

# Oberrhätischer Riffkalk und Lias in den nordöstlichen Alpen.

## II. Teil.

Von Wilhelm Vortisch.

Mit 7 Abbildungen im Text.

### Inhaltsverzeichnis.

|   | Seite   |
|---|---------|
| Vorbemerkung . . . . .  | 93—94   |
| V. Rhätische Stufe und Lias südlich des Sonntagshornes . . . . .  | 94—117  |
| 1. Das rhätisch-liassische Profil und Verfolgung seiner Teile durch das Untersuchungsgebiet . . . . .   | 94—102  |
| 2. Kleine Riffbildungen, vergleichbar den Cipitalken . . . . .  | 102—103 |
| 3. Fazieswechsel zum weißen Riffkalk und Beschreibung des letzteren . . . . .   | 103—105 |
| 4. Beschreibung der tektonischen Erscheinungen . . . . .  | 106—112 |
| 5. Theoretische Erörterung der tektonischen Erscheinungen . . . . .   | 112—117 |
| Verwandlung exogener Konkavhänge in tektonische Mulden S. 112—113. — Typus und Abarten der überkippten Falten und Überschiebungen, Verhalten im Streichen, parallele Lage S. 113—115. — Bewegungsvorgang bei der Entstehung, Vergleich mit den Experimenten Paulkes, Beziehung zum orogenetischen Druck S. 115—116. — Vorbestimmtheit durch die Gesteinsbeschaffenheit S. 116. — Bedeutung für die Deckentheorie, mögliches Ausmaß und Erkennbarkeit S. 116. — „Gipfelfaltung“ Suess' S. 117. — Orientierung des orogenetischen Druckes bei der Entstehung der Falten und Überschiebungen, Ausweichrichtung S. 117. |         |
| VI. Bemerkungen zur Literatur . . . . .   | 117     |
| 1. Umgebung der Basilalm . . . . .  | 117—119 |
| 2. Kammerker-Sonntagshorngruppe (Steinplatte bei Waidring und Gebiet südlich des Sonntagshornes) . . . . .  | 119—121 |
| Zusatz zum Literaturverzeichnis, I. Teil, S. 62—64 . . . . .  | 122     |

### Vorbemerkung.

Die nachfolgende Arbeit ist die Fortsetzung der Untersuchungen, welche unter gleichem Titel im Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt 1926, S. 1, erschienen ist. Es folgen zunächst die feldgeologischen Beobachtungen und unmittelbar anschließend eine theoretische Erörterung der tektonischen Erscheinungen, ferner eine kurze Besprechung der Literatur der drei bisher untersuchten Örtlichkeiten. Für die Fortsetzung der sedimentpetrographischen, paläogeographischen und paläontologischen Untersuchungen ist ein weiterer (III.) Teil der Gesamtveröffentlichung in Aussicht genommen.

Literaturangaben, bestehend aus Autornamen und den rechten beiden Stellen der Zahl des Erscheinungsjahres der betreffenden Arbeit, beziehen sich auf das Literaturverzeichnis in Teil I, S. 62—64. Die dort nicht angeführte Literatur ist am Schlusse dieses zweiten Teiles der Arbeit zu finden.

Eine flüchtige Kenntnis des Inhaltes der Arbeit ist mit Hilfe des Inhaltsverzeichnisses, der Abbildungen und zugehörigen Erläuterungen möglich, so daß besondere Zusammenfassungen überflüssig erscheinen.

## V. Rhätische Stufe und Lias südlich des Sonntags- hornes.

Der fazielle Übergang von tonreichen rhätischen Gesteinen zum Riffkalk ist in der weitgespannten „Unkenbachmulde“, außer in deren Südwestecke an der Steinplatte, auch an deren Nordrande, in der Gegend südlich vom Sonntagshorn, zu beobachten (vgl. Kartenskizze, Abb. 1). Den Sockel des Gebirges bilden hier im allgemeinen nach S fallende und dementsprechend gegen N an Steilwänden aufhörende, gegen S sanft abdachende norische Gesteine, welchen verhältnismäßig unmächtige, aber wegen ihres Tongehaltes für die Almwirtschaft desto wichtigere rhätische, und, in unserem Untersuchungsgebiet in ganz bescheidenem Ausmaß, auch liassische Gesteine aufgelagert sind.

### 1. Das rhätisch-liassische Profil und Verfolgung seiner Teile durch das Untersuchungsgebiet.

Prof. 13, kombiniert, bei der Hochalm, Perchtalm und im Roßkar.  
Lias:

- a) 1 m. Bank roten, weißgeaderten Brachiopodenkalks, bisher bestimmt: *Waldheimia mutabilis* Oppel, *Rhynchonella variabilis* Schlotheim im weiteren, von Geyer (89) gefaßten Sinne (nach der mir zur Verfügung stehenden Literatur ist das von mir gesammelte Exemplar nicht sicher von *Rhynchonella Zitteli* Gemmellaro abtrennbar), *Rhynchonella* cf. *plicatissima* Quenstedt (auch auf *Rhynchonella Sancti-Hilarii* Böse beziehbar), *Spiriferin* sp.
- n) Wenige m. Dünnschichtiger, roter Kalk.
- m) 5 m. Grauer bis rötlicher oder gelblicher, dünn-schichtiger Knollenkalk mit eisenhaltigen Rinden, ziegelroten Lagen und kolophoniumartigen Hornsteinen.

Rhätische Stufe:

- l) zirka 8 m. Graue, ziemlich tonige, knollige Kalke, im oberen Teil mit hellgrauen, riffkalkartigen, mächtigeren Bänken.
- k) 40 m. Dickbankiger, hellgrauer Kalk, im hangenden und liegenden Teil durch Dunklerwerden der Farbe und Abnahme der Mächtigkeit der einzelnen Bänke allmählicher Übergang zu den benachbarten Schichten. Keine Lithodendronstruktur.
- j) 60 m. Wohlgeschichtete, graue, knollige Kalke (Kössener Kalke) ähnlich i Prof. 1. Schichtung und knollige Beschaffenheit durch

mergelige, flaserige Zwischenlagen hervorgerufen. In diesen Kalken liegen mehrere riffartige Körper (vgl. S. 102, 103). Im oberen Teil, an der Basis der Linse 6 (S. 102), unter dem Beutelkopf, wenige Finger dicke Lage mit *Rhynchonella fissicostata* Suess, mit einem stark verdrückten, bisher unbestimmbaren Brachiopoden und mit Bivalven. Im unteren Teil,  $1\frac{1}{2}$  m über der unteren Grenze, links unter dem S. 103 beschriebenen Riff in der Westwand des Roßkars (Abb. 3), *Spiriferina uncinata* Schafhäutl i. w. S.

Grenze zwischen oberrhätischen und unterrhätischen Schichten.

- i) zirka 30 m. Hand- bis fußhohe Lagen dunkler Schiefermergel und ebenso mächtige ebenflächige Bänke auf frischem Bruche dunkel bläulichgrauen, ockerfarben verwitternden, tonigen Kalks in regelmäßiger Wechsellagerung. Nach oben nehmen die Schiefermergel überhand. Diese werden an der Grenze gegen j durch knollige Kalkbänke mit rasch zurücktretenden Schieferzwischenlagen verdrängt. Auch sonst treten die Kalke in manchen Horizonten zu mächtigeren Lagen zusammen. Lumachellen, an der Oberfläche mit *Gervilleia inflata* Schafh. und *Anomia*, O der Hochalm, am Touristenweg zur Schneid, *Homomya* cf. *lariana* Stoppani.
- h) zirka 2 m. Grauer, dickbankiger Lithodendronkalk.
- g) zirka 5 m. Kalk-Mergelwechsellagerung wie in i. Auf der Hochalmseite, in dem S. 101 beschriebenen Aufschlusse: *Cardita austriaca* Hauer und Lumachellen mit *Gervilleia inflata* Schafh., ferner mit *Avicula contorta* Portl., *Modiola minuta* Goldf. und anderen Bivalven.
- f) zirka 2 m. Hellgrauer, etwas kristalliner Lithodendronkalk.
- e) zirka 5 m. Kalk-Mergelwechsellagerung wie in i. Auf der Hochalmseite in dem S. 101 beschriebenen Aufschlusse: Lumachellen, an der Oberfläche häufig mit einer kleinen dreieckigen Bivalve (bisher nicht bestimmbar), *Gervilleia inflata* Schafh., *Gervilleia praecursor* Qu., *Leda* sp., Gasteropoden.
- d) zirka 5 m. Dickbankiger Lithodendronkalk, unten grau, feinkristallin, oben blaugrau, dicht. Im Roßkar im obersten Teil Lumachelle von *Terebratula gregaria* Suess, darin auch *Lima punctata* Sow., *Avicula contorta* Portl., *Spiriferina uncinata* Schafh. i. w. S., *Plicatula intusstriata* Emm.
- c) zirka 20 m. Kalk-Mergelwechsellagerung wie in i. Nach oben nehmen die dunklen Schiefermergel überhand, im unteren Teil werden die Schiefermergel oft mehr bräunlich und plattig, wodurch sie sich petrographisch den Kalken nähern, welche mit ihnen wechsellagern. Lumachellen mit *Avicula contorta* Portl., *Gervilleia inflata* Schafh., *Modiola minuta* Goldf., *Terebratula gregaria* Suess, *Spiriferina uncinata* Schafh. i. w. S. Stellenweise sind übrigens auch diese sehr tonigen Kalke von Korallenstengeln durchwachsen.

Aus den Schichten c—g stammen auch die zahlreichen Lumachellen, welche in der Furche umherliegen, die NO der Hochalm zur „Schneid“ hinaufzieht und die Gehänge des Sonntagshornes von den Westhängen der Schneid trennt (vgl. S. 101). Zum Teil sind diese Lumachellen von *Terebratula gregaria* Suess erfüllt, andere

Unterrhät. Lithodendronkalke  
 Oberrhät. Kössener Kalke  
 Riffkalke  
 Überschiebung  
 Lias

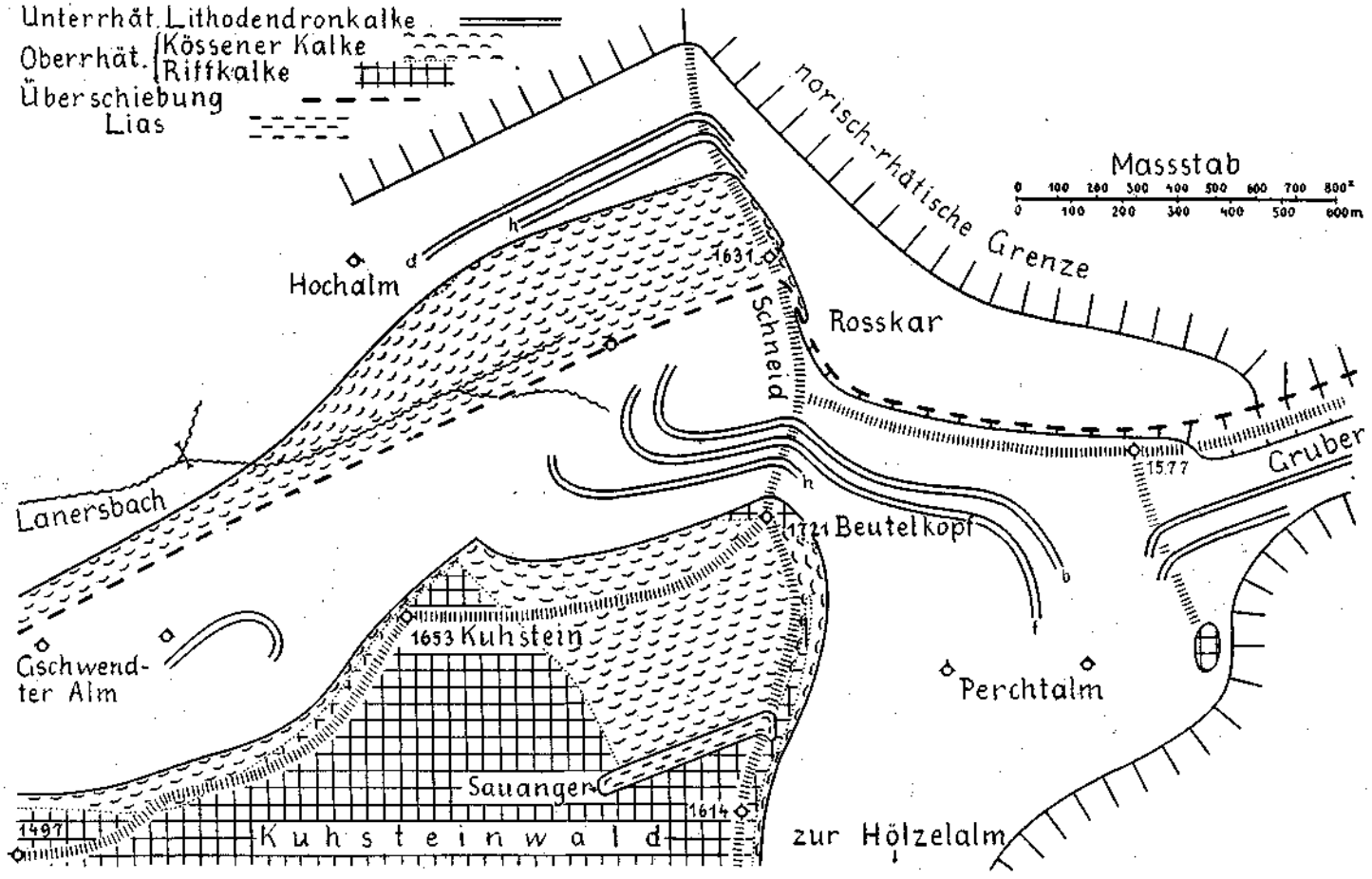
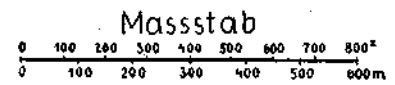


Abb. 1. Kartenskizze der rhätisch-liassischen Bildungen südlich des Sonntagshornes. Maßstab 1 : 13.400.

In der Signatur der Kössener Kalke zeigt die Konvexeite der Bogenstriche ins stratigraphische Hangende. Die unterrhätischen Schichten sind bis auf die Lithodendronkalkte weiß gelassen. Die Terrainanstellung mußte auf die Höhenkoten und flazwischen verlaufenden Kamm-linien (quer gestrichelt) beschränkt werden. Das kleine Riffkalkvorkommen östlich der Perchtalm ist wahrscheinlich unterrhätisch. Es ist zu beachten, daß die Knickung der geologischen Grenzlinien an den Kammlinien keine Änderung der Streichrichtung bedeutet, sondern durch die unebene Tagesoberfläche zustande kommt. Die Lithodendronkalke der unterrhätischen Schichten konnten wegen des Maßstabes nur teilweise dargestellt werden. Sie hören dort auf, wo sie in der Natur nicht mehr sichtbar, wiewohl sicher vorhanden sind.

Im großen und ganzen handelt es sich um eine Verdoppelung der rhätischen Stufe entlang einer Faltenüberschiebung (Abb. 3, *U*<sub>1</sub>). Im süd-östlichen (Hangend-)Flügel dieser Überschiebung sind die Kössener Kalke zum Teil faziell durch weißen Riffkalk vertreten. An den unter-rhätischen Lithodendronkalleinlagerungen südwestlich der „Schneid“ kommt der Hangensattel der Überschiebung durch die Umbiegung im Streichen zum Ausdruck. Diese Sättel tauchen gegen SW unter den Riffkalk des Kuhsteines und kommen noch weiter gegen SW bei der Gschwender Alm wieder zum Vorschein. Jedoch sind hier die Verhältnisse viel unregelmäßiger und konnten nur stark schematisiert wieder-gegeben werden.

Weiter südlich im Hangendflügel der Faltenüberschiebung hat sich in einer parallelen Mulde mit überkipptem Südfügel ein Streifen Lias erhalten (vgl. Abb. 2). Die Fortsetzung dieser Mulde bildet wahrscheinlich die unterrhätisch-obernorische Mulde des Gruber (Abb. 6).

werden von Bivalvenschalen, darunter *Leda* cf. *Titei* Moore (auch auf *L. bavarica* Winkler beziehbar), und Bivalvenbruchstücken, Gasteropoden und Seeigelstacheln gebildet.

- b) zirka 2 m. Dickbankiger, hellgrauer, kristalliner Lithodendronkalk.
- a) zirka 60 m. Hier vollzieht sich der Übergang von den obernorischen zu den eigentlichen rhätischen Gesteinen. Es handelt sich um eine Wechsel-lagerung verschiedenartiger Mergel und Kalke. Es sind bereits dunkle Schiefermergel vorhanden, deren erste, einige Dezimeter mächtige Lage als untere Grenze der rhätischen Stufe angesehen wurde, und welche der norischen Stufe völlig fremd sind. Die dickbankigen, dunkelbräunlichgrauen, bituminösen Kalke der Plattenkalk-region kommen hier noch vor, hören aber unter Wechsellagerung mit den übrigen Gesteinstypen nach oben all-mählich auf. Besonders reichlich sind in 2—3 cm mächtigen Platten ge-schichtete, am frischen Bruch blau-graue, braun verwitternde Gesteine, welche an der Grenze zwischen Mergel und Kalk stehen. Aber auch Kalke mit ockeriger Verwitterungsfarbe und Lumachellen mit *Modiola minuta* Goldf. trifft man schon.

Liegendes: Norische Stufe. In einiger Entfernung unter der rhätisch-norischen Grenze stellen sich, mit den Plattenkalk-bänken wechsellagernd, Dolomite ein, die nach unten überhandnehmend den Über-gang zum Hauptdolomit vermitteln.

Im vorstehenden Profil wird als Grenze zwischen rhätischer Stufe und Lias eine Faziesgrenze (Riffkalk — bunte Kalke *m*) angesehen. Es darf nicht außer Acht gelassen werden, daß paläontologische Anhaltspunkte für diese Grenze nicht gegeben sind und daher neue Fossilfunde Überraschungen bringen können. Paläontologisch ist lediglich sichergestellt, daß die Brachiopodenkalke *o* bereits in den Lias gehören. Auf Grund der bisher

bestimmten wenigen Arten, unter welchen noch dazu die stark mutierenden Rhynchonellen vorwiegen, wage ich nicht zu entscheiden, ob es sich hier um unteren oder mittleren Lias handelt. Am wahrscheinlichsten scheint mir Lias  $\beta$ , also Hierlatzfazies im engeren Sinn.

Die rhätischen Fossilien im Profile, für welche keine besonderen Fundorte angegeben werden, beziehen sich auf die im nachfolgenden bezeichneten Örtlichkeiten, aus welchen das Profil zusammengestellt wurde.

Die Suess'sche Faziesfolge am Osterhorn ist auch hier in großen Zügen gewahrt. Aber schwäbische und karpathische Fazies lassen sich nicht recht trennen. Allerdings ist in *a* nur eine schwäbische Bivalve: *Modiola minuta* Goldf., bekannt und erst weiter oben in *c*, *d* treten die karpathische *Terebratula gregaria* Suess und *Plicatula intusstriata* Emm. auf. Da jedoch in *e*—*i* die karpathischen Formen nicht nachgewiesen sind, hat man eigentlich kein Recht, *c*—*i* zur Gänze in die karpathische Fazies zu stellen. Vielleicht ist dieser Unterschied gegen Fonsjoch und Steinplatte mehr in den Aufsammlungen bedingt. Gut entspricht wieder der Faziesfolge am Osterhorn das Auftreten der Kössener Form *Rhynchonella fissicostata* Suess in *i* über den schwäbisch-karpathischen Formen.

Die norisch-rhätisch-liassischen Schichten des Gebietes sind besonders in zwei großen Aufschlüssen gut überblickbar. Beide verlaufen in N-S-Richtung, nahezu auf demselben Meridian. Der eine (Profil Abb. 2) beginnt mit den Steilwänden westlich der Hölzelalm und setzt sich westlich bei der Perchtalm vorbei bis zu dem Rücken fort, der nördlich des Beutelkopfes Kote 1721 nach O zieht und gleichzeitig die Südwand des Roßkars bildet. Nördlich dieses Rückens sind in der Verlängerung des ersterwähnten Profils die norisch-rhätischen Schichten in der Westwand des Roßkars neuerdings schön aufgeschlossen, Profil Abb. 3. Die beiden in den Abb. 2 und 3 dargestellten Aufschlüsse werden hinfort einfach als Perchtalm- bzw. Roßkarprofil bezeichnet.

*m* bildet den Kern der tektonischen Mulde des Perchtalmprofils an dem Steige, der von der Perchtalm in den Kuhsteinwald führt, vgl. Abb. 2: Lias. *n* ist in der Terrainmulde von der höchsten Stelle dieses Steiges nach SW hinab zu einem kleinen Rasenfleck, dem sogenannten Sauanger, zu sehen, und unmittelbar vor diesem Rasenfleck als Hangendes auch *o* (vgl. Abb. 1).

*l*—*j* bezieht sich im Perchtalmprofil auf die Stelle, wo die Wand unmittelbar südlich vom Beutelkopf Kote 1721 verhältnismäßig leicht ersteigbar ist, vgl. Abb. 2. Da *l* gegen S hinab ins Liegende der Liasmulde nur mit kleinen tektonischen Unterbrechungen verfolgbar ist, erscheint seine Mächtigkeitssziffer (zirka 8 *m*) mit einiger Unsicherheit behaftet. Ungefähr an der Grenze zwischen *k* und *l* ist gegen S hinab zu dem Steige, der von der Hölzelalm in den Kuhsteinwald führt, eine Schichtfläche weithin entblößt.

Die Grenze zwischen *j* und *i* ist im Roßkarprofil als Gegensatz zwischen den wandbildenden Kössener Kalken der oberen rhätischen Stufe und den unterlagernden mergelreichen Schichten leicht wiedererkennbar. Ich betrachte sie als Grenze zwischen dem oberen und

unteren Teil der rhätischen Stufe. Der untere Teil ist im Roßkar besser aufgeschlossen, weshalb sich  $i-a$  und das Liegende im vorstehenden Profil auf das Roßkarprofil (vgl. Abb. 3), allerdings mit Ergänzungen aus dessen unmittelbarer Fortsetzung über die Roßkarschneid zur Hochalm hinab und aus den tektonisch abgetrennten, unterrhätischen Schichten des Perchtalprofils im Liegenden des Beutelkopfes bezieht. Fossilfunde außerhalb der Ausgangsteile des vorstehenden Profils sind unter Angabe der Örtlichkeit angeführt.

Die einzelnen Teile des Profils sollen nun soweit als möglich durch das Untersuchungsgebiet verfolgt werden.

In der norischen Stufe, unter der auf die erwähnte Art angenommenen rhätisch-norischen Grenze, vollzieht sich der von Hahn (10) S. 334, 335 beschriebene Fazieswechsel von der bayrischen Fazies zur Übergangsfazies (in die Berchtesgadener Fazies). Die Schichten des Liegenden in Profil 13, im nördlichen Teile des Roßkars im Liegendflügel der Roßkarüberschiebung, gehören durch die bräunlichgrauen, bituminösen Bänke des Plattenkalkes, welche auch noch in  $a$  erscheinen und nach unten in den ähnlich gefärbten bituminösen Hauptdolomit übergehen, der bayrischen Fazies an. In den untersten rhätischen und obernorischen Schichten des Hangendflügels der Roßkarüberschiebung im südlichen Teile des Roßkars und Nordende des Perchtalprofils sind sie durch die hellgelblichgrauen, dichten bis feinkristallinen, dickbankigen Kalke der Übergangsfazies ersetzt, welche mit den Mergeln und Kalken der entsprechenden Region des Roßkarnordendes gleichenden Gesteinen, wie dort der Plattenkalk, wechsellagern und nach unten allmählich durch den meist ähnlich gefärbten, nicht bituminösen Dolomit der Übergangsfazies ersetzt werden. Das Auftreten dieser Kalke in mächtigen Bänken und das Aussehen auf frischem Bruche macht sie makroskopisch fast ununterscheidbar von den Einlagerungen von Lithodendronkalken, die weiter aufwärts in der rhätischen Stufe ihre Rolle übernehmen. Jedoch fehlt ihnen zum Unterschied von den letzteren die Lithodendronstruktur. Tiefer hinab in der Grenzregion zwischen Kalk und Dolomit dieser Übergangsfazies zur Berchtesgadener Fazies nach Hahn kommen auch rein weiße Dolomite, auf frischem Bruche helle Bänderdolomite, dolomitische und nicht dolomitische Bänderkalke vor, in der Nähe der rhätisch-norischen Grenze am Wetterkreuz endlich Bänke grauen Kalkes mit massenhaften, kaum zentimetergroßen, von weißem Kalkspat ausgefüllten Megalodonten. Diese Übergangsfazies entwickelt sich im Liegenden der rhätischen Schichten des Roßkarprofils aus der bayerischen Fazies des Nordendes dieses Profils. Die durch das Roßkar streichenden, Abb. 3 dargestellten Faltenüberschiebungen haben wegen der damit verbundenen Verkürzung gewiß auch eine Verschärfung des faziellen Gegensatzes zwischen Nord- und Südende des Profils in der norischen Stufe mit bedingt. Wenigstens die südlichere der beiden, die eigentliche Roßkarüberschiebung, reicht sicher bis in die norische Stufe. Die Übergangsfazies Hahns bildet dann das Liegende der rhätischen Stufe über das Wetterkreuz zur Hölzelalm hinab.

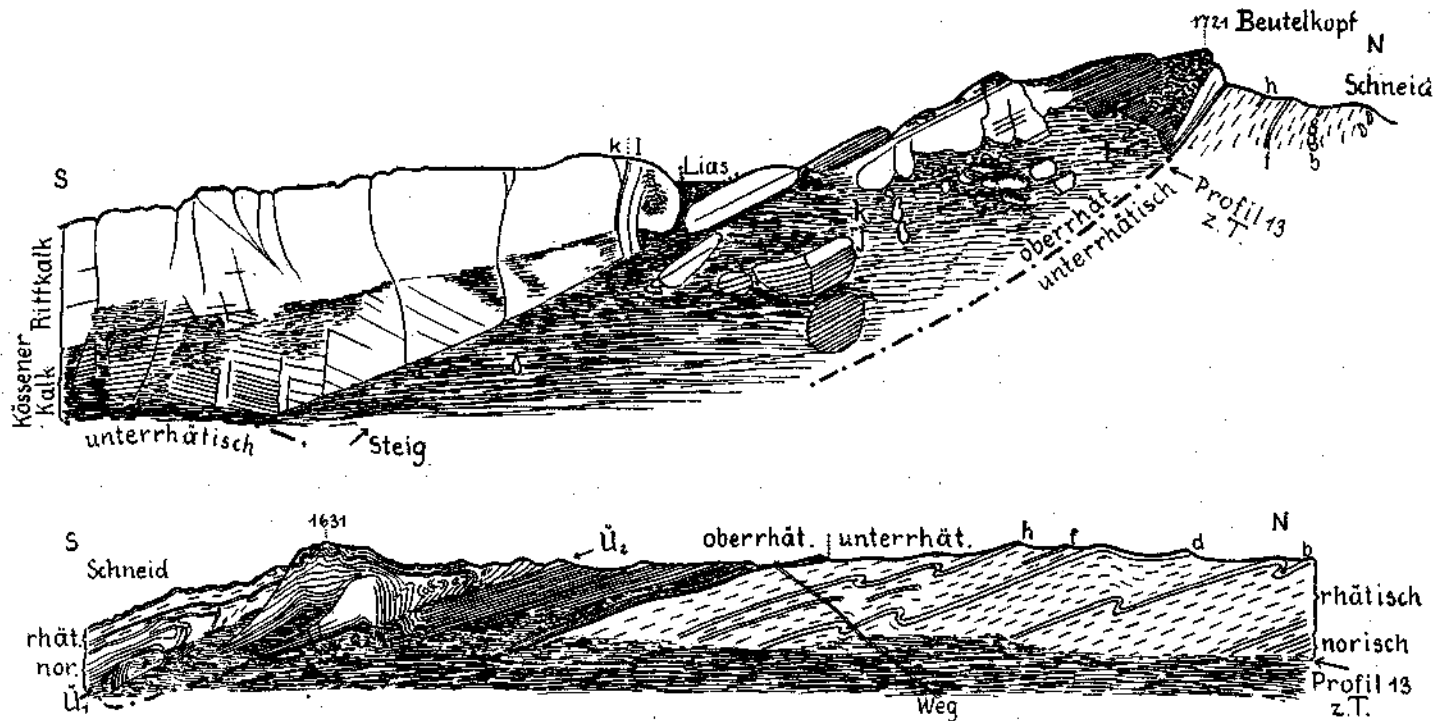


Abb. 2 und 3. Beide Profile verlaufen ungefähr in N-S-Richtung. Größtenteils wurden sie von einem gegenüberliegenden Aussichtspunkte aus mit einem Breithaupt'schen Kompaß mit Spiegelvisur ausgemessen und in ein Netz gezeichnet, wobei möglichst wenig schematisiert wurde. Nur die unterrhätischen Teile wurden schematisch (Strichel in der Fallrichtung, Lithodendronkalk-Doppellinien) beigelegt.

Abb. 2. Große Aufschlüsse westlich der Perchtalm. Auf eine unbedeutende Aufsattlung im S folgt nach N eine überkippte Mulde mit Liaskern (Abb. 1), unter welcher der oberrhätische Riffkalk im S faziell in Kössener Kalk im N übergeht. Die tektonische Mulde hat sich aus einem konkaven Riffhange gebildet. Eine große Riffkalklinse, z. T. abgetragen, bildet den Beutelkopf Kote 1721, mehrere kleinere liegen, —ähnlich den Cipittalken in Südtirol, in den Kössener Kalken unmittelbar südlich davon.



Abb. 3. Westwand des Roßkars, die unterrhätischen Schichten von einem weiter nördlich gelegenen Aussichtspunkte beigefügt. Die oberrhätischen Schichten sind hier durch die Fazies der Kössener Kalke vertreten. Auf eine Faltenüberschiebung (Roßkardüberschiebung  $U_1$ ) im S (vgl. auch Abb. 1) folgt etwas weiter nördlich nochmals eine Faltenüberschiebung  $U_2$ , welche die Nordböschung der großen Rifffalklinse an der Basis der oberrhätischen Kössener Kalke unter Kote 1631 in Mitleidenschaft zieht. Die unterrhätischen Lithodendronkalke weiter nördlich zeigen ganz analoge Störungen kleineren Ausmaßes.

Die Schichten  $d-i$  des Roßkarprofils lassen sich über die „Schneid“ gegen die Hochalm hinab im einzelnen verfolgen. Am unteren Rande des linken (Südost-)Hanges der etwas bewaldeten Furche, welche die mattenbedeckten Westhänge des Beutelkopfes Kote 1721 und der Roßkarschneid von dem Hang des Sonntagshornes trennt (vgl. Abb. 1), sind die Lithodendronkalke  $d$  am weitesten gegen SW. erkennbar, in höheren Teilen des Hanges auch  $f$  und  $h$ . Wenige hundert Schritte oberhalb der Hochalm sind noch  $d, e, f, g, h$  übereinander aufgeschlossen. Hier sind anstehend und im Schutt zahlreiche Versteinerungen, besonders in Lumachellen zu finden (vgl. Prof. 13, S. 95). Obwohl im einzelnen nicht weiter verfolgbar, ist der untere Teil der rhätischen Stufe noch bei unveränderter Ausbildungsweise in dem Wasserriße aufgeschlossen, der, vom Beutelkopfwesthange kommend, von dem Karrenweg Unken—Hochalm durch eine Holzbrücke überquert wird.

Für den Vergleich der tektonisch von denen des Roßkars abgetrennten unterrhätischen Schichten am Nordende des Perchtalmprofils stehen zwar keine paläontologischen Anhaltspunkte zur Verfügung, aber Mächtigkeitsziffern und die Regelmäßigkeit der Lithodendronkalkeimlagerungen gewähren auf diese kleine Entfernung genügend Anhaltspunkte für die in Prof. 13 und in den Abb. 1—3 durch Buchstabenbenennung vertretene Auffassung. Die kleinen Serpentinien des Steiges Perchtalm—Roßkarschneid unmittelbar vor Erreichung des Kammes liegen in  $c$ , worin hier wieder Lumachellen zu finden sind, unmittelbar rechts davon (Abb. 2) kommt  $b$  zutage.

Die oberrhätischen Schichten des Perchtalmprofils, Prof. 13,  $j-l$ , wiederum sind im Roßkar durch die Deutlichkeit des Gegensatzes dieser wandbildenden Kalke und der mergelreichen unterrhätischen Schichten sofort wiedererkennbar, Abb. 3. Da Lias hier nicht erhalten ist, weiß man allerdings nicht genau, wie weit die Kalke hinaufreichen, viel kann aber wegen ihrer Mächtigkeit nicht fehlen. Wie am Nordende des Perchtalmprofils ist der obere Teil der rhätischen Stufe bis auf lokale Rifffalklinsen hier ausschließlich durch die Fazies der Kössener Kalke vertreten. Die unteren 5  $m$  sind infolge gelb verwitternder mergeliger Fasern nicht durchgehend geschichtete Knollenkalke, höher hinauf sind gut geschichtete grobknollige Kalke mit einzelnen etwas mächtigeren (bis 0.5  $m$ ) Schiefermergelzwischenlagen vorhanden. Von der Roßkarschneid gegen WSW bilden diese den Nordwesthang der sich nach unten verengernden wiesenreichen Mulde, in deren Mitte eine Sennhütte steht. Bei dieser Hütte beginnend ist auch noch ein kleiner Teil des Südosthanges der Mulde von diesen Kalken gebildet. (Vgl. Abb. 1, die Sohle der Mulde ist durch den Wasserriß kenntlich.)

Oberhalb der Hochalm treten sie an die vom Nordende der Schneid zu dieser Alm hinabführenden Furche heran und bilden dann den oberen Teil des Hanges, der sich von hier nach SW fortsetzt. Aufgeschlossen sind sie am Touristensteig von der Hochalm gegen den Beutelkopf mit ihrem unteren Teile — in ihren höheren Teilen in den Wasserrissen unter der Sennhütte am Westhange des Beutelkopfes. Ein letztes Mal endlich ist die ganze Gesteinsfolge der Kössener Kalke bei unverändertem Aussehen am Karrenwege Unken—Hochalm zwischen der vorerwähnten Holzbrücke und der Gschwendter Alm zu sehen (Abb. 4).

## 2. Kleine Riffbildungen, vergleichbar den Cipitkalken.

In der ganzen rhätischen Stufe des Gebietes sind riffartige, nach Schema Abb. 4, S. 45, I. Teil, gebaute Linsen häufig. Im unteren Teil gehört hieher schon die Erscheinung, daß die als Lithodendronkalke bezeichneten Einlagerungen nicht überall die Korallenstengel führen. Für *h* z. B. liegt eine Stelle mit reichlichem Korallenwachstum in dem S. 101 erwähnten Aufschluß, einige hundert Schritt nordöstlich der Hochalm (Störungen S. 111), während anderwärts die Korallen darin vielfach fehlen. Vollkommen dem Schema entsprechen jene Örtlichkeiten, wo neben Korallenführung Zunahme der Mächtigkeit und Hellerwerden der Farbe beobachtet werden kann. Damit nähert sich das Gestein der Fazies des weißen Riffkalks. Solche Anschwellungen liegen am Nordende des Perchtalmprofils in *d* und *f* gerade am Kamm, in *h* etwas tiefer unten. Diejenigen Anschwellungen, welche in der Fortsetzung von *f* gegen SO liegen, sind petrographisch kaum vom weißen Riffkalk verschieden. Das kleine, bereits von Hahn (10) kartierte Riffkalkvorkommen am Westrande der Wetterkreuzhochfläche ist ebenso zu erklären und gehört vielleicht *b* an. Im oberen Teil der rhätischen Stufe sind solche kleine Riffe besonders häufig in *j*, Prof. 13, unter dem Beutelkopf. Sie gehen sämtlich aus einer oder wenigen, wenige Dezimeter mächtigen Bänken des dunkelblaugrauen, bituminösen Kalkes hervor. Das Gestein wird lichter und nicht bituminös, bisweilen, wie in 2 (siehe unten), ist es völlig dicht und muschelrig brechend wie Hallstätter Kalk, nur ausnahmsweise, wie in 4, führt es Korallenstengel, häufig jedoch Krinoidenstielglieder. Es müssen also andere Organismen als Korallen Anlaß zur Riffbildung gegeben haben, vgl. S. 49, I. Teil. An der Basis der kleinen Riffe kommen gelb verwitternde Knollenkalke wie an der Steinplatte, Teil I, S. 11, 49, vor. Wenn man die kleinen Riffe nach ihrer stratigraphischen Lage von unten nach oben beziffert, sind die Verhältnisse der Länge zur Dicke in Metern ungefähr folgende: 1: 1 × 3, 2: 3 × 7, 3: 3 × 6, 5: 3 × 10, 6: 2 × 5. 1—3 liegen dicht beisammen, 4 liegt orographisch in gleicher Höhe weiter links und schaut nur teilweise aus dem Rasen. Stratigraphisch gelten die Abstände: unterer Rand von *j*—17 *m* — 2. Riff — 14 *m* — 5. Riff — 8 *m* — 6. Riff — 18 *m* — 7. Riff. 7 ist bedeutend größer als alle anderen und schwer erreichbar. Von weitem sichtbar und in Abb. 2 übertrieben groß dargestellt sind 2, 4, 5, 7. Auf diese Häufung kleiner Riffe habe ich bereits in Teil I, S. 49, hingewiesen und auf die Ähnlichkeit mit den Cipitkalken Richthofens in Südtirol aufmerksam gemacht.

Besonders häufig schwellen die untersten Bänke von *j* zu riffartigen Linsen an, welche größere Ausmaße erlangen als die vorerwähnten. Nach den Erwägungen S. 45, I. Teil, können sie Korallenstengel führen. Dies ist auch wirklich der Fall. Die Nordhälfte des Beutelkopfes ist nichts anderes als eine aus den untersten Bänken von *j* hervorgehende, in die Luft ragende solche Linse, deren nördlicher Teil abgetragen ist. An der Basis liegen wieder gelb verwitternde mergelige Knollenkalke und im Kern, nach Blöcken zu urteilen, hellgraue Lithodendronkalke. Demselben Horizont gehört im Hangendflügel der Roßkarüberschiebung die zirka  $5 \times 10$  m große Linse in den aus dem unteren Teile des Riffkalkes des Kuhsteines hervorgehenden Kössener Kalken östlich der Gschwendter Alm an (Auf Abb. 1 nicht angedeutet, vgl. Abb. 4) — im Liegendflügel das weit größere Riff des Roßkarprofils, Abb. 3, mit den S. 110 beschriebenen tektonischen Erscheinungen. Im Zusammenhang mit den zahlreichen Riffen dieses Horizontes steht wohl die Ausbildung der unteren 5 m von *j* im Roßkar als gelbverwitternde Knollenkalke, wie sie anderwärts an der Basis der Riffe auftreten. Endlich gehören hieher die massigen hellgrauen Lithodendronkalke, welche sich aus den Kössener Kalken rechts unterhalb des Touristensteiges von der Hochalm zum Beutelkopf entwickeln, wo derselbe den waldigen Hang östlich des Schutzhauses beinahe erklommen hat. Noch weiter gegen SW ist nichts mehr von Lithodendronkalken in diesem Horizont zu sehen.

### 3. Fazieswechsel zum weißen Riffkalk und Beschreibung des letzteren.

Nur dem Ausmaße nach aber nicht im Wesen von diesen kleinen Faziesänderungen verschieden ist der Fazieswechsel, welcher die Kössener Kalke, Prof. 13, *j-l*, südlich unter dem Beutelkopf Kote 1721, in ihrer Fortsetzung nach S ergreift. (Immer verglichen Abb. 2!) Ob die riffkalkartigen Bänke in *k* schon den endgültigen Übergang zum weißen Riffkalk bedeuten oder ob es sich zunächst um eine Linse wie oben beschrieben handelt, ist wegen kleiner Störungen nicht sicher zu entscheiden. Jedenfalls vollzieht sich im großen und ganzen in *k* nach S der Fazieswechsel durch Verlust der Schichtung, Hellerwerden des Gesteins und wohl auch Mächtigkeitszuwachs, während nach N, wo der Anschluß bald zu Ende ist, eine Annäherung an die Kössener Kalke stattfindet, so daß man annehmen kann, daß, abgesehen von Sonderriffen, die Riffkalkfazies nach N kaum über das Perchtalmprofil hinausreicht. Die Grenze zwischen *k* und *l* bildet südlich des Prof. 13 eine weithin entblözte,  $43^\circ$  ungefähr S fallende, knollige Schichtfläche (vgl. auch S. 106), auf welcher eigentümliche Problematica vorkommen, nämlich flache Wülste, zirka 3 cm breit, z. T. S-förmig gewunden, von etwas abweichender Gesteinsbeschaffenheit als die Umgebung. *l*, welches schon weiter nördlich in Prof. 13 riffkalkartige Bänke führt, wird über dieser Schichtfläche immer mächtiger und dickbankiger. Südlich des Steiges Perchtalm—Kuhsteinwald, welcher die Wand in einem Rasenstreifen erklimmt, ist die erwähnte Schichtfläche wohl durch die klaffende, fast saigere, etwas überkippte,  $86^\circ$  S fallende Schichtfuge (Abb. 2) fortgesetzt, deren stratigraphisch Hangendes

als Äquivalent von *l* einen weiteren Fortschritt des Fazieswechsels gegen den weißen Riffkalk hin dartut. Hahn (10), Fig. 16, S. 409, deutet diese Schichtfuge als Bruch, aber die Beschaffenheit der sie begrenzenden Flächen läßt keinen Zweifel über ihre Natur zu. *l* bildet also hier eine Mulde mit  $43^\circ$  S fallendem Nordschenkel und etwas überkipptem Südschenkel bei gleichzeitig fortschreitendem Fazieswechsel. Im Kern dieser Mulde liegt, ebenfalls als Mulde mit flachem Nord- und saigerem Südschenkel, Lias *m*, Prof. 13, auf 10 m N-S-Erstreckung aufgeschlossen. Unter *l* folgt südlich des vom Steig benützten Rasenstreifens hellgrauer, feinkristalliner Kalk, der nach unten hie und da Schichtenfugen zeigt und *k*, Prof. 13, entsprechen muß. Unterhalb des Nordschenkels von *l* kommt *j* als zirka 50 m mächtige, grobknollige, dunkelgraue Kalke zum Vorschein, welche sich gegen oben durch massigere Bankung in ihrer Ausbildung *k* nähern. Auch südlich des Rasenstreifens kommen unter *k* ohne scharfe Grenze dunklere, knollige Kalke zum Vorschein, welche zunächst einen flachen Sattel bilden und dann weiter südlich unter dem wandbildenden Riffkalk wiederholt auftauchen. In der Aufsattelung sind riffartige Linsen sichtbar.

Der Fazieswechsel vollzieht sich also von N nach S zuerst in *k*, dann unter der Liasmulde in *l*, und von *j* gliedern sich vielleicht erst noch weiter südlich Teile der zusammenhängenden Riffkalkmasse an.

Nach den Blöcken zu urteilen, welche die Terrainmulde südwestlich der Perchtalm bedecken, ist in den Riffkalcken des Perchtalmprofils südlich des Rasenstreifens mit dem Steige Hölzelalm—Kuhsteinwald Lithodendronstruktur allgemein verbreitet, nicht zu beobachten jedoch ist sie in den, der ehemaligen Riffböschung angehörigen Kalcken nördlich dieses Steiges, obwohl diese, wie bereits auseinandergesetzt, in den Abschnitten *k* und *l* z. T. sonst völlig riffkalkartig beschaffen sein können.

Auch die hausgroßen Blöcke von Riffkalk am Wege unweit südlich der östlichen der beiden Perchtalmhütten, die Hahn (10) auf seiner Karte als autochthon darstellt, bieten keinen Anhaltspunkt für die Auffassung dieses Forschers. Am ehestens erklärt sich ihre große Entfernung von den Riffkalkwänden des Perchtalmprofils und ihre Lage jenseits der Sohle der dies Profil im O begleitenden Terrainmulde durch Abrutsch auf eiszeitlichem Firnschnee, welcher den Wänden des Profils gegen O angelagert war. In diesen Blöcken findet man wieder Lumachellen, wie ich sie schon aus weißem Riffkalk (I. Teil, S. 10, 11, 51) beschrieben habe, hauptsächlich ein Gemenge aus *Oxytoma inaequivalve* Sow., *Avicula contorta* Portl. und *Modiola minuta* Goldf. Untergeordnet sind auch andere Bivalven beteiligt. In anderen findet man große Montlivaltiaarten, merkwürdigerweise wieder zusammen mit *Cheilosporites tirolensis* Wähner.

Man kann die Schichten *l* von Prof. 13 an auf den berasten Hängen nach W bis zum Kuhsteinmordende verfolgen, wo sich aus ihnen wieder Riffkalk entwickelt. Sie biegen dabei aus O-W-Richtung in  $334^\circ$  NW (Fallen  $25^\circ$  SW) auf der Kammlinie um. An den Wänden und Steilhängen, welche die oberrhätischen Riffkalke des Kuhsteinwaldes nach NW gegen das Wiesengelände der Gschwendter und Hochalm begrenzen, ist, wenn auch nicht übersichtlich aufgeschlossen wie im

Perchtalprofil, ein zweifacher Fazieswechsel zu beobachten. Vgl. die schematische Abb. 4, u. zw. den Teil oberhalb der Roßkarüberschiebung  $\bar{U}_1$ . Am Nordostende des Profils entsteht aus den oberen Teilen der Kössener Kalke des Hangendflügels der Überschiebung auf dieselbe Art, wie an der Steinplatte bei Waidring und wie im Schema Abb. 4, S. 45, I. Teil, dargestellt, Riffkalk, zunächst frei von Korallen, dann, nach abgestürzten Blöcken zu urteilen, mit Lithodendronkalken im Kern. Die untere Partie des Riffkalkes verfällt weiter gegen SW wiederum dem Fazieswechsel zum Kössener Kalk, welcher an dem Steige von der Gschwendter Alm in den Kuhsteinwald nur von zirka 23 m hellgrauen, nur im obersten Teil riffkalkähnlicheren Kalken überlagert wird. Nach einer Störungszone gliedern

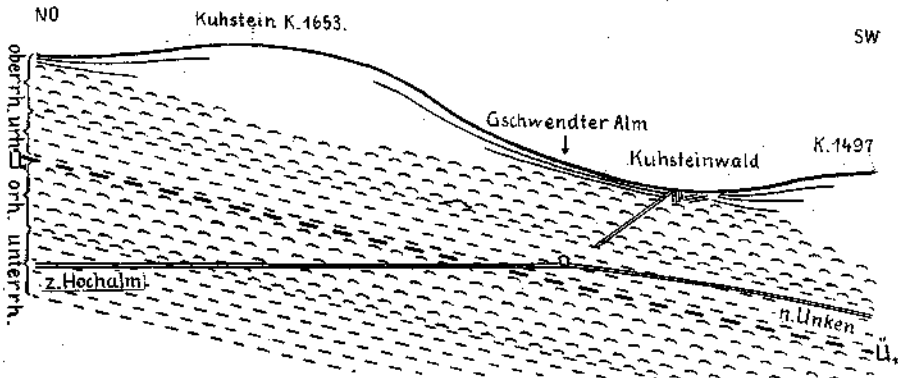


Abb. 4. Schematische Darstellung des gegen NW gerichteten Hanges zwischen Kuhstein Kote 1653 und Kote 1497. Verdoppelung der rhätischen Stufe durch die Roßkarüberschiebung  $\bar{U}_1$ , im Hangendflügel wiederholter Fazieswechsel zwischen dem oberen Teil der Kössener Kalke und weißem Riffkalk. Die Wand des Kuhsteines Kote 1653 bildet einen Querschnitt durch den nach NW vorgestreckten Lappen des oberrhätischen Riffkalkes des Kuhsteinwaldes (siehe Kartenskizze Abb. 1 samt Beschreibung). Wo der Steig von der Gschwendter Alm in den Kuhsteinwald die obere Grenzlinie des Hanges erreicht, kleine, nicht sicher deutbare Störungen.

Riffkalk weiß, gebankter Riffkalk mit Schichtlinien, Kössener Kalk = gebogene Strichel, unterrhätische Schichten = gerade Strichel, Roßkarüberschiebung  $\bar{U}_1$  = dick gestrichelt.

sich gegen SW wieder tiefere Teile der Kössener Kalke dem hangenden Riffkalke an und bei Kote 1491 ist über Kössener Kalken wieder mächtiger Riffkalk, wie am Südende des Perchtalprofils, vorhanden.

Die S. 106 erwähnte, vom Perchtalprofil zum Sauanger sich erstreckende Liasmulde (Abb. 1) bildet die Grenze zwischen riffkalkartigen Gesteinen im SO und mehr grauen, tonigeren Kalken im NW. Vom Sauanger gegen den Kuhsteingipfel hinansteigend bleibt man ständig im Blockwerk von weißem Korallenkalk. Die Grenze gegen die Übergangsgesteine zum Kössener Kalk wird im O von einer SSO—NNW verlaufenden Furche begleitet. Im Zusammenhang mit dem oben beschriebenen Fazieswechsel auf der Nordwestseite des Kuhsteines ergibt sich, daß der Kuhstein einen nach N in die Fazies der Kössener Kalke vorgestreckten Lappen der Riffkalkmasse des Kuhsteinwaldes darstellt.

#### 4. Beschreibung der tektonischen Erscheinungen.

Wie erwähnt, haben die norisch-rhätischen Schichten südlich des Sonntagshornes ein ziemlich steiles, im allgemeinen nach S gerichtetes Fallen. Im einzelnen wechseln Streichrichtung und Neigungswinkel um ziemliche Beträge, auch dort, wo es sich nicht um die im nachfolgenden geschilderten Verwicklungen handelt. Die Mittelwerte des in Abb. 1 dargestellten Gebietes sind ungefähr  $70^\circ$  für das Streichen und  $40^\circ$  für den Fallwinkel.

Von der erwähnten Streichrichtung weicht das Südende des Perchtalmprofils und dessen Umgebung beträchtlich ab. Gemessen wurde unweit des Südendes des Profils, oberhalb der Hölzelalm, noch in der norischen Stufe,  $160^\circ$  Streichen,  $15^\circ$  SW Fallwinkel, und am Steige, welcher vom Vordergföll über die Wand in den Kuhsteinwald führt, auf der Höhe der Wand,  $138^\circ$  bzw.  $27^\circ$  SW. Die Werte am Südende des Perchtalmprofils im Kössener Kalk von  $150^\circ$  bzw.  $30^\circ$  SW und der etwas weiter gegen N von  $190^\circ$  bzw.  $35^\circ$  W erklären die flache Aufsattelung dieses Teiles des Profils durch eine unbedeutende Änderung der Streichrichtung. Die hier durchsetzenden, nach NO streichenden saigeren Klüfte wurden bereits von Hahn beachtet. Die auffallendste quert im Profil gerade den First des erwähnten Sattels, ist mit horizontalen Hohlkehlen bedeckt und setzt sich weit in den Kuhsteinwald hinein als tiefe Schlucht fort. Weiter südlich im Perchtalmprofil durchstreichende Klüfte kommen an den Wänden oberhalb des Vordergfölls über dem Wege, welcher von der Hölzelalm ins Heutal führt, wieder zum Vorschein. An dem obenerwähnten Steige vom Vordergföll in den Kuhsteinwald bildet eine solche saigere,  $45^\circ$  streichende, mit horizontalen Rutschstreifen bedeckte Kluft die Grenze zwischen Riffkalk (Streichen auf der Höhe der Wand  $138^\circ$ , Fallwinkel  $27^\circ$  SW) und  $75^\circ$  streichenden, unter  $64^\circ$  nach SO fallenden roten liassischen Knollenkalken, welche entsprechende Schlepplungserscheinungen zeigen. Hier handelt es sich also um eine Blattverschiebung quer durch geneigte Schichten, wenn man das Streichen und Fallen des Riffkalkes in Betracht zieht. Der SO-Flügel ist nach NO geschoben, das veränderte Streichen und Fallen des Lias vielleicht schon Schlepplung. Ob die Grenze zwischen Riffkalk und jüngeren Schichten an diesen Südostwänden des Kuhsteinwaldes durchaus so zu erklären ist oder ob außerdem Senkung des südöstlichen Gebirgsstückes beteiligt ist (Saalachwestbruch Hahns [10], S. 640, 660, 661), kann von dieser Lokalbeobachtung aus nicht entschieden werden.

In den oberen Teilen des Riffkalkes folgt nördlich des erwähnten Sattels im Perchtalmprofil eine Mulde mit saigerem, etwas überkipptem Süd- und flacherem Nordflügel (Abb. 1, 2). Der liassische Kern in dieser Mulde streicht im Kuhsteinwald unter  $248^\circ$  nach SW, vgl. S. 98. Hinter dem Sauanger hört der Lias, weil das Terrain steiler fällt als die Muldenachse, auf und auch im Riffkalk ist bald nichts mehr von muldenförmigem Bau erkennbar. Die überkippte, unterrhätische und obernorische Mulde des Gruber (Ensmannalm vgl. S. 111) liegt genau in der streichenden Fortsetzung dieser Riffkalk-Liasmulde gegen NO. Der Zusammenhang dieser beiden Mulden ist daher wahrscheinlich, obwohl wegen der unterbrechenden Schuttverhüllung nicht direkt verfolgbar.

Die liasführende Mulde des Perchtalprofilis hat sich, wie unten näher ausgeführt werden wird, aus dem Konkavhange der Riffböschung des im Kuhsteinwalde verbreiteten Riffkalkes entwickelt. Die kleinen S. 102 beschriebenen Riffe in *j*, Prof. 13, bieten hiezu gewisse Analogien. Bei sämtlichen ist das nach oben gerichtete, nördliche Ende durch kleine Störungen von der heteropischen Fortsetzung losgetrennt und der Zusammenhang undeutlich. Am auffallendsten ist die Ähnlichkeit bei Riffkalklinse Nr. 6, S. 102.

Weit bedeutendere Störungen als die bisher beschriebenen bietet das Roßkarprofil (Abb. 3). Die Südwand des Roßkars verläuft im Streichen der Schichten, daher scheint die Lagerung aus einiger Entfernung horizontal.

Aus dem Steinbachtal ins Roßkar kommend, erkennt man bei einiger Kenntnis des Aussehens der norischen und rhätischen Gesteine auf den ersten Blick, daß die Südwand aus einem anderen Gestein besteht als die Westwand. Die Grenze liegt unmittelbar S. Kote 1613, in der Westwand, dicht an der Umbiegung zur Südwand. Die oberrhätischen Kössener Kalke der Westwand tauchen unter die obernorisch-unterrhätischen Gesteine der Südwand und werden eine Strecke weit von diesen entlang einer ziemlich steilen Grenze überlagert. Es kann sich also nur um eine Überschiebung handeln. Ganz unten bei  $\bar{U}_1$ , Abb. 3, bilden Schichtenflächen von  $140^\circ$  streichenden Kössener Kalken den Steilhang. Die vorspringende Klippe etwas weiter rechts wird von saigeren,  $80^\circ$  streichenden Kössener Kalken gebildet. Wahrscheinlich handelt es sich in beiden Fällen um Schleppung an der Überschiebung, wobei allerdings die Richtung von  $140^\circ$  der ersterwähnten Kalke eine lokale Unregelmäßigkeit darstellt. Alles, was rechts über diesen Kalken zweifelhaften Zusammenhanges an oberrhätischen Gesteinen folgt, setzt sich direkt in das obere Drittel der Kössener Kalke der Westwand weiter nördlich fort, gehört also, wenn man die Störung als Faltenüberschiebung ansieht, nicht dem Mittelschenkel, sondern dem Liegendschenkel an. Deutliche, bis zur Überkippung gesteigerte Schleppung ist dagegen in den obernorischen Kalken des Hangendflügels, rechts oberhalb der erwähnten saiger stehenden Kössener Kalke, zu sehen. Während die obernorischen Kalke und Dolomite weiter unten ohne Lageänderung unter dem Rasen verschwinden, ist die Umbiegung hier im mittleren Drittel der Wandhöhe deutlich. Die gebogenen Schichtenflächen der obernorischen Kalke sind von nahezu horizontalen, SW gerichteten Hohlkehlen oder Streckungsfalten bedeckt. Nach rechts folgen aus höheren ebensolchen Kalken hervorgegangene, im Profil zweispitzige, metergroße Quetschlinge, hierauf ebenfalls laminierte dunkle Kalke und Lumachellen, welche auch die großen Quetschlinge umfließen. Sie sind, weil ursprünglich knollig oder dünner geschichtet, zu kleineren, nur dezimetergroßen Quetschlingen ausgewalzt und können (besonders die Lumachellen) nur aus höherem Niveau, aus der norisch-rhätischen Grenzregion oder den unterrhätischen Schichten stammen; also ein deutlich ausgewalzter Zwischenschenkel, welchem allerdings oberrhätische Schichten fehlen und der daher direkt auf oberrhätischen Gesteinen des Liegendschenkels ruht. Eine wenig höher folgende, mehrere Meter lange, auf der schmalen Kante stehende Linse

hellgrauen Kalkes kann sehr wohl als unterrhätische Riffkalklinse aufgefaßt werden (sie ist in Abb. 3 rechts von der oberen winkelig gebogenen Bank angedeutet), ebenso dürften die steil S fallenden Schiefermergel, welche links, also im stratigraphischen Liegenden dieser Linse vorhanden sind und sich weit den Hang hinauf fortsetzen, aus höheren Teilen der unterrhätischen Stufe stammen. Im oberen Hangdrittel<sup>1)</sup> zeigen die nunmehr unterrhätischen Gesteine keine Schlepplung. Wie die Schiefermergel müssen hier auch die rechtsfolgenden, ebenfalls steil S fallenden Bänke hellgrauen Kalkes, von welchen die oberen deutliche Lithodendronstruktur zeigen, als zu einem überkippten Mittelschenkel gehörig aufgefaßt werden; denn ihre stratigraphischen Äquivalente sind nicht mehr in der Wand des Roßkars, sondern auf dem Rücken gegen den Beutelkopf zu zu suchen. Die erwähnten, zum Teil Korallenstengel führenden Bänke ruhen fast unmittelbar auf den obersten Kössener Kalken der Roßkarwestwand. In Abb. 3 sind sie hinter der von Kote 1631 nach links vorspringenden Nase verdeckt. Zusammenfassend ist also der Überschiebungscharakter der Störung sichergestellt, denn sie trennt ältere Schichten in ihrem Hangenden von jüngeren in ihrem Liegenden.

Auf der Westseite der Schneid liegt in der streichenden Fortsetzung der Überschiebung nach SW zunächst eine, durch Kalklösung an der Störung entstandene, kesselartige Vertiefung, welche weiter nach SW durch einen Wasserriß als Sohle einer weiten Terrainmulde fortgesetzt wird. Von der Almhütte an bilden die obersten Teile der oberrhätischen Kalke des Liegendflügels einen deutlichen kleinen Rücken am Fuße des Südosthanges dieser Mulde, so daß der Wasserriß ganz in den genannten Kalken liegt. (Vgl. Abb. 1, die Sohle des Wasserrisses ist eingezeichnet.) Die Nordwestflanke der Mulde bilden Schichtenflächen der Kössener Kalke, welche, weil im Hangsinne fallend, auf der Skizze, Abb. 1, einen unverhältnismäßig großen Raum einzunehmen scheinen. Über der Almhütte auf dem Südosthange sieht man die aus dem Rasen schauenden unterrhätischen Lithodendronkalkeinlagerungen des Hangendflügels vom Rücken nördlich des Beutelkopfes herab aus der Südwestrichtung über W—NW—N bis fast NO umschwenken. Besonders auffällig ist die mit Fichten bestandene Umschwenkung der Einlagerung *f* oberhalb der Almhütte. Die Einlagerungen bilden also durch ihre Schlepplung an der Überschiebung regelmäßige, nach NW überkippende Sättel, deren Stirnen nach SW unter die Tagesoberfläche tauchen. Ähnlich verhalten sich die oberrhätischen Kalke des Hangendflügels, die vom Beutelkopf nach SW streichen. Der erwähnte Wasserriß empfängt am Ausgange der weiten wiesenreichen Mulde von links einen Seitenarm. Dieser letztere und die gemeinsame Fortsetzung beider bis hinab zur Holzbrücke des Karrenweges Unken-Hochalm schließen fast die gesamten rhätischen Schichten des Liegendflügels nochmals auf; die oberrhätischen Schichten (Kössener Kalke) sind auch noch an dem Karrenwege zwischen der erwähnten Holzbrücke und der Gschwendter Alm zu sehen (Abb. 4, 5). Die unterrhätischen Schichten des Hangendflügels bilden unmittelbar darüber ein sehr flaches Hangstück, welches der Steig von der im vorstehenden

<sup>1)</sup> Hangendflügel.



öfter erwähnten Almhütte auf der Westseite des Beutelkopfes zur Gschwendter Alm benutzt. (Vgl. Abb. 5.) Noch höher folgen Kössener Kalke und dann oberrhätischer Riffkalk, welcher sich aus dem oberen Teil der Kössener Kalke des Beutelkopfes entwickelt hat. Die Aufschlußwände des linsenförmigen Riffkalkquerschnittes des Kuhsteines, Kote 1653, sind mit schichtenparallelen, also etwas S fallenden Hohlkehlen oder Streckungsfalten bedeckt, auch anderwärts eine Folge der Streckung an Faltenbiegungen (vgl. z. B. die norischen Sattelum biegungen im Roßkar, S. 107).

Die nordwestlichen Teile der Riffkalkzunge des Kuhsteines fallen denn auch abweichend von der Schichtenlage im Kuhsteinwald nach NW<sup>1)</sup>. Es handelt sich um die nur teilweise erhaltene Sattelum biegun g

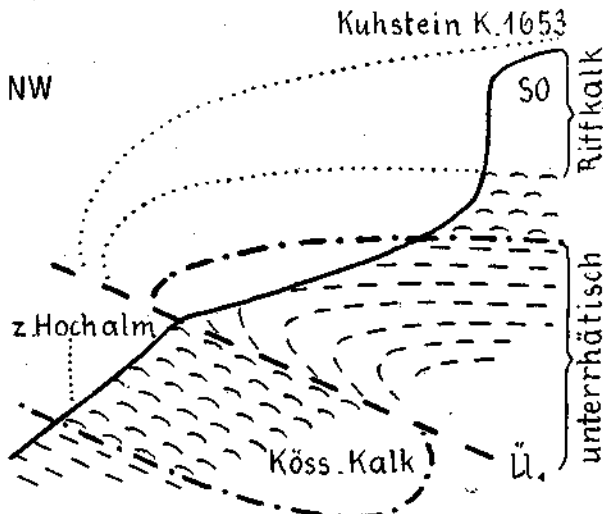


Abb. 5. Schematisches Querprofil zu Abb. 4 durch den Kuhstein Kote 1653. Signaturen wie in Abb. 4.

des Hangendflügels der Roßkarüberschiebung (oder Schleppung des Hangendflügels an der Überschiebung), vgl. Abb. 5. Auf dem Hange östlich der Gschwendter Alm kommen die unterrhätischen Lithodendronkalkeinlagerungen, ebenfalls steil aber ziemlich unregelmäßig im Hangsinne hinabgebogen, wieder zum Vorschein. Die Hütten der Gschwendter Alm liegen noch auf den flachgeböschten, unterrhätischen Schichten, in deren Liegenden am Wege zur Hochalm schon die Kössener Kalke des Liegendflügels aufgeschlossen sind. Auch die Riffkalke N Kote 1497 zeigen wieder, im Gegensatz zum Kuhsteinwald, Nordwestfallen, während bei Kote 1497 selbst die Lagerung ungefähr schwebend zu sein scheint. Die sattelförmige Umbiegung (Schleppung) an der Roßkarüberschiebung macht sich also auch hier geltend. Der weitere Verlauf der Über-

1) Wenigstens in den jüngsten Bänken.

schiebung ins Heutal hinab kann mangels geeigneter Aufschlüsse nicht angegeben werden. Es wäre auch möglich, daß die Störung im Streichen gegen SW, etwa nach Übergang zur einfachen schiefen Falte, allmählich ganz aufhört (vgl. S. 114).

Während von der Schneid nach SW die Überschiebung an der Tagesoberfläche ganz in rhätischen Gesteinen liegt, bildet sie vom Roßkarprofil nach O die Grenze zwischen norischen, alsbald von unter-rhätischen Schichten normal überlagerten Gesteinen im S und rhätischen im N. Die tonreichen unterrhätischen Schichten des nördlichen (Liegend-)Flügels liefern den Wiesen- und Quellboden im südlichen Teile des Roßkars und hören nach O allmählich sich verschmälernd auf.

Eine ganz ähnliche Störung wie die große Überschiebung hat sich im Roßkarprofil weiter nördlich an der oberen, nördlichen Hälfte der großen Riffkalklinse (S. 103) der untersten Teile der Kössener Kalke entwickelt (Ü., Abb. 3). In Bezug auf die Riffkalklinse ähnelt sie auch den tektonischen Veränderungen der viel kleineren Riffkalklinsen des nördlichen Teiles des Perchtalprofils, südlich unter dem Beutelkopf (S. 113). Der ganze nördliche Teil der Linse mit einem Teile der darüber folgenden Kössener Kalke ist steil bis zur Überkipfung hinabgebogen und auf die weiter nördlich folgenden Kössener Kalke hinaufgeschoben. Der obere Teil dieser letzteren ist am unteren Ende steil aufwärts gebogen und weiter gegen S schauen unter der Riffkalklinse steil stehende und zerknitterte Bänke der Kössener Kalke aus dem Rasen, welche den tieferen Lagen der Kalke des überschobenen Teiles<sup>1)</sup> entsprechen dürften, obwohl hier der Zusammenhang nicht unmittelbar sichtbar ist. Man hat also ebenfalls eine Faltenüberschiebung mit zerrissenem Mittelschenkel vor sich. Der oberste Teil der Kössener Kalke des Hangendflügels setzt sich nach rechts über die Störung zwar unter Kleinfaltung fort, in den Mittelschenkel ist aber nur eine ganz kleine Partie rechts mit einbezogen, ein Zeichen, daß die Störung nach oben ausklingt. Zwischen diesen hangenden Kalken, den steil abwärts gebogenen Kalken der Linse und ihres unmittelbaren Hangenden und den Kalken des Liegendflügels entsteht so ein dreieckiger Raum, der von mannigfaltig gestauchten und zertrümmerten Kössener Kalken und Schiefermergeln ausgefüllt wird, die hier durch den Zusammenschub viel mächtiger erscheinen als im normalen stratigraphischen Zusammenhang, in welchen sie nur schwächliche Zwischenlagen bilden (S. 101).

Kleine, isoklinale, in Überschiebungen übergehende Falten kommen im Roßkar auch in den obernorischen Kalken der Südwand vor, wo sie ausnahmsweise ungefähr nach O überkippt sind und nur wenige, allerdings sehr mächtige Bänke ergreifen. Wie die eben beschriebenen beiden großen Störungen, d. h. nach NW überkippt, liegen sie dagegen in den Lithodendronkalkeinlagerungen in den unterrhätischen Schichten des nördlichen Teiles des Roßkarprofils und der Südflanke der Furche, welche vom Nordende der Schneid hinab zur Hochalm führt. Auch hier ist es eine einzige oder sind es wenige Bänke, welche die Störung mitmachen. Im Roßkarprofil sind diese Störungen im Profil aufgeschlossen

1) Liegendflügels.

(Abb. 3), während sie in der Furche zur Hochalm gewissermaßen von der Stirnseite, d. h. von NW zu sehen sind. Ziemlich weit oben in der Furche gelangt dadurch *f* tiefer hinab und im oberen Teil des S. 101 erwähnten Aufschlusses weiter unten scheint sich eine solche Störung in *h* sogar zweimal übereinander zu wiederholen.

Von der Perchtalm gegen NO setzt sich ein Streifen unterrhätischer Gesteine zur Ensmannalm im sogenannten Gruber fort. Er liegt in der streichenden Fortsetzung der Liasmulde des Perchtalmprofiles, weshalb diese überkippte, aus unterrhätischen-obernorischen Gesteinen bestehende Mulde wahrscheinlich auch die tektonische Fortsetzung der letzteren ist. Daß es sich um eine Mulde mit überkipptem Südschenkel und nicht, wie Hahn (10) S. 640 und Taf. XIV, Prof. 2 meint, um eine Verwerfung mit geschleppten Rändern handelt, dafür sprechen alle

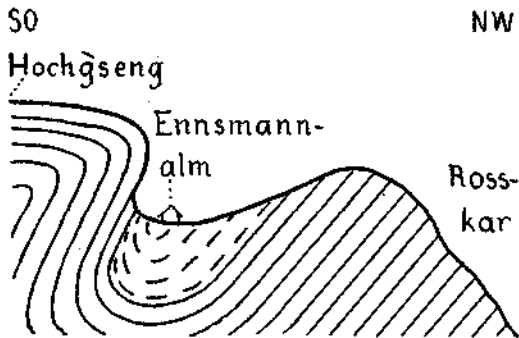


Abb. 6. Schematisches Querprofil durch die überkippte Mulde des Gruber. Der Zwischenschenkel ist vielleicht zerrissen.  
Signaturen: Strichel = unterrhätische Schichten, ausgezogene Schichtlinien = obernorische Kalke und Dolomite.

Beobachtungstatsachen, obwohl die Aufschlüsse hier keinen so schönen Überblick wie im Rosskar gestatten. Auf dem Kamme zwischen Wetterkreuz und Kote 1577, besonders am Westhange, geben die aus dem Rasen schauenden unterrhätischen Lithodendronkalkbänke ein Bild, welches als nach NW überkippte Mulde gedeutet werden kann. Von hier streichen die Bänke in den Gruber hinab. Oberrhätische Gesteine fehlen. Unweit (W) der Sennhütte, an der Südwand des Gruber, biegen sich die am Wetterkreuz flachliegenden obernorischen Kalke bis zur deutlichen Überkipfung am unteren Rande der Wand hinab (Abb. 6). Hier maß ich Streichen  $71^\circ$ ; Fallen  $65^\circ$  S. Der Nordrand der Terrainmulde des Gruber liegt viel tiefer als der Südrand und besteht aus südostfallenden obernorischen Kalken und Dolomiten. Durch Verbindung dieser Beobachtungen erhält man den Abb. 6 dargestellten Querschnitt, entsprechend der eingangs dieses Abschnittes ausgesprochenen Meinung, daß es sich hier um eine überkippte, vielleicht überschobene Mulde

unterrhätisch-obernorischer Gesteine handelt, welche sich im Gegensatz zur Anschauung Hahns in den Gesamtbau des Gebietes völlig harmonisch einordnet.

Sowohl die überschobene Mulde des Roßkars als auch des Gruber dürften tiefer in der norischen Stufe bald ausklingen (vgl. S. 114).

## 5. Theoretische Erörterung der tektonischen Erscheinungen.

Die im vorstehenden dargelegten tektonischen Erscheinungen bedürfen noch der theoretischen Verbindung. Es wurde darauf hingewiesen, daß die Liasmulde des Perchtalmprofils gerade dort den oberrhätischen Kalken aufruht, wo diese im stärksten Fazieswechsel von Kössener Kalk zu Riffkalk begriffen sind. Auch im Kuhsteinwald ist der oberrhätische Kalk nordwestlich der Liasmulde dunkler und toniger als südöstlich davon. An der Steinplatte liegt dieser Faziesübergang im unteren konkaven Teil der Riffböschung, und man muß daher annehmen, daß auch bei der Perchtalm der gegenwärtig im Muldenkerne erhaltene Lias ursprünglich auf dem unteren konkaven Teile einer ehemals sicher vorhandenen Böschung der oberrhätischen Riffkalke lag. Die exogenen Verhältnisse haben also die tektonischen Verhältnisse insofern beeinflußt, als sich gerade dort eine tektonische Mulde entwickelte, wo eine schwache exogene Einbiegung schon vorhanden war (vgl. Abb. 7 b—d). Wir haben hier ein völlig klargelegtes Beispiel dafür, daß exogene Böschungen entscheidend sind für den Ablauf tektonischer Veränderungen.

Bei Heim (78), I. Bd., S. 235, hat dieser Gedanke eine etwas andere Bedeutung, denn er denkt an schräge Lagerung der Schichten, welche beim Beginn der Faltung auch oberflächlich vorhanden war. In unserem Falle hingegen war die Böschung bei Beginn der Faltung durch mächtige überlagernde Sedimente längst ausgeglichen.

Des weiteren läßt sich unser Beispiel auch als Sonderfall einer Faziesgrenze auffassen, welche wegen der damit verbundenen mechanischen Unstetigkeiten stets zur Ausbildung von Störungen neigen. Heim (78), II. Bd., S. 219, weist bereits auf das Zusammenfallen orographischer Gebirgsgrenzen mit weit älteren Faziesgrenzen hin. Paulcke (12), S. 102—105, betont die Auslösung von tektonischen Bewegungen an Faziesgrenzen auf Grund von Naturbeobachtungen und bestätigt sie durch das Experiment. Dieser Umstand darf auch bei der vielfach erörterten Möglichkeit der Konstruktion von Faziesdecken in der Deckentheorie nicht übersehen werden. Wäre in unserem Falle die Störung etwas weitergegangen, dann würde hier die Riffkalkfazies auf der Fazies der Kössener Kalke liegen. Bei ungenügenden Aufschlüssen wäre man dann leicht geneigt, der seitlichen Verschiebung einen bedeutend größeren Betrag zuzumuten, als ihr wirklich zukommt.

Endlich fallen die mit mechanischen Unstetigkeiten verbundenen Faziesgrenzen unter die noch allgemeinere Regel, daß sich eine Erklärung tektonischer Erscheinungen nur aus der Wirkung der tektonischen Kräfte auf die besondere mechanische Beschaffenheit der ihnen unterliegenden Gesteine ergibt. Hiefür wäre die beschriebene tektonische

Erscheinung ebenso ein Beispiel wie etwa der Umstand, daß die Mächtigkeit und Art der Schichtung für das Ausmaß und die Art der Faltung maßgebend ist.

Es wurde in unserem Falle die nach NW (im Profil, Abb. 2, nach N) gerichtete Riffböschung versteilt. Es ist nun eine merkwürdige Tatsache, daß bei den kleinen Riffkalklinsen in *j*, Prof. 13, S. 102, südlich unter dem Beutelkopf, stets auch das nördliche (nach der Schrägstellung obere) Ende Störungen, entsprechend dem kleineren Ausmaße der Riffe auch entsprechend kleineren Betrages, zeigt. Das Aufschlußbild der Linse 6 ist sogar eine ziemlich getreue Nachbildung der Liasmulde im kleinen, gewissermaßen ein Experiment, welches die Natur selbst vorführt. Auch bei der großen Riffkalklinse im Roßkar ist, wie S. 110 beschrieben, das Nordende gestört. Selbst wenn man die viel beträchtlichere Größe der Riffkalkmasse in Betracht zieht, erreicht diese Störung ein viel größeres Ausmaß und ist zu einer Überschiebung geworden. Sie ist zwar der Art nach gleich den eben beschriebenen Störungen, dem Betrage nach aber viel bedeutender.

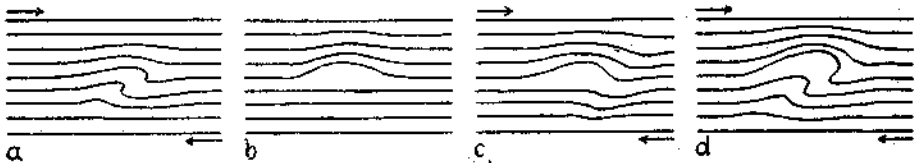


Abb. 7. *a*: Im Arbeitsgebiet (vgl. Abb. 1—6) und auch sonst verbreiteter Störungstypus: überkippte Falten, entstanden durch schichtenparalleles Gleiten des Hangenden relativ zum Liegenden im Sinne der Pfeile. Die Mächtigkeit der von diesen Störungen ergriffenen Schichten kann von einzelnen Bänken bis zu ganzen Schichtenfolgen schwanken. Der Mittelschenkel kann zerreißen. Wesentlich ist die Über- und Unterlagerung durch ungestörte Schichten.

*c, d*: Abarten des gleichen Störungstypus, welche bei gleicher Bewegung des Hangenden zum Liegenden durch tektonische Versteilung aus dem Konkavhang einer Riffkalklinse wie bei *b* abgebildet entstehen.

Ein großer Teil der Störungen des Gebietes, auch die eben besprochenen, welche aus Konkavhängen der Riffkalklinsen hervorgegangen sind, läßt sich auf einen gemeinsamen Grundtypus zurückführen, der in Abb. 7 *a* dargestellt ist. Eine vom Liegenden und Hangenden durch Bewegung ermöglichende, etwa schieferige Zwischenlagen getrennte Bank bildet eine überkippte Falte. Die liegenden und hangenden Schichten schmiegen sich zunächst noch etwas an, aber in einiger Entfernung ist alles ausgeglichen. Lücken zwischen den einzelnen Bänken können durch das zusammengeschobene, ursprünglich auf einen größeren Raum ausgedehnte Zwischenmittel ausgefüllt werden (in Abb. 7 vernachlässigt). Dieser Störungstypus<sup>1)</sup> kann nun in verschiedenen Beziehungen Modifikationen erfahren. Auf einige dieser Möglichkeiten soll hier hingewiesen werden. Es können mehrere Schichten gefaltet werden, wodurch das ganze ein großes oder sehr großes Ausmaß annehmen kann ( $\beta$ ). Der Mittelschenkel kann zerreißen, wodurch der Übergang zu einer

<sup>1)</sup> Gleichzeitig den einfachsten Spezialfall ( $\alpha$ ) vorstellend.

Überschiebung hergestellt ist ( $\gamma$ ), die schließlich gar nicht aus einem überkippten Mittelschenkel hervorgegangen sein muß ( $\delta$ ). Wenn eine oder mehrere Schichten zu plankonvexen Linsen nach Art der oben besprochenen Riffkalklinsen anschwellen, werden die konkaven Böschungen dieser Anschwellungen besonders zur tektonischen Versteilung neigen und zur Liegendmulde unseres Störungstypus werden (Abb. 7 b—d).

Im Gebiete südlich des Sonntagshornes sind Störungen der Unterart  $\beta$  und  $\gamma$  in kleinem Ausmaße (wenige Bänke erfassend) in den obernorischen Kalken der Südwand des Roßkares, ferner in den unterrhätischen Lithodendronkalken der Westwand und der Furche zur Hochalm hinab verbreitet (S. 110, 111). Wie in Abb. 3 sichtbar, gehen wenigstens teilweise diese Störungen durch mehrere Lithodendronkalk-einlagerungen. Das Ausklingen nach oben und unten ist hier durch die hohe Beweglichkeit der Schiefermergel erleichtert, deren Verhalten, weil sie keine größeren zusammenhängenden Aufschlüsse bilden, schwer festzustellen ist. Die Roßkarüberschiebung ist ein Beispiel für eine derartige Störung in großem Maßstabe (d. h. unter Einbeziehung einer großen Anzahl von Schichten) mit zerrissenem Mittelschenkel (Abb. 3). Der ehemals die rhätischen Schichten überlagernde Lias ist im Mittelschenkel nicht zu finden. Er wäre wegen seines charakteristischen Aussehens kaum zu übersehen. Daraus ist zu schließen, daß er nicht mit eingefaltet wurde. Er konnte sich höchstens, wie die höheren Bänke in Abb. 7 a, etwas um die durch die Störung entstandene Verdickung herumbiegen. Das Ausklingen der Störung nach oben ist somit wahrscheinlich gemacht. Ebenso ist in den tieferen Teilen der norischen Stufe unter der Roßkarüberschiebung bisher nichts von einer Fortsetzung der Störung bekanntgeworden.

Die Abart  $\delta$  ist mir in völlig den alpinen Verhältnissen entsprechender Weise in den mitteldevonischen Kalken  $g_1$ , südlich von Prag, im Eisenbahneinschnitt der Mägdeburg aufgefallen.

Zahlreich sind in unserem Gebiete die Beispiele, wo sich der Störungstypus aus dem Konkavhang einer Riffböschung entwickelt. Sie wurden bereits unter diesem Gesichtspunkte zusammengefaßt (S. 113).

Leider kommen kaum je die Veränderungen in deutlichen Aufschlüssen zutage, welche das Profil dieser Störungen im Streichen erleidet. Gewiß sind hier alle Möglichkeiten vorhanden, welche die streichende Fortsetzung von Falten und Faltenüberschiebungen überhaupt bieten, wie allmähliches Ausklingen, Übergang von Überschiebungen in Falten und umgekehrt usw. Man könnte hier höchstens darauf hinweisen, daß die Roßkarüberschiebung jenseits der Gschwendter Alm ins Heutal hinab möglicherweise ausklingt. Mangel an Aufschlüssen ließ aber bisher keine Entscheidung zu. Daß die kleineren Störungen, wie die am Nordende der kleinen Riffe unter dem Beutelkopf im Perchtalprofil, im Streichen nicht lange vorhalten, ist wohl zweifellos richtig, obwohl nicht zu beobachten.

Fast alle diese Faltungen und Überschiebungen südlich des Sonntagshornes haben das Gemeinsame, daß sie stets nach NW überfaltet bzw. überschoben sind. Sie liegen also parallel. Da bei den Riffen aus der

konkaven Riffböschung überkippte Mulden hervorgehen, kann die Regel nur gewahrt bleiben, wenn die nach N gerichtete Böschung sich versteilt. Das ist auch tatsächlich der Fall (S. 113).

Fragen wir uns nun, welche Bewegungsvorgänge zur Entstehung der im vorstehenden zusammengefaßten Störungen geführt haben. Für die kleineren Ausmaße bleibt nur die Vorstellung, daß es Bewegungen des Hangenden der gestörten Schichten relativ zu ihrem Liegenden oder umgekehrt waren, da eine so dünne Schicht wegen der Unmöglichkeit der Druckfortleitung in ihr sich nicht selbständig gegen das Liegende und Hangende bewegen kann. Die relative Bewegungsrichtung des hangenden und liegenden Gebirgsstückes ist in Abb. 7 durch Pfeile angedeutet. Da auch die Störungen größeren und größten Ausmaßes in unserem Gebiete den kleinen derartig erklärbaren völlig analog gebaut sind und zu ihnen parallel liegen, muß man auch für sie gleiche Entstehung annehmen. Der relative Bewegungssinn des Hangenden zum Liegenden geht also aus allen diesen Störungen klar hervor und da sie alle gegen NW überkippt sind, hat die Bewegung des Hangenden zum Liegenden stets nach NW stattgefunden oder umgekehrt die Bewegung des Liegenden zum Hangenden nach SO. Da immer nur die gegenseitige Lage der Gebirgsstücke in Betracht kommt, fehlt für die Beurteilung, ob Nordwest- oder Südostbewegung oder gar beide stattgefunden haben, innerhalb der mir zugänglichen Beobachtungstatsachen jedes Bezugssystem. Man kann sich den Vorgang so denken, daß durch die im Liegenden und Hangenden der gestörten Schichten entgegengesetzt wirkende Reibung ein Drehmoment erzeugt wurde, welches den überkippten Mittelschenkel um mehr als  $90^\circ$  gedreht hat.

Auch bei den Experimenten Paulckes (12) bewirkte die Reibung der zusammengeschobenen Schichten am Kastenboden, also deren relative Bewegung zum Boden als Liegendes, ganz ähnlich eine Überkippfung in der Bewegungsrichtung der beweglichen Wand. Nicht deren Bewegungsrichtung ist ausschlaggebend, sondern der Reibungswiderstand. Dieser war unterhalb der zusammengeschobenen Schichten größer als darüber — einerseits, weil die Schwerkraft die Schichten an den Kastenboden andrückte und andererseits, weil die mächtige Sandzwischenlage gegen die Kastendecke die Reibung nach oben verringerte. Wäre der Reibungswiderstand durch eine andere Versuchsanordnung gegen unten geringer gewesen als gegen oben, hätte bei gleicher Bewegung der Schubwand Überkippfung in der entgegengesetzten Richtung stattfinden müssen. An und für sich wirkt der orogenetische Druck wie jeder andere zweiseitig (Reaktionsprinzip) und kann daher nicht als Ursache für einseitige Überkippfung angesehen werden. Diesen Umstand hat schon Heim (78), I. Bd., S. 232--233, betont, er scheint aber durch den Einfluß Suess' und dessen Lehre vom einseitigen Bau der Faltengebirge in den Hintergrund gedrängt worden zu sein. Allerdings lehnte Heim in obiger grundlegender Monographie S. 233 unsere Erklärung der Überkippfung für die von ihm studierten Beispiele auf Grund der Kontraktions-theorie ab.

Das vermutete Aufhören unserer überkippten Falten und Überschiebungen im Streichen kann man sich beim Gleiten des einen Gebirgs-

stückes gegen das andere so entstanden denken, daß die sich einfaltenden Schichten nur an einer im Streichen beschränkten Stelle mitgeschleppt wurden. Je weiter im Streichen von dieser Stelle entfernt, je eher löste sich das schleppende Gebirgsstück ab und glitt allein weiter.

Bevorzugte Stellen für die Entwicklung der beschriebenen Störungen werden Bewegungshorizonte überhaupt, im alpinen Mesozoikum etwa gut geschichtete mergelige Gesteine zwischen weniger gut geschichteten oder massigen, riffkalkartigen Gesteinen oder an der Grenze gegen die letzteren sein. Zum zweiten Falle gehören die rhätischen Schichten unseres Gebietes, mit welchen über der norischen Stufe beweglichere mergelige Gesteine beginnen, um sich in Jura und Neokom fortzusetzen.

Die Aufmerksamkeit, welche von den Geologen der Deckentheorie gewidmet wurde, hat dazu geführt, daß die mechanisch ganz ähnlich wie die oben zusammengefaßten Störungen entstandenen Faltungen an Deckengrenzen wohl beachtet wurden (Wilckens [12], S. 46 und Fig. 49). Aber dasselbe kann sich auch innerhalb einer einheitlichen Schichtenfolge abspielen und wir wissen nicht, welches Ausmaß solche überkippte Falten und Faltenüberschiebungen annehmen können. Wenn wir, wozu guter Grund vorhanden ist, in unserem Gebiete die Roßkarüberschiebung so erklären, könnte man dann vielleicht auch für die ähnlichen, aber noch größeren Überschiebungen des Sonnwendgebirges ohne *Traineau écraseur* auskommen. Sogar die Deckentheorie selbst bietet Gründe für die Annahme solcher Störungen innerhalb tektonisch einheitlicher Schichtenfolgen, denn das Vorgehen jüngerer Schichten gegen die älteren ist ihr eine geläufige Vorstellung (Wilckens [12], S. 41). Weitgehende derartige Gleitungen führen dann zum Begriff der „Spaltdecken“ Paulckes, ohne daß eine strenge Abgrenzung möglich wäre. Bei allen diesen Bewegungen vom geringfügigen Gleiten härterer Bänke entlang toniger Zwischenlagen bis zum spaltdeckenartigen Vorwärtsgleiten jüngerer Formationen und Bewegungen an sonstigen Deckengrenzen ist die Möglichkeit für die Entwicklung unseres Störungstypus gegeben und man muß sich fragen, ob bei der Entstehung der riesigen „diskordanten Faltungen“ wie z. B. von Arn. Heim aus der Alviergruppe dargestellt (nach Wilckens [12], S. 34 und Fig. 40, und Alb. Heim [21], S. 380 und Fig. 116) nicht das Gleiten der mächtigen, heute allerdings zum Teil abgetragenen jüngeren Formationen (oberes Valangien bis Eozän) die Hauptrolle spielte. Es ist also die Möglichkeit im Auge zu behalten, daß den oben erläuterten mechanischen Vorgängen für die Entstehung überkippter Falten und Überschiebungen eine größere Bedeutung zukommt, als auf den ersten Blick scheinen möchte. In vielen Fällen mag die Überlagerung durch ungefaltete Schichten nicht mehr erhalten sein oder es sind auf Grund wesensgleicher Vorgänge unregelmäßigere Gebilde entstanden. Wir kommen auch auf diesem Wege zum Ergebnis, daß „tektonische Bildungen, welche wir jetzt an der Oberfläche sehen, Tiefenbilder sind“ (Paulcke [12], S. 80).

Auf Grund der obenerwähnten Anschauung über das Vorgehen der jüngeren Formationen in den Decken könnte man, wenn man will, auch die überkippten Falten und Faltenüberschiebungen S des Sonntagshornes solchen Gleitbewegungen in der tirolischen Decke gegen NW unterordnen.



Die rhätische Stufe taucht hier nach S unter viele hundert Meter mächtige Jura- und Neokomschichten, welche bei der Faltung wohl sicher auch das jetzige Gipfelgebiet S des Sonntagshornes bedeckten. Daß Störungen der beschriebenen Art auch in der heute von Jura und Neokom bedeckten rhätische Stufe in den tieferen Teilen der Unkenbachmulde, obwohl der Beobachtung nicht zugänglich, vorhanden sind, ist höchst wahrscheinlich. Mit der heutigen Gipfellage in unserem Gebiet S des Sonntagshornes hat demnach ihre Entstehung nichts zu tun und die Anwendung des Ausdruckes „Gipfelfaltung“ (Suess [09], S. 198) wäre unberechtigt.

Wir haben uns, ausgehend von einem weitverbreiteten Störungstypus unseres Gebietes, mit Hilfe von einfachen mechanischen Erfahrungen eine Vorstellung über die Bewegungen gemacht, welche bei der Entstehung der Störungen stattgefunden haben. Es handelt sich um ein „Bewegungsbild“. Damit ist es aber noch lange nicht gelungen, diese Vorgänge aus bestimmten Spannungszuständen in klarer Weise abzuleiten; einer derartigen Analyse werden die tektonischen Erscheinungen noch lange spotten.

Wir können von den Spannungen, welche die überkippten Falten und Überschiebungen des Gebietes in letzter Linie hervorriefen, nur sagen, daß sie ein NW—SO (= SO—NW) gerichtetes Druckmaximum und senkrecht dazu, d. i. SW—NO, ein Druckminimum hatten. Diese letztere Richtung kommt in der tektonischen Skizze, Abb. 1, am meisten zum Ausdruck. Allerdings ist dabei zu beachten, daß in der Skizze nicht die eigentlichen Streichrichtungen, sondern die Schnittfläche der Schichtflächen und Überschiebungen mit der sehr unebenen Tagesoberfläche dargestellt ist, so daß etwa dem Knick der geologischen Linien an den Kammlinien keine Bedeutung für den geologischen Bau zukommt. Die NO-SW-Richtung als Ausweichrichtung fällt gegen SW, wie schon aus der Richtung der Achsen der überkippten Falten hervorgeht, d. h. sie ist innerhalb der allgemeinen Lage der Schichtflächen etwas aus der horizontalen Richtung herausgedreht. Dieselbe nach SW fallende Lage hat die Streckungsfältelung in den Faltenbiegungen an der Roßkarüberschiebung auf der Nordwestwand des Kuhsteines (S. 109). Auch auf den obernorischen Sätteln des Roßkarprofils (S. 107) ist sie vorhanden, aber nur auf eine kurze Strecke aufgeschlossen.

## VI. Bemerkungen zur Literatur.

### 1. Umgebung der Basilalm.

Pichler ([69], S. 207 und 208) fährt bereits aus den rhätischen Schichten des Fonsjoches Versteinerungen an und meint wohl die im I. Teil, S. 28, Prof. 10n, beschriebenen Umwandlungserscheinungen, wenn er sagt: „Nach oben wurden die grauen Mergel der Aviculaschichten, die wohl auch bei aufmerksamer Untersuchung hier eine Einteilung in Zonen gestatten, allmählig ganz versteinungsleer, gelb und dünn geschichtet.“ Darüber entdeckte er die Zone des *Ammonites planorbis* und

zählt eine Reihe von Versteinerungen daraus auf, welche von Zittel bestimmt worden waren; auch die Adneter Schichten wurden festgestellt.

Neumayr (79) veröffentlichte eine weit umfangreichere Fossiliste aus den Pylonotenschichten des Fonsjoches und paläontologische Beschreibungen der Versteinerungen von dieser und anderen Örtlichkeiten des untersten Lias.

Wähner begann 1882 seine „Beiträge“, wodurch die Arbeit Neumayrs fortgesetzt wurde. Die Frucht der jahrelangen Studien Wähners war die Kenntnis einer ungeahnten Formenfülle von Ammoniten und die Aufstellung einer Zonengliederung im untersten alpinen Lias.

Wähner (86). In dieser Schrift sind, wie bezüglich anderer für den untersten Lias wichtigen Örtlichkeiten, auch bezüglich des Fonsjoches die mit den paläontologischen Untersuchungen Hand in Hand gehenden feldgeologischen Ergebnisse niedergelegt (S. 7). Die Gliederung Wähners, unterstützt durch mündliche Mitteilungen und eigene Beobachtungen, ist in dem Prof. 9, S. 27, I. Teil, verwertet.

Clark (87), S. 14 und 15, versuchte eine Einteilung der rhätischen Stufe. Der Dachsteinkalk der „Wilden Kirche“ wird S. 16 und 17 bereits richtig als linsenförmige Einlagerung aufgefaßt. Bezüglich des Lias bringt er außer der paläontologischen Beschreibung einiger Muscheln und Schnecken wenig Neues, zieht sogar Wähnersche Zonen wieder zusammen (S. 17—24). Nach S. 17 scheint er die scheinbare Wechselagerung zwischen dachsteinkalkähnlichen Bänken und Adneter Kalken unweit der Basilalm (vgl. I. Teil, S. 32 und 33) bereits gekannt zu haben, hat sie aber durch exogene Vorgänge erklärt. Er kannte auch die Abnahme des untersten Lias vom Fonsjoch gegen die Basilalm zu (S. 20 und 22).

Rothpletz (88) bringt S. 27—34 und Fig. 2 die Schichtenfolge am Fonsjoch auf Grund der Aufnahmen von Clark für die rhätische Stufe und von Schwager für den Lias. Die Mächtigkeit der einzelnen Horizonte Clarks in der rhätischen Stufe erscheint durch den bestimmten Maßstab des Profils festgelegt. Trotz des eifrigen Studiums der Schichtenfolge auf dem Fonsjoch kann ich die Richtigkeit der Clarkschen Einteilung nicht bestätigen und konnte sie daher für meine, für den stratigraphischen Vergleich auf kleine Entfernungen taugliche Einteilung nicht verwerten. Auch wenn man von den geringen Mächtigkeitsziffern gegenüber meinen doch größtenteils durch direktes Ausmessen mit dem Metermaß festgestellten Ziffern absieht, bleibt nur eine sehr entfernte Analogie zwischen der Clark-Rothpletzschenschen Einteilung und der von mir gefundenen. Nicht viel besser erging es mir mit der Schwager-Rothpletzschenschen Gliederung des unteren Lias am Fonsjoch, welche mehr ins einzelne geht als die von mir verwendete, auf Wähner fußende, und im Gegensatz zur rhätischen Stufe größere Mächtigkeitsziffern aufweist als die von mir gemessenen (vgl. Prof. 9, S. 27, I. Teil). Bezüglich der mittleren und oberen Lias wurde bereits auf Rothpletz verwiesen.

Ampferer (nach Sander [21], S. 200—202) faßt die Knickung der Karwendelvorgebirgsmulde bei Achenkirchen als das Ergebnis einer Eindrehung auf. Hiemit stimmt die von mir S. 32, I. Teil, geäußerte

Anschauung über die Bildung der Plattenkalkknickungen im Winkel dieser Drehung vollständig überein. Ich kannte bei der Abfassung des I. Teiles meiner Arbeit die Auffassung Ampferers nicht.

Ampferer-Ohnesorge (24) bringen S. 33, 43—46 gute Zusammenfassungen der bisherigen Forschungsergebnisse.

## 2. Kammerker-Sonntagshorngruppe.

(Steinplatte bei Waldring und Gebiet südlich des Sonntagshornes.)

Bereits Hauer (53), S. 733, 734, bringt nach Peters einige Angaben über die Gegend westlich von Unken, u. a. betreffs Kössener Schichten, oberen Dachsteinkalk und Lias bei Unken und an der Steinplatte.

Gümbel (61), S. 381, weist bereits auf „jene höchst wichtige Stelle“ hin, „an welcher durch das schon geschilderte Auskeilen der mergeligen, versteinungsreichen Schichten Plattenkalk und Dachsteinkalk zu einem Ganzen sich zusammenschließen,“ und erläutert diesen Fazieswechsel an der Steinplatte durch eine allerdings sehr schematische Abbildung, aus welcher immerhin die Faziesverknüpfung deutlich wird. Die Mächtigkeitsabnahme des weißen Riffkalkes beim Übergang in die Kössener Kalke ist dabei freilich nicht berücksichtigt.

Mojsisovics (71), S. 205, 206, und Taf. VII, Fig. 11, erkennt in der Steinplatte eine Korallenriffbildung, deren Mächtigkeit nach N abnimmt. Aber in seiner Abbildung grenzt er ihn mit einer wie eine Abtragungsfläche aussehenden Linie nicht nur gegen den Lias, sondern auch gegen die Kössener Schichten ab, so daß der Zusammenhang mit den letzteren gegen N hin nicht richtig in die Erscheinung tritt. Seine Auffassung erinnert sehr an manche Profile, welche er in seinen „Dolomitriffen von Südtirol“ zur Darstellung bringt. Es ist heute wohl kein Zweifel mehr, daß im letzteren Falle teilweise Brüche für Riffböschungen genommen wurden; das lassen auch die Verhältnisse in der rhätischen Stufe erwarten.

Hahn (10). Die Kammerker Sonntagshorngruppe liegt an der Stelle, wo sich über der von W nach O allmählich tiefer sinkenden tirolischen Basis juvavische Decken einstellen. Daher bietet sich hier die beste Gelegenheit, den Ausstrich der Schubflächen zu verfolgen. Dies war das Hauptziel der Untersuchung Hahns, ursprünglich (vgl. Hahn [10], S. 311) formuliert als Frage der Abgrenzung des bayrischen und Berchtesgadener Triasbezirkes. Zur Lösung dieser Frage hat denn auch Hahn wesentlich beigetragen und die neuesten Beobachtungen, welche Ampferer und Reithofer mitteilen (Hammer [25], S. 16, 17, und Ampferer [25], S. 31, 32, Fig. 9), berichtigen und vervollständigen die Ergebnisse Hahns. Daß bei dieser Arbeitsrichtung die Aufmerksamkeit von Problemen, wie sie von mir behandelt wurden, abgelenkt war, ist verständlich, und wenn ich im nachfolgenden die auf die von mir behandelten Fragen bezüglichen Anschauungen Hahns einer Kritik unterziehe, so geschieht das mit der ausdrücklichen Feststellung, daß mir Hahns Arbeit auch bei meinen Spezialuntersuchungen als Wegweiser gute Dienste geleistet hat.

Hahn gibt S. 409 eine kurze Beschreibung des Fazieswechsels bei der Perchtalm, hält aber tektonische und exogene Erscheinungen nicht genügend auseinander. Unter den „unzusammenhängenden Blöcken“ in den „dünngebankten Mergelkalken“ versteht er wohl die kleinen Riffe in  $\beta$ , Prof. 13, welche zum Teil von weitem durch sie begrenzende Brüche den Eindruck von Blöcken hervorrufen könnten. Auch bei dem Fazieswechsel im großen ist keine geradlinige „Grenze von Riff und schichtigem Gestein“ vorhanden, sondern ein allmählicher Übergang, der höchstens durch Klüfte für flüchtige Betrachtung den Eindruck einer scharfen Grenze machen kann. In beiden Fällen ist der Einfluß der Anschauungen Mojsisovics (79) unverkennbar, welcher die Cipitkalke als von den Riffen losgelöste Blöcke auffaßte und in seinen Profilen häufig scharfe Grenzen zwischen Riff und heteropischen Gesteinen darstellte. Die Tektonik des Profils ist mit kleinen Senkverwerfungen nicht erschöpft. Die S. 106 beschriebene und Abb. 2 dargestellte Mulde mit ihrem Liaskern hat Hahn vollständig übersehen und sogar die klaffende Schichtenfuge im saigeren Südfügel dieser Mulde in seiner Skizze als Verwerfung bezeichnet.

Nur wenige Worte auf S. 410 widmet Hahn dem Fazieswechsel an der Steinplatte. Wieder ist von Blöcken die Rede. Wahrscheinlich hat in junger Zeit abgestürztes Blockwerk oder das zum Teil tektonisch begrenzte kleine Riff Punkt 7, Taf. Ia, b und die gänzlich tektonisch umgrenzte Partie Punkt 12, Taf. Ia, Anlaß zur Verwechslung gegeben. Nie sind nach der Art, wie Mojsisovics die Cipitkalke auffaßt, größere Blöcke von den Riffen auf exogenem Wege in die umgebenden Sedimente geraten, sondern die Komponenten, welche diese von den Riffen erhalten, übersteigen kaum jemals Millimetergröße und spielen nur für den feineren petrographischen Aufbau eine Rolle.

Zu ganz anderen Ergebnissen bin ich auch bezüglich der tektonischen Erscheinungen gekommen, welche Hahn S. 639 von „Die bayrische Faltungsrichtung wirkt . . .“ bis S. 640 „ . . . keineswegs niveaubeständig auftreten“ beschreibt und in den Profilen Fig. 2 und 3, Taf. XXIV, darstellt. Zu Fig. 3 vergleiche man besonders meine Abb. 2 und 3, welche dasselbe bringen. Hahn meint zwar auch, daß Materialverschiedenheiten die Störungen bedingen, die diesbezüglichen Einheiten stimmen jedoch nicht mit den meinen. Von seinen zwei Mulden und Sätteln bleibt eigentlich nur der südliche Sattel bestehen, aber nur als kleine, lokale Änderung der Streichrichtung, die kaum als Folge einer besonderen Dislokationsrichtung abtrennbar ist. Die „geringe Versenkung des nördlichen Teiles“ bei Kote 1631 ist die von mir S. 107 als Roßkarüberschiebung bezeichnete Störung, welche auf eine weite Erstreckung eine Verdoppelung der rhätischen Stufe zur Folge hat: Kleine Störungen südlich Kote 1721 (Beutelkopf) haben nicht die ihnen von Hahn zugeschriebene Wirkung, daß sie den Riffkalk des Beutelkopfes abschneiden, sondern dieser geht, wie S. 103 geschildert, nach S nochmals in Kössener Kalk über. Endlich erklärt sich das scheinbare Abstoßen der Kössener Kalk nach S gegen den Riffkalk der Kuhsteinwand Kote 1614 nicht durch eine Senkverwerfung, wie sie Hahn darstellt, sondern durch die liasführende Mulde bei der

Perchtalm. Die Ensmannalpyverwerfung, welche Hahn in Fig. 2 abbildet, ist eine von S her überschobene Mulde, anders wäre die Überkipfung der obernorischen Kalke an der Störung nicht erklärlich, vgl. S. 111. Endlich konnte ich die zusammenhängende größere Riffkalkpartie auf Hahns Karte unmittelbar bei der Perchtalm, die laut Text S. 640 „zum Teil an Sprünge geknüpft, anderseits faziell begründet“ sein soll, nicht feststellen. Es handelt sich vielmehr um wahrscheinlich eiszeitlich transportiertes Blockwerk. Nur das kleine Vorkommnis von Riffkalk am Westrande des Wetterkreuzes entspricht einem kleinen Riff. Ich habe alle tektonischen Einzelheiten im Text ausführlich begründet und man wird zugeben, daß durch meine Auffassung die Tektonik einen viel einheitlicheren Charakter erhalten hat.

Im übrigen wurden Anschauungen Hahns im Text wiederholt besprochen.

## Zusatz zum Literaturverzeichnis I. Teil, S. 62—64.

### 1. Paläontologische Bestimmungsliteratur.

#### b) Lias.

- Böse, 1892. Die Fauna der liassischen Brachiopodenschichten bei Hindelang (Algäu). Jahrbuch der Geologischen Reichsanstalt, Wien, Bd. XLII, S. 627—650.
- Böse, 1897. Die mittelliassische Brachiopodenfauna der östlichen Nordalpen. Nebst einem Anhang über die Fauna des unteren Dogger im bayrischen Inntal. Paläontographica, Bd. XLIV, S. 145—236.
- Böse-Schlosser, 1900. Über die mittelliassische Brachiopodenfauna von Südtirol. Paläontographica, Bd. XLVI, S. 175—212.
- Geyer, 1889. Über die liassischen Brachiopoden des Hierlitz bei Hallstatt. Abhandlungen der Geologischen Reichsanstalt, Wien, Bd. XV, S. 1—88.
- Oppel, 1861. Über die Brachiopoden des unteren Lias. Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft, S. 529—558.
- Parona, 1880. Il calcare liassico di Gozzano e i suoi fossili. Reale Accademia dei Lincei, Roma.
- Parona, 1884. I Brachiopodi liassici di Saltrio e Arzo nelle Prealpi lombarde.

### 2. Das Arbeitsgebiet betreffende und im Text zitierte Literatur.

- Ampferer, 1925. Beiträge zur Morphologie und Tektonik der Kalkalpen zwischen Inn und Saalach. Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, Wien, Bd. LXXV, S. 1—44.
- Hammer, 1925. Jahresbericht der Geologischen Bundesanstalt über das Jahr 1924. Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt, Wien, S. 1—52.
- Hauer, 1853. Über die Gliederung der Trias-, Lias- und Juragebilde in den nordöstlichen Alpen. Jahrbuch der Geologischen Reichsanstalt, Wien, Bd. IV, S. 715—784.
- Alb. Heim, 1878. Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung im Anschluß an die geologische Monographie der Tödi-Windgällengruppe, 2 Bände und Atlas. Schwabe, Basel.
- Alb. Heim, 1921. Geologie der Schweiz. II. Bd., 1. Hälfte. Tauchnitz, Leipzig.
- Mojsisovics, 1871. Beiträge zur topischen Geologie der Alpen. Jahrbuch der Geologischen Reichsanstalt, Wien, Bd. XXI, S. 189—210.
- Pauleke, 1912. Das Experiment in der Geologie. Bornträger, Berlin.
- Pichler, 1869. Beiträge zur Geognosie und Mineralogie Tirols. Jahrbuch der Geologischen Reichsanstalt, Wien, Bd. XIX, S. 207—216.
- Rothpletz, 1888. Das Karwendelgebirge. Zeitschrift des Deutschen und Österreichischen Alpenvereines.
- Sander, 1921. Zur Geologie der Zentralalpen. Mit Beiträgen von Ampferer und Spengler. Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, Wien, Bd. LXXI, S. 173—224.
- Suess, 1909. Das Antlitz der Erde, III. Bd., 2. Hälfte, Tempsky, Wien, und Freytag, Leipzig.
- Wilckens, 1912. Grundzüge der tektonischen Geologie. Fischer, Jena.