		Kössener Schichten
		Plattenkalk
		Hauptdolomit
		Raibler Schichten
		Wettersteinkalk
Partnachschiechten		
		Muschelkalk

### Muschelkalk.

Der Muschelkalk bildet die älteste aufgeschlossene Schichtgruppe. Sein Vorkommen ist auf einen einzigen Zug beschränkt, der im Innertale bei Überfilzen westlich Straße Nußdorf—Windshausen ansetzt und steil südfallend (im Mittel 60°) nach ONO an der Flanke des Heuberges hinaufstreicht bis zur Einsenkung zwischen Kogel und Kindwand. Weiterhin nach O ließ sich Muschelkalk im Gebiet nicht mehr nachweisen.

Er ist ein dichter, harter und kieseliger Kalk, den weiße Kalkspatadern durchziehen. Bei Behandlung mit Salzsäure bleibt ein ziemlich reichlicher Rückstand kieseliger und toniger Bestandteile als trüber Schlamm. Gelegentlich finden sich in den unteren Lagen schwarze Hornsteineinschlüsse. Beim Schlagen splittert er und zeigt scharfkantige Bruchflächen. Unten ist er ziemlich gut gebankt, nach oben zu wird die Schichtung grob.

Seine Farbe ist grau, von dunklen bis hellen Abstufungen; als Mittel zur Unterscheidung in einzelne Stufen ist sie nicht geeignet.

Die Verwitterung ist sehr bezeichnend; es bilden sich an der Oberfläche unregelmäßig angeordnete, rundliche, langgestreckte Erhöhungen, die bekannten „Wurstelbänke“. Das Gestein erhält dadurch ein welliges, bewegtes Aussehen. Diese Art zu verwittern eignet dem im Gebiet aufgeschlossenen Muschelkalk in seiner ganzen Mächtigkeit. Ausgesprochene Wurstelbänke mögen da und dort zurücktreten, immer aber bleibt die Oberfläche wellenförmig gerundet. Die Verwitterungsrinde hat zuweilen eine schmutziggelbe, meist aber eine graublaue Farbe.

An Versteinerungen fanden sich:

*Coenothyris vulgaris* SCHLOTH.    *Ostrea* spec.  
*Waldheimia angusta* SCHLOTH.    *Loxonema Lommelli* MSTR. sp.  
*Lima lineata* SCHLOTH.

ferner eine Muschel mit *Nucula*-ähnlichem Umriß und einige kleine Schnecken, ähnlich *Natica*, beides jedoch nicht näher bestimmbar. — Im Dünnschliff: Seeigelstacheln, sowie Foraminiferen, zur Gattung *Nodosaria* und *Textularia* gehörig.

Fundstellen: Weg Nußdorf—Bichleralm, ferner über der Straße Nußdorf—Windshausen.

Wo Versteinerungen sich finden, da sind sie in ganzen Nestern beisammen. Besonders *Coenothyris vulgaris* findet sich massenhaft, zuweilen das ganze Gestein erfüllend.

Die Funde zeigen, daß wir es mit unterem und mittlerem Muschelkalk (Gastropoden- und Brachiopodenhorizont nach RORRPLETZ, „Das Karwendelgebirge“, Zeitschr. des D.-Ö. A.V. 1888, 19) zu tun haben.

Unter dem versteinierungsführenden Muschelkalk fand sich an zwei Aufschlüssen — ein kleiner etwa 30 m über der Straße Nußdorf—Windshausen, ein größerer am Fuße der auch auf der Karte angegebenen Wand, die bei 810 m Höhe ansetzt — Dolomit. Der an beiden Aufschlüssen gefundene Dolomit ist bräunlich, breccios und riecht beim Anschlagen nach Bitumen. Die Lagerung ist in bezug auf den Kalk scheinbar gleichsinnig. Dennoch wage ich nicht zu entscheiden, ob dieser Dolomit dem untersten Muschelkalk zuzurechnen ist; denn dem Muschelkalk entlang läuft die wichtigste Störungslinie des Gebietes und die scheinbar gleichförmige Unterlagerung durch den Dolomit beweist daher nichts. Der Dolomit, der etwa 30 m über der Straße Nußdorf—Windshausen aufgeschlossen ist, kann möglicherweise Hauptdolomit sein, der ja, wie aus der Karte ersichtlich, von N her ziemlich nahe an den Muschelkalk herantritt. Ein kleines Bachtälchen, ganz erfüllt mit Gehängeschutt, verhüllt hier die näheren Beziehungen. Anders verhält es sich bei dem Aufschluß über der 800-m-Kurve, wo der Hauptdolomit ziemlich weit vom Muschelkalk entfernt ist und Jura- und Kreideschichten zwischengeschaltet sind. Immerhin könnte es sich auch hier um Hauptdolomit handeln, nur müßte eine Schüppung angenommen werden. Da wir uns in einer Zone starker Störung befinden, ist diese Möglichkeit nicht ausgeschlossen. Ich habe jedoch keine unzweifelhaften Beweise

für eine solche Schuppung gefunden und möchte mich daher für die Zugehörigkeit auch dieses Dolomits eines abschließenden Urteiles enthalten.

Die wahre Mächtigkeit des Muschelkalks dürfte 40 m nicht überschreiten, wenn auch die Wände eine größere senkrechte Ausbreitung vortäuschen.

Im Gelände hebt sich der Muschelkalk als Steilwand hervor, die schon von weitem durch ihre bereits oben erwähnte graublauere Farbe sich von den darüberliegenden Wänden unterscheidet. Auf ihrem Kamm trägt die Muschelkalkwand schütterer Wald.

#### Partnachschiechten.

Diese Schichten finden sich nur spurenweise aufgeschlossen, und zwar an dem Ziehweg, der 300 m südlich der südlichsten Häuser von Überfilzen, kurz vor dem Steinbruch im Wettersteinkalk, von der Straße Nußdorf—Windshausen abzweigt und erst in nordöstlicher, dann in östlicher Richtung aufwärts führt. Oberhalb der 700-m-Kurve und weiter nach O konnten Partnachschiechten nicht mehr festgestellt werden. Da aber das Gelände zwischen Muschelkalk und Wettersteinkalk bis hinauf zum N-Fuß der Kindwand eine deutliche Mulde bildet, so ist anzunehmen, daß sie bis dorthinauf ziehen, jedoch von Schutt überdeckt sind.

Am erwähnten Ziehweg findet man kleine, eckige Stückchen eines dunklen Mergels, dazwischen größere Stücke eines harten, schwarzen Kalkes, der von einer dicken, gelbbraunen Verwitterungsrinde überzogen ist.

Versteinerungen fanden sich nicht, auch nicht im Dünnschliff.

Eine Mächtigkeit läßt sich bei den schlechten und ungenügenden Aufschlüssen nicht angeben.

Die spärlichen Aufschlüsse der Partnachschiechten finden sich in einem Tälchen, das zwischen Muschelkalk und Wettersteinkalk sich einschneidet. Stellenweise wird der Weg feucht und schmierig; der Pflanzenwuchs ist üppig und dicht.

#### Wettersteinkalk.

Deutlich mit dem Auge verfolgbare zieht sich der Wettersteinkalk quer durch das Gebiet. Er setzt wie der Muschelkalk westlich der Straße Nußdorf—Windshausen auf und streicht, durchschnittlich ziemlich steil südfallend (an der W-Flanke des Heuberges 50—60°

weiter nordöstlich flacher), in nordöstlicher Richtung bis zur Kartierungsgrenze. Seine höchste Erhebung erreicht er in der Kindwand am Heuberg, sinkt dann, den nordwestlichen Teil des langgestreckten Rückens der Längersleiten bildend, bis zur Sohle des Fluderbaches ab, um nochmals in der Höhe 1180 westlich Hochries eine wohlgesetzte Kuppe zu bilden.

Wir haben im Gebiete an einigen Stellen den Wettersteindolomit als tiefstes Glied der Schichtgruppe und den eigentlichen Wettersteinkalk.

Der Dolomit tritt zutage an einigen Aufschlüssen am N-Fuß der Kindwand, an der Längersleiten von oberhalb Schweibern bis zum Fluderbach und unter dem Wettersteinkalk der Höhe 1180. Er ist sehr stark brecciös, schlägt sich weicher und weniger splitterig als Hauptdolomit, hat meist hellgraue bis weißliche Farbe — bräunliche Färbung kommt nur ganz untergeordnet vor — braust nicht mit Salzsäure und riecht beim Anschlagen nicht nach Bitumen. Durch diese letztere Eigenschaft unterscheidet er sich am deutlichsten vom Hauptdolomit, dem er sonst zuweilen täuschend ähnlich wird. Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal ist, daß der Wettersteindolomit in seiner Gesamtheit helle Farbtöne aufweist, während der Hauptdolomit, von wenigen Ausnahmen abgesehen, doch mehr bräunliche und graue Färbung bevorzugt.

Der unterste Wettersteinkalk zeigt dunkelgraue Farbe. Er ist dem Muschelkalk ähnlich, besitzt aber keine Einschlüsse von Hornstein und ist in unserem Gebiet durch die Partnachschiechten deutlich vom Muschelkalk getrennt. Da im Gebiete dort, wo dieser unterste dunkelgraue Wettersteinkalk aufgeschlossen ist, der Wettersteindolomit fehlt, liegt der Gedanke nahe, daß der Dolomit und der dunkle Kalk sich gegenseitig vertreten können.

Darüber folgt dann der Wettersteinkalk in seiner bezeichnendsten und allgemein bekannten Ausbildung: nahezu weiße oder weißgelbe Farbe, oft mit einem Hauch von Rosa, starke Zerklüftung, häufiges Vorkommen von Großoolithen. Er schlägt sich weich wie kein anderer Kalk der Trias, so daß sein Verhalten gegenüber dem Hammerschlag mit ein Merkmal für seine Erkennung bildet. Die Behandlung mit Salzsäure beweist seine große Reinheit; es bleibt nur ein unbedeutender Rückstand. Der Dünnschliff zeigt, daß das Gestein hochkristallin ist, ferner eine bis ins kleinste gehende Zerklüftung. Zahlreiche, sich schiefwinklig kreuzende

Sprünge durchziehen selbst ein so kleines Stückchen, als es zum Dünnschliff nötig ist.

Gelegentlich finden sich, mit dem Kalk innig verknetet, Gesteinsfetzen von bleigrauer bis schwarzer Farbe. Ich habe beobachtet, daß diese Vorkommen durchweg an Verwerfungen gebunden sind. Besonders sinfälliger tritt dies in Erscheinung an der kleinen Wand, die an die Straße Nußdorf-Windhausen herantritt. Dort sieht man sehr schön eine Verwerfung, deren Kluft mit Trümmern von Kalk und diesem dunklen Gestein ausgefüllt ist. Demnach halte ich diese Vorkommen für Mylonite, die später durch kohlenstoff- und metallhaltige Lösungen (in der Hauptsache Fe- und Mn-führend) verkittet und z. T. gefärbt worden sind. — Ferner sind dem Wettersteinkalk bunte, besonders grünliche und rötliche, selten schwarze, tonige Bänke eingelagert, die gut aufgeschlossen sind, wenn man vom Duftbräu her auf dem Weg zur Spatenaualm den Fluderbach überschritten hat.

Der Wettersteinkalk wird in seinen obersten Lagen gelegentlich bräunlich, jedoch ist diese Erscheinung nicht durchgängig.

Er verwittert glatt mit sanft gewellter Oberfläche. Die Farbe der Verwitterungsfläche zeigt ein lichtiges Grau. Er ist durchweg deutlich gebankt. Seine durchschnittliche Mächtigkeit beträgt ungefähr 100 m.

Außer einigen Gyroporellen wurden im Wettersteinkalk keine Versteinerungen gefunden; auch der Dünnschliff lieferte kein Ergebnis.

Noch einiges über die Großoolithe. G. LINK schreibt in seiner schönen und anregenden Arbeit, „Die Bildung der Oolithe und Rogensteine“ (Dies. Jahrb. Beil.-Bd. XVI. 1903), den Großoolithen dieselbe Entstehungsursache zu wie den Karlsbader Sprudelsteinen. Nach ihm wären sie abgeschieden aus sehr heißem, sprudelndem Wasser, das ärmer an Salz, aber reicher an kohlenstoffsaurem Natron ist als Meerwasser. Diese Vermutung LINK's (er sagt wörtlich: Vielleicht gehören hierher manche Dinge, die man bisher nicht zu deuten vermochte, besonders sog. Riesenoolithe) findet durch das Hinzutreten einer anderen Tatsache eine starke Stütze.

Diese Tatsache ist das Vorkommen von Schwefelkies.

„Die synthetischen Untersuchungen beweisen, daß die Bildung von Pyrit begünstigt wird durch hohe Temperaturen und Lösungen, die wenig oder keine freie Säure enthalten. In Übereinstimmung damit finden wir die folgenden geologischen Schlüsse. 1. Pyrit ist ein Produkt der heißen Quellen. In den Karlsbader Quellen, die eine Temperatur von 55° aufweisen, wurde rezenter Pyrit beobachtet.“ („Die mineralischen Eisensulfide“ von F. T. ALLAN, J. L. CRENSHAW und JOHN JOHNSTON. Zeitschr. f. anorg. Chemie. 76. 1912, p. 227).

Also sind für die Bildung eines Teiles des im Wettersteinkalk vorkommenden Pyrits dieselben Voraussetzungen nötig, wie sie LINK für die Bildung der Großoolithe vermutete: nämlich hohe Temperatur, alkalische Lösung! So weist das Vorkommen von Pyrit im Wettersteinkalk darauf hin, daß die Entstehung der Großoolithe ähnlich vor sich gegangen ist wie die des Karlsbader Sprudelsteins.

Demnach muß man die Großoolithe im Wettersteinkalk als anorganische Gebilde betrachten.

Diese Wechselbeziehung zwischen Großoolithen und Pyrit ist bisher meines Wissens allen Beobachtungen entgangen.

Aus dem Vorhergehenden ergibt sich, daß ein Teil des Pyrits im Wettersteinkalk ursprünglich ist, entstanden während der Ablagerung des Kalkes. Es gibt jedoch auch zweifellos sekundären Pyrit; dieser findet sich zusammen mit Myloniten als Kluftausfüllung.

Hiermit sind die Bedingungen erörtert, unter denen die Großoolithe des Wettersteinkalkes sich höchst wahrscheinlich abgeschieden haben. Die Form der Abscheidung als Oolithe ist wohl in Diffusionsvorgängen begründet. Was nun endlich die Lagerung der Großoolithe betrifft, ob sie stock- oder nester- oder ob sie gangförmig den Wettersteinkalk durchsetzen, so sind einwandfreie Untersuchungen darüber nur dort möglich, wo sich der Wettersteinkalk in vollkommen ungestörter Lagerung befindet, was in unserem Gebiete nicht der Fall ist. Immerhin hat es hier den Anschein, als ob die Großoolithe als Nester dem Wettersteinkalk eingelagert seien.

Im Landschaftsbild tritt der Wettersteinkalk wandbildend

hervor, er spielt jedoch in unserem Gebiet nicht die beherrschende Rolle, wie er es sonst zu tun pflegt. Er beteiligt sich nur am Aufbau untergeordneter Höhen und lediglich die Kindwand erinnert an das Wilde und Trotzige, das ihm sonst eignet. Schon vom Inntale aus lassen sich die Wettersteinkalkwände von den Muschelkalkwänden bei heller Beleuchtung gut unterscheiden. Das lichte Grau, die Verwitterungsfarbe des Wettersteinkalkes, hebt sich deutlich vom B'augrau des Muschelkalkes ab. Quellen hat der Wettersteinkalk im Gebiete nicht. Als Waldboden ist er gut geeignet.

#### Raibler Schichten.

Die Raibler sind die mit am besten aufgeschlossenen Schichten des Gebietes. Sie sind an verschiedenen Stellen gut erhalten. Am N-Abfall des Sattelberges bilden sie die Grenze gegen den Flysch. Sie sind mächtig ausgebildet im Steinbachtal. Ferner lassen sie sich verfolgen als Hangendes des Wettersteinkalkes am Heuberg; sie konnten festgestellt werden bei der Biehleralm, sind im weiteren nordöstlichen Streichen unterdrückt, bis sie an der Längersleiten, zunächst schwer erkennbar, später sehr deutlich, wieder zutage treten. Sie begleiten hier den Wettersteinkalk bis zu den Wiesen der Hohenriedalm. Bei der Spatenaualm — gerade nordöstlich der Alm sind sie in einem Graben sehr gut aufgeschlossen — setzen sie wieder auf und streichen nun bei südlichem Einfallen als Hangendes des Wettersteinkalkes über die Wimmeralm und Ebersbergeralm bis zur Kartierungsgrenze. Ein schmaler Zug von Raibler Schichten, der im NO unter der Ebersbergeralm auskeilt, ist dem Wettersteinkalk der Höhe 1180 zwischengelagert.

Die Raibler gliedern sich im Gebiet wie folgt:

	Hangendes: Hauptdolomit
Raibler Schichten	Rauhwanke
	Dolomite und Kalke
	Kalksandstein und Sandstein
	Mergelschiefer
	Liegendes: Wettersteinkalk.

Die Mergelschiefer sind im Steinbachtal trefflich aufgeschlossen. Sie sind sehr weich, von grauer Farbe und ausgezeichnet schiefriger Textur. Als Hauptgemengteile enthalten sie Ton und Kalk, sowie ziemlich viel organische Substanz. Nebengemengteile sind Quarz, heller Glimmer in feiner Verteilung,

Pyrit in geringen Mengen. Die Schichtflächen sind z. T. stark angerostet.

Da das Liegende nicht aufgeschlossen ist, läßt sich über ihre Mächtigkeit nichts aussagen.

Die Mergelschiefer sind ziemlich reich an Versteinerungen. Folgende ließen sich bestimmen:

*Mysidioplera* sp.

*Purpurina serrata* sp. n.

*Cardita Broili* sp. n.

*Protrachyceras Victoriae* E. v. Mors.

Ferner wurde eine glatte, nicht näher bestimmbare linke Klappe einer Muschel gefunden, die äußerlich *Nucula*-ähnlich ist. Foraminiferen ließen sich nachweisen, jedoch ist ihr Erhaltungszustand ein so schlechter, daß sie eben noch als solche zu erkennen sind; eine nähere Bestimmung war nicht möglich.

*Mysidioplera* sp. Dem Umriß nach ist diese Form *Mysidioplera Emiliae* BITTNER sehr ähnlich, während die Skulptur an *Mys. marginata* BROILI erinnert. („Die Fauna der Pachycardientuffe der Seiser Alp“ von FERDINAND BROILI. Paläontographica. 50. 1904.) Wegen Mangel an gutem Material konnte eine genaue Bestimmung nicht vorgenommen werden.

#### *Cardita Broilii* sp. n.

Es liegen vor: ein Schloßpräparat der rechten Klappe sowie einige ganze Exemplare. Das Schloß der rechten Klappe zeigt einen kleinen vorderen Schloßzahn, einen dreieckigen Hauptzahn und einen weit hinten liegenden kleinen Nebenzahn. Der Umriß ist oval, wenig nach hinten verlängert, der hintere Schloßrand schwach abfallend. Wirbel nach vorne gerückt. Die Form ist ziemlich hoch gewölbt. Es findet sich eine kleine Lunula und eine schwach ausgeprägte Area. Skulptur: sehr deutlich abgesetzte, ziemlich weit voneinander abstehende Zuwachsstreifen, die von feinen Radialstreifen gekreuzt werden. Ränder gekerbt.

Während das Schloß ganz *Cardita crenata* GOLDF. entspricht (vgl. LAUBE: Die Fauna der Schichten von St. Cassian. Denkschriften der math.-naturw. Klasse der k. Akad. d. W. 24. Wien 1865), weicht unsere Form in folgendem ab:

1. Umriß: *C. crenata* ist viel mehr schräg nach hinten verlängert.
2. Wölbung: *C. crenata* ist flacher.
3. Skulptur: Diese weicht vollkommen von der unserer Form ab.

*Purpurina serrata* sp. n.

Es liegt ein ganzes Exemplar und ein Stück, das den letzten Umgang und den Mündungsteil zeigt, vor. *P. Broilii* READ aus den Cassianer Schichten (F. BROILI und A. READ, Die Fauna der Pachycardientuffe der Seiser Alp. Paläontograph. 54) und die jurassische Form *P. granulata* HÉB. et DES. stehen unserer Form nahe. Was die Skulptur betrifft, so zeigt *P. granulata* die meiste Ähnlichkeit, jedoch hat unsere Form keine Kantenknoten, sondern gekerbte (deshalb *P. serrata* benannt!) Kanten, die durch feine, etwas rückwärts gebogene Radialstreifen hervorgerufen sind. Die Spiralstreifen, die *P. granulata* auf allen Umgängen zeigt, treten bei unserer Form nur unter dem letzten Umgang auf.

Die Fossilien sind z. T. außerordentlich schön erhalten, ein Exemplar von *Protrachyceras* ist pyritisiert.

Das Vorkommen von *Protrachyceras Victoriae*, das nach E. v. MOJSISOVIC (Die Cephalopoden der Hallstädter Kalke. Abh. d. k. k. Geol. Reichsanst. Wien 1893) zusammen mit *Trachyceras austriacum* auftritt, beweist, daß die Mergelschiefer des Steinbachtals den Fischechiefern von Raibler oder den Tonschiefern der Lunzer Fazies entsprechen, also den unteren Raibler Schichten zuzurechnen sind.

Ein diesen Mergelschiefern entsprechendes Vorkommen innerhalb der bayrischen Fazies ist mir bisher nicht bekannt geworden; es dürfte sich somit um einen noch nicht beschriebenen Horizont der unteren Raibler handeln.

Der Raibler Sandstein ist besonders gut an der NO-Ecke des Almgrundes der Spatenau in einem vom Hochries herabziehenden Graben aufgeschlossen. Hier haben wir zu unterst einen fast schwarzen Sandstein. Neben Quarz, der nur mikroskopisch sichtbar ist, enthält er Ton, viel bituminöse Substanz und Eisen, welche beide Bestandteile die Färbung veranlassen. Dolomitische Kalk ist sehr wenig vorhanden. Im Mikroskop zeigt sich auch Feldspat. Dieser Sandstein ist sehr gut und sehr dünn gebankt und zeigt auf den Schichtflächen glatte, kohleglänzende Häute, die wohl als Rutschflächen zu deuten sind. Seine Mächtigkeit beträgt ungefähr 15 m.

Auch dieser schwarze Sandstein ist innerhalb der bayerischen Fazies noch nicht beschrieben.

Über dem schwarzen Sandstein treten dann die bekannten braunen Sandsteine und sandige Kalke auf und zwar an drei Stellen: an dem oben erwähnten Aufschluß bei der Spatenau, wo sie den schwarzen Sandstein unmittelbar überlagern, am Weg Duftbräu—Daffnerwaldalm, wo sie das Hangende des Wettersteinkalkes bilden, und in dem Raiblerzug, der dem Wettersteinkalk der Höhe 1180 eingeschaltet ist.

Der eigentliche Sandstein ist gelbbraun, ziemlich weich und glimmerhaltig. Die sandigen Kalke sind heller in der Farbe, härter und brausen gut mit Salzsäure. Sie scheinen einen Übergang zu den Kalken darzustellen. Die ganze Folge der braunen Sandsteine und sandigen Kalke ist sehr gering mächtig und nur gelegentlich aufgeschlossen.

Darüber lagern die in ihrem Aussehen so wechselnden Raibler Kalke und Dolomite. Die Kalke sind teils grau und plattig ausgebildet, so daß sie von Kössener Kalken nicht zu unterscheiden sind, teils blaugrau mit gelblichen Flecken, teils hellgrau und außerordentlich stark von weißen Kalkspatadern durchzogen, die sich nach allen Richtungen kreuzen. Die starke Durchaderung hat es ermöglicht, daß bis tief ins frische Gestein Lösungen dringen konnten, die den grauen Kalk innen stellenweise mit einem gelbbraunen Bezug überkleiden.

Am Weg Duftbräu—Stiegelalm lassen sich im Raibler Kalk gelegentlich geringmächtige Einlagerungen von Kohle beobachten.

Auch die Dolomite haben verschiedenartiges Aussehen. Neben hellgrauen, dichten Dolomiten (Steinbachtal) treten braune, brecciöse Dolomite auf, die beim Anschlagen schwach nach Bitumen riechen und vom Hauptdolomit nicht zu unterscheiden sind (Weg Duftbräu—Daffnerwaldalm), ferner jener weiße, zuckerkörnige Dolomit, den F. BROILI (L.V. 2) von der Kampenwand beschrieben hat (Weg Duftbräu—Stiegelalm).

Allenthalben zeigt sich im Gebiet, daß der Dolomit dem Kalk gegenüber das höhere Schichtglied bildet.

Raibler Kalke und Dolomite sind aufgeschlossen im Steinbachtal, ferner am W-Abhang des Heuberges von der Bichleralm bis hinauf zur Einsenkung zwischen „Kindl-Wd.“ und „Eingefallene

Wd.“. Hier baut Raibler Dolomit die beiden malerischen Felszinnen auf, die links des Weges — im Sinne des Aufstieges — den Blick anziehen. Hier haben die Raibler auch das kärgliche Brunnlein veranlaßt, das die Bichleralm mit Wasser versorgt. Der eigentliche Weidegrund der Bichleralm, der nur Schafen und Ziegen Nahrung bietet, ist vollständig vom Gehängeschutt der Eingefallenen Wand überdeckt, jedoch ist es nicht zweifelhaft, daß er, wie bereits BROILI in seiner Arbeit über den Heuberg (L.V. 2) ausführt, von Raibler Schichten gebildet wird. Die gleiche Annahme dürfte für den Wiesengrund beim Jagdhaus Mailach am O-Abhang des Heuberges zutreffen, jedoch findet sich hier kein einziger Aufschluß, weshalb auch auf der Karte der Eintrag der Raibler Schichten an dieser Stelle unterblieb. Des weiteren begleiten Raibler Kalke und Dolomite als Hangendes den Wettersteinkalk der Längersleiten bis zum Duftbräu, treten dann bei der Spatenaualm wieder sehr schön auf und sind von hier über Wimmer- und Ebersbergeralm bis zur Kartengrenze zu verfolgen. Sie haben durchweg bei nordöstlichem Streichen südliches Einfallen. Endlich finden sich Raibler Kalke in dem schmalen Zug, der dem Wettersteinkalk der Höhe 1180 eingeschaltet ist.

Die R a u h w a c k e, das oberste Glied der Raibler, ist in ihrer typischen Ausbildung das am leichtesten kenntliche Gestein unserer nordostalpinen Trias. Nur die oberste Rauhwaacke ist zuweilen in ihrem Aussehen dem Hauptdolomit sehr ähnlich; die Farbe wird braun bis grau, die Struktur wird dichter, die Löcher werden sehr klein oder treten ganz zurück. Stets aber braust die R a u h w a c k e mit Salzsäure deutlich. Zwei Vorkommen zeigen diese Verhältnisse gut: die Grenze der Rauhwaacken gegen den Hauptdolomit am Kogel und die Rauhwaacken am Weg Bichleralm—Heubergspitze, die so schwer zu erkennen sind, daß ich sie lange für Hauptdolomit hielt. Zuweilen zeigt die Rauhwaacke eine deutliche schwarze Bänderung, eine Erscheinung, die ganz außerordentlich bezeichnend für dieses Gestein ist.

Die Rauhwaacken treten überall zutage, wo überhaupt im Gebiet die Raibler aufgeschlossen sind. Eine deutliche Schichtung lassen sie nirgends erkennen. Im Steinbachtal wurde aus ihnen früher Gips gewonnen, woran noch jetzt einige ziemlich tiefe Höhlen erinnern.

Daß die Rauhwaacke auch eine dekorative Auswertung verdient, beweist der hübsche Brunnen in Nußdorf an der Straße nach Kirchwald. Es wäre nur zu wünschen, daß solche schlichten, so sehr in den Rahmen der Berge passenden Brunnen öfters gebaut würden.

Die Mächtigkeit der oberen Raibler Schichten ist sehr schwankend. Während im W die Kalke und Dolomite im Verhältnis zur Rauhwaacke gering mächtig sind, treten im O die Rauhwaacken zurück und Kalke und Dolomite erlangen eine größere Mächtigkeit, bei der Wimmer- und Ebersbergeralm bis zu 40 m. Die Rauhwaacke wird am N-Hang des Sattelberges stellenweise über 50 m, im Steinbachtal bis 100 m mächtig.

Nur die Raibler Kalke und Dolomite, vor allem aber die Rauhwaacken, haben formgestaltend auf das Gelände eingewirkt, während Mergel und Sandsteine hierbei ganz zurücktreten. Bei der Wimmer- und bei der Ebersbergeralm heben sich die Raiblerkalke als kleine Wände heraus. Auf die vom Dolomit gebauten Felszinnen bei der Bichleralm wurde schon hingewiesen. Die Rauhwaacken treten stets je nach ihrer Mächtigkeit wand- oder wenigstens steilstufenbildend auf; sie verbergen sich nie dem Auge. Im N des Sattelberges, besonders über dem Hof Obertann, überkrönt die Rauhwaacke als weithin schauende Wand den üppigen Wald des Flysches. Am eindruckvollsten aber zeigt sich die Rauhwaacke im Steinbachtal. Als schroffe, fast 100 m hohe Mauer begleitet sie hier das S-Ufer des Baches. Sie bestimmt den Ernst und die Größe dieser Landschaft.

Bei der Wimmeralm finden sich einige trichterförmige Erdfälle, verursacht durch die Auslaugung des Gipses in der darunter liegenden Rauhwaacke. Die gleiche Erscheinung beschreibt BROILI in seiner Arbeit über die Kampenwand (L.V. 2).

Die Raibler Schichten sind Almhorizont. Bichleralm, Wimmeralm, Ebersbergeralm und ein Teil des Almgrundes der Spatenan liegen auf Raiblern. Die Schichten sind wasserführend, jedoch sind alle Brunnen (bei Bichler-, Wimmer- und Ebersbergeralm) wenig ergiebig.

#### Hauptdolomit.

Der Hauptdolomit ist das mächtigste und verbreitetste aller Gesteine, die das Gebiet aufbauen. Er steht am Sattelberg an und tritt zu beiden Seiten des Steinbachtals zutage. Gipfel und

N-Abhang des Kogels bis hinab nach Kirchwald bestehen aus Hauptdolomit. Ein weiterer Zug von Hauptdolomit setzt am Riedlberg westlich Straße Nußdorf—Windshausen auf, zieht den Heuberg hinauf, die Eingefallene Wand aufbauend, streicht unter der Wasserwand durch und über die Längersleiten zum Fluderbach; jenseits des Baches bildet er dann den Sockel der Feichteck-Karkopfgruppe und zieht über der Spatenau-, Wimmer- und Ebersbergeralm hin bis zur Kartengrenze. Dieser lange Zug vom Riedlberg bis zur Grenze des Aufnahmegebietes, der zwischen Längersleiten und Fluderbach eine S-förmige Biegung erleidet, um jenseits des Fluderbachs seine ursprüngliche nordöstliche Streichrichtung wieder aufzunehmen, stellt das tiefste Glied der großen Heubergmulde dar, dessen Gegenflügel auch im S wieder zutage tritt. An zwei Stellen dieses Zuges ist die Auffindung des Hauptdolomits sehr erschwert. Einmal, wo der Fußpfad, von der Biehleralm herkommend, bei P. 976 die Zone des Hauptdolomits quert. Dort ist nämlich das Gelände von Trümmern rhätischer Kalke, die von der darüberliegenden Felsgruppe, das „Backofenweiberl“ genannt, herrühren, stark überdeckt und es bedarf einer genauen Begehung, um den Hauptdolomit dort festzustellen. Die andere Stelle findet sich unter der Wasserwand, von der ein Bergsturz rhätischer Kalke niedergegangen ist. Auch hier läßt sich bei peinlicher Untersuchung der Hauptdolomit unzweifelhaft nachweisen, weshalb in der Karte der Bergsturz auf der Farbe des anstehenden Gesteins eingetragen wurde.

Als der S-Flügel der Heubergmulde bildet der Hauptdolomit den Niedersberg an der O-Seite der Straße Nußdorf—Windshausen und streicht den Euzenauergraben eine Strecke weit hinauf, wird dann von Plattenkalk überlagert, um erst südlich der Euzenaueralm wieder aufzutreten. Von dort zieht er ohne Unterbrechung bis zum Trockenbachtal.

Die größte geschlossene Masse bildet der Hauptdolomit im S des Gebiets. Er baut hier als herrschendes Formationsglied die Gruppe des Kranzhorns, wo er seine höchste Erhebung erreicht, des Basterkopfs und des Erlers Kienberges auf und füllt den ganzen Raum zwischen Inn- und Trockenbachtal aus.

Der Hauptdolomit hat in unserem Gebiet das allgemein bekannte Aussehen. Den schon vorhandenen, ausgezeichneten Beschreibungen lassen sich keine wesentlichen Merkmale mehr hinzu-

fügen. Vorherrschend ist bräunliche und graue Färbung. Gelegentlich, besonders an der Grenze gegen den Plattenkalk, wird er hellgrau, fast weißlich und am W-Abhang des Sattelberges, an einem Ziehweg über dem Hofe Lieln, zeigt er an der Grenze gegen die Kössener rote Flecken. Das Gestein wird örtlich sehr dunkel bis schwarz, z. B. am Niedersberg beim Gasthaus Straßburger. Von Seefelder Schichten konnte nur ein ca. 10 cm mächtiges Band am N-Hang des Sattelberges nachgewiesen werden.

Beim Anschlagen riecht der Hauptdolomit, wie allgemein bekannt, mehr oder minder stark nach Bitumen. B. SANDER spürt in einer inhaltsreichen neuen Arbeit (BEUNO SANDER: Über bituminöse und kohlige Gesteine. Mitt. d. geol. Ges. in Wien. 1922) dem Verhalten von Bitumen und kohligem Substanz in Gesteinen besonders nach; er kommt zu der grundlegenden Unterscheidung von authigenem, ursprünglichem und allothigenem, eingewanderten Bitumen. Bituminöse Kalke und Dolomite ohne Ton und ohne nennenswerte organische Reste hält er für sekundäre Lagerstätten mit eingewandertem Bitumen. Die bitumenarme bis -freie Gruppe des Hauptdolomits, zu der auch der Hauptdolomit unseres Gebietes im Gegensatz zur bitumenreichen Gruppe der Seefelder Schiefer gehört, erklärt SANDER für eine fossile Petrollagerstätte der alpinen Trias.

Es wurde der Hauptdolomit aus drei Zügen des Gebietes in bezug auf das Verhalten des Bitumens im Dünnschliff untersucht, nämlich der Hauptdolomit des nördlichsten Zuges am Sattelberg, derjenige vom Riedlberg und der des Kranzhorns. Alle Schliffbilder zeigen, daß die Hohlräume zwischen den dolomitischen Gefügeteilen mit dunkelbrauner bis schwarzer bituminöser Substanz ausgefüllt sind. Da bei der außerordentlichen Fossilarmut des Hauptdolomits dieser nicht selbst als Erzeuger des Bitumens in Betracht kommt, so gewinnt SANDER'S Ansicht, daß es sich um eingewandertes Bitumen handelt, große Wahrscheinlichkeit. Dabei bleibt aber für unser Gebiet vorläufig die Frage noch ungelöst, welche Schichten die Lieferer des Bitumens, die primäre Lagerstätte, waren. Während für die Seefelder Dolomite als primäre Erzeuger des Bitumens die Ölschiefer angesehen werden können, fehlen in unserem Gebiet, wie bereits bemerkt, diese Schiefer bis auf unbedeutende Spuren.

Der Hauptdolomit ist durchweg gut geschichtet. Dennoch ist es bei seiner äußerst starken Zerklüftung oft schwer, manchmal geradezu unmöglich, Streichen und Fallen festzustellen. Stellenweise wird er plattig, wie sich das gut am Gipfel des Kranzhorns und am Weg von der Spatenau zum Rosenheimerhütte wahrnehmen läßt. Die Salzsäureprobe ergibt dann eine schwache Zunahme des Kalkgehalts, jedoch behält das Gestein durchaus seinen dolomitischen Charakter bei. Es handelt sich also um Plattendolomite.

Bezüglich der Verwendung der Salzsäure möchte ich folgendes bemerken:

1. Je dünner die Salzsäure, desto feiner die Reaktion. Kalkcarbonat braust auch mit stark verdünnter Salzsäure.

2. Man kann manchmal beobachten, daß ein Handstück mit Salzsäure einfach übergossen wird um ja eine recht deutliche Reaktion zu bekommen. Gerade das Gegenteil ist der Fall: auch die feinsten Kalkspatadern brausen dann so stark auf, daß eine Unterscheidung zwischen dem, was braust, und dem, was nicht braust, oft unmöglich ist, besonders bei ungünstiger Beleuchtung. Man muß vor solcher Gepflogenheit warnen.

3. Sobald der Hauptdolomit längere Zeit der prallen Sonne ausgesetzt ist, braust er, auch in seiner reinsten Ausbildung. Die Wärme verstärkt die Reaktion so, daß auch das Magnesiacarbonat braust. So manche Unstimmigkeit darüber, wie der Hauptdolomit sich gegen Salzsäure verhält, wird wohl auf die Nichtberücksichtigung dieses Umstandes zurückzuführen sein. An derselben Stelle, wo an einem sonnigen Hochsommertage der Hauptdolomit brauste, wird dieser selbe Hauptdolomit an einem trüben und kühlen Herbsttage gegen Salzsäure unempfindlich bleiben.

Die Art, wie der Hauptdolomit verwittert, ist hinlänglich bekannt. Besonders deutlich zeigt sich die Folge der Verwitterung unter der Eingefallenen Wand, wo der ganze Almgrund von den kleinen, eckigen Stückchen des zermürbten und ausgebleichten Hauptdolomits bedeckt ist.

Versteinerungen fanden sich im Hauptdolomit nicht.

Ziemlich steile, gleichmäßig geböschte Hänge, von niedrigen Wandeln unterbrochen, und rundliche Kuppen zeichnen den Hauptdolomit aus. Beispiele solcher Hauptdolomitberge sind der Kogel

und der Erler Kienberg. Der Hauptdolomit tritt aber auch wandbildend auf: die mächtige Eingefallene Wand, das kühne Rabeneck, die Steilwände am W-Hang des Kranzhorns („Schweigerer Wände“) sind markante Züge im Gesicht der Landschaft unseres Gebiets. Die Bergwasser reißen tiefe und steile Gräben in das leicht angreifbare Gestein. Die Bäche am W-Abfall der Feichteck-Karkopfgruppe, der Trockenbach in seinem Unterlaufe, ein Teil des Euzenergrabens: das alles gibt ein gutes Bild davon, wie das Wasser im Hauptdolomit wirkt.

Während sonst Almen auf Hauptdolomit wegen des Wassermangels und des dürftigen Graswuchses ziemlich selten sind, treffen wir in unserem Gebiet eine Reihe von Almen, die ganz oder zum Teil auf Hauptdolomit liegen. Teile der Almböden der Ebersberger-, der Spatenau-, der Stiegel-, Schwarzhütten-, Euzenauer-, Käs- und Rabeneckalm werden vom Hauptdolomit unterlagert. Die Zifferalm am Sattelberg, die Seitenalm mit der Rosenheimerhütte, die Basteralm, die Spadaalm und die landschaftlich schönste Alm des Gebietes, die Kranzalm, die schwer zugänglich hoch über dem Inntale thron, liegen ganz auf Hauptdolomit.

Als Waldboden ist der Hauptdolomit sehr gut, besonders wenn Bewässerung von den Kössener bzw. Plattenkalken her erfolgen kann. Das ist ersichtlich am Gammernwald, am Blasenhook im Trockenbachtal und vor allem am N-Abhang des Kranzhorns, der schweren Wald trägt.

Die Wasserführung ist im allgemeinen spärlich, wo aber Quellen hervortreten, zeichnen sie sich durch köstliche Beschaffenheit des Wassers aus, wie die Quelle bei der Kranzalm und der Brunnen beim Gasthaus Schweigen erweisen.

Der Hauptdolomit erreicht ziemliche Mächtigkeiten. Am N-Abhang des Sattelberges wird er gegen 100 m, am Kogel über 300 m, am Heuberg über 200 m mächtig. Im Zuge des Kranzhorns und Basterkopfes nimmt die Mächtigkeit gewaltig zu und erreicht nahezu 1000 m.

#### Plattenkalk.

Das bedeutendste geschlossene Vorkommen von Plattenkalken haben wir im Gebiete des Euzenauergrabens. Des weiteren ist Plattenkalk am Hochries, nahe der Rosenheimerhütte, zur Ausbildung gelangt. Im N der Kranzhorn-Basterkopfguppe be-

gleitet ein Zug von Plattenkalk die Kössener des Gängrabens und weiterhin nach O die oberrhätischen Kalke. Im S der Kranzhorn-Basterkopfgruppe sind mehrere, z. T. sehr schmale Züge dem Hauptdolomit eingeschaltet; durch das ziemlich breite und tiefe Tal, das sich zwischen Kranzhorn und Basterkopf von der Spadaalm aus nach S erstreckt, sind sie im Streichen unterbrochen. Der mächtigste dieser Züge ist derjenige im N des Erler Kierberges, der im O bei der Aschbergeralm wieder ansetzt.

Die Gruppe der Plattenkalke hat ein sehr wechselndes Aussehen. Es treten rein bräunliche Kalke auf, sowie solche, denen schwarze Punkte eingesprengt sind, ferner dichte, graue Kalke mit rundlicher Verwitterung. Außerdem findet sich ein sehr heller, weißlicher, dolomitischer Kalk, der nur schwach braunt, ausgesprochen dünnplattig ist und polygonal verwittert. Dieser dolomitische Plattenkalk stellt das oberste Glied der Gruppe dar. In den unteren Lagen sind den Plattenkalcken noch Bänke von Dolomit zwischengeschaltet.

Bei P. 974 südlich Euzenaueralm und am Fußweg, der von der Spadaalm nordöstlich zum Gän Graben hinunterführt, fanden sich einige schlecht erhaltene, turmförmige Schnecken, vermutlich *Rissoa alpina* GÜMB.

Die Plattenkalke sind sehr dicht und einheitlich im Gefüge. Nur selten werden sie von Kalkspatadern durchsetzt. Die plattige Ausbildung ist stets deutlich ausgeprägt. Im übrigen aber weisen sie eine solche Ähnlichkeit mit Kössener Kalken auf, daß in vielen Fällen eine Unterscheidung nicht möglich sein dürfte. Dann kann nur die Beziehung zum Hangenden und Liegenden über die Stellung der Kalke Klarheit bringen. Dazu eignet sich besonders ein Aufstieg vom Euzenauergraben nordöstlich zum Weg, der 200 m östlich Buchberg nördlich abzweigt, und nun diesen Weg aufwärts bis in den Wald. Hierbei trifft man unten im Graben als Liegendes den Hauptdolomit und oben etwas über der Waldgrenze Kössener Mergel, so daß kein Zweifel über die stratigraphische Stellung dieser schwer zu erkennenden Kalke besteht.

Der Plattenkalk neigt zur Bildung steiler Hänge. Die ausgezeichnete plattige Ausbildung ist die Ursache, daß da, wo die Schichten in die Luft austreichen, sich Bänder bilden. Die Wiese zwischen Buchberg und Daffnerwaldalm sieht aus wie eine große, mit Gras überwachsene Treppe. Auch einige Almen finden wir im

Bereich des Plattenkalkes, so die Rabeneckalm und Teile der Kranzhornalm, der Bubenaualm, die Urschel- und Aschbergeralm. In den Plattenkalcken im Bereich des Euzenauergrabens und der Aschbergeralm trifft man einige dürftige Quellen.

### Rhät.

#### Kössener Schichten und oberes Rhät.

Die Kössener und oberrhätischen Schichten sind im Gebiete weit verbreitet und gut aufgeschlossen. Wir finden sie am Sattelberg, wo sie in ihrer ganzen Verbreitung leicht nachweisbar sind. Besonders klare Aufschlüsse bieten hier ein Graben, der bei dem Kreuz südlich Lieln ansetzt und von dort aus den W-Hang des Berges herabzieht, ferner der Bergrutsch am Sträßchen Obersulzberg—Haus und der Hang an der Straße Nußdorf—Mühlthal nördlich P. 494. Ein anderer schmaler Zug von Kössener Schichten tritt am N-Abfall des Kogels auf, wo er vom Tale aus nach Kirchwald hinaufzieht. Beim Brunnen vor Kirchwald haben wir hier einen brauchbaren Aufschluß. An der südlichen Abdachung des Kogels begleiten rhätische Kalke den Hauptdolomit.

Tektonisch entspricht dem Kirchwalder Vorkommen ein Zug, der am W-Hang der Höhe 1180 beginnt und nordnordöstlich auf den Seebichl zustreicht; nördlich des Seebichls ist er eine ziemliche Strecke überdeckt, zeigt sich aber im Taurer Graben wieder gut aufgeschlossen.

Der Zug auf der S-Seite des Kogels findet seine tektonisch entsprechende Fortsetzung auf der Höhe nordöstlich P. 924 der Mooseralm, auf dem Seebichl und dem ihm nordöstlich vorgelagerten Buckel.

Als Schichtgruppe, die sich wesentlich am Aufbau der Heubergmulde beteiligt, hat das Rhät folgende Verbreitung. Die zum N-Flügel der Mulde gehörigen Kalke beginnen am Riedelberg und streichen, indem sie in der Wasserwand ihre höchste Erhebung erreichen, nordöstlich über den Heuberg hinweg bis zur Längersleiten. Durchweg läßt sich S-Fallen feststellen (im Mittel 40°). Dieser Zug besteht ganz aus oberrhätischen Kalken, Kössener Schichten ließen sich nirgends nachweisen. Am Riedelberg (P. 540) überlagern oolithische Kalke den Hauptdolomit. Dieser N-Flügel, im Gebiete des Gammernwaldes gestört, findet seine Fortsetzung

in der Mulde der Feichteck-Karkopfgruppe. Bereits im Gammernwald, am Fuße der Wand westlich P. 948 der Stiegelalm, treten Kössener Mergel zutage. Sie lassen sich am NW-Abhang der Feichteck-Karkopfgruppe verschiedentlich nachweisen, wenn sie auch durch den Schutt der darüberliegenden oberrhätischen Kalke meist überdeckt sind. Gerade da, wo der Bachriß, der südlich der Steineckleitenalm zu Tale zieht, die 1000-m-Kurve kreuzt, stehen Kössener Mergel an, des weiteren findet man am Wege Spatenaualm—Rosenheimerhütte einige sehr kleine Aufschlüsse von Kössenern. An der großen Störungslinie zwischen Hochries und Karkopf ist am Weg Rosenheimerhütte—Karkopf bemerkenswerterweise ein Block Lamachelle erhalten geblieben, während im übrigen die Kössener dort tektonisch ausgequetscht sind.

Der S-Flügel des Rhäts der Heubergmulde tritt am S-Abhang des Riedelberges zutage; beim Weiler Berg haben die rhätischen Schichten N-Fallen, während sie beim Weiler Riedlberg, also im nördlichen Teil des Riedlberges, S-Fallen zeigen. Sie streichen, zunächst von Gehängeschutt überdeckt, dann aber schön aufgeschlossen, an der S-Flanke des Heuberges entlang, setzen durch Gammern- und Unterwieserwald fort und ziehen sich am SO-Abhang der Feichteck-Karkopfgruppe hin. In diesem Zug sind die Kössener Schichten an einigen Stellen ausgezeichnet aufgeschlossen, streckenweise sind sie von Schutt verhüllt. Die Kössener sind aufgeschlossen am Weg, der 200 m östlich Buchberg nach N abzweigt, und zwar etwa 50 m über der Waldgrenze. Diese Stelle wurde bereits bei Beschreibung der Plattenkalke erwähnt. Weiter findet sich ein sehr guter, fossilreicher Aufschluß von Kössenern im Euzenauergraben, etwas oberhalb der Brücke nordwestlich P. 974. Am schönsten jedoch sind die Kössener im Unterwieserwald ausgebildet, wo man sie besonders am Weg Schwarzhüttenalm—Käsalm und am Weg Schwarzhüttenalm—Schweiberalm weithin aufgeschlossen findet.

Ein anderer Zug rhätischer Schichten setzt im Euzenauergraben am S-Fuß des Niedersberges ein (im Bachbett ein schöner Aufschluß von Kössener Mergeln), ist dann eine Strecke weit an den steilen Hängen des Kranzhorns von abtragenden Kräften beseitigt worden und erscheint weiter östlich wieder. In diesem Zug, der besonders im Gänsgraben ausgedehnte Aufschlüsse von Kössener Mergeln zeigt, sind die Kössener im östlichen Weiter-

streichen tektonisch unterdrückt, während die oberrhätischen Kalke über den S-Teil der Käsalm hinweg bis hinunter ins Trockenbachtal ziehen.

Schließlich haben wir noch ganz im S des Gebietes einen ziemlich bedeutenden Zug von Rhät, das im wesentlichen den Kleinberg bei Erl zusammensetzt. Dort hat besonders die Anlage neuer Straßen sehr gute Aufschlüsse geschaffen.

Die Kössener Schichten haben auch in unserem Gebiet das längst bekannte Aussehen. Die Mergel sind weich, stets wohlgeschichtet und reich an Versteinerungen. Sie haben graue bis schwärzliche Farbe; die Verwitterungsrinde ist gelbbraun. Sie verwittern zu kleinen, eckigen Stückchen. Bei fortschreitender Verwitterung liefern sie die allen Geologen, die in den Alpen gewandert sind, vertraute „Kössener Schmiere“. Die Kössener Kalke sind gut gebankt, dicht und von einem eintönigen Grau oder Braun. Auf ihre Ähnlichkeit mit den Plattenkalcken wurde bereits hingewiesen.

Ohne daß sich eine scharfe Grenze feststellen ließe, gehen sie in die außerordentlich wechselnde Gruppe der oberrhätischen Kalke über. Wir finden graue und schwarze oolithische Kalke; einen vielfachen Wechsel gut gebankter brauner, grauer und blaugrauer Kalke; schließlich dunkelgraue bis schwarze Kalke mit Hornsteinen, die allmählich in die Kieselkalke des unteren Lias übergehen (Hang östlich Straße Riedlberg—Mühlhausen).

Unter den so mannigfachen Gesteinen des oberen Rhäts ist besonders bemerkenswert ein gelblichweißer Kalk wegen seiner großen Ähnlichkeit mit Wettersteinkalk. Er ist gut aufgeschlossen am N-Fuß der Wasserwand, am „Backofenweiberl“, einer eigentümlichen, bereits vom Tale aus sichtbaren Felsgruppe südlich der Eingefallenen Wand, und am Kleinberg. Dieser Kalk wird von einem weißlichen Dolomit überlagert, der ebenfalls dem Wettersteindolomit auffallend ähnlich ist.

An der Wasserwand und unterhalb der Sagleitenalm (NW-Abhang des Feichtecks), ferner in dem gestörten Gebiet zwischen Basterkopf und Hochries finden sich rote und weiße, stellenweise tiefrote Kalke, die ziemlich reich an Versteinerungen, besonders Brachiopoden und Muscheln sind.

Am Kleinberg, an der neuen Straße nach Pumpf, fällt ein toniger Mergel auf, der violette und ockergelbe Bänderung hat

und sich mit der Hand kneten läßt; er ist den oolithischen Rhätkalken eingelagert, 20 cm mächtig und auf eine Länge von 4 m aufgeschlossen.

Am NW-Abhang der Feichteck-Karkopfgruppe zeigen die grauen Oolithe an der Grenze gegen den Lias rote Flecken.

Am SO-Abhang der Feichteck-Karkopfgruppe wird das oberste Rhät dargestellt durch gut geschichtete, gelbliche, kieselige Oolithe mit reichlichen Crinoiden-Stielgliedern, die an der Oberfläche schön ausgewittert sind.

Daß neben plumpen, massigen Riffkalken auch ausgezeichnete Schichtung in den Gesteinen des oberen Rhäts auftritt, lehren die Wagnerwand und die schönen Aufschlüsse am Kleinberg aufs deutlichste.

Es fanden sich folgende Versteinerungen:

In den Kössenern:

<i>Thecosmilia clathrata</i> GUMB.	<i>Lucina alpina</i> WINKL.
<i>Waldheimia austriaca</i> ZUGM.	<i>Cardita austriaca</i> HAUER
<i>Avicula contorta</i> PORTL.	<i>Modiola faba</i> WINKL.
<i>Gervillia inflata</i> SCHAFFH.	<i>Pecten</i> sp.,

ferner die sehr häufige Lumachelle und winzige, stecknadelkopfgroße Schnecken, die ähnlich wie *Natica* aussehen, sich aber nicht näher bestimmen lassen.

Im oberen Rhät:

Foraminiferen  
*Rhynchonella fissicostata* SUSS  
*Pecten* sp.,

ferner Durchschnitte von Korallen und von *Megalodon*, Stielglieder von *Pentacrinus* und Stacheln von *Cidaris*.

Schließlich noch einige Bemerkungen über die oolithischen Kalke. Der Dünnschliff zeigt häufig im Mittelpunkt der einzelnen Oolithe Foraminiferenschalen. Daraus geht hervor, daß diese die Kerne gebildet haben — neben anderen, fossil nicht mehr nachweisbaren Kernen — um die herum sich der Kalk ausgeschieden hat.

LINK berücksichtigt in seiner bereits bei Beschreibung des Wettersteinkalks angeführten Arbeit (s. S. 10) diese Tatsachen nicht — im Gegensatz zu anderen Forschern wie E. KALKOWSKY, A. ROTHPLETZ, J. WALTHER —, und zwar deshalb nicht, weil er mit künstlichem Meerwasser auf experimentellem Weg einen

Niederschlag von Oolithen erhielt und im künstlichen Meerwasser natürlich keine Foraminiferen oder Algen und dgl. enthalten sind. Nun erhielt aber LINK bei seinen Versuchen zweierlei Niederschläge: 1. gut ausgebildete Kristalle, 2. Sphärolithe (Oolithe oder Ooide anderer Autoren).

Es drängt sich die Frage auf: weshalb bekam er zweierlei Ausscheidungen, die offenbar nicht nur der Form nach, sondern auch der Zeit nach verschieden erfolgt sind? Weshalb hat LINK nicht nur Kristalle oder nur Sphärolithe erhalten? Wenn nun auch in den Versuchslösungen LINK's keine Foraminiferen oder Algen enthalten waren, so kamen für das Laboratorium doch andere Dinge als Konzentrationskerne in Betracht, nämlich Staubeilchen und Bakterien. So löst sich auch die Frage der zweierlei Ausscheidungen: zuerst haben sich um vorhandene Mittelpunkte herum die Sphärolithe ausgebildet und dann erst konnten sich die Kristalle ausscheiden.

Nach dem obigen und dem bereits bei Beschreibung der Großoolithe des Wettersteinkalkes Gesagten (vgl. S. 10 f.) sind Oolithe und die Großoolithe des Wettersteinkalkes getrennte Dinge.

Die zufällige Ähnlichkeit, die Großoolithe und Oolithe in ihrer äußeren Form, abgesehen von der Größe, besitzen, findet ihr Analogon in den Konvergenzerscheinungen der Paläontologie. (Gute Zusammenfassungen über die oolithischen Kalke bei E. KAYSER, Lehrbuch der Geologie I, p. 666 f, 5. Aufl. Stuttgart 1918 bei Ferd. Enke und bei A. TORNQVIST, Geologie I, p. 167 f., Leipzig 1916 bei Wilhelm Engelmann. Beide Werke mit Literaturangaben.)

Die rhätischen Ablagerungen nördlich des Wettersteinkalkzuges erreichen keine großen Mächtigkeiten. Das zum N-Flügel der Heuberg-Feichteckmulde gehörige Rhät wird stellenweise gegen 100 m mächtig, im NO, am Karkopf, nimmt die Mächtigkeit ab. Die scheinbar gewaltige Mächtigkeit des Rhäts der Wagnerwand ist wohl keine ursprüngliche; die Wiederkehr derselben Schichtgruppen, die dort statthat, weist auf Sonderfaltung hin. Dieselben Verhältnisse treffen wir beim Rhät des S-Flügels, wo sich am SO-Abhang des Feichtecks ein mehrmaliger Wechsel der Fallrichtung feststellen läßt, und im Gänsgrabenzug.

Für das Gepräge der Landschaft sind die rhätischen Schichten sehr wichtig. Die Kössener mit ihrer reichen Wasserführung, ihrem üppigen Gras- und Waldbestand bedingen ein sanft geböschtes Gelände oder kleine Talmulden, während die oberrhätischen Kalke als trotzigte Wände aufragen.

Wir finden am Sattelberg auf den Kössenern fette Wiesen. Der schon erwähnte Brunnen beim Kirchwald verdankt ihnen ebenfalls sein Dasein. Schöne Almen überkleiden mit einem dichten Grastepich die rhätischen Ablagerungen. Hierher gehören: Pölcher-, Feichteck-, Wirts-, Schweibereralm, ferner Teile der Wiesen der Käs-, der Euzenauer- und Stiegelalm.

Die oberrhätischen Kalke bestimmen ganz wesentlich die äußere Gestalt des Heuberges; aus ihnen besteht die Wasserwand, die nach N und S manergleich abfällt und die, besonders vom Tälehen beim Jagdhaus Mailach her betrachtet, uns ganz den großartigen Ernst einer hochalpinen Landschaft übermittelt. Nächst dem treten die oberrhätischen Kalke am bedeutsamsten in der Wagnerwand hervor, die sich über die Abgründe der Stiegel- und Schwarzhüttenalm emportürmt. Überhaupt finden wir überall, wo nur die oberrhätischen Kalke aufgeschlossen sind, größere oder kleinere Wände, von denen ja auch eine ganze Reihe auf der topographischen Karte angegeben ist.

Die oberrhätischen Kalke neigen zur Karrenbildung, die man besonders gut im Walde westlich der Rabeneckalm beobachten kann; auch ist ihnen der Zerfall zu Blockmeeren eigentümlich, der auf der Höhe westlich der Stiegelalm scharf ausgeprägt ist.

#### Lias.

Der Lias verteilt sich auf 6 Vorkommen.

Am Sattelberg finden wir zwei durch Hauptdolomit getrennte Züge von Lias. Besonders gute Aufschlüsse haben wir hier an der W-Seite des Berges in einigen Bachrissen, ferner an der S-Seite in dem tiefen, schluchtartigen Graben, der von Obersulzberg abwärts führt. Ein Fetzen Lias läßt sich nachweisen als Hangendes des Kirchwalder Kössener Zuges, nördlich der Straße, die von P. 525 (Wiese südöstlich von Nußdorf) nach Kirchwald führt. Ein anderer Zug von Lias findet sich an der S-Abdachung des Kogels, in den Klammern. Er ist nur stellenweise gut aufgeschlossen; so bildet er z. B. die auf der Karte angegebene Steilwand, die bei

der 900-m-Kurve ansetzt und von da nach O aufwärts zieht. In seinem weiteren nordöstlichen Streichen ist er auf eine lange Strecke hin völlig überdeckt und erst am NW-Abhang der Höhe 1180 gelang es an einer durch einen kleinen Bergrutsch bloßgelegten Stelle ihn wieder aufzufinden. Auf der Höhe nordöstlich P. 924 der Mooseralm und am Seebichl tritt er dann nochmal zutage.

Das mächtigste Vorkommen von Lias treffen wir am Heuberg und in der Feichteck-Karkopfgruppe, wo er der Heuberg-Feichteckmulde eingelagert ist.

Endlich ist noch ein kleines Vorkommen von Lias im Trockenbachtal zu verzeichnen, dort, wo die Straße von Kleinberg nach Pumpf den Bach überschreitet.

Die Ablagerungen des Lias weisen einen Unterschied insofern auf, als in allen Vorkommen nördlich des Muschelkalk- bzw. Wettersteinkalkzuges nur die kalkig-mergelige Ausbildung anzutreffen ist; am Heuberg und Feichteck dagegen tritt diese stark zurück und die kieselige, hornsteinführende Ausbildung herrscht vor.

Der unterste Lias ist in der nördlichen Zone vertreten im Zuge südlich des Kogels und ist in den Klammern an der schon erwähnten Steilwand gut aufgeschlossen. Auf dieses Vorkommen hat bereits SCHLOSSER in seiner Arbeit über den Heuberg (L. V. 9) hingewiesen. Es handelt sich hier um steil (70°) S-fallende, gutgebankte, blaugraue bis schwärzliche Kalke, die in den untersten Lagen Brachiopoden führen. Darüber folgen dann Bänke, die ganz erfüllt von Muschelschalen sind. Die Verwitterungsfarbe dieser Bänke ist gelbbraun. Sie werden endlich überlagert von rotbraunen und grauen Kalken, die Stielglieder von Crinoiden enthalten.

Es wurden folgende Versteinerungen gefunden:

*Waldheimia norica* SUSS  
*Ctenostreon tuberculatum* TERQUEM.  
*Pecten Valoniensis* DEFF.

Wir haben es hier mit demselben Horizont des untersten Lias zu tun, den BROILI auch im Kampenwandgebiet (L. V. 2) nachgewiesen hat, und zwar im Lochgraben bei Niederachau und westlich Grassau. Ein Vergleich mit Handstücken von dorthier, die sich in der Münchener Staatssammlung befinden, zeigt die

vollkommene Übereinstimmung sowohl dem petrographischen Habitus wie dem Fossilinhalt nach. Besonders bemerkenswert ist, daß diese Übereinstimmung nicht nur die Ausbildung, sondern auch die Lagerung betrifft, insoferne jene Vorkommen ebenfalls, genau wie in unserem Gebiet, dem dem Wettersteinkalk nördlich vorgelagerten Liaszug angehören.

Dem Fossilinhalt nach dürfte dieser Lias wohl der *Planorbis*-Zone des außeralpinen Lias entsprechen.

Abgesehen von diesem beachtenswerten Vorkommen ist in der nördlichen Zone das unterste aufgeschlossene Schichtglied des Lias überall der Fleckenkalk. Dieser ist ein grauer, gelblicher bis wachsgelber, weicher Kalk mit den typischen schwarzen Flecken, die in Größe und Form sehr schwanken können. Zuweilen sind sie schmal und langgestreckt wie Pflanzenstiele. Bemerkenswert ist ein Fund an der SO-Seite des Sattelberges, wo neben den schwarzen Flecken hellgrüne, grasstengelähnliche Einschlüsse auftreten.

Der Fleckenkalk ist stets gut gebankt und mit einer lehmfarbenen Verwitterungsrinde überzogen.

Dem Fleckenkalk zwischengelagert sind weiche, graue Mergel, die ausgezeichnet gebankt sind und zuweilen papierdünn werden können. Je dünner die Schichten werden, um so schwerer lassen sich die schwarzen Flecken erkennen, und bei den papierdünnen Schichten ist davon überhaupt nichts mehr wahrzunehmen.

Nach oben zu gehen die Fleckenkalke über in schwarze, wohlgeschichtete Kalke, die häufig von starken Kalkspatadern durchsetzt werden. Bemerkenswert ist die Einlagerung eines Bandes von rotem Kalk im Fleckenkalk an der S-Seite des Sattelberges, in dem sich ein Stück eines stark verdrückten *Harpoceras* sp. fand.

Der Fleckenkalk der nördlichen Zone lieferte folgende Versteinerungen:

*Ophioceras varicosatum* ZIEF.  
*Arnioceras mendax* FUC.

Der Lias südlich des Wettersteinkalkzuges gliedert sich anders. Er ist am Heuberg ausgebildet wie folgt:

Hangendes: Dogger  
Lias { Oberer Kieselkalk  
Fleckenkalk  
Unterer Kieselkalk  
Liegendes: Oberrhätische Kalke.

Besonders klare Bilder dieser Schichtfolge geben die Gräben am W-Abhang, hier vor allem der Hüllgraben, und ein Graben am S-Abhang, der am S-Fuß der Hüllwand ansetzt und von da aus sich genau südlich in die Tiefe zieht.

Der untere Kieselkalk ist stets gut gebankt, meist dunkelgrau, selten schwarz und hat schwarze Hornsteineinschlüsse. Bei der Verwitterung ragt der harte Hornstein in Bändern oder Knollen aus dem Gestein heraus. Überhaupt ist die Art, wie der untere Kieselkalk verwittert, höchst bezeichnend. Am besten ist das zu sehen an den Wänden am W-Abhang des Heuberges. Die Verwitterungsfarbe ist ein schmutziges Gelb, das schon vom Tale aus gegen das Blaugrau der Wände aus oberrhätischen Kalken stark absticht. Die Oberfläche ist zerfurcht und klüftig, die Wände haben ein unruhiges Aussehen. Dem Kieselkalk sind gelegentlich Bänke eines schwarzen oder dunkelgrauen, reinen Kalkes zwischengelagert.

Über dem unteren Kieselkalk liegt der Fleckenkalk. Dieser kann zunächst kieselig sein, jedoch mit schön ausgebildeten Flecken, oder er ist, wie im Hüllgraben, ein grauer Kalk mit sehr spärlichen Flecken, der erst allmählich in den normalen Fleckenkalk übergeht. Auf der S-Seite des Heuberges sind dem Fleckenkalk einige Bänke eingelagert, denen die Flecken vollständig fehlen. Die Zone der Fleckenkalke ist sehr gering mächtig, sie beträgt kaum 30 m.

Der Fleckenkalk wird vom oberen Kieselkalk überlagert. Dieser Kalk ist schwarz, enthält sehr viel Hornstein und ist grob gebankt. Er ist viel hornsteinreicher und härter als der untere Kieselkalk, auch fehlen ihm rein kalkige Bänke; es finden sich in ihm Spongiennadeln.

In der Feichteck-Karkopfgruppe ist die Ausbildung des Lias im wesentlichen die gleiche wie am Heuberg. Nur findet sich am NW-Abhang des Karkopfs, beim Weg von der Rosenheimerhütte zur Karalm, ein kleiner Buckel, der aus dichtem roten Kalk besteht.

Was schließlich das Vorkommen im Trockenbachtal anlangt, so haben wir hier den Lias in der Spitzsteinfazies. Es handelt sich um tiefrote, sehr gut gebankte Kalke, die gelegentlich grüne, ebenfalls kalkige Einschaltungen aufweisen. Von den ähnlichen Aptychenkalken unterscheiden sie sich durch das Fehlen von Aptychen, durch das Fehlen von Hornsteinen und durch geringere

Härte. Der Fund eines nicht näher bestimmbareren Arieten stellt überdies ihr liassisches Alter sicher.

Die Schichten des Lias sind stets wasserführend und dem Pflanzenleben überaus günstig. Am Sattelberg tragen sie schweren Wald, gute Äcker und Wiesen. Neben der sonnigen S-Lage ist der durch die Fleckenmergel bedingte gute Boden die Ursache, daß beim Gehöft Sattelberg so herrliche Nußbäume gedeihen. Am Heuberg und an der Feichteck-Karkopfgruppe fällt vom Tale aus schon eines auf: die Gleichmäßigkeit des Böschungswinkels, mit der die Almwiesen steil zur Höhe streben. Wie von einem dichten Fell werden die Liasschichten am Heuberg von üppigen Wiesen überkleidet. Die Heumahd dort oben ist ein schweres Stück Arbeit, denn das Gelände ist sehr steil und die Leute müssen Steigeisen benutzen. Die Beendigung der Mahd wird daher auch von der Bevölkerung festlich begangen.

Der untere Kiesellias bildet am Heuberg an der Grenze gegen das Rhät gelegentlich Steilwände, die besonders an der W-Seite eine bedeutende Höhe erreichen. Auch der obere Kiesellias ist wandbildend und zieht sich am Fuße der Höllwand als Steilstufe hin, die von dem darüberliegenden Dogger durch ein Grasband getrennt ist.

Im Gebiet der Feichteck-Karkopfgruppe finden wir eine Reihe von Almen auf Lias, so die Sägmühl-, die Sagleiten-, die Steineckleitenalm auf der NW-Seite, Teile der Kar-, Pölsher- und Feichteckalm auf der SO-Seite.

### Dogger.

Der Dogger ist auf drei Vorkommen beschränkt: Sattelberg, Heuberg und Feichteck-Karkopfgruppe.

Am Sattelberg tritt Dogger in Fleckenmergel-fazies auf. Dieses bedeutsame Vorkommen befindet sich im Störungsgebiet an der SO-Seite des Berges und hat nur geringe Verbreitung. In dem Graben, der dort südöstlich abwärts zieht, wurde *Ludwigia concava* (SOWERB.) BUCKM. gefunden, welche Form an der Grenze von Dogger  $\beta/\gamma$  auftritt.

Was das Vorkommen des Doggers in Fleckenmergel-fazies in den Klammern betrifft, das SCHLOSSER beschreibt (Geol. Notizen aus dem Inntale I, siehe L.V. 9), so konnte es nicht wiedergefunden werden. Wahrscheinlich ist der ganze Aufschluß

jetzt mit Schutt bedeckt. SCHLOSSER hebt schon bei Veröffentlichung seiner Arbeit, 1895, hervor, daß in jener Gegend ein Murchbruch niedergegangen sei.

Der Dogger des Heuberges und der Feichteck-Karkopfgruppe ist weitaus überwiegend als Crinoidenkalk ausgebildet. Am Heuberg treten in den unteren Lagen auch dunkle Kieselkalke auf, die jedoch geringe Mächtigkeit besitzen und vom oberen Lias durch den Crinoidenkalk getrennt sind.

Der Crinoidenkalk ist deutlich gebankt, hart und besitzt rote oder weißlichgraue Farbe. Die weißlichgrauen Kalke, die z. T. stark kieselig sind, stimmen in ihrem Habitus vollkommen überein mit den Vorkommen an der Zellerwand im Priental und an der Maiwand am Riesenkopf im Inntal. An der NO-Seite des Karkopfes finden sich lose umherliegende Trümmer als Verwitterungsrückstände eines sehr kieselsäurereichen Gesteines. Das Carbonat ist völlig weggeführt. Die Stückchen sind von Poren durchsetzt und haben ein bimssteinartiges Aussehen.

An Versteinerungen fanden sich außer den Crinoidenstielgliedern, die besonders in den roten Kalken oft von anscheinlicher Größe sind und schraubenförmig auswittern: *Rhynchonella rubrisaxensis* ROTHPL. und *Rh. Aschaviensis* FRNK. Diese Brachiopoden gehören dem unteren alpinen Dogger an.

Heuberg und Feichteck-Karkopfgruppe sind Teile jener lückenhaft erhaltenen Doggermulde, die von der Zellerwand im Priental nach SW über den Inn hinüberstreicht zum Großen Riesenkopf und Rehleitenkopf bei Fischbach. In dieser Mulde befindet sich auch die berühmte Stätte des Laubensteins, dessen Dogger von FINKELSTEIN (L.V. 3) mustergültig beschrieben worden ist.

Die wahre Mächtigkeit unseres Doggers läßt sich nicht angeben, da er auf den Gipfeln, die er bildet, stark der Verwitterung ausgesetzt ist. Immerhin bietet er sich auch heute noch dem Auge in einer Mächtigkeit dar, die rund 150 m beträgt.

Mit stolzen Wänden erhebt sich der Dogger über die grünen Matten des Lias. Die prachtvolle Höllwand, die höchste Erhebung des Heubergstockes, das Feichteck, das vom Duftbräu aus betrachtet wie ein kühnes Felsenschloß aussieht, und die Steilwände des Karkopfes geben ein gutes Bild davon, wie der Dogger im Landschaftsbild hervortritt. Mageres Gras oder schütterer Wald be-

decken die Doggergesteine dort, wo sich überhaupt eine Möglichkeit für das Fortkommen von Pflanzen bietet.

#### Oberer Jura.

Wir finden den oberen Jura vertreten durch Aptychenschichten auf der SO-Seite des Sattelberges. In den Klammern sind die Aptychenschichten schön entwickelt; dieser Zug tritt, genau wie Lias und Rhät, erst weit im O auf der Höhe nordöstlich P. 924 der Mooseralm, am Seebichl und dem Buckel nordöstlich davon wieder zutage. Ferner haben wir Aptychenschichten am Heuberg und am Karkopf.

Die Aptychenkalke lieben lebhaftere Farben und sind daher leicht auffindbar. Sie zeigen ein schönes Rot, manchmal mit tiefgrünen Einschaltungen, oder ein sehr helles Grau. Einschlüsse von Hornstein fehlen nie; die Schichtung ist stets eine sehr gute. In den Klammern wechseln rote und helle Aptychenschichten mehrfach, während am Heuberg nach oben zu, an der Grenze gegen das Neocom, die hellen Kalke vorherrschen. Es scheint, daß dort die Aptychenschichten allmählich in die hornsteinfreien und weichen neocomen Kalke übergehen. Die untere Grenze gegen den Dogger ist dagegen sehr scharf. Auch am Sattelberg, wo rote Aptychenschichten den Liasfleckenkalk überlagern, ist die untere Grenze sehr deutlich. Oben stellen sich helle Kalke ein, die möglicherweise schon dem Neocom angehören.

Allenthalben wurden die für die Schichten bezeichnenden Aptychen gefunden; andere Versteinerungen scheinen sehr selten zu sein.

Die Aptychenschichten neigen zur Bildung sehr steiler, aber gut bewachsener Hänge. An der W-Seite des Heuberges treten sie als kleine Wandeln hervor, die schon von weitem durch ihre Farbe auffallen.

Am oberen Jura des Heuberges haben auch rötliche Tithonkalke Anteil, in denen Herr Dr. SCHRÖDER gelegentlich einer Exkursion *Terebratula diphyia* COL. fand.

#### Neocom.

Das Neocom ist aufgeschlossen am Sattelberg, wo in einem Graben der Störungszone im SO-Teil des Berges neocomer Kalke und Mergel sich finden. Ferner in den Klammern, wo es mächtig

und gut zutage kommt. Diesem Zug, der in seinem nordöstlichen Streichen auf eine weite Strecke hin verschwindet, begegnen wir wieder auf der Höhe nordöstlich P. 924 der Mooseralm und weiterhin auf dem Seebichl und dem Buckel nordöstlich davon. Endlich findet sich Neocom am Heuberg im Kern der Mulde.

Die Ausbildung des Neocoms ist wechselnd. Ohne daß eine scharfe Grenze gegen die liegenden Aptychenschichten erkennbar ist, finden sich unten wachsgelbe oder weißgraue Kalke, die nur stellenweise und spärlich Hornstein aufweisen, meist jedoch sehr dicht und gleichmäßig in ihrem Gefüge sind. Sie schlagen sich daher auch milde, mit schaligem Bruch. Ihre Reinheit ist ganz außerordentlich und übertrifft die des Wettersteinkalkes bedeutend. Bei Behandlung mit Salzsäure bleiben nur Spuren eines Rückstandes, der aus Gips besteht; tonige Bestandteile fehlen ganz. Diese hellen Kalke würden sich also noch viel besser zum Brennen eignen als Wettersteinkalk.

Nach oben gehen die hellen Kalke über in Fleckenkalke und blaugraue Mergel. Die Fleckenkalke sind in unserem Gebiete grau mit schwarzen Flecken. Auf ihre große Ähnlichkeit mit den Fleckenkalken des Lias wurde schon von mehreren Seiten hingewiesen. Die neocomen Fleckenkalke unterscheiden sich von den liassischen dadurch, daß ihre Verwitterungsfarbe hellblaugrau ist, während die Liasfleckenkalke lehmig gelb verwittern, ferner durch das häufige Auftreten der bekannten Rostflecken, die jenen fehlen.

Die ganze Folge der neocomen Kalke ist ausgezeichnet gebankt, meist geradezu plattig. Die weichen, blaugrauen Mergel treten in den Klammern auf, außerdem noch am Sattelberg. Ihre Ausbildung gleicht den bekannten neocomen Mergeln von Sebi. In den Klammern enthalten die Mergel, ebenso wie diejenigen von Sebi, Fucoiden, was ihnen eine täuschende Ähnlichkeit mit den Flyschmergeln verleiht.

Im Neocom sammelte ich:

*Aptychus Didayi* Coq.

*Belemnites minarct* RASP.

*Lytoceras quadrisulcatum* D'ORB.

Letzterer Fund war insofern glücklich, als es sich um ein Stück mit *Aptychus* handelt. Der Vergleich mit den in

der Münchener Staatssammlung befindlichen neocomen Aptychen ergab, daß unser *Aptychus* identisch ist mit *Apt. noricus* WINKL., der ein Leitfossil bildet für die mittlere und obere Valendisstufe (vgl. E. KAYSER, Lehrbuch der Geologie II, 5. Aufl. p. 520). Dieser für das Neocom wichtige *Aptychus* gehört also zu *Lytoceras quadrisulcatum* D'ORB., wahrscheinlich auch zu der sehr nahestehenden Form *Lyt. subfimbriatum* D'ORB., was, soweit ich ermitteln konnte, bisher unbekannt war.

SCHLOSSER (Geol. Notizen aus dem Innale, L.V. 9) gibt aus dem Neocom der Klammen an:

<i>Holcostephanus Astierianus</i> D'ORB.	<i>Haploceras Grasianum</i> D'ORB.
<i>Hoplites occitanicus</i> PICT.	<i>Phylloceras montruense</i> PICT.
— <i>Boissieri</i> PICT.	<i>Aptychus Didayi</i> COQU.
— cf. <i>cryptoceras</i> D'ORB.	— div. sp.
<i>Crioceras Duvalii</i> LES.	<i>Collyrites berriasiensis</i> LOB.
<i>Lytoceras quadrisulcatum</i> D'ORB.	<i>Terebratula euganeensis</i> PICT.

Die Funde beweisen, daß die Mergel der Klammen der Valendisstufe angehören.

Ferner zeigt sich, daß diese Mergel nicht nur ihrer petrographischen Ausbildung, sondern auch ihrer Fauna und ihrem Alter nach den Mergeln von Sebi gleichzusetzen sind.

Aus der Liste, die SCHLOSSER (Geol. Notizen aus dem Bayerischen Alpenvorlande und dem Innale, L.V. 9) nach v. SUTNER aus dem Neocom von Sebi mitteilt, seien folgende Versteinerungen aufgeführt, die sich auch in den Klammen fanden:

<i>Haploceras Grasianum</i> D'ORB.	<i>Hoplites Boissieri</i> PICT.
<i>Lytoceras quadrisulcatum</i> D'ORB.	— cf. <i>occitanicus</i> PICT.

Auf diese wichtige fazielle Übereinstimmung zwischen dem Neocom der Klammen, das nördlich des Wettersteinkalkzuges liegt, und dem so weit südlich davon befindlichen von Sebi werde ich noch im Abschnitt über den Aufbau zurückkommen.

Auf die Gestaltung der Oberfläche übt das Neocom keinen bemerkbaren Einfluß aus. Im Verbreitungsgebiet neocomer Ablagerungen ist der Untergrund meist feucht, Pflanzen gedeihen gut.

### Cenoman.

Das Cenoman ist auf zwei sichere Vorkommen beschränkt, in den Klammen und am Heuberg, wo es den Kern der Mulde bildet. Am Weg vom Duftbräu zur Spatenaualm finden sich einige Blöcke einer Breccie, die ganz aus dolomitischem Material besteht, und die vielleicht dem Cenoman zuzurechnen ist.

In den Klammen zeigen sich cenomane Sandsteine und Konglomerate schon ziemlich tief unten, jedoch handelt es sich nur um abgestürzte Blöcke. Erst in 960 m Höhe treffen wir das Cenoman anstehend in einem sehr steilen Wasserriß. Hier lagern zu unterst dunkelgraue Kalksandsteine, die etwas Glaukonit enthalten. Es wechseln mächtigere Bänke mit sehr dünnen Schichten. Darüber folgen Konglomeratsandsteine, darüber reine Konglomerate, deren Bestandteile zunächst mittlere Größe besitzen. Die Bestandteile der Konglomerate, die nun folgen, sind weit größer. So ragt ungefähr 50 m unter der Kammhöhe ein pfeilerartiger Block auf, dessen einzelne Bestandteile bis zu 10 cm Durchmesser haben.

Die Konglomeratsandsteine führen als Einschlüsse kleine gerundete Stückchen von reinem Quarz und von Hornstein.

Die Konglomerate, die sich z. T. durch bedeutende Härte und Verbandfestigkeit auszeichnen, haben folgende Zusammensetzung. Hauptgemengteil: reiner Quarz, stark abgerollt. Sonstige Gemengteile: Hornsteine, rot, schwarz, selten grünlich, stark abgerollt. Triaskalke in großen Stücken, meist eckig oder nur wenig abgerundet. Untergeordnet: Sericitschiefer; abgerollte Stücke eines Grünsteins, der indes so stark zersetzt ist, daß eine petrographische Bestimmung unmöglich erscheint. Auch eine Pulveranalyse lieferte kein Ergebnis.

Die Größe und eckige Beschaffenheit der Triaskalke weist darauf hin, daß diese Bestandteile keinen weiten Transport hinter sich haben.

Zur Frage nach der Herkunft der ortsfremden Bestandteile der Konglomerate wage ich keine Stellung zu nehmen. Dazu bieten uns die vorliegenden Gesteine zu wenig sichere Anhaltspunkte wegen der Unmöglichkeit einer genauen petrographischen Bestimmung, die allein einen Schluß auf die Herkunft gestatten würde. Immerhin ist es beachtenswert, daß die exotischen Gerölle, die in den Konglomeraten des Kampenwand- und des Laubenstein-

gebietes (vgl. BROILI: Kampenwand und Hochplatte, L.V. 2, und FINKELSTEIN: Der Laubenstein bei Hohen-Aschau, L.V. 3) eine gewisse Rolle spielen, im Cenoman des Heuberggebietes sehr stark zurücktreten. Es liegt die Vermutung nahe, daß hier andere Transportverhältnisse geherrscht haben und vielleicht auch ein anderer Herkunftsraum in Frage kommt.

Was endlich das Cenoman im Kern der Heubergmulde betrifft, so handelt es sich hier um einige wenige Blöcke eines dunkelgrauen Orbitolinenkalkes.

Die sehr steile Neigung der cenomanen Schichten in den Klammern (60° und mehr S-Fallen) machte ein planmäßiges Sammeln von Versteinerungen unmöglich. An den etwas leichter zugänglichen Stellen fanden sich keine Fossilien.

Die Bedingungen für die Erhaltung der cenomanen Ablagerungen lassen einen gewissen Vergleich mit denjenigen der Eiszeit zu. Als transgredierende Ablagerungen wurden beide ursprünglich in schon vorhandenen Hohlformen des Untergrundes am mächtigsten abgesetzt, beide sind an den Stellen, wo sie gegen Wegführung oder Abtragung gut geschützt waren, verhältnismäßig am besten bestehen geblieben.

#### Senon.

Ablagerungen der oberen Kreide finden sich nur an einer einzigen Stelle des Gebiets aufgeschlossen, nämlich an der Straße Rohrdorf—Langweid in dem Waldstück bei P. 454. Dieses Vorkommen ist von SCHLOSSER erstmals nachgewiesen worden (Geol. Notizen aus dem Bayerischen Alpenvorlande und dem Innale, L.V. 9).

Es sind dichte, lichtgraue bis blaßgrüne Kalkmergel mit deutlicher Schichtung, in denen SCHLOSSER (l. c. p. 6) *Inoceramus Cripsi* und *Ostrea subuncinella* fand. Gelegentlich eines gemeinsamen Besuches mit Herrn Prof. BROILI und den Herren Dr. SCHRÖDER und Dr. GISSER im Frühjahr 1921 wurden ebenfalls einige Inoceramen sowie einige Fossilien, deren Natur nicht sofort ersichtlich war, gesammelt.

Die Bestimmung ergab:

<i>Haplophragmium grande</i> REUSS	<i>Belemnitella mucronata</i> SCHLOTH.
<i>Ostrea curvirostris</i> NILSS.	Fischreste.
<i>Inoceramus Cripsi</i> MANTELL	

Gesteinsbeschaffenheit und Fossilinhalt zeigen daß wir Pattenauer Schichten in derselben Ausbildung wie am Stallauer Eck und bei Siegsdorf vor uns haben. Das ergibt sich vor allem aus dem Vergleich mit den zahlreichen Handstücken, die vom Pattenauer Stollen und vom Stallauer Eck in der Münchener Staatssammlung sich befinden, ferner aus der eingehenden Beschreibung von H. IMKELLER: Die Kreidebildungen und ihre Fauna am Stallauer Eck und Enzenauer Kopf (Programm zum Jahresbericht der städt. Handelsschule, München 1896).

CL. LEBLING stellt unser Vorkommen irrtümlich zu den oberen Nierentaler Schichten. (Ergebnisse neuerer Spezialforschungen in den deutschen Alpen. 2. Die Kreideschichten der Bayer. Voralpenzone. Geol. Rundschau. 3. Heft 7. p. 496. 1912.)

Wenn wir einen Vergleich mit der helvetischen Kreide ziehen wollen, so müssen wir die Pattenauer Schichten zu den oberen Amdener Schichten ARN. HEIM's stellen, die er in Leistmergel und Leibodenmergel stuft. (JOH. BÖHM und ARN. HEIM: Neue Untersuchungen über die Senonbildungen der östlichen Schweizeralpen. Abh. d. schweiz. paläont. Ges. 36. 1919.) Wenn wir noch genauer gliedern, so ergibt sich, daß die Pattenauer Schichten den unteren Leistmergeln — Campanien — entsprechen; denn nach ARN. HEIM (l. c. p. 15) umfassen die Leistmergel das Atrien (Campanien + Maastrichtien), ferner stellt er selbst seine Leistmergel auf eine Stufe mit den Gerhardtscruiter Schichten (l. c. p. 3, Anm. 2). Da nun die Pattenauer die Gerhardtscruiter unterlagern, so fasse ich sie als Äquivalente der unteren Leistmergel auf. Die den unteren Amdener Schichten zugehörigen Leibodenmergel sind nach ARN. HEIM (l. c. p. 15) bereits Emscher, also für eine Gleichsetzung mit den Pattenauern aus paläontologischen Gründen zu alt.

Die obere Kreide begleitet als ungefähr 150 m lange und 12 m hohe Wand die Straße. Auf der Höhe der Wand findet sich eine wellige Fläche, die zunächst mit Wald bestanden ist und im O in sumpfige Wiesen übergeht. Das anstehende Gestein tritt dort nirgends hervor.

## Flysch.

Der Flysch setzt als breite und geschlossene Masse an der Straße Nußdorf—Neubeuern auf und streicht in nordöstlicher Richtung, immer schmaler werdend, quer durch das Gebiet. Im westlichen Teil des Zuges, am Steinberg und Dandlberg, ist der Flysch überall gut aufgeschlossen, während sich im östlichen Teil so starke Moränenbedeckung einstellt, daß das Anstehende nur gelegentlich und in kleinen Aufschlüssen durchkommt. In dem auf der Karte angegebenen Graben auf der N-Seite des Sattelberges läßt sich das steile (60° S) Einfallen schwarzer Flyschkieselkalke unter Raibler Raubwacke beobachten. Dieser Anschluß ist der einzige im Gebiet, der die Beziehung des Flysches zur Trias unmittelbar zeigt.

Die Grenze gegen das Eozän ist nur im Raum Wieslering—Sachsenkam entblößt. Am klarsten liegen hier die Verhältnisse, wenn man von Wieslering nach Sachsenkam gehend den zweiten Graben, der die Straße kreuzt — er ist durch einen Brunnen gut gekennzeichnet — abwärts steigt. Dort grenzt Flyschsandstein an eozänen Nummulitensandstein („Haberkörnlstein“).

Ich folge der Einteilung des Flysches in eine Kieselkalkgruppe und eine Sandsteingruppe, wie sie BODEN vertritt (Geol. Beobachtungen am Nordrande des Tegernseer Flysches. Geognost. Jahresh. 33. Jahrg. München 1920; Tektonische Fragen im oberbayerischen Voralpengebiet, Centralbl. f. Min. etc. 1922. Nr. 12 u. 13), ohne indes mit dieser petrographischen Gruppierung eine zeitliche zu verbinden. Die Frage, welche der beiden Gruppen die ältere und welche die jüngere sei, bleibe hier unerörtert.

Die Kieselkalkgruppe zeigt sich als ein vielfacher Wechsel meist blaugrauer, auch braungrauer, weicher Kalkmergel, für die ein ausgezeichnet muscheliger Bruch und das ziemlich häufige Vorkommen von *Chondrites intricatus* BROGN. bezeichnend ist, und dunkelgrauen bis schwarzen Kieselkalken. Die Kieselkalke haben eine starke Ähnlichkeit mit Liaskieselkalken. Den Kieselkalken zwischengelagert sind Kalksandsteine, denen aber, wie auch BODEN hervorhebt (Geol. Beob. am Nordrande des Tegernseer Flysches, p. 18. Anm. 2), der helle Glimmer fast völlig fehlt. Besonders hervorzuheben ist die Einlagerung eines Fleckenmergels, der an der Straße Nußdorf—Neubeuern in geringer Mächtigkeit

aufgeschlossen ist. Dort läßt sich auch ein 10 cm mächtiges Band eines grünlichen Lehms feststellen, der sich mit der Hand kneten läßt.

Sämtliche Gesteine der Kieselkalkgruppe sind ausgezeichnet geschichtet; sie wechsellagern miteinander in eintöniger Reihenfolge. Im westlichen Teil des Flyschzuges, am Steinberg und Dandlberg, sind sie gut und häufig aufgeschlossen. SCHLOSSER (Geol. Not. aus dem Bayer. Alpenvorl. und dem Inn-tale, p. 8, L.V. 9) fand seinerzeit im Flysch bei Pöbnach an der Straße Nußdorf—Neubeuern einen *Inoceramus*. Ferner hatte Herr Hauptlehrer F. KRIEGLSTEINER, München, die Freundlichkeit, mir zwei *Inoceramen* zur Verfügung zu stellen, die er ebenfalls an der Straße Nußdorf—Neubeuern fand. Die Funde beweisen das cretaceische Alter der Flyschkieselkalkgruppe.

Im östlichen Teile des Zuges stellen sich dann die Sandsteine ein. Bei der starken Ueberwachsung ist es nicht möglich, ihre Verbreitung genau zu umgrenzen. Die Vertreter der Sandsteingruppe zeichnen sich durch hohen Gehalt an hellem Glimmer aus, der sie von den Kalksandsteinen der Kieselkalkgruppe deutlich unterscheidet. Jedoch enthalten auch sie Kalk und brausen mit Salzsäure erkennbar. Innerhalb der Sandsteingruppe kommen, allerdings sehr untergeordnet, Konglomerate vor, die sich überwiegend aus reinem Quarz und Hornsteinen zusammensetzen, während sie nur spärlich Kalkgerölle führen.

Der Flysch ist außerordentlich arm an Versteinerungen; verhältnismäßig am häufigsten sind die Chondriten, während Funde wie die oben erwähnten *Inoceramen* zu den großen Seltenheiten zählen. Im Mergel auf der N-Seite des Dandlberges sammelte ich ein Stück, das auf den Schichtflächen wurmförmliche Abdrücke zeigt. Solche Abdrücke sind als *Helminthoida*, *Helminthoichnithes* usw. beschrieben worden. BROILI deutet sie als Kriechspuren (Grundzüge der Paläontologie von KARL A. v. ZITTEL, neubearbeitet von F. BROILI, I. Abt. 5. Aufl. 1921, Verlag R. Oldenbourg, München). Diese Deutung erfährt durch unseren Fund eine gewichtige Stütze. Die Rinnen dieser Kriechspuren müssen auf der Unterseite einer darüberlagernden Schicht, also im negativen Abdruck, als Leisten hervortreten. Unser Stück zeigt nun sowohl die Kriechspuren als Rinnen auf der Schichtoberseite als auch die negativen

Abdrücke als Leisten auf der Schichtunterseite in deutlichster Ausbildung.

Als eine Kette mäßig geböschter Vorberge, deren höchster der Dandlberg (909 m) ist, zieht sich der Flysch am N-Rand der triasischen Kalkalpen hin. Die sanften Formen der Flyschberge stehen in einem augenfälligen Gegensatz zu den unruhigen und steileren Bergen im S. Der Flysch zeichnet sich durch großen Wasserreichtum aus. Er liefert ausgezeichnete Bedingungen für den Baumwuchs, weshalb der Wald am N-Hang des Stein- und Dandlberges der schönste und schwerste im ganzen Gebiete ist. Die Wiesen hingegen sind infolge des allzu großen Wasserreichtums meist sumpfig. Es ist daher kein Zufall, daß erst im O, wo der Moränenschleier immer dichter wird, bis er schließlich den Flysch ganz überdeckt, Wiesen und Felder sich über größere Strecken hin ausbreiten.

Im Jahre 1919 hat auf der N-Seite des Dandlbergs ein Berg-rutsch stattgefunden. Sandsteine und Kieselkalle sind dort auf den weichen Mergeln abgeglitten. Man hat nicht den Eindruck, als ob die ganze Bewegung schon endgültig zum Stillstand gekommen wäre. „Der Berg ist flüssig,“ sagen die Bauern. Nur der Wald setzt den Rutschungen einigermäßen Widerstand entgegen. Sollten eines Tages Unklugheit oder schlechte wirtschaftliche Verhältnisse dazu führen, dort den Wald in größerem Umfange abzutreiben, so wären die Folgen nicht abzusehen.

#### Eocän.

Das Eocän treffen wir aufgeschlossen am bekannten Neubeurer Schloßberg, beim Straßenkreuz nördlich Altenbeuern, auf der Höhe nördlich Althaus, auf Höhe 568 nördlich Freibichl, am Fadenberg und Kirchberg.

Eine lückenlose Gliederung des Eocäns auf Grund der Lagerungsverhältnisse läßt sich in unserem Gebiet nicht durchführen, und so kann die zeitliche Aufeinanderfolge der Schichten nur durch Vergleich des Fossilinhaltes mit dem der gut bekannten und gegliederten Kressenberger Schichten entziffert werden, wie das SCHLOSSER (Das Eocän und Unterligocän der Bayer. Alpen. Centralbl. f. Min. etc. 1922, L.V. 9) vermöge seiner eingehenden Kenntnis der eocänen Fauna hat bewerkstelligen können. Wenn wir nun an Hand der dadurch

gesicherten Altersfolge eine petrographische Einteilung machen wollen, so können wir in unserem Gebiet zwei Gruppen unterscheiden, nämlich

eine jüngere Kalk-Mergelgruppe (Typus: Stockletten und Lithothamnienkalk),

eine ältere Sandsteingruppe (Typus: Nummuliten-sandstein).

Die Gesteine der Sandsteingruppe sind aufgeschlossen am Neubeurer Schloßberg und dem Höhenzuge nördlich Althaus.

Am Neubeurer Schloßberg haben wir von S nach N diese Gesteinsfolge:

Nummulitensandstein, der bekannte „Haberkörndlstein“, ein massiger Quarzsandstein mit massenhaften Nummuliten. Seine Verwitterungsfarbe ist ein lebhaftes Braunrot. Der Nummuliten-sandstein ist das mächtigste und am besten aufgeschlossene Glied der Gruppe.

Feinkörniger Quarzit, nicht brausend, mit Resten von Brachiopoden.

Nummulitensandstein.

Grünlicher, feinkörniger Sandstein.

Nummulitensandstein.

Nördlich Althaus findet sich eine Terebratelbank, ohne daß sich feststellen läßt, ob sie den Nummulitensandstein („Haberkörndlstein“) unterlagert oder ihm eingeschaltet ist; sie ist erfüllt mit *Terebratula Hilarionis* MEN.

In der Sandsteingruppe fand sich an Versteinerungen:

Nummuliten	<i>Schizaster Archiaci</i> CORR.
<i>Conoglypeus conoideus</i> GOLDE.	<i>Macropneustes</i> cf. <i>Desovi</i> MER.
— <i>subcylindricus</i> MSTR.	<i>Cyphosoma cribrum</i> AG.
<i>Pygorhynchus carinatus</i> SCHAEH.	<i>Terebratula Hilarionis</i> MEN.
<i>Echinanthus</i> cf. <i>Cuvieri</i> AG.	<i>Pecten scutulatus</i> SCHAEH.

Der Höhenzug nördlich Althaus lieferte die meisten Fossilien.

Aus dem Nummulitensandstein wurden früher Mühlsteine gefertigt, wie ein ziemlich bedeutender Bruch östlich Altenbeuern zeigt.

In der Kalk-Mergelgruppe läßt sich unterscheiden: der Assilinenkalk, der Komplex des Lithothamnienkalkes und der Stockletten.

Das einzige Vorkommen von Assilinenkalk befindet sich an der Straße Rohrdorf—Langweid, südlich von den Plattenauer-

schichten. Er ist lichtgrau, gut gebankt und enthält in großer Zahl Assilinen.

Der Komplex des Lithothamnienkalkes verbreitet sich über Kirchberg und Fadenberg. Ich habe die Bezeichnung „Komplex des Lithothamnienkalkes“ gewählt, weil drei Ausbildungsarten zu unterscheiden sind, die aber durch allmählichen petrographischen Übergang innig miteinander verknüpft sind. Der Komplex des Lithothamnienkalkes stuft sich in:

- dichten, feinkörnigen Lithothamnienkalk,
- Lithothamnienkalk im engsten Sinn („Granitmarmor“),
- Kalksandstein.

Der graue Kalksandstein, der wenig mächtig ist und mit Salzsäure gut braust, geht nach oben unter Zurücktreten des Quarzgehaltes allmählich über in den Lithothamnienkalk im engsten Sinn. Dieser ist das weitaus mächtigste und wichtigste Glied des Komplexes. Er ist ein gut gebanktes, hellblaugraues, mildes Gestein, das fast ganz aus Lithothamnien besteht, die in ein toniges Bindemittel eingebettet sind. Das Gefüge des Gesteins erinnert etwas an Granit — die Lithothamnien haben bei flüchtigem Zusehen eine gewisse Ähnlichkeit mit Feldspat — weshalb das Gestein in der Industrie „Granitmarmor“ genannt wird. Indes ist diese Bezeichnung unsinnig und irreführend und kann daher für wissenschaftliche Zwecke nicht gebraucht werden. Der Lithothamnienkalk wird in großen, seit langer Zeit schon betriebenen Brüchen am Fadenberg und Kirchberg abgebaut und bildet ein geschätztes Material für Grabdenkmäler, Meilensteine u. dgl.

Nach oben werden die Algen kleiner (man kann sie in der Gesteinsmasse z. T. nur mehr mit der Lupe unterscheiden) und nehmen an Zahl ab. Hingegen läßt sich eine Anreicherung an Quarz feststellen. Das Gestein wird dichter im Gefüge: wir haben das oberste Glied des Komplexes, den feinkörnigen Lithothamnienkalk.

In den drei großen Brüchen, die am Fadenberg in nord-südlicher Richtung hintereinander liegen, zeigt sich der Komplex des Lithothamnienkalkes ausgebildet.

Der Stockletten hat zwei Verbreitungsgebiete, die durch den Zug der Sandsteingruppe getrennt sind. Im S des Zuges der

Sandsteingruppe steht er an südlich des Neubeurer Schloßberges, auf Höhe 568 nördlich Freibühl und im Bachbett südwestlich Althaus; im N der Sandsteingruppe an der Straße Rohrdorf—Langweid, wo er den Assilinenkalk überlagert, ferner am Kirchberg und Fadenberg. Er ist ein hellgrauer bis ockergelber, sehr weicher Mergel mit ziemlich hohem Kalkgehalt; heller Glimmer ist in geringen Mengen fein verteilt. Die Schichtung des Gesteins ist sehr gut. Bei der Verwitterung zerfällt es in kleine, eckige Stückchen. Gewöhnlich treten Rostflecken auf.

Beachtenswert ist, daß von den Gliedern der Kalk-Mergelgruppe nur der Stockletten auch südlich der Sandsteingruppe ansteht.

Im Bach am S-Fuß des Kirchberges findet sich ein dunkelgrauer, glimmerreicher, stark angerosteter Sandstein, der sehr weich ist und zu schwärzlichem Sand zerfällt. Wie er in bezug auf den weiter bachaufwärts anstehenden Stockletten gelagert ist, läßt sich nicht erkennen.

An Versteinerungen fanden sich in der Kalk-Mergelgruppe:

1. Im Assilinenkalk: *Assilina exponens* Sow., *Ass. mammillaris* D'ORB., *Ass. millecaput* D'ORB.
2. Im Lithothamnienkalk: Lithothamnien, Nummuliten; nur im Dünnschliff sichtbar; andere Foraminiferen (z. T. *Orbitoides*), Bryozoen, Crinoidenstielglieder, Seeigeltafeln.
3. Im Stockletten: Globigerinen.

Der Stockletten am Kirchberg und Fadenberg, der zusammen mit dem Lithothamnienkalk vorkommt, unterscheidet sich von dem übrigen aufgeschlossenen Stockletten durch starkes Zurücktreten und schlechten Erhaltungszustand der Foraminiferen.

Der Fossilinhalt zeigt, daß wir im Gebiet mittleres Eocän — Lutétien — haben (vgl. SCHLOSSER, L.V. 9 und EM. KAYSER, Lehrbuch der Geologie II. V. Aufl. p. 620).

Die Schichten des Eocäns heben sich als vereinzelte, sanft geschwungene Höhen heraus. Zwischen den Höhen flache Talmulden: eine liebliche, freundliche Gegend, die in nichts mehr an die Alpen erinnert. Für Ackerbau und Waldwirtschaft gewährt das Eocän gleich günstige Vorbedingungen.

**Diluvium.**

Da wir uns im Gebiet des großen Inngletschers und seiner Nebenarme befinden, so sind Ablagerungen der Eiszeit im ganzen Gebiete verbreitet. Die Wirkungen der Eiszeit sind so hervorstechende und haben so stark auf das heutige Bild der Landschaft eingewirkt, daß ich sie zusammenhängend im Abschnitt „Oberflächengestaltung“ besprechen will.

Dasselbe gilt vom

**Alluvium.**

Auch dieses ist weniger wichtig durch seine Schotterablagerungen als vielmehr durch die Art, wie es im Gesicht der heutigen Landschaft hervortritt. Bergstürze, Berggrutsche, Terrassenbildungen, frühere Wasserbedeckung: all dieses sei ebenfalls dem Abschnitt „Oberflächengestaltung“ vorbehalten.

Lediglich nacheiszeitliche Süßwasserablagerungen erfordern naturgemäß eine Behandlung im stratigraphisch-paläontologischen Teil. Im Bett der Törwanger Achen, oberhalb des Steges bei P. 596 und unterhalb des Steges nordwestlich „G“ von „Gern-Mühle“ steht ein wohlgebankter, sehr weicher Tonmergel an. Außen ist er grüngrau mit Rostflecken, innen grau. Er ist erfüllt mit Resten von kleinen Muschelkrebse, die starke Ähnlichkeit mit *Cytheridea* Boqu. haben, und von Schnecken (*Planorbis* sp.).

Nach freundlicher Mitteilung von Herrn Dr. K. TROLL finden sich in der NO-Ecke des Gebietes, im Raume zwischen dem Kirchberg und der Rohrdorfer Achen, postglaziale Sande und Tone, die als Ablagerungen des Rosenheimer Sees anzusehen sind (s. auch L.V. 10).

**III. Der Aufbau.**

Zunächst seien die einzelnen natürlichen Gruppen, wie sie von S nach N aufeinanderfolgen, beschrieben und dann die allgemeinen Gesichtspunkte zusammengefaßt, die sich für das gesamte Gebiet ableiten lassen.

**Der Sattel des Kleinberges.**

Der Kleinberg südöstlich Erl bildet einen Sattel, dessen First aus oberrhätischen Kalken besteht. Infolge der tiefen Erosion

im Unterlauf des Trockenbaches ist der S-Flügel des Sattels im W angeschnitten, so daß dort der unter dem Rhät und Plattenkalk liegende Hauptdolomit zum Vorschein kommt. Dieser Hauptdolomit wird von einer Querstörung durchsetzt, die zur Bildung der Steilwand des Trockenbachwasserfalles mit beigetragen hat. Im östlichen Teil des Kleinbergsattels ist die im S anschließende Mulde durch das Auftreten von rotem Lias angedeutet.

Eine enge Mulde im Plattenkalk — die Kössener sind bis auf einen kleinen Rest ausgequetscht — leitet über zum

**Sattel der Kranzhorn-Basterkopfguppe.**

Kranzhorn und Basterkopf bilden einen ost-westlich streichenden sattelförmigen Zug, der vorwiegend aus Hauptdolomit besteht. Der S-Flügel dieses Sattels ist mehrfach in sich gefaltet, der Erl-Kienberg stellt die bedeutendste, sekundäre Aufwölbung dar. Am S-Abhang des Kranzhorns und des Basterkopfes sind Plattenkalke eingeschaltet. Daß die Plattenkalke des Kranzhorns von denen des Basterkopfes durch ein ziemlich breites, von Eis und Wasser herausgearbeitetes Tal getrennt sind, wurde bei Beschreibung der Plattenkalke schon gesagt. Ein Blick auf die Karte läßt ihre ursprüngliche Zusammengehörigkeit erkennen.

An den N-Flügel des Kranzhorn-Basterkopfsattels schließt eine nicht im einzelnen deutbare Hauptdolomitzone an. Drei Dinge lassen sich jedoch bestimmt feststellen

1. ist diese Hauptdolomitzone in sich gefaltet. Besonders der Weg auf das Kranzhorn belehrt hierüber. Man beobachtet dort einen mehrmaligen Wechsel in der Fallrichtung — unten S-Fallen, unterhalb der Spadaalm N-Fallen, über der Spadaalm S-Fallen, so daß wahrscheinlich im Hauptdolomit auf den Kranzhornsattel eine Mulde und darauf wieder ein Sattel folgt. Da wir es mit einem einheitlichen Gesteinskomplex, dem Hauptdolomit, zu tun haben, so sind die Einzelheiten der Faltung wohl kaum restlos zu entziffern, vielmehr möchte ich den Nachdruck auf die Tatsache legen, daß überhaupt der Hauptdolomit des N-Hanges der Kranzhorn-Basterkopfguppe in sich gefaltet ist.

2. Sind die Falten dieser Zone nach N überkippt.

3. Grenzt der Hauptdolomit dieser Zone mit Störung an die im N anschließende Mulde (vgl. Profil I). Im Euzenauergraben fallen die Kössener süd-

lich des Niedersberges unter den Hauptdolomit ein und ebenso sehen wir, daß die Plattenkalke über dem Gänsgraben nach S unter den Hauptdolomit einfallen.

Die oben erwähnte Mulde bietet kein ganz einfaches Bild. Bereits im Euzenauergraben südlich des Niedersberges läßt sie sich feststellen und ist bereits dort nach N überkippt. Die Kössener, die den Muldenkern bilden, zeigen dort prächtig aufgeschlossen eine verwickelte Sonderfaltung (im Euzenauergraben oberhalb der Schneidsäge an der Straße Windshausen—Mühlhausen). Dieser westlichste Teil der Mulde ist gegenüber dem östlichen nach N verschoben. Östlich dieses Teiles, im Raume südlich von Mühlhausen, fehlen eine Strecke weit die jüngeren Schichten, es steht nur Hauptdolomit an. Das hat zwei Gründe: einmal haben die Querstörungen, die hier durchsetzen, den natürlichen Zusammenhang gelockert, zum zweiten ist das Gelände dort ziemlich steil, so daß der durch die Störungen herausgerissene Teil, insbesondere die weichen Kössener, der Abtragung zum Opfer fiel.

Im O-Abchnitt der Mulde bildet oberes Rhät den Kern. Auch hier zeigt sich Überkipfung nach N, und je weiter man nach O kommt, desto stärkere Druckwirkung. Daher sind die Kössener des S-Flügels, die im Gänsgraben sehr gut ausgebildet sind, weiter im O ausgequetscht, so daß oberes Rhät und Plattenkalk aneinandergrenzen. Mit dieser verstärkten Druckwirkung im O dürfte auch das örtliche Mächtigerwerden des Plattenkalkes nördlich des Basterkopfes zusammenhängen. Wahrscheinlich liegt hier eine Verschuppung vor, die aber innerhalb desselben Formationsgliedens nur schwer nachzuweisen ist.

Auf diese Mulde folgt im N ein Sattel, der aus Hauptdolomit und streckenweise darüber gelagertem Plattenkalk besteht. Im W unterhalb Buchberg, im O bei der Euzenaueralm taucht der Hauptdolomit unter dem Plattenkalk hervor. Dieser Sattel, der im W am Niedersberg ziemlich flach ist, verengt sich in seinem östlichen Streichen mehr und mehr und erscheint bei der Euzenaueralm, ebenso wie die südliche Mulde, nach N überkippt. Er wird ebenfalls von den schon angeführten Querstörungen durchpflügt, die den Einbruch des Mühlhausener Grabens, wie ich ihn nennen will, veranlaßt haben. Eine weitere Querstörung zieht

den W-Rand des Niedersberges entlang, so daß dieser als Horst aus einem Senkungsgebiet herausragt.

Der eben besprochene Sattel leitet über zur

#### Heuberg-Feichteckmulde.

Von W her betrachtet zeigt sich am Heuberg die Mulde mit der Klarheit eines Schulbeispiels; schon vom Tale aus ist ihr Aufbau zu erkennen. Dennoch ist diese Klarheit nur eine örtlich beschränkte und gerade die Heuberg-Feichteckmulde ist in ihrem Aufbau so verwickelt, daß es notwendig ist, sie in allen Einzelheiten genau zu zergliedern und zu beschreiben.

Der N-Flügel der Mulde zeigt, daß sie die ältesten im Gebiete aufgeschlossenen Schichtglieder enthält, nämlich Muschelkalk und Wettersteinkalk. Im S-Flügel tauchen sie nicht wieder hervor. Aus folgendem Grunde geschieht dies nicht: es zeigt sich, daß die Mulde nicht regelmäßig gebaut ist; ihr S-Flügel liegt viel flacher als ihr N-Flügel. Man kann diese Verhältnisse schon vom Inntale aus durch bloße Betrachtung sich klarmachen. Wenn man, was am sinnfälligsten ist, den Rhätkalkzug mit den Augen verfolgt, so fällt das außerordentlich steile S-Fallen des N-Flügels — besonders ausgeprägt an der Wasserwand und am Backofenweiberl — auf, während der S-Flügel sich ziemlich flach über den Buchberger Gehöften hinzieht.

Zunächst werden nun die Querstörungen und dann die Längsstörungen behandelt, welche die Heuberg-Feichteckmulde betreffen haben.

Im W setzt eine bedeutende Querstörung durch; sie hat den Riedlberg zum Absinken gebracht, ohne indes das Bild der Mulde zu verwirren. Auf der Karte scheint es, als ob durch diese Störung im N des Riedlberges, im Muschelkalk, eine Blattverschiebung eingetreten sei. Das ist jedoch nicht der Fall. Es handelt sich nur um eine schwache Beugung im Streichen des Muschelkalk- und Wettersteinkalkzuges, die beim Vorgang der Überschiebung durch verschieden große Widerstände im N entstanden ist. Bei der geringen N—S-Ausdehnung des Riedlberges müßte sich eine Blattverschiebung durch die ganze abgesunkene Scholle erstrecken, d. h. sie müßte sich im

Hauptdolomit- und Rhätzuge ebenfalls zeigen, was aber, wie die Karte lehrt, durchaus nicht der Fall ist.

Östlich des Heuberges scheint nun die Mulde durch das Senkungsgebiet des Gammernwaldes in ihrem Streichen auf 1 km unterbrochen. In diesem Senkungsgebiet fehlen alle Ablagerungen, die jünger sind als die Trias, wir finden nur Hauptdolomit und Rhät.

Selbst wenn man den abtragenden Kräften eine außerordentlich starke Wirkung zuschreibt, so ist es doch geradezu unmöglich, daß zwei so mächtige Schichtglieder wie Lias und Dogger spurlos entfernt werden konnten, falls sie wirklich mit abgesunken sind. Daß das Eis auf 1 km Breite ein Schichtpaket wegführen konnte, das mindestens 400 m mächtig war und vorwiegend aus den harten kiesigen Gesteinen des Lias und Doggers sich zusammensetzte, ist nicht anzunehmen. Ganz abgesehen davon, daß die Anschauungen der Forscher über den Grad der Erosionsfähigkeit des Eises sehr geteilt sind, so strömte hier ein Seitenarm des Inngletschers durch, dessen Stoßkraft an sich schon geringer war als die des Hauptgletschers. Auch fehlen alle Spuren einer solch gewaltigen Tätigkeit des Eises. Aber auch die ausräumende Kraft des Wassers kommt hier nicht in Betracht. Es müßte ein riesenhafter Strom gewesen sein, der auf solche Breite so mächtige Schichten hätte ausnagen können. Solch ein Strom war bei der Gestaltung des Geländes unmöglich. 1 km südlich der Senke des Gammernwaldes erhebt sich bereits der Basterkopf. Wo hätte also der Strom herkommen sollen, wo hätte er sein Ursprungsgebiet gehabt?

Es ist daher wahrscheinlich, daß die nachtriassischen Ablagerungen bei der Absenkung überhaupt nicht mehr da waren, daß sie schon vorher weggeführt waren. Das konnte nur geschehen, wenn eine bedeutende Aufwölbung der Streichachse — ein Streichsattel<sup>1</sup> — vorhanden war. Die Aufwölbung war natürlich

<sup>1</sup> An Stelle der von ALB. HEIM (Geologie der Schweiz, II. p. 872; Chr. H. Tauchnitz, Leipzig 1921) gebrauchten Bezeichnungen Axenkulmination und Axen-Depression möchte ich die unzwei-

der Denudation am meisten ausgesetzt und zu der Zeit, als die Senkung eintrat, ungefähr bis zur Höhe ihrer Umgebung abgetragen.

Weshalb gerade die Scholle des Gammernwaldes in die Tiefe sank, bringe ich in Zusammenhang mit der Tatsache, daß das ursprünglich ostwestliche Streichen in ein nordöstliches übergeht. Die Änderung der Streichrichtung setzt verschieden starke Widerstände im N voraus. Hierüber wird später noch gesprochen werden. Das Senkungsgebiet bildet den Angelpunkt der Drehung. Die Auflockerung, die diese Zone bei der Drehung erfuhr, hat die Vorbedingung für die Senkung, die übrigens kein großes Ausmaß erreicht, geschaffen. Wahrscheinlich ist es kein Zufall, daß nördlich des Senkungsgebietes das Becken des ehemaligen Törwanger Sees (s. Abschnitt „Oberflächengestaltung“) sich befindet. Wenn sich auch die Störungslinien nicht durchverfolgen lassen, so ist es doch naheliegend, daß ein Zusammenhang zwischen dem Senkungsgebiet des Gammernwaldes und dem Becken des einstigen Törwanger Sees besteht.

Die Heuberg-Feichteeckmulde setzt jenseits der Senke des Gammernwaldes mit nunmehr veränderter Streichrichtung, aber in derselben Zusammensetzung wie am Heuberg (nur die jüngsten, sehr gering mächtigen Kreidenschichten sind abgetragen) wieder auf. In diesem Abschnitt findet sich eine Horizontalverschiebung, wobei der Dogger des Feichteecks gegen den Dogger des Karkopfes nach NW verschoben ist.

An der Grenze des Aufnahmegebietes schneidet die Mulde mit Störung gegen den Hauptdolomit des Hochries ab. Es handelt sich hier um eine Blattverschiebung in größerem Ausmaß. Der außerordentlich mächtige Hauptdolomit des Hochries hat dem von S her wirkenden Druck einen solchen Widerstand entgegengesetzt, daß alle jüngeren Schichten gegenüber denen der Feichteeck-Karkopfgruppe südöstlich zurückgeblieben sind. Daher finden wir auch, daß an der

deutigen und anschaulichen Benennungen Streichsattel und Streichmulde vorschlagen. Die ältere Bezeichnung Axialgefälle ist ganz nichtssagend. Im übrigen scheint mir, daß die Bedeutung der Streichsattel und Streichmulden für den Bau der bayerischen Alpen bisher nicht genug gewürdigt worden ist. Ich denke dabei besonders an den Wetterstein.

Störungslinie die Schichten des weiter nach NW vorgeschobenen Teiles (Feichteck-Karkopfgruppe) zurückgebogen, geschleppt sind. Besonders deutlich kommt das im Rhätzuge zum Ausdruck.

Was nun die Längsstörungen betrifft, so finden wir im westlichen Abschnitt der Mulde, am Heuberg, deren zwei: die eine an der Grenze Hauptdolomit—Rhät, die andere an der Grenze Wettersteinkalk—Raibler Schichten.

Im Verlaufe der einen Störung fehlen die Kössener Schichten und oberrhätische Kalke überlagern den Hauptdolomit, im Verlaufe der anderen sind die Raibler auf ziemliche Strecken hin unterdrückt und der Wettersteinkalk stößt unmittelbar an den Hauptdolomit. Im östlichen Abschnitt der Mulde sind sowohl Kössener wie Raibler erhalten geblieben. Die Störungen im westlichen Abschnitt sind darin begründet, daß ein von S her wirkender Druck wegen der vorgelagerten Massen des Kogels und Sattelberges starken Widerstand fand und daher die weichen, wenig mächtigen Kössener ganz und die ebenfalls gering mächtigen Raibler z. T. ausquetschte. Dieser starke Widerstand im N ist auch der Grund, weshalb sich im westlichen Abschnitt die Streichrichtung nicht drehen konnte. Im östlichen Abschnitt — bis zur Querstörung zwischen Karkopf und Hochries — war der Widerstand im N nicht so groß, die Mulde gab dem Drucke nach, d. h. sie drehte sich im Streichen und die Folge dieses Nachgebens war, daß keine Ausquetschungen erfolgten.

Nordöstlich der Querstörung zwischen Karkopf und Hochries treffen wir auf zwei Schuppen: einmal sind die Raibler in sich geschuppt, ferner steckt eine Schuppe von Raiblern im Wettersteinkalk. Die Schuppe innerhalb der Raibler läßt sich am klarsten nordöstlich der Spatenaualm beobachten; sie hat keine große Längenerstreckung und keilt unterhalb der Wimmeralm aus. Die Raiblerschuppe im Wettersteinkalk keilt unterhalb der Ebersbergeralm aus.

Das Auftreten von Schuppung nordöstlich der Querstörung Karkopf-Hochries zeigt, daß hier andere Bedingungen gegenüber dem von S angreifenden Druck vorgelegen haben als in den übrigen Teilen der Mulde. Diese anderen Bedingungen kommen noch in zwei weiteren Tatsachen zum Ausdruck: in der außerordentlichen

Mächtigkeit des Hauptdolomits des Hochries und in der Querstörung zwischen Karkopf und Hochries.

So läßt sich die Heuberg-Feichteckmulde in vier Abschnitte gliedern:

1. westlicher Abschnitt, der Heuberg selbst; ausgezeichnet durch zwei Längsstörungen als Folge starken Widerstandes im N;

2. das Senkungsgebiet des Gammernwaldes; Drehpunkt der Streichrichtung;

3. Abschnitt der Feichteck-Karkopfgruppe; veränderte Streichrichtung als Folge des Nachgebens auf S-Druck, daher keine Ausquetschungen wie am Heuberg;

4. Abschnitt jenseits, d. i. nordnordöstlich der Querstörung zwischen Karkopf und Hochries, ausgezeichnet durch Schuppung.

Die Heuberg-Feichteckmulde ist nun mit ihren ältesten Schichtgliedern, Muschelkalk und Wettersteinkalk, hinaufgeschoben auf viel jüngere Kreideschichten. Sie liegt über der nördlich anschließenden

#### Schuppungszone.

Am Heuberg sehen wir etwa 30 m über der Straße Nußdorf—Windshausen rötliche, faserige Tithon- bzw. Neocomkalke unter den Muschelkalkeinfällen und oben in den Klammern fallen neocomme Fleckenkalke mit 60° südlich unter den Muschelkalkein. Weit im NO, nördlich der Mooseralm, liegen neocomme Fleckenkalke unter dem Wettersteindolomit.

Die Schuppungszone ist ein gleichsinnig S-fallendes Schichtpaket, dessen jüngstes Glied Neocom (nur in den Klammern ein Fetzen Cenoman), dessen ältestes Hauptdolomit ist. Darunter liegt eine zweite, ebenfalls gleichsinnig S-fallende Schuppe von der Folge Lias (nur ein Fetzen; s. Profil I), Rhät, Hauptdolomit. Vom Kogel nach NO entzieht sich die Schuppungszone auf eine weitere Strecke hin der Beobachtung, tritt aber nördlich der Mooseralm und am Seebichl wieder zutage mit dem Unterschied, daß die Mächtigkeit des Hauptdolomits der oberen Schuppe dort bedeutend abgenommen hat. Die ganze Folge der unteren Schuppe ist nur am Kogel zu sehen, während im NO unter dem Hauptdolomit

der oberen Schuppe lediglich das Rhät der unteren Schuppe nachgewiesen werden konnte (vgl. Profil I und III).

Sehr beachtenswert ist, daß die Schuppungszone im Gebiete der Kampenwand ebenfalls auftritt. Karte und Profile zu BROMM's Arbeit über die Kampenwand (L. V. 2) lassen sie deutlich erkennen.

Während nun im O des Gebietes weitere tektonische Beziehungen verhüllt sind, sehen wir am Kogel, daß die untere Schuppe dem S-Flügel eines Sattels zugehört, der überleitet zum Aufbau des Sattelberges. Der N-Flügel dieses Sattels, der den südlichen Teil des Sattelberges bildet, ist an zwei Längsverwerfungen abgesunken. Die südliche Längsstörung hat den Sattelfirst betroffen und entspricht dem jetzigen Steinbachtal. Die Raibler Rauhwacken, die das S-Ufer des Steinbaches begleiten, ragen in dieselbe Höhe auf, in der nördlich des Steinbaches, am Sattelberg, der diesem Sattel zugehörige Lias liegt, während am N-Ufer des Steinbaches die Rauhwacken nur wenige Meter mächtig sind. Daraus, daß die tiefsten Raibler Schichten, die Mergelschiefer, im Steinbachtal gegen O immer mehr empor tauchen, läßt sich auf eine Hebung der Sattelachse nach O schließen.

An diesen Sattel schließt sich mit Störung (Lias stößt an Hauptdolomit) eine ziemlich regelmäßig gebaute Mulde.

Im O-Teile des Sattelberges endlich finden wir eine sehr wichtige Störungszone. Es handelt sich um einen Einbruch jüngerer Schichten, und zwar gerade der Schichten, die auch im Schichtpaket des Kogels in den Klammern vorkommen: nämlich Dogger in Fleckenmergel-fazies, rote und weiße Aptychenschichten und Neocom. Diese Einbruchszone beweist also, daß diese Schichten infolge des Schuppungsvorganges und infolge ihrer geringeren Widerstandsfähigkeit bis auf diesen kleinen, eingebrochenen Rest nördlich der Klammerteile tektonisch unterdrückt, teils abgetragen worden sind.

#### Die Nordzone.

Vom Flysch wurde schon erwähnt, daß er steil unter die Raibler Rauhwacke am Sattelberge einfällt.

Über seine Beziehung zum Eocän läßt sich im Gebiete nichts Bestimmtes aussagen. An der Straße Nußdorf—Neubeuern, deren Aufschlüsse die besten Anhaltspunkte für die Lagerung des Flysches geben, fand sich nur ein einziger Ausstrich eines Sattels nördlich Zain. Sonst treffen wir ständig gleichmäßiges S-Fallen. Die Gleichsinnigkeit der Fallrichtung und die sich ständig wiederholende Folge derselben Schichten legt die Vermutung nahe, daß der Flysch in nach N überkippte, enge, isoklinale Falten gelegt ist.

Was nun das Eocän anlangt, so gibt unser Gebiet wenig Anhaltspunkte für seinen Bau. Am Neubeurer Schloßberg läßt sich eine sattelförmige Aufwölbung feststellen. Einigen Einblick gewähren die drei in nordsüdlicher Richtung hintereinander liegenden Steinbrüche am Fadenberg. Wir haben dort folgende Lagerung:

Nördl., größter Bruch:	Mittl. Bruch:	Südl. Bruch:	
Stockletten	Stockletten	Stockletten	S-Fallen
Lithothamnienkalk	Lithothamnienk.	Lithothamnienk.	
Kalksandstein	Kalksandstein	Kalksandstein	S-Fallen
Stockletten, geschiefert			
Stockletten, ungeschiefert			

Beim nördlichen Bruch wird durch die Druck-schieferung des unmittelbar unter dem Kalksandstein liegenden Stocklettens die tektonische Beanspruchung besonders klar. Die Schieferung ist eine Folge des Belastungsdruckes, den der untere Stockletten durch das von S her erfolgte Hinauf-schieben des Gesteinskomplexes Stockletten—Lithothamnienkalk—Kalksandstein hat aushalten müssen.

Allen drei Brüchen gemeinsam ist die Schichtfolge und das S-Fallen der Schichten. Das Gelände zwischen den Brüchen bietet keine Aufschlüsse, so daß man ihre unmittelbare tektonische Beziehung zueinander nicht feststellen kann. Es bleiben zwei Vermutungen: entweder wir haben Schuppung oder es sind ost-westliche Längsstörungen vorhanden, an denen die einzelnen Gesteinsschollen staffelförmig gegeneinander abgesunken sind.

Der südliche Bruch am Fadenberg, der 250 m nördlich der Ortschaft Sachsenkam liegt, verdient besondere Beachtung. Man sieht dort folgendes:

1. Sprünge, wie sie an jedem größeren Aufschluß eines unter Faltungsdruck gestandenen Gesteines beobachtet werden können. Sie durchsetzen schiefwinklig zur Schichtung und Fallrichtung das Gestein. Gelegentlich zeigen sie eine nachträgliche Ausfüllung mit sehr schön ausgebildeten Kalkspatkristallen, z. B. an der NW-Ecke des Bruches.

2. Klüftung. Die Klüfte liegen im Streichen und stehen annähernd senkrecht auf der Schichtung. Der Abstand der wellig verlaufenden Klüfte beträgt 15—35 cm. Infolge der Klüftung zerfällt das Gestein in ungefähr rechteckige Platten. Am besten sind diese Verhältnisse an der O-Seite des Bruches zu sehen.

So wie heute die Dinge liegen, wo der Lithothamnienkalk nur von dem gering mächtigen und sehr weichen Stockletten überlagert wird, ist diese Klüftung unverständlich. Zudem hätte der gut geschichtete und milde Lithothamnienkalk auf bloßen Horizontaldruck sicherlich nur mit Faltung, Überkipfung, Überschiebung u. dgl. reagiert, d. h. mit allen jenen Erscheinungen und Störungen, die gut gebankte und nicht spröde Gesteine bei horizontalem Druck und ohne große Belastung aufweisen. Die regelmäßige Klüftung aber läßt die Annahme zu, daß der Lithothamnienkalk einst unter einem starken vertikalen Belastungsdruck gestanden ist.

Wenn wir nun zusammenfassend den Bau des ganzen Gebietes bis an den S-Rand des Flysches überschauen, so ergibt sich folgendes:

Wir haben im S des Gebietes eine große, zusammengehörige Masse, welche den Kleinberg, die Kranzhorn-Basterkopgruppe, die Feichteck-Karkopgruppe und den Heuberg umfaßt. Diese Masse ist, im großen betrachtet, eine normale Folge von Sätteln und Mulden, alle Störungen lassen sich aus den örtlichen Verhältnissen ableiten, nirgends verwischen sie das Bild der ursprünglichen Zusammenghörigkeit bis zur Unkenntlichkeit.

Im N des Muschelkalk- bzw. Wettersteinkalkzuges liegt eine Zone ausgeprägter Schuppung, die dann am Sattelberg wieder übergeht in das normale System Sattel-Mulde.

In welcher Beziehung zueinander stehen nun diese drei Schollen?

Ich möchte das Ergebnis der nachfolgenden Darlegungen vorwegnehmen und auf die kurze Formel bringen:

Das ganze Gebiet war eine einheitliche Scholle, die durch später einsetzende, von S her wirkende Kräfte in sich zerbrochen ist.

Die einzelnen Schichtglieder entstammen einem einheitlichen Absatzraum, denn die Schichtausbildung südlich des Muschelkalk- bzw. Wettersteinkalkzuges ist durchaus mit derjenigen im Raume nördlich davon in Einklang zu bringen.

Die triassischen Ablagerungen sind vollkommen einheitlich. So finden wir z. B. auch im N typische, oberhätische Kalke, sowohl Oolithe wie Thekosmilienkalke, wie am Kogel, am Seebichl, im Taurergraben, am Sattelberg.

Der Lias unterscheidet sich insofern, als im N Lias-Kieselskalke fehlen; jedoch finden sich die Fleckenkalke im N und im S.

Dogger findet sich, wenn auch in anderer Ausbildung, ebenfalls im N. Die Doggervorkommen in Fleckenmergelfazies in den Klammen und am Sattelberg wurden schon mehrfach hervorgehoben. Die Feststellung von Dogger an der Rettenwand nördlich der Hofalm bei Hohenaschau durch BROILI (Geol. Beobachtungen im Gebiete des Heuberg. p. 203, L.V. 2) läßt darauf schließen, daß in der N-Zone noch mehr Funde von Dogger, als man bisher gemacht hat, zu erwarten sind.

Aptychenschichten, und zwar rote und weiße, haben wir im N und S, ebenso die hellen Neocomkalke. Besonders sei nochmals hervorgehoben, daß die neocomen Mergel der Klammen und des Sattelberges derselben Fazies zugehören wie diejenigen von Sebi.

So finden wir zwar von S nach N einige fazielle Unterschiede, jedoch sind diese niemals so grundlegend, daß die südliche Zone von der nördlichen als etwas Wesensfremdes getrennt werden muß.

Der Wechsel der Fazies in N—S-Richtung ist nicht stärker als in der O—W-Richtung.

Man denke an den Wechsel von dunkelgrauem, untersten Wettersteinkalk mit Wettersteindolomit in der O—W-Richtung; man beachte, daß die Raiblerkalke im W gering mächtig sind und im O wandbildend; man beachte die bedeutende Mächtigkeit des Hauptdolomits am Kogel gegenüber dem tektonisch entsprechenden nördlich der Mooseralm; man beachte vor allem den Wechsel in der Ausbildung des oberen Rhäts. Im W ist der Lias in der Fleckenmergel- und Kieselkalkfazies ausgebildet, im O finden wir den roten Lias des Spitzsteins. Bereits im Gebiete der Karalm stoßen wir auf roten Lias.

Aus all dem erhellt, daß sich vom stratigraphischen Standpunkt aus nichts dagegen einwenden läßt, die nördliche und die südliche Zone als zusammengehörig aufzufassen.

Aus den ursprünglich in einem einheitlichen Absatzraum abgelagerten Schichten ist nun durch das Einsetzen von Druckwirkungen, die aus dem S kamen, das Bild entstanden, das wir heute vor Augen haben und das aus den beigelegten Profilen ersichtlich ist. Es zeigt sich eine nördliche Mulde, ein von Längsstörungen betroffener Sattel, eine Schuppungszone und eine überschobene Scholle, der die im S anschließenden Mulden und Sättel zugehören.

Bei der Überschiebung handelt es sich um das Hinaufgeschobenwerden eines benachbarten Teiles auf den anderen, nicht aber um eine Überschiebung in dem Sinne, daß eine in bezug auf die N-Zone orts- und wesensfremde Masse aus weiter Entfernung über den N-Teil hinübergeschoben worden wäre.

Den Vorgang der Überschiebung bringe ich in ursächlichen Zusammenhang mit dem Auskeilen der Schichtfolge Muschelkalk—Partnachschichten—Wettersteinkalk. Hier war eine Zone geringsten Widerstandes, wo ein Zerbrechen und Übereinanderschoben am leichtesten stattfinden konnte. Dieses Auskeilen ist keine willkürliche Annahme, denn weder in unserem Gebiet, noch östlich und westlich davon wurde nirgends und niemals nördlich der Überschiebungslinie nochmal Muschelkalk oder Wettersteinkalk nachgewiesen. Damit steht auch die Tatsache in Einklang, daß in der N-Zone die Raibler

das tiefste Schichtglied bilden und zumeist die Raibler Rauhwacken an den Flysch grenzen.

Auf welche Weise die Überschiebung in unserem Gebiet zustande gekommen ist, möchte ich nicht entscheiden. Denn hier ist nicht, wie im Gebiete der Kampenwand, unter dem überschobenen Gebirge das Liegende aufgeschlossen, so daß sich über das gemeinsame Verhalten der beiden Schollen gegenüber den gebirgsbildenden Bewegungen nichts aussagen läßt. BROUHA nimmt für das Gebiet der Kampenwand (L.V. 2) erst Überschiebung, dann Faltung an. Mangels tatsächlicher Beweise — das Liegende ist eben nicht aufgeschlossen — kann ich diese Annahme nicht ohne weiteres auf unser Gebiet übertragen, aber bei der außerordentlichen Übereinstimmung, die unser Gebiet mit dem der Kampenwand aufweist, kommt ihr auch hier der höchste Grad der Wahrscheinlichkeit zu.

Daß die Aufrichtung der Alpen das Ergebnis mehrerer Schübe ist, ist nunmehr unbestrittenes Allgemeingut der Geologie geworden. Von dieser Tatsache habe ich Gebrauch gemacht bei dem Versuch, das Fehlen nachtriassischer Schichten in der Senke des Gammernwaldes zu erklären. Dieser Teil des Gebietes war nach dem Einsetzen der postneocenen Aufwölbung Festland; nach Ablauf der cenomanen Transgression ist es endgültig Festland geblieben. In postneocener Zeit nun, bis zum Eintritt der cenomanen Transgression, und in der Zeit nach Ablauf der cenomanen Transgression bis ins obere Tertiär müßte nach meiner Vermutung die Abtragung der den First des Streichsattels bildenden nachtriassischen Schichten stattgefunden haben. Im Diluvium war bereits der Einbruch des Gammernwaldes vollendet, denn die Senke diente als Durchzugsgebiet für einen Seitenarm des Inngletschers.

Bei allen Betrachtungen ist Druckrichtung aus S vorausgesetzt. Nur dadurch lassen sich alle tektonischen Erscheinungen einheitlich und eindeutig erklären. Die Blattverschiebungen, die wir im Gebiete vorfinden, sind nur durch S-Druck möglich. Auch die für den Aufbau des Gebietes wichtigsten Störungen, die Längsstörungen, sind bei ihrer O—W-Erstreckung nur durch einen senkrecht darauf, also von S, angreifenden Druck verständlich. Dabei zeigt sich, daß gerade die Sättel sich am wenigsten widerstandsfähig erwiesen haben: im

Gebiete sind alle für den Aufbau wichtigen Längsstörungen an Sättel gebunden. — Die lange, aber tektonisch unwichtige Störung am Heuberg, wo zwischen Hauptdolomit und oberem Rhät die Kössener fehlen, gehört nicht hierher; sie ist lediglich eine Auspressungserscheinung und hat auf den Bau des Ganzen keinen Einfluß.

Bereits bei Beschreibung der Heuberg-Feichteckmulde wurde mehrmals darauf hingewiesen, daß Ablenkungen im Streichen auf verschieden große Widerstände im N zurückgeführt werden können. Mir scheint dieser Gesichtspunkt bisher noch zu wenig beachtet worden zu sein. Am N-Rand der Alpen ist es nicht nur der von S her wirkende Druck, sondern der im N in verschiedener Größe noch vorhandene Widerstand, der das tektonische Bild mitbestimmen kann. Zwei anschauliche Beispiele aus unserem Gebiet seien angeführt: der primär sehr mächtige Hauptdolomit des Kogels hat es verhindert, daß die Heuberg-Feichteckmulde ihre Streichrichtung im westlichen Teil änderte. Im O, wo dieser selbe Hauptdolomit viel weniger mächtig ist und daher der Widerstand auf S-Druck viel geringer war, konnte die ost—westliche Streichrichtung in eine nordöstliche übergehen. Ebenso wirkte der wohl primär schon sehr mächtige Hauptdolomit des Hochries. Er hat das Einschwenken der Heuberg-Feichteckmulde nach NO abgebremst — so stark, daß die Feichteck-Karkopfgruppe nach NW vorprallte; Blattverschiebung Karkopf-Hochries — und bewirkt, daß die nordöstliche Streichrichtung weiterhin nach O wieder in die alte ost—westliche übergeht.

Mit obigen Ausführungen ist nicht der Beweis versucht worden, daß alle Änderungen im Streichen einzig und allein durch S-Druck und dem zugeordneten Widerstand im N erklärt werden können. Zweifellos aber ist es in vielen Fällen möglich. Ich gebe zu, daß auch am N-Rand der Alpen — es sei betont, daß ich nur vom Alpennordrand spreche — Druckwirkungen aus SO möglich waren, sei es durch Zerlegung des S-Druckes in Komponenten, sei es vielleicht durch einen von vornherein aus SO wirkenden Druck.

Zum Schlusse möchte ich kurz über das eigentliche Aufnahmegebiet hinausgreifen, um zu zeigen, in welchem größeren Rahmen es einzubeziehen ist. Dank der Arbeiten derer, die die Nachbargebiete durchforscht haben, ist mir das möglich.

Nach O hin, bis zum Tal der Tiroler Achen, ist das Gebirge nach dem gleichen Plane aufgebaut (s. L.V. 2 und 3). Auf die große Übereinstimmung unseres Gebietes mit dem der Kampenwand wurde schon wiederholt hingewiesen. Auch im W bis zum Leitzachtal zeigt sich, wenn auch etwas verwirrt, der gleiche Grundplan. Die Entfernung vom Achental bis zum Leitzachtal beträgt 38 km. Wie die Verhältnisse noch weiter im W liegen, ist noch nicht ganz aufgeklärt.

Hier mag noch eingefügt sein, daß der Teil des Inntrales, der westlich das Gebiet begrenzt, tektonischen Ursprunges ist. Wir haben eine Reihe von Parallelerscheinungen: der Mühlhauser Graben, das Absinken des Riedlberges, die Senke des Gammernwaldes, das Priental, das Achental.

Unser Gebiet weist auf eine enge Zusammengehörigkeit mit dem Kaisergebirge hin.

Das Neocom von Sebi, das unweit des N-Randes des Kaisers liegt, wurde schon gebührend berücksichtigt. Muschelkalk und Wettersteinkalk treten, wie zu erwarten, im Kaiser in bedeutender Mächtigkeit wieder zutage. Fazielle Gegensätze zwischen unserem Gebiet und dem Kaiser finden sich nicht, wie mehrere vergleichende Begehungen ergaben.

Die große Längsstörung am N-Rand des Kaisers hat den Zusammenhang zerrissen.

So bildet aller Wahrscheinlichkeit nach das ganze Gebirge vom Rande des Flysches bis an die Grenze gegen die kristallinen Schiefer eine einheitliche Masse.

Ob diese Masse als Ganzes ortsfremd oder einheimisch ist, kann von unserem Gebiet aus nicht entschieden werden. Denn die Überschiebung innerhalb des Gebietes hat, wie dargetan wurde, nur den Charakter eines örtlichen Ereignisses.

#### IV. Oberflächengestaltung.

Wie die einzelnen Schichten sich in das Bild der Landschaft einfügen, wie sie teils scharf hervortreten, teils als sanfter geböschte Hänge dem Pflanzenwuchs gute Bedingungen bieten, wurde schon bei Beschreibung der Formationsglieder jeweils dargetan.

Daß die Oberflächengestaltung eng verknüpft ist mit dem tektonischen Bau, zeigt sich im ganzen Gebiete aufs deutlichste. Die tektonischen Vorgänge haben die Gestaltung der heutigen Landschaft in großen Zügen vorgezeichnet, die abtragenden und ausräumenden Kräfte aber haben sie in den Einzelheiten geformt.

Die chemische und mechanische Verwitterung hat die Gesteine angegriffen und je nach dem Grade ihrer Widerstandsfähigkeit abgetragen; so zeigen sich von den abgeflachten weichen Sedimenten alle Übergänge bis zu den Steilwänden. Die Verwitterung arbeitet unablässig an der Verkleinerung des Böschungswinkels, d. h. an der allmählichen Einebnung des Gebirges; daß dabei gelegentlich Steilwände entstehen, bezeichnet nur einen Durchgangszustand. Die Schnelligkeit und die Kraft, mit der die Verwitterung angreift, hängen im wesentlichen ab vom Gestein (seiner Härte, Struktur und Textur) und vom Winkel, mit dem die Schichten zutage austreten. Die Stärke der Verwitterung an sich hat offenbar bedeutend gewechselt infolge der gewaltigen Klimaschwankungen, die das Gebirge seit seiner miocänen Aufkaltung betroffen haben, und wechselt noch infolge der Höhenunterschiede. Dies letztere gilt namentlich für den Spaltenfrost.

Die natürlichen Wege für ein tieferes Eindringen der Verwitterung sind die Schichtfugen. Bei steilstehenden Schichten bewirkt die tiefergreifende Verwitterung, in erster Linie der Spaltenfrost, daß die Verbandsfestigkeit kleiner wird als die Schwerkraft; auf diese Weise werden häufig Bergstürze ausgelöst. Beispiele für solche durch das Eindringen von Wasser und Spaltenfrost hervorgerufenen Bergstürze haben wir an der N-Seite der Kindlwand, an der N-Seite der Wasserwand, an den Rhätalkwänden nordwestlich Buchberg und westlich und südlich der Spatenaualm. Nicht in der Ursache, sondern nur im Ausmaße verschieden von den Bergstürzen ist die Bildung von Gehängeschutt. Sie ist naturgemäß im Gebiete weit verbreitet und verhüllt streckenweise vollständig das anstehende Gestein.

Ein Berggrutsch, bei dem neben der Einwirkung von Wasser und Frost der weiche, mergelige Untergrund eine wesentliche Rolle spielte, ist der schon näher beschriebene am N-Abhang des Dandlberges. Beachtenswert ist der Berggrutsch am Sattelberg, an der Straße Obersulzberg—Haus. Die Abrißstelle sieht aus wie eine tiefe Erosionsschlucht. Sie setzt an der westlichen

Bruchspalte des Störungsgebietes an. Die linke Wand der Schlucht — im Sinne des Aufstieges — besteht aus Lias-Fleckenmergel und -Kalk, die rechte aus Kössener Mergeln und darüber lagernden oberhätischen Korallenkalken. Die Entstehung dieses Berggrutsches ist also auf drei Ursachen zurückzuführen: erstens auf eindringende Wasser, die den Gesteinsverband lockerten, zweitens auf die schon vorhandene Bruchspalte, die den Wassern das Eindringen in bedeutende Tiefen leicht machte, und drittens auf die weiche Unterlage, Liasmergel und Kössener Mergel, auf denen die darüber liegende Gesteinsmasse abglitt. Der Berggrutsch ist noch ganz jung, er ist nach Angabe der dortigen Bauern im Jahre 1917 erfolgt.

Es gab auch eine Zeit, in der der Wind eine ziemlich Rolle spielte. Das Vorkommen von Löß im Inntale zeugt davon. Nach PENCK (L.V. 8. p. 112) sind solche Lößbildungen interglazial.

Was nun die Eiszeit betrifft, so können wir ganz allgemein sagen, daß sich eiszeitliche Ablagerungen im Gebiete überall finden, wo überhaupt die Möglichkeit einer Erhaltung gegeben war.

R. v. KLEBELSBERG hat in einer ganz kürzlich erschienenen Arbeit (Glazialgeologische Notizen vom bayrischen Alpenrande, L.V. 5) die eiszeitlichen Verhältnisse auch unseres Gebietes in klarer Weise zur Darstellung gebracht. Auf Grund meiner Beobachtungen kann ich mich im wesentlichen seinen Ausführungen anschließen.

Zentralalpine Geschiebe und den so charakteristischen Buntsandstein finden wir allenthalben im Gebiet. Am Kranzhorn liegt oberhalb der Kranzhornalm in ungefähr 1230 m Höhe ein stattlicher Block von Grünschiefer, dessen Oberfläche rund 1 qm beträgt. Der Buntsandstein reicht noch weiter hinauf bis wenige Meter unter den Gipfel. Es sind das die höchstgelegenen Erratika im Gebiet; sie geben einen Anhaltspunkt für die Mächtigkeit des Eises im Inntal. Das Kranzhorn hat die von S andrängenden Eismassen gezwungen, sich zu teilen. Ein Seitenarm des Inngletschers bog nach NO aus und stieß östlich des Kranzhorns in die Senke des Gammernwaldes und von dort aus weiter nach N vor. Der eigentliche Inngletscher und diese Abzweigung hatten unter sich eine Querverbindung im Gebiet des heutigen Euzenauergrabens und vereinigten sich wiederum nördlich des Heuberges, so daß nur die höchsten Gipfel des Gebietes wie Inseln

aus dem Meer des Eises hervorragten. Die Vereisung ist auch die Ursache, weshalb verhältnismäßig viele Almten des Gebietes sich auf dem an sich ungünstigen Untergrund von Hauptdolomit finden; die spärliche Lehm- und Geschiebeüberdeckung hat den Boden etwas verbessert.

Die kleinen Erhebungen zwischen Kranzhorn und Basterkopf, die Höhen im Gebiet des Unterwieser- und Gammernwaldes, Niedersberg, Riedlberg, Sattelberg und die Flyschberge sind in ihrer Gipfform von der Wirkung des Eises beeinflusst. Gletscherschliffe finden sich nicht selten im Gebiet: so der altbekannte bei Neubauern, den schon BAYBERGER (L.V. 1) auf seiner Karte eingezeichnet hat, der von SCHLOSSER angegebene auf der NO-Seite der Daffnerwaldalm, ferner an der Straße Nußdorf—Windshausen, wo der Oberrhätalkalk an die östliche Straßenseite bei Riedlberg herantritt, und endlich 25 m über dem Sträßchen, das vom hinteren Buchbergerhof zum Euzenauergraben hinunterführt, ehe man den Waldrand erreicht.

Der durch die Senke des Gammernwaldes nordwärts ziehende Gletscher hat deutliche Ufermoränen hinterlassen, wie KLEBELSBERG (l. c. p. 11) ebenfalls berichtet. Bezüglich des Ufermoränenwalles auf der Daffnerwaldalm sei noch ergänzt, daß seine Fortsetzung sich östlich vom Jagdhaus Mailach sehr gut erhalten findet. Rechte Ufermoränen umsäumen die Spatenaualm, die Mooseralm, den Schwarzen See und lassen sich noch weiter nordöstlich verfolgen ungefähr bis P. 867. Ebenso sei auf die unterhalb der Moränen liegende Leiste hingewiesen, die sich von P. 885 nördlich der Spatenaualm bis zur Weiheralm im Gelände sehr schön hervorhebt.

Endlich sei noch bemerkt, daß nach KLEBELSBERG (l. c. p. 16f.) im Trockenbachtal ein Lokalgletscher südwärts strömte und bei der Asteralm durch den Hauptgletscher gezwungen wurde, nach W abzubiegen. Ich fand ebenfalls bei der Asteralm die talinnersten zentralalpinen Geschiebe.

Bedeutende Spuren haben der letzte Abschnitt der Vereisung und die Zeit des Rückzuges und der Abschmelzung der Gletscher im Gebiete hinterlassen. Wir finden da ein schön entwickeltes Zungenbecken. Es erstreckt sich von den Moränen, die es im N zwischen Törwang und Grainbach bogenförmig umgrenzen, nach S bis zum Abfall der Längersleiten. Hier liegen die Verhält-

nisse so, daß wir geradezu von einer „glazialen Serie“ im Sinne PENCK's (L.V. 8. p. 16) sprechen dürfen. Im N, von den Moränen abwärts bis zum Tal der Rohrdorfer Achen, haben wir das „Schotterfeld“. Das Schotterfeld, das aus verschwemmtem und umgelagertem Moränenmaterial besteht, ist ein gleichmäßig gegen N geneigter Hang, der später von Bächen durchschnitten worden ist. Diese Tafel hebt sich gut von dem Gelände östlich davon ab, wo die Moränen als Hügel mit z. T. sehr großen Geschieben hervortreten (z. B. bei Entgrub ein sehr großer Block aus Zentralgranit), und ebenso gut von dem Gelände westlich davon, wo das anstehende Gestein empor taucht.

Die Aufschlüsse im Gebiet lassen es nicht zu, über das zeitliche Verhältnis zwischen Schotterfeld und Endmoränen etwas Bestimmtes auszusagen. Jedoch möchte ich mich grundsätzlich der Ansicht AMPFERER's anschließen, nämlich daß Schotterfeld und Endmoränen nicht als gleichzeitig entstandene Bildungen aufzufassen sind (O. AMPFERER: *Über einige Grundfragen der Glazialgeologie*. Verh. d. k. k. geol. Reichsanst. 1912. p. 237 ff.).

Die Moränen erweisen sich als Endmoränen, die reich an zentralalpinen Geschieben sind. Sie umspannen als mehrfacher Gürtel das eigentliche Zungenbecken.

Im Becken selbst finden wir Drumlins, die sich schon auf der topographischen Karte als ein Schwarm N—S gerichteter Hügel hervorheben, so bei Schwarzenbach und nördlich Leger.

Dieses Zungenbecken hat sich nun zur Zeit des Rückzuges und des Abschmelzens der großen Gletscher mit Wasser gefüllt und den „Törwanger See“ gebildet. Der höchste Wasserstand des Sees war, soweit sich feststellen läßt, zwischen 670 und 650 m Meereshöhe. Er wurde gespeist von den Schmelzwässern der noch vorhandenen Lokalgletscher. Seinen Hauptzufluß aber erhielt er von dem bedeutenden Gewässer, dessen Lauf durch den heutigen Fluderbach gekennzeichnet ist. Dieser Fluß folgte einem alten Talboden und wurde zunächst durch den Riegel der Raiblerkalke und des Wettersteinkalks gestaut. Das Staubecken, im Raume der Bezeichnung „Fluder-B.“ nordöstlich P. 837 der Karte, hebt sich sehr deutlich im Gelände hervor. Der stauende Riegel wurde schließlich gänzlich durchnagt, es entstanden Wasserfälle (die Fluderbachfälle beim Duftbräu) und der Fluß konnte sich

ungehemmt in den See ergießen. Es kam zur Ablagerung von Schottern. Diese Schotter sind im Fluderbachtal gut aufgeschlossen (unterhalb Stuf in einer Mächtigkeit von rund 60 m). Sie sind nagelfluhartig verfestigt, haben meist ziemlich große Bestandteile, sind deutlich gebankt und neigen sich nach N. Gelegentlich haben sie sandige und tonige Einlagerungen. Die Schotter bestehen aus den ringsum anstehenden Gesteinen, zentralalpine Bestandteile wurden nicht gefunden. Die einzelnen Stücke sind wegen des geringen Transportes nur schwach abgerollt. Den Fluderbachschottern, welche das wesentliche Zuflußgebiet des Törwanger Sees aufzeigen, stehen die Mühltaler Schotter gegenüber, die dem Abflußgebiet zugehören. Die Mühltaler Schotter, gut aufgeschlossen südlich Mühltal, sind ebenfalls verfestigt und gebankt. Die einzelnen Bestandteile sind in der überwiegenden Mehrzahl kleiner und viel besser abgerollt als die der Fluderbachschotter, auch finden sich Buntsandstein und zentralalpine Gerölle darunter.

Der Törwanger See entwässerte sich durch das heutige Steinbachtal. In dem Maße, wie die Erosion des Abflusses fortschritt, fiel der Spiegel des Sees, bis nur mehr einige sumpfige Tümpel zurückblieben, die zur Torfbildung führten. Die Ablagerung eines fossilführenden Tones wurde bereits erwähnt (s. p. 73 f.). Sie ist der paläontologische Beweis für das einstige Vorhandensein des Törwanger Sees.

Die Entwässerung des Törwanger Sees führt uns über zur Besprechung der wichtigsten Täler. Nach dem Vorausgegangenen erweist sich das Steinbachtal als ein junges Erosionstal. Daß dem Tale die Wasserfälle, die Zeichen der Jugendlichkeit, fehlen, hat folgende Gründe:

1. war der Höhenunterschied zwischen dem Törwanger See und dem Inntal kein sehr großer. Heute beträgt er von Mühltal bis zum Inn nicht ganz 100 m;
2. war die Erosionskraft des Steinbaches sehr stark, da der See bedeutende Wassermassen lieferte;
3. hatte das Wasser leichte Arbeit deswegen, weil es eine Verwerfungsspalte als Weg benutzte.

Das Steinbachtal gehört somit zu den tektonisch angelegten Erosionstälern.

Im What der Steinbach nach seinem Austritt aus der Erosionsschlucht sich trichterförmig erweitert und eine ältere Hochterrasse sowie eine jüngere Niederterrasse gebildet. Die südliche Hochterrasse folgt dem ursprünglichen südlichen Ortsrand Nußdorfs (Anlage der Kirchen auf der Hochterrasse), die nördliche Hochterrasse ist in ihrem Verlauf durch den Sattelberg bedingt. Die südliche Niederterrasse ist westlich P. 494 zunächst scharf ausgeprägt, verflacht sich dann durch die Ortschaft Nußdorf hindurch, tritt jedoch westlich des Ortes wieder deutlich hervor. Ihr Zusammentreffen mit der Hochterrasse läßt sich an der Straße Nußdorf—Innbrücke ausgezeichnet beobachten. Die Verflachung der Niederterrasse im Bereich des Dorfes läßt auf ein Eingreifen von Menschenhand schließen; denn sowohl östlich wie westlich der Ortschaft ist die Terrasse scharf ausgeprägt. Die nördliche Niederterrasse fällt mit dem heutigen N-Ufer des Steinbaches zusammen.

Der Euzenauergraben ist seiner ursprünglichen Anlage nach ein präglazialer Talboden, der sich von der Schwarzhüttenalm über die Euzenaueralm bis Buchberg hinzog. Dort endigte er am Abbruch des Mühlhausener Grabens. Der Grund der Euzenaueralm war in postglazialer Zeit vorübergehend ein Staubecken, veranlaßt durch einen nicht sehr hohen, aber doch den Abfluß hemmenden Riegel von Plattenkalk. Zwischen dem Grund der Euzenaueralm und Mühlhausen nun zeigt sich der Graben als Ergebnis einer jungen Erosion. Er hat typische V-Form und ein unausgeglichenes, durch viele Steilstufen unterbrochenes Gefälle. Auch die unterste Strecke von Mühlhausen bis zum Inn ist ein Erosionstal, das längs einer tektonischen Mulde verläuft.

Der Euzenauergraben ist kein Hängetal im Sinne Penck's (L.V. 8. p. 145), nämlich, daß das Inntal im Vergleich zu ihm ausschließlich durch schnellere Erosion übertieft wäre. Das Ausstreichendes alten Talbodens hoch über dem Inntale ist durch tektonische Vorgänge, nämlich den Einbruch des Mühlhausener Grabens und des Inntalgrabens, bedingt.

Auch der Trockenbach folgt in seinem Oberlauf einer alten Talung, die bereits dem vom Sattel der Oberwiesenalm herabziehenden Lokalgletscher als Weg diente. Wir haben bei der Unterwiesenalm einen schön ausgebildeten Sammeltrichter, sodann vollkommen ausgeglichenes Gefälle bis oberhalb Köndlitz. In diesem Teil kam es zur Anlage einer ziemlich hohen Terrasse, die zum überwiegenden Teil aus verschwemmter Moräne besteht. Unterhalb Köndlitz setzt dann starke, jugendliche Erosion ein. Das Wasser hat sich tief in den Hauptdolomit eingefressen und unterhalb Pumpfer Mühle hat es sogar in den rhätischen Kalken eine Klamm ausgesägt, die bei wenigen Metern Breite gut 50 m tief ist. Die Klamm endigt am S-Fuß des Kleinberges mit einem fast 40 m hohen Wasserfall. Der Trockenbach hat ebenso wie der Steinbach in seinem Mündungsgebiet zwei Terrassen gebildet, nämlich eine ältere Hochterrasse und eine jüngere Niederterrasse. Von der Brücke aus, die beim Passionsspielhaus von Erl den Bach überschreitet, lassen sich die beiden Terrassen sehr schön beobachten.

Der Wasserfall und das Mißverhältnis von Ober- und Unterlauf beweisen, daß das Trockenbachtal, so wie es heute verläuft, jugendlich ist.

Was den Inn betrifft, so kann man seinen Lauf, ehe er in sein heutiges Bett gezwängt wurde, von Erl bis zur nördlichen Kartengrenze an einer postglazialen Terrasse gut verfolgen. Streckenweise tritt noch eine zweite, flache, ganz junge Terrasse hervor. Es zeigt sich, daß die Wasser des Inns im jüngsten Abschnitt der Erdgeschichte weniger in die Tiefe als vielmehr flächenhaft gewirkt haben. Der Inn hat in dem breiten Talboden sein Bett oft verlegt und so eine Auffüllung mit Schottern herbeigeführt.

Kurz möchte ich noch die Kare erwähnen, die sich im Gebiete finden. KLEBELSBERG (L.V. 5. p. 18) nennt die Pölcheralm. Indes ist es nach der Gestaltung des Geländes nicht zweifelhaft, daß wir oberhalb der Daffnerwaldalm am O-Abhang des Heubergs, sowie am NW-Abhang von Karkopf und Hochries, bei der Spatenau- und Mooseralm und am Schwarzen See alte Kare vor uns haben. Überall sind Spuren der aufgestauten Karsen zurückgeblieben mit Ausnahme des Sees des Spatenaukares, der sich durch den Weissenbachgraben entleert hat. Das Gebiet der Spatenaualm

ist deshalb morphologisch sehr reizvoll, weil hier die Wirkungen eines Bergsturzes und die Wirkungen des Eises sich durchschneiden. Der Bergsturz kam von den Rhätalkwänden über der Alm. Wir finden am Hang unter der Alm bis ins Tal hinunter nur Trümmer rhätischer Kalke, die z. T. so beträchtliche Ausmaße erreichen, daß sie Anstehendes vortäuschen. Es handelt sich indes nur um abgestürzte Blöcke. Die Moräne, die den einstigen Karssee wallförmig abgedämmt hat, besteht ebenfalls aus rhätischen Kalken. Daraus, daß das Eis die Trümmer der rhätischen Kalke zur Bildung der Moräne benutzt hat, geht hervor, daß der Bergsturz älter ist als das Kar. Der See des Spatenaukares hat sich, wie schon erwähnt, durch den Weissenbachgraben entleert und zwar muß diese Entleerung eine gewaltsame gewesen sein. Denn der breite und tiefe Graben bildet bis zu seiner Mündung ein Haufwerk meist sehr großer Gesteinsblöcke, die bei dem schwachen Gefälle von einem gewöhnlichen Bache niemals hätten von der Stelle bewegt werden können. Der Karssee muß einst, vielleicht unter dem Einfluß wolkenbruchartiger Regengüsse, einen Dambruch erlitten haben und dabei haben sich die Wasser mit jener gewaltigen Kraft zu Tale gewälzt, von der das Gewirr mächtiger Felsblöcke im Bachbett heute noch zeugt.

Schließlich ist noch zu beachten eine Doline, die sich am Weg Duftbräu—Heuberg an der Grenze Wettersteinkalk-Raibler-schichten ausgebildet hat, und der Murbruch nördlich Erl. Die riesige Schutthalde, die sich von der Einsenkung zwischen Kranzhorn und Kienberg herabzieht, ist eine der auffälligsten Erscheinungen im Gebiet. Ein Wildbach, heute nur mehr ein dürftiges Gerinnsel, ist einst in dieser Einsenkung geflossen und hat sich über die Hauptdolomitwand herabgestürzt. Der klüftige Dolomit hat dem Wasser keinen zähen Widerstand entgegengesetzt, der Zusammenhang der Wand lockerte sich und ein Teil wurde in die Tiefe gerissen.

So hat das Zusammenwirken mannigfacher Kräfte das heutige Bild der Landschaft herausgeschält, dessen reizvoller Schönheit sich keiner entziehen kann.