

# Die Stellung der Haller Salzlagerstätte im Bau des Karwendelgebirges

(Eine tektonische Gefügeuntersuchung, 1. Teil)

Von Oskar Schmidegg

(Mit 2 Tafeln XIX, XX und 9 Textabbildungen)

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
Überblick über den Inhalt .....	160
I. Vorbemerkungen .....	160
Zur Methode der Gefügeuntersuchung .....	161
II. Das Kalkgebirge .....	162
Geologische Übersicht des Halltales .....	162
Zur Gesteinsfolge .....	163
1. Buntsandstein .....	164
2. Reichenhaller Schichten .....	164
3. Unterer Muschelkalk .....	165
4. Oberer Muschelkalk .....	165
5. Partnachkalke .....	166
6. Wettersteinkalk .....	166
7. Raibler Schichten .....	167
8. Gesteine der Zunterkopfscholle .....	168
Beschreibung der Tektonik mit den einzelnen Querverfaltungen .....	168
1. Wildangerscholle .....	168
2. Karteller-Scholle .....	169
3. Gleirsch — Bettelwurfgewölbe .....	170
a) Querverbiegung des Lavatscher .....	171
b) Querverbiegung der Speckkarspitze .....	174
c) Querverbiegung am Bettelwurfmassiv .....	175
4. Zunterkopfscholle .....	176
5. Brucherscheinungen und Klüfte .....	177
Gefügeanalyse einer Querverfaltung .....	179
III. Die Salzlagerstätte .....	181
Allgemeines .....	181
Gesteinsbestand und Schichtfolge. Tektonisches Verhalten .....	181
Zum tektonischen Gefüge im Haselgebirge .....	184

Diagramm der s-Flächen und $\beta$ -Richtungen .....	185
Tektonisches Gefüge im Anhydrit .....	188
Tektonisches Gefüge der Lagerstätte .....	189
Jüngere Bewegungsflächen im Salzgebirge .....	192
Umgrenzung der Lagerstätte und Einbau in die Gebirgstektonik .....	192
Vermutliche Tiefenausdehnung der Lagerstätte .....	196
IV. Beziehungen zwischen dem tektonischen Gefüge der Lagerstätte und der Tektonik des Wettersteinkalkes.....	198
V. Übersicht und Versuch einer Synthese .....	198
Schlußbemerkungen .....	201
Anhang: Ein Vorkommen von Tertiär im Gebiet des Halltales	202
Bemerkungen zu den Abbildungen .....	202
Verwendetes Schrifttum .....	204

### Überblick über den Inhalt

Im Wettersteinkalk des Halltales wurde in einer der von Ampferer schon beschriebenen Großfalte mit E—W-Achse ausgedehnte Querverfaltungen und Verbiegungen festgestellt, die sich in drei Bereichen besonders ausgewirkt haben. Sie sind beschrieben und auf einer Strukturkarte der Schichtflächen dargestellt. In einem Beispiel wird auch versucht, die den entsprechenden Beanspruchungs- und Bewegungsplänen zugrunde liegenden B-Achsen als Achsen tautozonaler s-Flächen zu ermitteln.

Auch die Salzlagerstätte wurde auf tektonische Gefügerichtungen hin untersucht, wobei Haselgebirge und Anhydrit wegen ihres verschiedenen tektonischen Verhaltens getrennt behandelt wurden. Die Gefügerichtungen: B-Achsen und s-Flächen mit  $\beta$ -Achsen werden in Diagrammen dargestellt und besprochen. Die Einmessung der s-Flächen ist zu einem großen Teile nach der schon vorhandenen, ausgezeichneten Lagerstättenkarte von Dipl.-Ing. Schauburger vorgenommen worden.

Die Tektonik der Salzlagerstätte weist mit der des Karwendels (im Wettersteinkalk) eine weitgehende Übereinstimmung auf, besonders in bezug auf die Querverfaltungen.

Bei der übersichtlichen Besprechung der Bewegungsvorgänge zeigt sich, daß die Querverfaltungen als jünger anzunehmen sind als die Großfaltungen mit E—W-Achse, aber möglicherweise Auswirkungen E—W oder ähnlich (z. B. N 60° E) gerichteter Pläne.

Es wurde versucht, die Grundzüge eines Ablaufes der gebirgsbildenden Vorgänge zusammenzustellen.

### I. Vorbemerkungen

Diese Arbeit enthält im wesentlichen die Darstellung der feldgeologischen Ergebnisse<sup>1)</sup> und einige Beispiele gefügeanalytischer Auswertung. Eine eingehende gefügeanalytische Bearbeitung, die in der bisher zur Verfügung stehenden Zeit nicht möglich war, folgt in einem zweiten Teil.

Als Kartengrundlage für die Geländeaufnahmen wurde die sehr gute Alpenvereinskarte des Karwendels (Mittleres Blatt) 1:25.000 verwendet

<sup>1)</sup> Die Geländeaufnahmen wurden im Sommer 1949 begonnen, zur Hauptsache aber 1950 durchgeführt.

und eine von der Salinenverwaltung Hall zur Verfügung gestellte Vergrößerung auf 1:5000.

An geologischen Karten besteht die von Ampferer ausgeführte Österr. Geologische Spezialkarte, Blatt Innsbruck—Achensee 1:75.000, und die ebenfalls vom Ampferer (mit Hammer) stammende, aber schon ältere geologische Karte des südlichen Karwendelgebirges (1898). Das Gebiet ist von Dozent Dr. Mutschlechner, Innsbruck, inzwischen neu auf der Alpenvereinskarte geologisch aufgenommen worden, diese Aufnahmen sind aber bisher noch nicht veröffentlicht, daher auch hier nicht verwendet worden.

Die Salzlagerstätte des Halltales, über die im geologischen Schrifttum außer einigen älteren Arbeiten kaum etwas bekannt ist, ist in den Jahren 1945—46 von Dipl.-Ing. Schauburger eingehend aufgenommen und in ausgezeichneten Lagerstättenkarten für die einzelnen Horizonte im Maßstabe 1:1500 und dazugehörigen Querprofilen in Farben dargestellt worden.

Leider sind die Karten bisher noch nicht veröffentlicht worden, was in der farbenprächtigen Form, wie sie jetzt am Haller Salzberg vorliegen, auch kaum möglich sein wird, doch konnte ich sie dank dem Entgegenkommen der Salinenverwaltung meinen Arbeiten zugrunde legen. In meinen auf beiliegender Karte gebrachten Profilen sind die Anteile der Lagerstätte allerdings stark verkleinert und schematisiert diesen Profilen entnommen, ebenso wie auch der Grundriß des Königsberghorizontes, und ich danke auch Herrn Dipl.-Ing. Schauburger, daß er mir dies gestattet hat. Ich verdanke ihm auch manche Mitteilung bei einer gemeinsamen Befahrung.

Bei dieser Gelegenheit möchte ich auch gleich der Generaldirektion der Österreichischen Salinen meinen ergebensten Dank aussprechen, daß sie durch eine Beihilfe die Durchführung meiner Arbeiten ermöglicht hat. Aber auch der Salinenverwaltung in Solbad Hall, vor allem Herrn Bergrat Dipl.-Ing. Agerer, bin ich für die stete Unterstützung und Förderung meiner Arbeiten sehr zu Dank verpflichtet. Auch am Salzberg selbst fand ich größtes Entgegenkommen aller, wobei mir besonders Herr Oberbergmeister Kininger bei Benützung der Markscheiderei und Grubenfahrten zu jeder Hilfe bereit war.

Schließlich bedanke ich mich noch gerne bei Herrn Prof. Dr. B. Sander für die Arbeitsmöglichkeit, die er mir an seinem Institute an der Universität Innsbruck gewährte, sowie auch für manche wertvolle Anregung und Hinweise.

### Zur Methode der Gefügeuntersuchung

Soweit sich die Arbeiten hier auf gefügekundliche Untersuchungen erstrecken, sind sie im engen Anschluß an die Arbeitsrichtung erfolgt, wie sie von Prof. B. Sander im Institut für Mineralogie und Petrographie der Universität Innsbruck entwickelt und von ihm und seinen Schülern angewendet wurden. Über die Methoden und ihre Grundlagen verweise ich daher auf die Grundzüge der Gefügekunde von Sander I (Lit. 17) und bringe hier nur einige kurze Erklärungen über einige (nach Sander) hier verwendete Abkürzungen und Begriffe.

Zur Darstellung der Gefügedaten wurde auch hier die Lagenkugel verwendet, u. zw. in flächentreuer Azimutalprojektion für die untere Halbkugel.

- s = Flächen des Gefüges, hier meist sedimentäre Schichtflächen.
- B = Lineare Richtung senkrecht zur Symmetrieebene der Bewegung als Faltungs- oder Biegungsachse, auch Scherungsachse.
- $\beta$  = Schnittgerade von Flächen oder Flächensystemen (von s-Flächen z. B.) als Maß für ihre Tautozonalität. Sie können B-Achsen entsprechen.
- $\pi$  = Lot zur s-Fläche (Pol der s-Fläche). Die Lote eines tautozonalen Flächenbüschels ergeben einen  $\pi$ -Kreis, dessen Achse einem  $\beta$  (B) entspricht.

## II. Das Kalkgebirge

### Geologische Übersicht des Halltales

Das Gebiet des südlichen Karwendelgebirges, in dem das Salzlager liegt, ist in den Jahren 1896/97 von Ampferer und Hammer neu aufgenommen und beschrieben worden. Die Ergebnisse sind in Lit. 1 mit einer farbigen Karte 1 : 50.000 niedergelegt. Ampferer hat dann die Aufnahmen auf das übrige Karwendelgebirge fortgesetzt und ist dabei zu weiterreichenden geologischen Erkenntnissen, besonders der Deckenüberschiebung, gekommen.

Danach besteht das Karwendel in tektonischer Hinsicht aus zwei übereinanderliegenden Decken, als untere die Lechtaldecke, die in unserem Gebiet den das Halltal abriegelnden Bergrücken der Zunterköpfe (auch „Vorberg“ genannt) aufbaut, weiter nach W die unteren Gehänge der N-Kette bildet. Die darüberliegende Inntaldecke bildet E—W streichende Großfaltenzüge, deren Gewölbe auch morphologisch als Gebirgsketten zum Ausdruck kommen.

Das Halltal wird von der östlichen Fortsetzung der tektonischen Mulde des Gleirschtales gebildet, die mit schwach nach W absinkender Achse in der Seefeldler Gruppe noch breit geöffnet ist, im Gleirschtal noch die söhliche Muldenmitte aufweist, im Halltal aber eng zusammengepreßt und tektonisch stark gestört ist. Sie enthält über Wettersteinkalk in der abgesunkenen Karteller Scholle noch Reste von Raibler Schichten. Schließlich wird sie von der Halltaler Störung schräg abgeschnitten.

Der das Halltal im N begrenzende Kamm Lavatscher—Bettelwurf wird durch ein asymmetrisch gebautes Gewölbe gebildet, dessen N-Flügel senkrecht steht und dessen Firste von einer Bruchzone gebildet wird. Weiter nach N schließt sich die Mulde Lavatsch—Vomp an, die in ihrem Kern wieder Raibler Schichten und Hauptdolomit führt. Auch deren Achse fällt allmählich nach W. Mit dem flachen Gewölbe der Hinteren Karwendelkette endigt die zusammenhängende Platte der Inntaldecke und streicht über der wieder zum Vorschein kommenden Lechtaldecke in die Luft aus.

Der S-Rand der Inntaldecke endigt mit N-Fallen an einer steilstehenden, jungen Bewegungsfläche, der Halltaler Störung.

### Zur Gesteinsfolge

Näher auf die stratigraphischen Verhältnisse einzugehen, war nicht beabsichtigt, hiezu wären auch noch genauere sedimentpetrographische Untersuchungen nötig, wie sie von Sander in Lit. 17, auch mit Beispielen aus diesem Gebiet, durchgeführt worden sind. Doch war es für die Erfassung der tektonischen Verhältnisse erforderlich, die Schichtfolge näher kennenzulernen, zur Feststellung der oft schwer erkennbaren Schichtung manchmal auch ein Eingehen auf sedimentpetrographische Verhältnisse.

Es sollen nun hier die betreffenden, auf meinen Geländebegehungen gemachten Beobachtungen gebracht werden, wobei ich besonders auf typische Merkmale zur Erkennung der Horizonte geachtet habe. Mitverwendet wurden auch Erfahrungen, die ich bei Untersuchungen im Stollen der Mühlauer Wasserfassung machen konnte. Dies war besonders für die im Gelände fast immer schlecht erschlossenen Reichenhaller Schichten wichtig, deren Verhältnisse ich bei dieser Gelegenheit studieren konnte. Eine eigene Arbeit darüber ist beabsichtigt.

Was die Folge Reichenhaller Schichten — Partnachkalke betrifft, beziehen sich die folgenden Angaben hauptsächlich auf das Profil des Wildanger, der mit seinem Absturz gegen den Salzberg sehr gute Aufschlüsse bietet und die genannte Schichtfolge in einer besonders reichhaltigen Entwicklung aufweist.

Der Vergleich mit anderen Gebieten, selbst schon mit der nächsten Fortsetzung der Serie nach W, zeigt, daß sich die Ausbildung gerade dieser Horizonte sehr stark und rasch ändern kann. So verschwinden die Knollenkalke des Oberen Muschelkalkes nach W hin und sind im Profil der Thaurer Jochspitze nicht mehr festzustellen, westlich der Arzler Reise aber wieder vorhanden. Allerdings können hier z. T. wenigstens auch tektonische Einflüsse eine Rolle spielen.

Was die in manchem noch nicht ganz klare Nomenklatur betrifft, so halte ich mich im wesentlichen an die Beschreibungen von Ampferer (L. 1, 2), die wieder in der Einteilung auf die Arbeiten von Rothpletz (L. 15) zurückgehen und besonders die Altersverhältnisse, belegt durch zahlreiche Fossilfunde, berücksichtigen und klarlegen. Sie sind auch bei Klebelsberg (L. 9) verwendet.

Man kann sich bei einer Einteilung und Bezeichnung in einer Schichtfolge entweder ganz auf altersmäßig, etwa durch Fossilien bestimmte Horizonte festlegen, wie es allgemein angewendet wird, oder auch auf lithologische Grundsätze. Meist gehen beide Prinzipien ziemlich parallel, d. h. jedem Horizont entspricht ein bestimmtes Gestein, das eben unter den nur damals gültigen Bildungsbedingungen entstanden ist, die durch Übergänge miteinander verbunden sein können. Auch im Streichen können Faziesänderungen auftreten.

Oft können sich aber auch beide Prinzipien übergreifen, so daß ein, einem bestimmten Horizont zugeordnetes Gestein in einem höheren Horizont, der durch eine andere Gesteinsausbildung gekennzeichnet ist, wenn auch untergeordnet, als Einschaltung sich noch einmal wiederholt oder umgekehrt als Vorläufer schon früher erscheint. Die ist auch im Gebiete des Halltales öfter der Fall. So tritt großoolithische Ausbildung, die für den Horizont der Partnachkalke typisch ist, öfters als Einschaltung in dem im allgemeinen

ganz anders ausgebildeten Oberen Wettersteinkalk auf, andererseits Kalke, die den Partnachkalken durchaus gleichen, schon unter den roten Knollenkalken des Oberen Muschelkalkes.

Im einzelnen sei noch bemerkt, daß die Reichenhaller Schichten sich hier im allgemeinen ganz gut und scharf von den dunklen Kalken, die Rothpletz und Ampferer als „Unteren Muschelkalk“ bezeichnet haben, abtrennen lassen. Sie sind somit wie bei Klebelsberg als unterste Stufe des anisischen Muschelkalkes herausgehoben.

Bezüglich des Wettersteinkalkes halte ich mich an die schon von Ampferer gebrauchte Teilung in Partnachkalke (= Unterer Wettersteinkalk) und dem eigentlichen Oberen Wettersteinkalk, die beide in diesem Gebiet zwar an der Grenze unscharf ineinander übergehen, aber sonst leicht auseinanderzuhalten sind. Der bei Sander (L. 15) untersuchte Kalk der N-Kette (Beispiel I) ist dann Partnachkalk, während Beispiel II (Speckkar—Lavatscher J.) Oberem Wettersteinkalk entspricht.

Die Verschiedenheit in der Fazies der beiden Deckenbereiche Inntaldecke und Lechtaldecke kommen hier nicht zum Ausdruck, da im Gebiete des Halltales zur Inntaldecke nur ältere Schichtglieder bis höchstens Raibler Schichten gehören, während die Lechtaldecke nur Glieder vom Hauptdolomit aufwärts enthält.

### 1. Buntsandstein

Der Buntsandstein ist hier recht einförmig als meist roter Sandstein mit einzelnen tonigen Einlagerungen entwickelt. Zuweilen ist er auch lagen- oder nesterweise grünlich.

Im Halltal selbst kommt er nur als dünn ausgewalzte Lage südöstlich des Törl vor. In der weiteren Fortsetzung nach W gegen die Thaurer A. wird er wesentlich mächtiger, örtlich aber auch oft stark tektonisch beansprucht und nimmt nach oben gegen die Rauhwacke hin zuweilen ockerige Kalksubstanz auf.

### 2. Reichenhaller Schichten

Es lassen sich zwei Schichtgruppen deutlich auseinanderhalten: Eine untere, mehr rauhwackige Gesteinsgruppe und eine obere, aus gut geschichteten mergeligen Dolomiten, seltener Kalken bestehende Gruppe. Für beide, besonders aber die rauhwackige Gruppe, ist die oft recht intensiv gelbe bis ockerige Farbe kennzeichnend, die sich auch von mehr grauen Raibler Rauwacken unterscheidet.

a) Reichenhaller Rauwacken. Dies sind entweder feinerkörnige, meist lehmig verwitterte Gesteine von dunkelgelber bis ockerig-bräunlicher Farbe, die einem lehmig-kalkigen Sandstein ähnlich sehen und Bruchstücke von grauen Kalken und Dolomiten enthalten. Wenn diese stark zunehmen, entwickeln sich daraus Breccien mit ockerigem Bindemittel und grauem Dolomit oder Kalk als Komponenten. Die Einschlüsse wittern und brechen leicht aus, wodurch das Gestein an der Oberfläche ein löcherig-kavernöses Aussehen erhält.

In diesen Gesteinen kommen Bänke von hellgrauen Kalken mit weißen Spatadern vor, dann Linsen und Lagen von hell- bis dunkelgrauen, meist mergeligen Dolomiten wie in der oberen Schichtgruppe. Durch (tektonische?) Auflösung gehen diese Bänke oft in Breccien der oben erwähnten Art über.

Es ist oft sehr schwer zu sagen, wieweit die jetzige Beschaffenheit einer Rauhvaccken-Breccie primär oder auf tektonische Einwirkungen zurückzuführen ist, besonders da die Rauhvaccken leicht einer tektonischen Beanspruchung unterliegen. Auch jüngere Umschüttung und Wiederverfestigung zu einer rein aus diesem Material bestehenden Gehängebreccie kommt vor, die dann von der Rauhvaccke kaum oder nicht abtrennbar ist.

b) Die gut geschichteten, vorwiegend dolomitisch-mergeligen Reichenhaller Schichten. Sie bestehen aus grauen Dolomitlagen, die hellgrau sandig anwittern, mit gelblichen mergeligen Zwischenlagen. Kennzeichnend ist die deutliche Schichtung. Dazwischen kommen, besonders in den unteren Lagen, ungeschichtete Linsen und Bänke von mehr kalkigen Rauhvaccken vor, die ziemlich grob-breccienartig sind. Stellenweise treten vor allem in höheren Lagen auch einzelne Bänke von dunklen Kalken gleich dem Unteren Muschelkalk auf.

### 3. Unterer Muschelkalk

Er ist ein meist dunkler Kalk, der fast stets gut geschichtet ist, u. zw. in Rhythmen von 10 bis 20 *cm*, z. T. auch von 1 bis 2 *cm*. Zuweilen kommen auch mächtigere ungeschichtete Bänke vor. Typisch ist die kleinknollige Oberfläche der Schichtlagen.

Die Kalke werden von gelblich anwitternden Mergellagen durchsetzt, die einige Millimeter bis zu Zentimeter Mächtigkeit aufweisen, manchmal auch mehr, und dann gewöhnlich etwas rauhvacckig löcherig werden.

Sehr kennzeichnend für diesen Horizont sind die „Wurstelbänke“, die in einer Mächtigkeit von 1 bis 2 *dm* als einzelne Lagen auftreten. Sie bestehen aus kalkigen, wurmförmigen Gebilden in einer Länge bis zu 1 *dm* und mehr, die in gelblicher Mergelsubstanz eingebettet sind. Es waren gewöhnlich 1—3 solcher Lagen zu beobachten.

Dazwischen kommen vereinzelt auch abweichende Ausbildungen in einzelnen Bänken vor. So hellere bis weiße, seltener rötliche Kalke.

Im allgemeinen werden die dunklen Kalke nach oben zu heller, die Schichtung wird undeutlicher, es geht ein allmählicher Übergang zum mittleren Muschelkalk vor sich (Crinoiden-Horizont nach Rothpletz). Er enthält mitunter lagenweise Crinoiden, ist aber sonst wenig typisch, als daß er eben ein heller, wenig geschichteter Kalk ist.

### 4. Oberer Muschelkalk („Ammoniten-Horizont“)

Der Obere Muschelkalk ist besonders gekennzeichnet durch die Knollenkalke (ähnlich den Reiflinger Kalken), deren aus hellgrauen Kalk bestehende Knollen bedeutend größer (bis 5 *cm* und mehr) und heller sind als die des Unteren Muschelkalkes. Zuweilen, hier aber selten, werden sie von Ammoniten gebildet. Eingebettet sind sie in grünliche, gelbe oder deutlich rote Mergellagen und Tonhäute. Lagenweise enthalten die Kalke auch Hornsteine und gehen unter Zurücktreten der Mergellagen in reine Hornsteinkalke über. Die stellenweise auch auskeilenden Knollen- und Hornsteinkalke wechsellagern im Wildangerprofil mit Bänken und Linsen von hellen ungeschichteten Kalken (siehe Profil Abb. 9 auf Tafel XIX).

Auffallend ist eine Lage von blaßgrünen (in feuchtem Zustand lebhafter grünen) Kieselmergeln, die innerhalb der roten Knollenkalke den Abbruch des Wildangers durchziehen und mit der „pietra verde“ Südtirols ver-

gleichbar sind (siehe Klebelsberg, L. 9, S. 46). Sie treten hier in drei nahe beieinander befindlichen Lagen von 1 bis 2 dm Mächtigkeit auf und ließen sich von der Abbruchkante weg nach W bis 0.5 km in das Latschengestrüpp hinein verfolgen. Es sind meist leicht zerreibliche Schiefer mit einzelnen brotlaibartigen Einschaltungen aus einer festeren, SiO<sub>2</sub>-reicheren Masse. Von Seidl (L. 23) wurden sie für Ausläufer des Haselgebirges gehalten, sie haben aber damit, wie Ampferer schon feststellte (L. 5), nichts zu tun.

Über den roten Knollenkalken folgen zunächst nach etwa 2 m Rhythmen gut geschichtete helle Kalke, die keine Knollen mehr, aber lagenweise Crinoiden führen. Die Schichtung wird immer undeutlicher und es erfolgt ein allmählicher Übergang zu den Partnachkalken.

#### 5. Partnachkalk (= Unterer Wettersteinkalk)

Es ist ein mächtiger Komplex nur sehr schwach bis ganz ungeschichteter Kalke. Meist ist nur mehr eine ganz grobe Bankung von einigen Zehnermetern Mächtigkeit zu erkennen. Sie sind im allgemeinen etwas dunkler als der Obere Wettersteinkalk in dessen typischer Entwicklung. Kennzeichnend ist besonders für die oberen Horizonte eine verbreitete, fossile Versinterung, die Großoolithbildung (L. 17 und 20) mit Diploporen und anderen Organismenresten. Häufig sind mit weißem, grobspätigen Kalkspat erfüllte Hohlräume, die auch in den sonst wenig typische Merkmale aufweisenden unteren Horizonten anzutreffen sind. Durchgehende Feinschichtung wie beim Oberen Wettersteinkalk ist nicht vorhanden.

Vereinzelt kommen auch bituminöse Zonen von schmal linsenartiger Form vor. Südlich der Pfeiserspitze konnte ich in einer solchen auf engem Raum eine Anhäufung von zahlreichen Gastropoden auffinden. Herr Dozent Dr. Zapfe, der diese Stelle dann ausbeutete, hatte die Freundlichkeit, mir die folgende Liste der von ihm bestimmten Formen zu übersenden, wofür ich ihm bestens danken möchte.

Gastropoden-Faunula vom S-Hang der Pfeiserspitze:

*Omphaloptycha eximia* HOERNES

*Omphaloptycha tumida* HOERNES

*Omphaloptycha* sp.

*Neritaria comensis* HOERNES.

#### 6. Wettersteinkalk i. e. S. (Oberer Wettersteinkalk)

Er ist ein im allgemeinen sehr heller Kalk von außerordentlich großer Mächtigkeit, der meist eine sehr gute Schichtung aufweist (soweit sie nicht tektonisch zerstört ist), u. zw. einerseits eine grobe Bankung mit 1—2 m Rhythmus, gegeben durch (nach Sander) dolomitisch-kalkigen Zwischenschichten, die besonders aus der Ferne sehr gut zu beobachten ist, andererseits eine Feinschichtung mit mm-Rhythmik, die besonders in den Zwischenschichten auftritt.

Zwischen den fein geschichteten Lagen kommen auch Bänke vor, die keinerlei Schichtung aufweisen, sondern nur von sogenannten „Messerstichen“ durchsetzt sind, dünnplattige Hohlräume mit 1—2 cm Länge und einigen Millimeter Breite, die krümelige, z. T. kristalline, oft schwach ockerige Substanz enthalten. Diese scheinbar schichtungslosen Bänke können bis einige Meterzehner Mächtigkeit aufweisen. Bei genauerem Zusehen finden sich zwar selten, aber doch manchmal noch ganz dünne



Zwischenschichten von einigen Millimetern bis Zentimetern Mächtigkeit. Sonst wechseln aber Lagen mit Feinschichtung mit ungeschichteten viel gleichmäßiger.

Für die Feststellung der Schichtung und genauen und sicheren Einmessung ihrer Lagen ist die Feinschichtung am wichtigsten und verlässlichsten. Fast alle in der Karte und Text angeführten Daten von s-Flächen im Wettersteinkalk beruhen daher auf Einmessungen von derartiger Feinschichtung.

Die gröbere dm- bis m-Rhythmik ist zwar aus der Ferne sehr gut sichtbar und für eine Übersicht geeignet und wichtig. Im einzelnen, besonders in schlecht erschlossenen Einzelaufschlüssen, aber nicht verlässlich, da eine Verwechslung mit Klüftungen leicht möglich ist. Am besten geeignet sind in dieser Hinsicht noch die oft sehr ausgedehnten ebenen Schichtplatten, die bei einiger Übung von Klüftflächen leicht auseinanderzuhalten sind. Doch ist eine Kontrolle mit Feinschichtung, wenn sie auch nur spurenweise vorhanden ist, ratsam.

Bei stärkerer tektonischer Beanspruchung, in Knickzonen z. B., verschwindet die Schichtung, auch die Feinschichtung, und im Gelände ist ohne nähere Untersuchung überhaupt keine Struktur mehr zu erkennen, in günstigen Verhältnissen, wie in abgeschliffenen Rinnen, ein Brecciengefüge.

Außer der erwähnten normalen Schichtausbildung des Oberen Wettersteinkalkes kommen darin noch verschiedene abweichende Ausbildungen vor, so nicht selten kleinere Einlagerungen von großoolithischer Versinterung, die damit einen Rückfall in die Partnachkalkfazies bedeuten. Sie sind hier meist nicht von großer Ausdehnung und waren hauptsächlich im Lavatscherkar und bei der Bettelwurfhütte zu beobachten. Dunklere, schwach bituminöse Lagen mit einer deutlichen rhythmischen Schichtung von einigen Zentimeter bis zu Dezimeter sind besonders an der SW-Seite des Großen Lavatscher vorhanden.

Nicht selten treten in manchen Bereichen auffallend rot oder gelb gefärbte, mergelig-kalkige Lagen auf, die meist in Taschenform eingeschlämmtes Material enthalten, manchmal auch als Schichtlagen länger anhalten z. B. an der SE-Seite der Speckkarspitze und am SE-Grat des Kleinen Lavatscher.

## 7. Raibler Schichten

Die Raibler Schichten treten im Halltal nur am Karteller Jöchl auf, u. zw. in Form von dunklen Tonschiefern, die stellenweise etwas mergelig werden. Darin eingelagert sind ein oder zwei Oolithbänke in 1—2 m Breite, die oft reichlich Fossilien führen.

Über den Mergeln folgen Kalke, welche fast immer einen geringen Eisengehalt und dadurch eine schwach gelbliche Färbung aufweisen. Stellenweise sind sie von kleinen Hohlräumen mit einigen Millimeter Durchmesser durchsetzt, die an die „Messerstiche“ des Wettersteinkalkes erinnern, aber kleiner und unregelmäßiger gestaltet sind. Auch oolithische Kalke kommen vor.

Die Kuppe des Karteller Jöchls wird von einem Blockwerk aus dunkleren Kalken gebildet, die wahrscheinlich auch noch dem Raibler Horizont angehören dürften.

## 8. Gesteine der Zunterkopfscholle (Hauptdolomit, Kössener Schichten)

Diese gehört der Lechtaldecke an und zeigt damit eine von der Inntaldecke abweichende Faziesentwicklung, worauf bereits Ampferer hingewiesen hat. Es braucht daher auch nicht näher darauf eingegangen werden, besonders da dieses Gebiet bis auf die obersten Schichten vom Hauptdolomit aufwärts nicht mehr im untersuchten Bereich liegt.

Es sei nur darauf verwiesen, daß der Partnachhorizont zum großen Teil in Mergelfazies entwickelt ist (dunkle bis schwarze splitterige Mergel), die in der Inntaldecke im Bereiche des Halltales und auch der Nordkette vollständig fehlen, an anderen Orten jedoch untergeordnet vorkommen. Der Wettersteinkalk ist nicht so mächtig entwickelt, hingegen die Raibler Schichten z. T. als bituminöse Dolomite in großer Mächtigkeit vorhanden.

Darüber folgt dann der Hauptdolomit, der den Rücken der Zunterköpfe und die beiden Seiten des querverlaufenden Halltaldurchbruches aufbaut. Es sind fast stets gut geschichtete Dolomite (in Rhythmen von  $\frac{1}{2}$ —2 m), die immer bituminös sind, daher eine bräunliche Farbe aufweisen und den typischen Geruch beim Anschlagen ergeben.

Nach oben werden sie allmählich kalkiger und gehen in die helleren Plattenkalke über. Nordöstlich von St. Magdalena sind als flache Mulde auch noch durch Fossilien belegte Kössener Schichten als gelbliche Kalke und dunkle Mergel vorhanden, mit denen von Ampferer auch Lias nachgewiesen wurde.

Sie setzen sich am S-Hang des Walderkammes fort, wobei dort die Juraschichten noch reichlicher entwickelt sind.

## Beschreibung der Tektonik im Kalkgebirge mit den einzelnen Querverfaltungen

Durch die großen jüngeren Bruchflächen zerfällt die Inntaldecke in mehrere größere Schollen, deren Grenzen auch morphologisch mit den Taleinschnitten zusammenfallen. Wie dies schon Ampferer seinerzeit durchgeführt hat, wird auch hier die Beschreibung danach gegliedert und seine Bezeichnungen verwendet. Auch sonst muß auf manches schon von ihm Beschriebene des Zusammenhanges wegen nochmals angeführt werden. Im wesentlichen wird aber auf die neueren Erkenntnisse eingegangen.

Es sind folgende Kalkschollen, die das Halltal aufbauen: die Wildangerscholle, die kleine Karteller Scholle, das die ganze N-Seite aufbauende Gleirsch-Bettelwurfgewölbe mit nach S anschließender Fallbachkarscholle und schließlich die kleine Scholle des Halltaler Zunterkopfes. Der Lechtaldecke gehört hier nur der Bergrücken des Thaurer und des Hohen Zunterkopfes an.

### 1. Wildangerscholle

Diese Scholle umfaßt, wie schon erwähnt, das ganze Schichtpaket vom Buntsandstein bis zum Oberen Wettersteinkalk, wobei letzterer allerdings nur mehr das Gratstück zum Stempeljoch hin aufbaut. Sie weist ein im großen und ganzen ziemlich gleichmäßiges Streichen von ungefähr N 50° E und ein Einfallen von 45 bis 60° auf, abgesehen von gewissen Unregelmäßigkeiten im einzelnen, die gleich besprochen werden. Nach O

hin bricht die Scholle ziemlich unvermittelt gegen das darunter zutage tretende Salzgebirge ab. Der jetzige Abbruch ist natürlich durch die Erosion bedingt, ursprünglich reichte die Wildangerscholle sicher bis gegen die Karteller Scholle heran.

Auffallend sind Abweichungen im Streichen und noch mehr im Einfallen an der Unterseite, die besonders am Abbruch gegen das Salzgebirge zutage traten und im Profil Abb. 9 (Tafel XIX) übersichtlich zu sehen sind. Es sind Verbiegungen nach einer horizontalen  $N 50^\circ E$  streichenden B-Achse. Während im N-Teil des Profils im Bereich der Partnachkalke das sonst in der ganzen Wildangerscholle herrschende N-Fallen bis herunter anhält, geht es im S-Teil des Profils in einem allmählichen Bogen nach unten in S-Fallen über. Ganz im S, wo der Törlweg die Felsrippe überschreitet, tritt in einer flexurartigen Biegung auf kurze Erstreckung bis zu horizontale Lagerung auf, die aber bald wieder in steiles S-Fallen übergeht, bei einem Streichen von meist  $N 80^\circ E$ , das bis zum Fuß des langen, turmgeschmückten Felsspornes anhält. Auch im Streichen sind kleinere Unregelmäßigkeiten bis zu WNW-Streichen als Biegungen nach steiler, nach S einfallender Achse vorhanden. Im ganzen sieht es aus, als hätte das Salzgebirge von unten her die Kalkschichten auseinandergedrängt, wie es auch Seidl in seinem Profil darstellt (L. 16). Das Bewegungsbild der Salzlagerstätte enthält aber kein Korrelat hiezu, es stehen im Gegenteil die Streichrichtungen beider sogar quer zueinander. Es kann allerdings sein, daß in einer früheren Bewegungsphase, deren Spuren nunmehr wenigstens im Innern des Salzgebirges ganz umprägt sind, dieses hier syntektonisch nach oben gepreßt wurde. Die Obergrenze selbst, die diese Spuren wohl noch zeigen müßte, ist an dieser Stelle nicht erschlossen. Die Einschaltung von „pietra verde“ hat, wie schon angeführt, damit jedenfalls nichts zu tun.

Die Wildangerscholle ist von zahlreichen, meist nicht sehr ausgeprägten, aber oft sich lang hinziehenden Klufflächen durchzogen. Als auffallende Trümmerzonen treten sie im Gebiet zwischen Pfeiserspitze und Kreuzjöchel besonders um die Thaurer Jochspitze auf, die ihre für das Karwendelgebiet und das Gestein verhältnismäßig sanfte Form und die zahlreichen Schutthalden diesem Umstand verdankt. Die Richtungen der Klüfte verlaufen im allgemeinen NW und NE mit einer Schwankungsbreite, die bis etwa NNW und ESE geht. Sie stehen fast durchwegs saiger.

## 2. Karteller Scholle

Die Karteller Scholle ist begrenzt von dem zum Salzberg führenden Bergbach im S und dem IBtal im N und ist mit 1200 m Längserstreckung verhältnismäßig klein. Sie liegt in der Fortsetzung der Wildangerscholle, aber nicht nur höhenmäßig, sondern auch tektonisch wesentlich tiefer. Sie wird daher in der Hauptsache nur aus Oberem Wettersteinkalk gebildet, auf dem sogar noch aufliegende Raibler Schichten erhalten sind. Muschelkalk und Rauhwacken finden sich nur als aufgeschleppte Reste an der W- und SW-Seite. Im großen gesehen stellt die Scholle eine recht flache Mulde dar, die durch ungefähr N—S streichende Klüfte zerstückelt ist, wobei aber die einzelnen Teile nur wenig gegeneinander verschoben sind.

Die Achse der Muldenbiegung verläuft im W-Teil NW—SE und damit auch das Schichtstreichen, im O-Teil mehr WNW—ESE. Der SW-Rand ist stärker aufgebogen und bricht mit z. T. noch erhaltener Bruchfläche,

die die fast senkrechte „Steinbergwand“ bildet, gegen den Salzberg ab. An dieser Bruchfläche stößt der Wettersteinkalk wenigstens im S-Teil unvermittelt an den Rauhwackenmantel des Salzberges, im N-Teil, wie weiter unten noch ausgeführt wird, unter Verschuppung mit dem Haselgebirge.

Nach O keilt der Wettersteinkalk mit Wandbildungen spitz aus. Es ist möglich, daß nördlich Magdalena unter dem Bergsturzblockwerk noch

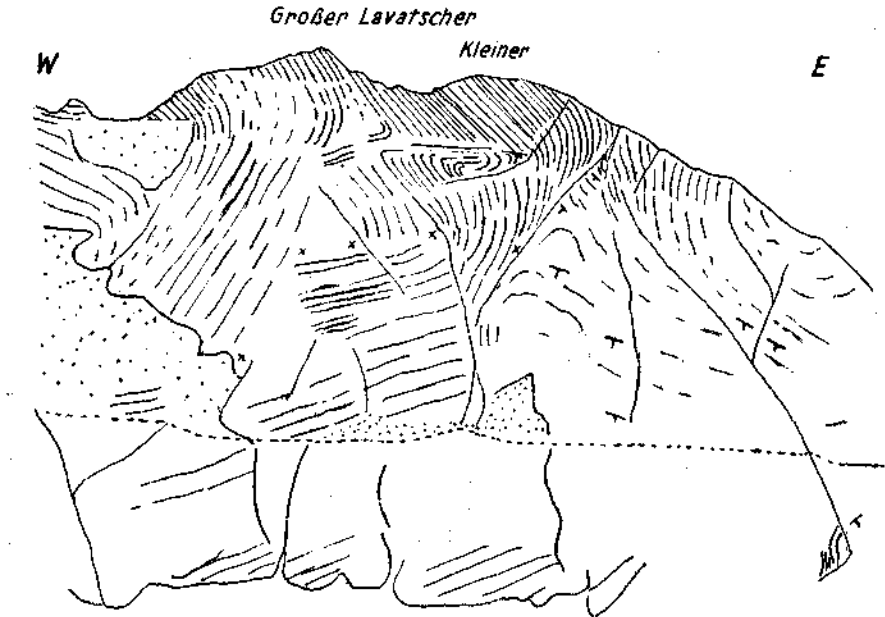


Abb. 17. Gr. u. Kl. Lavatscher. Ansichtsskizze von S, vom Wildanger aus gesehen.

anstehender Wettersteinkalk in ziemlich flacher Lagerung zutage tritt, doch konnte dies infolge des früh eingetretenen Schneefalles noch nicht sicher festgestellt werden.

### 3. Gleirsch — Bettelwurfgebölbe

Im großen gesehen wird diese Gebirgskette von einem ungefähr W—E streichendem Gewölbe mit etwas nach W einfallender Achse gebildet, das in diesem Sinne schon von Ampferer beschrieben und als „Gleirschkammfalte“ und „Bettelwurfgebölbe“ bezeichnet wurde. Es hat einen sehr einseitigen Bau. Während der N-Flügel meist ganz senkrecht steht, seine Schichten bauen die glatten N-Wände vor allem des Kleinen Lavatschers auf, fällt der S-Flügel im allgemeinen mit  $45^\circ$  und noch flacher bis  $20^\circ$  nach S ein. Der Gewölbefirst ist, wie schon Ampferer beschrieb, unter Brucherscheinungen scharf abgeknickt (siehe Abb. 18, 19 und 27).

Im W-Teil der Kette von der Praxmarerkar Spitze bis zur Sonntagskar Spitze tritt zu diesem W—E streichendem Gewölbebau noch eine flache Aufwölbung nach einer quer zum Grat verlaufenden Achse hinzu (siehe

Abb. S. 338 bei Ampferer, L. 1), wodurch ein Querstreichen der Schichten mit W-Fallen im W (am Katzenkopf) und ein allmählich immer steiler werdendes östliches Einfallen nach E hin bewirkt wird. An der Sonntagskar Spitze wurde es mit N 20° E, 45° E gemessen.

An der S-Seite des Großen Lavatscher wird das Einfallen noch steiler und geht bis in nahezu senkrechte Stellung über (N 10° E, 80° E).

Wie die weitere Aufnahme zeigt, sind im Halltal im Wettersteinkalk der Bettelwurfkette drei solcher Gebiete mit querstreichenden, steilstehenden

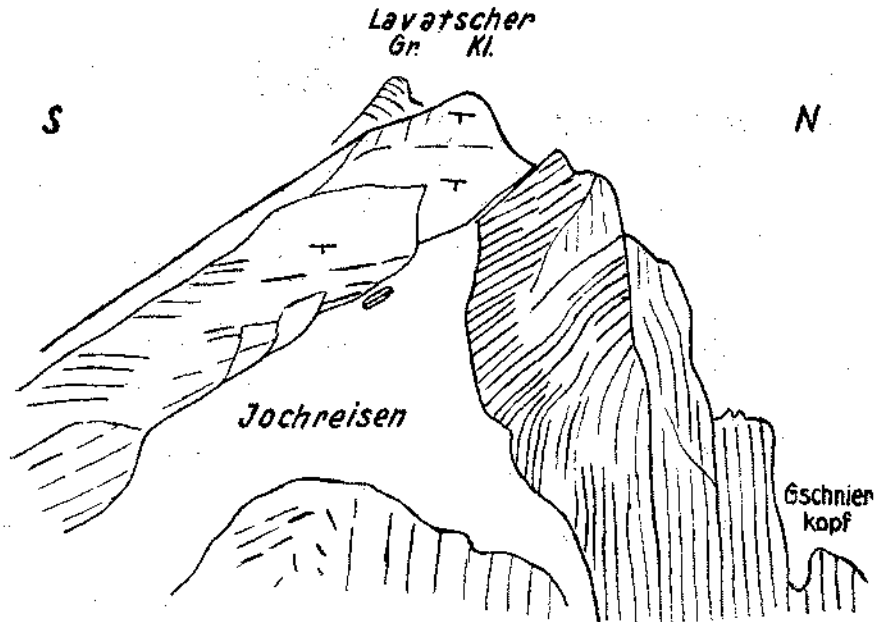


Abb. 18. Gr. u. Kl. Lavatscher von Ost aus gesehen (von der NW-Schulter der Speckkar-Spitze).

Schichtlagen vorhanden, die also Querverbiegungen oder Querverfaltungen darstellen.

- a) Die Querverbiegung am Lavatscher,
- b) Die Querverbiegung an der Speckkar Spitze,
- c) Die Querverbiegung an der S-Seite des Bettelwurfes.

Sie wurden, soweit es die verfügbare Zeit des letzten Sommers gestattete, im Gelände nach dem Schichtstreichen aufgenommen. Die gefügeanalytische Auswertung wird noch folgen. Zunächst wurde nur von der Großfaltung am Kleinen Lavatscher als Beispiel und zum Vergleich mit der Lagerstätte ein Diagramm der eingemessenen Flächen hergestellt.

a) Querverbiegung des Lavatscher (siehe Abb. 17)

Von W her biegen die Schichten, die an der Stempeljochspitze noch E—W-Streichen bei flachem südlichen Einfallen (20° und weniger) aufweisen, über den Roßkopf mit NE-Streichen und 45° SE-Fallen zum Großen

Lavatscher hinüber, wo sie in dessen SW-Gehänge bereits  $N 20^\circ E$  streichen, bei wechselndem, aber fast durchaus steilem (bis nahezu senkrechtem) Einfallen nach E. Die Schichtung ist hier in den manchmal etwas bituminösen und stellenweise auch dünnen Lagen von Großoolith führenden Gesteinen gut ausgeprägt und von weitem deutlich sichtbar. Im Gipfelgebiete legen sich die Schichten wieder flacher (etwa  $45^\circ$ ), behalten aber das gleiche Streichen bei, das sich erst in den N-Wänden mehr nach NE wendet und allmählich in die E-Richtung einlenkt. Die schwierige Zugänglichkeit

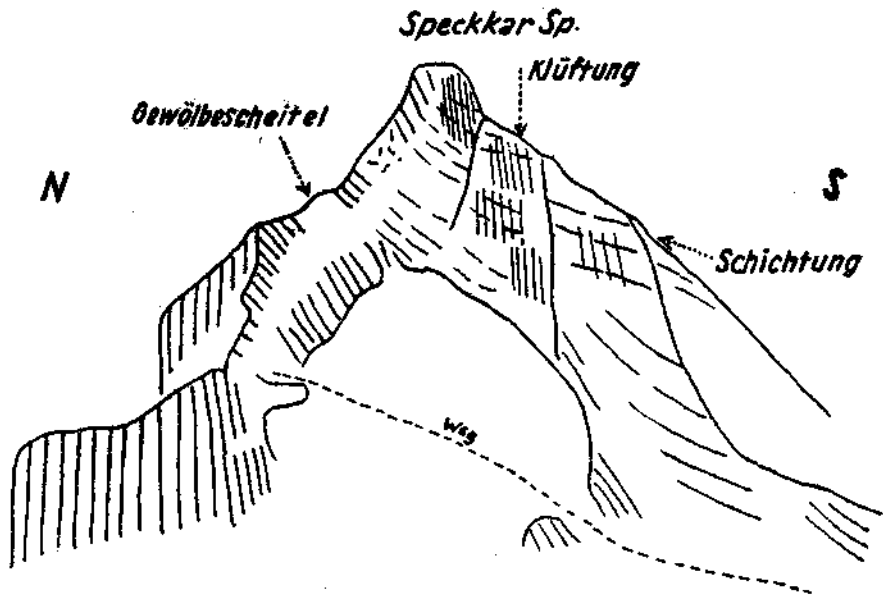


Abb. 19. Speckkar-Spitze von W, vom Kl. Lavatscher aus gesehen

verhinderte zunächst eine genauere Untersuchung. Das Einlenken war aber vom Gipfelgrat und auch von dem gegenüberliegenden Suntigerkamm aus ganz gut zu beobachten (siehe Abb. 20).

Im S-Gehänge des Großen Lavatscher folgt nach SE zunächst eine Zone, die aus stark zertrümmertem, aber wieder verheiltem Kalk, der daher keine erkennbare Schichtung mehr aufweist, besteht. Darunter folgen wieder deutliche, nunmehr flacher verlaufende Schichten, wobei das Einfallen mehr nach S—SSW gerichtet ist. Das Streichen verläuft zunächst etwa  $N 80^\circ W$ , biegt aber gegen O hin über  $E - N 60^\circ E$  — in  $N 40^\circ E$  am Lavatscher Joch ein, wobei das Einfallen wieder steiler wird (bis  $55^\circ SE$ ). Am Talboden dreht sich das Streichen hingegen nach NW.

Es sind anscheinend zwei Schollen vorhanden, die an einer Bruchzone, die  $N 30^\circ$  bis  $40^\circ E$  verläuft, aneinandergrenzen. Sie sind um eine Achse, deren Richtung sich aus einer Diagrammkonstruktion mit S-Häufungen und deren  $\beta$  sich mit  $N 5^\circ E$ ,  $28^\circ S$  ergab, geknickt. An der Störungszone, die sich bis auf den SE-Grat des Kl. Lavatscher verfolgen ließ, haben wahrscheinlich auch Parallelverschiebungen stattgefunden.

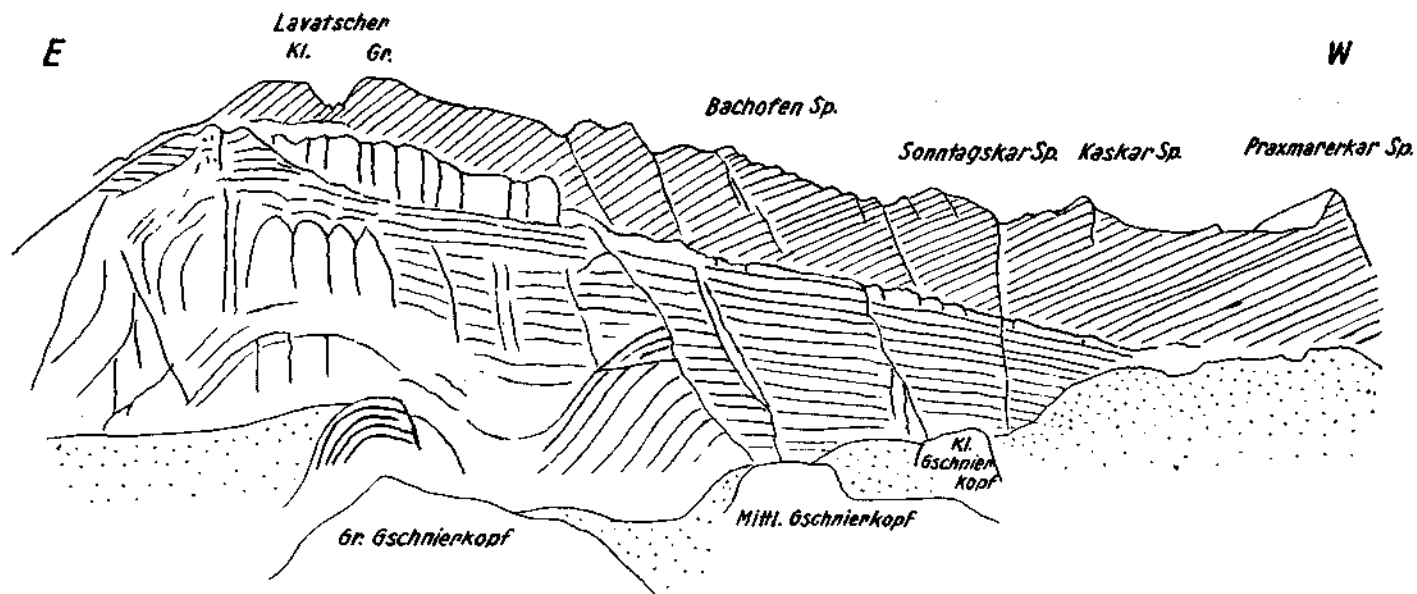


Abb. 20. Nordwände Lavatscher—Praxmarerker-Spitze. Ansichtsskizze gesehen vom Suntiger.

In ihrer Fortsetzung nach SW sind die Verhältnisse noch nicht ganz zu überschauen. Es sind mehrere Zonen mit steiler Schichtlage in den Richtungen N 20° W und N 20° E vorhanden. Am Ausgang des Bachofenkares scheint eine Synklinale mit N 50° E-Streichen und etwa 60° Einfallen gegeneinander auf. Weiter nach S herrscht wie an den Stempeljochspitzen auch im Talgrund wieder mehr E—W-Streichen bei flachem Einfallen nach S, zuweilen auch nach N (flache Mulden und Sättel).

Viel enger und schon fast schlingenartig (mit steiler aufgestellter Achse) ist die Biegung an der S-Seite des Kl. Lavatscher. Während im unteren Teil der Schrofengehänge, wie oben schon angeführt, die Schichten einen allmählich verlaufenden, nach S ausgebauchten Bogen zum Lavatscher Joch hinüber beschreiben, richten sie sich nach oben allmählich auf und wechseln stärker in ihrer Richtung. Am Felskopf, an dem SE- und SW-Grat auseinandergehen, d. i. knapp östlich der oben angeführten Knickzone, ist das Streichen N 20° W  $\perp$  bis 80° W, dann biegen die Schichten in ihrem Verlauf nach S über N 20° E, 70° W — N 40° E,  $\perp$  — N 30° W, 70° W — N 70° W, 60° S — N 60° E, 60° S bis in das 40° E-Streichen am Lavatscher Joch. Diese Biegung ist teils als allmähliche Biegung, stellenweise auch als bruchartige Knickung in dem gut erschlossenen und zugänglichen Felsgehänge durchwegs verfolgbar. Auf der N-Seite des SE-Grates scheint diese Biegung wieder ausgeglichener zu sein.

#### b) Querverbiegung der Speckkarspitze

Die Querverbiegung an der Speckkarspitze ist verhältnismäßig einfacher gebaut. Im W verläuft das Streichen bereits am Lavatscher Joch N 40° E mit 50° SE-Fallen im Mittel, dreht sich am SW-Grat der Speckkarspitze in N—S, 50° E, um dann gegen N zu über NE allmählich gegen die E—W-Richtung einzuschwenken. Zuletzt mit bruchartigem Knick, denn die Umbiegungszone ist nach N von einer Bruchfläche begrenzt, die vom Kl. Lavatscher über die Jochreisen herabzieht, wobei sie ganz unter Schutt verläuft, dann weiter nach O durch das kleine Schuttkar westlich der Speckkarspitze bis zu deren NW-Schulter zieht. Hier läßt sich gut beobachten, wie der Knick der Querverbiegung ziemlich unvermittelt an den Scheitelknick des E—W-Gewölbes stößt, ohne in dem Nordflügel eine Fortsetzung zu finden. Das Streichen wird unter Ausbildung verheilter Breccien unkenntlich.

Im obersten Teil des SW-Grates herrscht ein Streichen von N 20° W unter sehr steilem Einfallen nach E, das sich am Gipfel selbst bis nach N 40° W,  $\perp$  dreht. In der S-Flanke biegt es wieder nach N—S und läßt sich als verhältnismäßig schmale Zone mit N—S bis N 20° E-Streichen und senkrechtem bis steilem Einfallen nach E bis unter den Jagdsteig, der die Hohe Wand bei 1700 m durchschreitet, verfolgen. Westlich davon folgt ein recht schmaler Gesteinsstreifen, der keine Schichtung erkennen läßt, also wohl wieder eine tektonische Breccie darstellt, und dann meist ziemlich unvermittelt das normale E—W-Streichen mit flachem S-Fallen. Nach E hingegen geht das Streichen viel langsamer über NE in ENE-Streichen über.

Auf der Grathöhe gegen den Bettelwurf hält das Streichen NW—NNW bei steilem E-Fallen bis östlich des P. 2530 an, um dann nach einer Bruchzone in N 35—45° E umzuschwenken, das dann allmählich bis zum Großen



Bettelwurf in E—W-Streichen mit 25—40° S-Fallen übergeht. Auch im Speckkar selbst läßt sich das allmähliche Umbiegen gut verfolgen.

Die Querverbiegung der Speckkarspitze stellt demnach eine S-förmige Biegung dar, die gewissermaßen wie ein steifes Rückgrat eine N—S,  $\perp$ -streichende Zone besitzt, aus der das Streichen teils allmählich (nach E), teils mehr unvermittelt unter Brucherscheinungen in das normale E—W-, bzw. ENE-Streichen übergeht. Im Gipfelgebiete hat sogar eine Überdrehung in fast NW-Richtung stattgefunden, die nach N in eine Bruchzone übergeht.

#### e) Querverbiegung am Bettelwurfmassiv

Hier ist die Biegung nicht in der Gipfelregion, sondern in tieferen Lagen (unter 1700 m) vor sich gegangen. Sie läßt sich am Wege zur Bettelwurfhütte sehr schön verfolgen.

Zwischen Bettelwurfhütte und dem „Alten Schlag“ der AV.-Karte durchreißt in SW—NE-Richtung eine im unteren Teil tief eingeschnittene Schlucht das Felsmassiv (hier abgekürzt Schlucht „BW“ genannt). Nordwestlich dieser ist das Streichen verhältnismäßig gleichmäßig. Von N 80° E, 35° S am S-Grat des Bettelwurfs biegt es über N 50° E, 70° S am Hüttenweg in N 80° E, 45° S der „Platten“, diesem großartigen, bis auf eine geringe Krümmung im Einfallen nach dem E—W-Gewölbe (oben um 30°, unten 45°) und ganz schwachen Querverbiegungen außerordentlich gleichmäßig abfallenden Plattenschuß.

Südlich der Kluft „BW“ sind die Querverbiegungen wesentlich stärker. Das Streichen, das an der Fallbachkarspitze ungefähr 70—50° E beträgt bei etwa 60° S-Fallen, biegt nach SW gegen die unteren Schrofenhänge, wo sie der Hüttenweg durchzieht, allmählich in N 20° E—NS mit nahezu senkrechter Schichtlage, dann gegen die Wechselreise in N 40° W, 45° NE. In der durch die genannte große Schuttreise und die Wechselscharte abgetrennten Wettersteinkalkscholle des Halltaler Zunterkopfes tritt als Fortsetzung wieder ungefähr N—S-Streichen mit wechselndem Einfallen nach E auf. An der S-Seite beginnt es wieder gegen SE abzubiegen, wird aber bald von der großen Störungsfläche, die die Fortsetzung der Halltaler Störung darstellt und hier EW streicht, abgeschnitten. Schmale Lagen von Muschelkalk sind noch eingeklemmt.

Das Schrofengehänge westlich des Bettelwurfweges ist infolge seiner Steilheit und vor allem wegen seines dichten Latschenbewuchses nicht zugänglich. Wie aber am Ausgang der Schlucht „BW“, die in einen auf fallenden Geröllkessel mündet, zu ersehen ist, geht die Schichtung nach W in eine flache, muldenartige Lagerung über. Der S-Rand dieser Mulde ist steil aufgerichtet. Dadurch kommen am untersten Rand der Felsen gegen die Schutthalden des Halltales noch ältere Schichten zum Vorschein: dunkler Unterer Muschelkalk, andeutungsweise Oberer Muschelkalk und undeutlich Partnachkalke, allerdings nur in geringer Mächtigkeit. Inwieweit dies auf primäre Verkümmern in der Ausbildung oder auf tektonische Abscherung zurückzuführen ist, bleibt zunächst noch offen.

Durch NE streichende Klüfte sind die Muschelkalkschichten staffelförmig verschoben. In einer solchen Kluft (in der Karte mit einem  $\perp$  bezeichnet) ist in etwa 2 m Breite eine tektonische Breccie aufgedrungen, die Gesteine noch älterer Schichten, als sie hier anstehend zu finden sind, enthält. Es sind Reichenhaller Dolomit und Kalk, Rauhwacken und Hasel-

gebirge mit grünem Sandstein. Weiter unten S. 184 wird das Vorkommen noch näher beschrieben.

Westlich des obengenannten Geröllkessels steht noch ein etwa 100 m mächtiges Paket von Unterem Muschelkalk mit den charakteristischen Wurstelbänken an. Sein Streichen biegt von N 40° W an der O-Seite bis N 70° W an der W-Seite um. Das Einfallen beträgt in den äußeren Teilen 45° und geht in  $\perp$  Schichtstellung gegen den Berg zu über. Auf der Höhe des Köpfls liegt darüber unvermittelt typischer Oberer Wettersteinkalk mit deutlicher Feinschichtung, die durch ihre verschiedenen Lagen, stellenweise auch Verbiegungen, erkennen läßt, daß hier eine stärker durchbewegte Zone vorliegt, in der Wettersteinkalk mit tektonischer Grenze unmittelbar auf Unterem Muschelkalk liegt.

In dem darüber ansetzenden Grat folgen wieder flachliegende Kalkschichten bis zu einer senkrechten Kluft, die mit 80° E-Streichen eine Fortsetzung der Kluft „BW“ darstellt. Sie läßt sich weiter nach W bis unter die Plattenreise verfolgen und trennt auch hier den gleichmäßig E—W, 45° S streichenden Plattenschuß im N von stärker gestörtem Wettersteinkalk im S, als letzten Ausläufer der muldenförmig gebogenen Scholle der Fallbachkar Spitze.

#### 4. Zunterkopfscholle

Dieser Höhenzug, der schon südlich der Halltaler Störung liegt und damit schon der Lechtaldecke angehört, besteht wenigstens in den oberen und nördlichen Teilen fast durchaus aus Hauptdolomit der nach N stellenweise in Plattenkalk übergeht. SE von Magdalena liegen auch noch Kössener Schichten und etwas Lias mit N 50° W horizontal streichender Faltenachse auf.

Das Streichen des Hauptdolomits verläuft am Kamm und in den steil gegen das Halltal abstürzenden Felsflanken zum großen Teil NW—WNW. Am N-Rand ist jedoch vielfach ein Einlenken in die E—W-Richtung festzustellen. Die Stellung ist fast durchwegs sehr steil bis senkrecht, nur gegen das Eibental ist das Einfallen weniger steil um 45°, daher sich auch hier die Kössener und Liasschichten erhalten haben.

Im Grunde ähnlich, aber etwas verwickelter, sind die Verhältnisse SE des Törl, unter einem noch erhaltenen Rest der ehemaligen Überdeckung mit Inntaldecke (s. Abb. 2 und 21). Der darunter liegende Hauptdolomit (z. T. auch Plattenkalk) ist bis zu der östlich gelegenen breiten Rinne (mit alten Verbauungen) in verschieden streichende Schollen zerlegt. Z. T. herrscht noch das  $\perp$  NW-Streichen, meist aber flaches N- und S-Fallen, aber auch 45° W fallende Lagerung.

Der aufliegende Deckenrest liegt ebenfalls flach und bildet anscheinend eine Mulde mit N 50° W gerichteter B-Achse, also gleich dem Streichen des Dolomits.

Am Gesteinsbestand der Deckscholle sind hauptsächlich Gesteine der Reichenhaller Schichten beteiligt: gelbe Rauhwacken, graue, geschichtete Dolomite und dunkle Kalklagen. Als Liegendes tritt noch ein schmales, stark ausgequetschtes Band von Buntsandstein auf, das durch die rote Farbe auch aus der Entfernung deutlich sichtbar ist. Die Auflagerungsfläche ist recht unregelmäßig geformt, die Gesteine beiderseits stark mylonitisiert.

Der S-Hang des Zunterkopfrückens ist von mir nicht näher begangen worden. Nach der Karte Ampferers zieht, in zirka 1200 m ein z. T. unterbrochenes Band von Raibler Schichten durch, unter dem wieder Wettersteinkalk folgt. Die NW—NNW verlaufenden Brüche, die aus der Karte gut zu ersehen sind, sind schon von Ampferer beschrieben worden (L. 1, S. 348).

### 5. Brucherscheinungen und Klüfte

Innerhalb der Kalkschichten sind wohl alle Bewegungen, auch die älteren, mit mehr oder weniger Brucherscheinungen vor sich gegangen, mit örtlich beschränkten Zerstörungen des sedimentären Gefüges. Sie sind aber

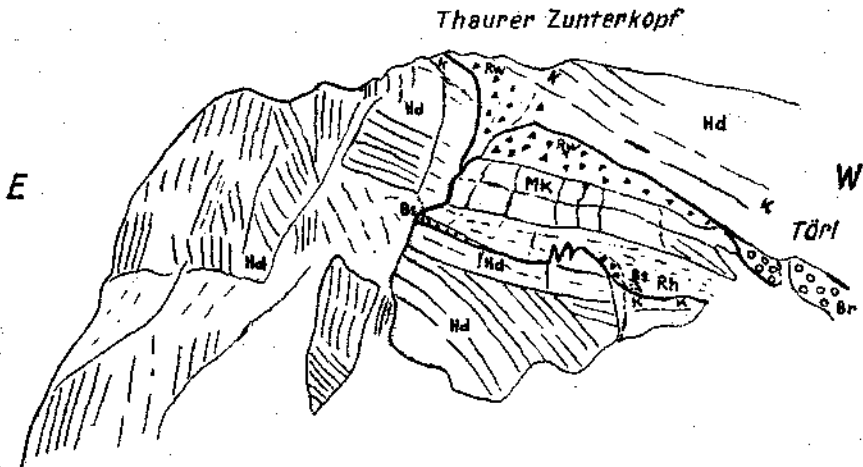


Abb. 21. Ansichtsskizze des Thaurer Zunterkopfes von N.

*Hd* = Hauptdolomit  
*K* = Kössener Schichten  
*Mk* = Muschelkalk

*Rw* = Rauhwaacke  
 Mergel und Dolomit  
*Bs* = Buntsandstein  
*Br* = Gehängebreccie  
 } der Reichenhaller Schichten

anderer Art und lassen sich im allgemeinen ganz gut von den jüngeren Brüchen auseinanderhalten.

Erstere sind hier als Knickungen oder Knickungszonen bezeichnet und stellen bruchartige Umbiegungen bei den Großverfaltungen dar, u. zw. sowohl der Großfalten mit E—W-Achsen, wie sie z. B. die von Ampferer schon beschriebene Gleirschkammmfalte darstellt, als auch bei den von mir festgestellten Querverbiegungen. Den Biegungen entspricht jeweils eine B-Achse, die entweder unmittelbar im Gelände oder nach der Karte ungefähr eingemessen werden kann, was aber nicht immer möglich ist, oder genauer aus dem Verlauf der noch erhaltenen s-Flächen. Letzteres ist hier auch für die Querverbiegung am Kl. Lavatscher durchgeführt worden. Auch bei den wenigstens im großen, scheinbar stetigen Biegungen treten im einzelnen immer wieder Knickungen von geringem Ausmaß auf. Die Knickungszonen selbst bestehen aus Breccien, die meist gut verheilt sind, so daß sie nunmehr sehr feste, anscheinend strukturlose Kalkbänke darstellen.

Außer den Biegungen können an den Knickungszonen auch noch Parallelverschiebungen beteiligt sein, wie dies schon Ampferer für die Gleirschkammfalte annimmt. Das Ausmaß ist aber, wenn nur Wettersteinkalk beteiligt ist, sehr schwer abzuschätzen.

Davon verschieden sind die jungen steilstehenden Bewegungsflächen, bzw. -zonen oder Verwerfungen im üblichen Sinne, auch Brüche genannt. Sie haben meist einen ungefähr ostwestlichen Verlauf und in der Regel ist der nördliche Teil gegen den südlichen abgesunken. Die bedeutendsten sind hier durch den Verlauf des Halltales selbst gekennzeichnet und von Ampferer schon als Grabenbrüche des Halltales bezeichnet worden. Es sind der Halltaler Bruch oder die Halltaler Störung und die Störung des Stempeljoches (nach Ampferer zu den Gleirschtalbrüchen gehörig).

Die Halltaler Störungslinie bildet gleichzeitig den Ausstrich der Deckengrenze zwischen Inntal- und Lechtaldecke, der damit hier steilgestellt ist. Das nördliche Gebiet mit der Inntaldecke ist gegenüber dem südlichen um eine erhebliche Sprunghöhe, die wenigstens 1 km betragen dürfte, wahrscheinlich sogar mehr, abgesunken. Die Störungsfläche selbst ist im Halltal nirgends mit Sicherheit genügend erschlossen. Sie bildet meist eine breitere Zone, die aus einem ganzen Geflecht von einzelnen Bewegungsflächen besteht, wovon im allgemeinen jeweils der nördliche Teil abgesunken ist. Es kommen aber auch, wie die Aufnahmen im Gebiete der Mühlauer Wasserfassung zeigten, auch querverlaufende Brüche vor, an denen sich die Vertikalverschiebungen ebenfalls ausgewirkt haben.

Durch die Absenkung des N-Teiles kommen die älteren Gesteine der Inntaldecke in unmittelbare Berührung mit jüngeren der Lechtaldecke. Auf letzterer hat sich nur Südöstlich des Törl, noch, wie bereits S. . . beschrieben, ein Deckenrest erhalten, der eine flach muldenförmige Lagerung (mit B-Achse N 50° W) hat. Die Schichten der Inntaldecke fallen nördlich der Bruchzone bei ENE-Streichen mit 45° nach N ein, während der Hauptdolomit der Lechtaldecke mit NW-Streichen fast senkrecht steht, erst weiter nach S folgt wieder 45° N-Fallen.

Es wäre also anzunehmen, daß früher allgemein 45° N-Fallen herrschte, vielleicht schon durch beginnende Einsenkung der Inntaldecke, bis dann im Gefolge des Bruches eine Schleppung an der steilen Fläche unter Ausbildung eines flexurförmigen Knickes entstand.

Als Auflockerungszone und außerdem durch die Anhäufung der leicht verwitterbaren Rauhwacken fiel diese Zone der Erosion stärker zum Opfer. Es grub sich darin die Längsfurche des Halltales ein und verdeckte sie mit Schutt. Der Einschnitt des Törl ist ebenfalls ihr zu verdanken, der aber nunmehr mit Gehängeschutt wieder ausgekleidet ist.

In der Gegend der Thaurer A. tritt die Halltaler Bruchzone z. T. zutage, allerdings stark von oben her überdeckt von Gehängebreccien und Hangschutt. An den Quellaustritten am Weg östlich der Alm zeigt sie sich durch stark mylonitisierten Hauptdolomit an. Bei der Alm selbst durch ganz zerrütteten Sandstein und Rauhwacke, über die nochmals Plattenkalke und Hauptdolomit folgen. Es liegt hier also eine Verschuppung vor.

Nach O läßt sich die Fortsetzung der Halltaler Störung immer in Steilstellung bis in die Gegend von Schwaz verfolgen, wo sie unter der Inntalsole verschwindet. Sie lenkt dann entweder in die Inntallinie ein

oder wird an dem diagonal (NW—SE) streichenden Querbruch Lahnbach-Hochmahd abgeschnitten.

Auch an der Störungsfläche, bzw. Zone, die über das Stempeljoch zieht und damit dieses bedingt hat, ist einwandfrei zu sehen, daß der nördlich angrenzende Teil, das Massiv der Stempeljochspitzen, gegenüber der Wildangerscholle abgesunken ist (s. Profil Abb. 4 auf Tafel XIX). Der Bruch ist im Muldentiefsten der Fortsetzung der Gleirschmulde erfolgt. Südlich der tiefsten Scharte ist noch eine kleine Scholle mit flacher Lagerung vorhanden, weiter am Grat gegen S folgt gleich steiles N-Fallen, zunächst aber noch mit Trümmerzonen.

Weiter nach O verläuft die Störungsfläche ganz unter der Schuttbedeckung und Schotterverbauung des Ißtales, später des Halltales und zieht schließlich über die Wechselscharte. Als Abzweigung streicht die schon erwähnte Kluft „BW“ nach NE in das Bettelwurfmassiv.

Das ganze Kalkgebiet ist von zahlreichen, nach verschiedenen Richtungen streichenden Klüften, bzw. Kluftsystemen durchsetzt, auf die im einzelnen zunächst noch nicht eingegangen werden kann. Hervorzuheben ist besonders ein System aus meist senkrecht stehenden Klüften, die z. T. deutliche Horizontalverschiebungen erkennen lassen, wenn auch der Verschiebungsbetrag selbst gering ist. Innerhalb des Wettersteinkalkes fallen sie nicht weiter auf, wenn sie aber Grenzen zu andersartigen Schichten queren, wie etwa zu den Raiblern der Lavatscher Mulde, werden sie auch im Kartenbild deutlich sichtbar. Auch Verschleppungen (mit steiler Achse) sind öfters zu beobachten.

An der Thauererjochspitze tritt ein Kluftsystem auf, dessen NW und NE—ENE streichende Klüfte durch ihre Trümmerzonen ausgeprägt sind. Erwähnt seien noch die besonders am Massiv der Stempeljochspitzen auffallenden, schon von Ampferer hervorgehobenen, vielleicht zum System der Längsbrüche gehörenden senkrechten E—W-Klüfte (s. Profil Abb. 4 auf Tafel XIX).

Der Wettersteinkalk ist häufig von Kluftscharen mit einem ziemlich engen Rhythmus (1 bis mehrere *dm*) durchsetzt, die sehr leicht mit Schichtungen verwechselt werden können.

### Gefügeanalyse einer Querverfaltung (Kleiner Lavatscher)

Die weitere gefügetektonische Bearbeitung des bisher im Gelände untersuchten Bereiches wird noch durchgeführt. Zunächst sei aber als Beispiel gleich die Querverfaltung des Kl. Lavatscher gebracht, da sie die Beziehungen der Kalktektonik zur Tektonik der Salzlagerstätte als nächst benachbarte wohl am besten aufzeigt und daher schon mit einem Diagramm untersucht wurde.

Um die Achse dieser Biegung zu bestimmen, bzw. um zu sehen, ob die s-Flächen, die im Bereiche dieser Biegung liegen, tautozonal sind, also einem Prägungsakt angehören, wurden sämtliche in dem oben (S. 172) beschriebenen Bereich (S-Seite des Kl. Lavatscher) eingemessenen s-Flächen mit ihren Polen auf ein flächentreues Netz einer Lagenkugel eingezeichnet (Abb. 22). Sie bilden einen breiten Gürtel mit drei Hauptmaxima, bezeichnet mit I, II und III. Ihre Schwerpunkte sind wieder Pole von s-Flächen

(N 18° E, 54° E; N 65° W, 62° SW und N 20° W, 70° W), die diese Häufungen repräsentieren. Durch den Gürtel, dem im Gelände die Schichtbiegungen entsprechen, läßt sich nur sehr ungenau ein Großkreis ( $\pi$ -Kreis) legen, d. h. von den drei Maximas fällt jeweils eines etwas außerhalb des Großkreises der anderen. Die s-Flächen sind also nicht streng, sondern nur

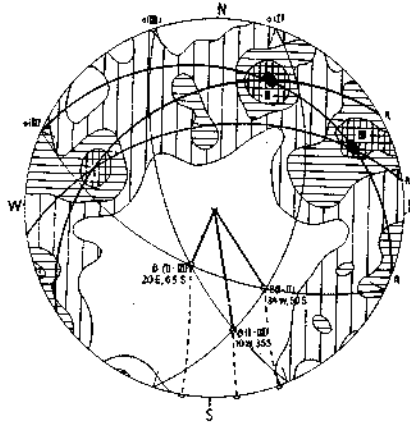


Abb. 22. Kl. Lavatscher, Diagramm der s-Flächenpole mit Konstruktion der  $\pi$ -Kreise und  $\beta$

ungefähr tautozonal. Jedenfalls läßt sich aber durch je zwei von den Maximas unter teilweiser Mitverwendung kleinerer Häufungen je ein  $\pi$ -Kreis legen.

Als deren Lote, also als gesuchte  $\beta$ -Richtungen ergeben sich folgende:

- N 33° W, 48° S, zwischen Maximum I und II,
- N 10° W, 24° S, zwischen Maximum I und III,
- N 27° E, 64° S, zwischen Maximum II und III.

Als gemeinsamer Schwerpunkt dieser  $\beta$ -Richtungen ergibt sich eine Richtung N 12° W, 50° S. Sie lassen sich aber auch unmittelbar als Häufungen aller Schnittgeraden zwischen den s-Flächen oder, wie es auch hier geschehen ist, als Schnittlinien der den Häufungsschwerpunkten entsprechenden s-Flächen konstruieren.

Es ist nun möglich, daß diese verschiedenen  $\beta$ , ebenso verschiedenen B von Bewegungsplänen und Beanspruchungsplänen entsprechen, die damit diese Raumstetigkeit bewirkt haben, andererseits ist es aber auch möglich, daß nur ein Beanspruchungsplan vorliegt, denn es ist wohl damit zu rechnen, daß ein Bewegungsplan hier nicht durchaus gleichmäßig verlief, sondern durch Inhomogenitäten, besonders auch die örtlich verschiedene schräge Einspannung der Schichtlagen, abgelenkt und in seiner Symmetrielage (damit auch das B) verdreht wurde. So kann also das Abweichen von der strengen Tautozonalität auch auf die nur teilweise raumstetige Formung eines Beanspruchungsplanes im betrachteten Bereich zurückzuführen sein.

### III. Die Salzlagerstätte

#### Allgemeines

Die Salzlagerstätte oder, wie der Salzbergmann sagt, das Salzgebirge, liegt, soweit es durch Grubenbaue erschlossen und bekannt ist, im hintersten Halltale in einer Seehöhe von 1300 bis 1700 *m*. Auch in Ausbissen tritt die Lagerstätte an einzelnen Stellen zutage, die aber, wie es unser Klima bedingt, nur aus ausgelaugtem Haselgebirge und Gips bestehen, vielfach sogar, wie besonders auf der Seite des Isstales, auch nur aus stark verwittertem Schutt von grünlichem Salzton, der durch Hangbewegungen auch verrutscht sein kann, daher den Ort des Anstehenden nicht mehr sicher erkennen läßt. Zu einem großen Teile ist die Lagerstätte von der Kalkscholle des Wildanger überdeckt.

Dem Streichen nach sind zwei Hauptteile mit einem Übergangsgebiet unterscheidbar. Zunächst der in der Zugangs- und Stollenrichtung gesehen vordere Teil, das „Vorhaupt“, d. i. das zwischen (zum Teil unter) dem Wildanger gelegene östliche Feld mit ungefähr NW—SE-Streichen, das also damit quer zum Streichen in der Wildangerscholle, jedoch gleich dem Streichen im anschließenden Teil der Karteller Scholle verläuft.

Das W-Feld, der rückwärtige Teil der Lagerstätte („Hinterhaupt“), der sich gegen das Stempeljoch hin erstreckt, liegt mehr auf der Isttalseite, wird aber ebenfalls zu einem großen Teil von der Wildangerscholle überdeckt. Sein Streichen verläuft besonders im westlichen Teile nahezu gleich dem der Wildangerscholle.

Das Einfallen ist in der ganzen Lagerstätte größtenteils nach S gerichtet, geht jedoch besonders im O örtlich auch in N-Fallen über.

Das Salzgebirge wird durch neun Horizonte erschlossen, die im folgenden zur Übersicht zusammengestellt sind, wobei die angeführten Höhen die Meereshöhen der Mundlöcher bedeuten.

Wasserberg	Wbg	1635·4 <i>m</i>
Oberberg	Obg	1607·8 <i>m</i>
Mitterberg	Mbg	1574·4 <i>m</i>
Steinberg	Stbg	1533 <i>m</i>
Königsberg	Köbg	1485 <i>m</i>
Kaisersberg	Ksbg	1458·3 <i>m</i>
Erzherzogsberg	Ebg	1422 <i>m</i>
Ferdinandsberg	Fbg	1333·3 <i>m</i>

Die Abkürzungen sind auf Karten und Profilen und z. T. im Text gebraucht. Die Stollen steigen in ihrem Verlaufe nach rückwärts mehr oder weniger an, was auch in den Profilen zum Ausdruck kommt. Ferner besteht noch ein Untersuchungsschacht, der „Jorkas Koch-Schacht“, der vom Königsberg bis in eine Tiefe von 1055 *m* reicht und noch durch eine Bohrung um 40 *m* verlängert wurde.

#### Gesteinsbestand und Schichtfolge. Tektonisches Verhalten

Auf den Gesteinsbestand der Salzlagerstätte kann hier nicht weiter eingegangen werden. Die Gesteine sind bereits von Schauburger in mehreren Arbeiten beschrieben worden (L. 18, 19), die sich zwar in der Hauptsache nicht auf den Haller Salzberg beziehen, sondern auf den in vieler Hinsicht sehr ähnlichen Hallstätter Salzberg, doch viele Hinweise

auf Hall enthalten. Es muß aber gelegentlich, soweit es für Deutung der Tektonik notwendig ist, darauf eingegangen werden.

Eine sichere, ursprüngliche, also sedimentäre Schichtfolge ist nicht feststellbar. Es kann aber wohl, wie auch Schauburger anführt, angenommen werden, daß die Schichten im allgemeinen noch in ihrem ursprünglichen Verband verliegen, d. h. was ursprünglich aufeinander gelegen ist, auch heute noch in seinem alten Verband liegt (Kontinuitätsprinzip nach Schauburger). Doch ist das Kontinuitätsprinzip sicher nicht durchgehend gültig. Die Schichten werden zwar unter Wahrung ihres Verbandes zum großen Teil bei der tektonischen Verformung nur ausgewalzt. Auch daß starre (also weniger teilbewegliche) Schichten, wie z. B. Anhydrit und Salzton, dabei zerrissen werden und die einzelnen Brocken Rotationen ausführen, vermag, solange es sich um dünnere Schichten handelt, den Verband noch nicht wesentlich zu stören. Doch gehen solche Rotationen, besonders wenn es sich um dickere Schichten handelt, zuweilen in Einwickelungen über, die den Schichtverlauf unterbrechen. Auch Scherflächen können schräg in den Schichtverband eingreifen und dadurch nicht Zusammengehöriges nebeneinanderstellen.

Besonders bei mehrphasigen Umformungen, die in verschiedenen Richtungen verlaufen, können sich dadurch Bewegungsbilder mit Wiederholungen der Schichtfolge und Verfaltungen ergeben, die nicht mehr ganz auflösbar sind und dadurch eine Rekonstruktion der alten Schichtfolge unmöglich machen. In der Haller Lagerstätte kommt noch dazu, daß die obersten Teile der Lagerstätte bereits der Erosion und der Umgestaltung durch Auflockerung zum Opfer gefallen sind, wodurch die wahrscheinlich vorhandene Umbiegung nicht mehr erkennbar ist.

In ihrem Verhalten der Durchbewegung gegenüber lassen sich im Haller Salzgebirge im wesentlichen zwei Gesteinsgruppen unterscheiden: das Haselgebirge mit seiner im Vergleich zu sonstigen Gebirgsarten überaus großen Teilbeweglichkeit und die mächtigeren Anhydritlagen und Massen, die zwar auch eine gewisse Teilbeweglichkeit aufweisen, sich aber gegenüber dem Haselgebirge doch mehr als starre Massen verhalten. Schmälere Anhydritzüge sind hier zum Haselgebirge gerechnet, da mehr die Großbereiche behandelt werden.

Das tektonische Verhalten des Haselgebirges ist bereits von Schauburger eingehend untersucht und beschrieben worden. (Die Fließstrukturen im Hallstätter Salzlager, Berg- und Hüttenm. Jb. 1931, S. 57.) Das Haselgebirge zeichnet sich durch große Teilbeweglichkeit aus, so daß es besonders im homogenen Bereich zu einem Ausgleich der Druckunterschiede kommt. Es strömt leicht von Stellen höheren zu Stellen verminderten Druckes und bildet daher örtliche Anschoppungen, anderseits wieder starke Auswaltungen.

Durch verschieden geartete Einlagerungen können Inhomogenitäten auftreten, u. zw. einerseits, indem Lager eines schwerer teilbeweglicheren Materials wie Anhydrit, sich einschalten, die bei der Auswaltung durch Überschreiten der Zugfestigkeit reißen, wodurch im weiteren Brockenzüge entstehen. Deren einzelne Teile führen im Verlauf der Durchbewegung Rotationen aus, wobei sie sich querstellen können. Unter entsprechenden Bedingungen ist es möglich, die B-Achse und damit die Symmetrie der Bewegung hierbei festzustellen.



An den Inhomogenitätsflächen bilden sich sehr oft Bewegungsflächen mit stärkerem Ausmaß der Bewegung aus. Es kommt zu Gleitflächen, die vielfach schräg in den homogenen Bereich eingreifen können und damit auch dort Unstetigkeiten hervorrufen. Es kommen damit Schichtglieder zur Berührung, die nicht zusammengehören und so zu falschen Verbindungen führen.

Eine noch größere Teilbeweglichkeit als das Haselgebirge im allgemeinen weisen die Salzeinlagerungen auf, die allerdings im Haller Salzlager keine größere Ausdehnung besitzen. Sie kommen hier meist nur in Form von Salzstrichen vor, können sich aber örtlich stärker anschoppen. Ihre leichte Beweglichkeit wird durch die große Löslichkeit und damit Neigung zu Umsetzungen noch erhöht. Sie weisen meist eine gut erkennbare Schichtung auf und zeigen daher besonders schön intensive Verfaltungen, wie z. B. im Utzschneider Werk.

Ein anderes Verhalten zeigt die als Anhydritgesteine zusammengefaßte Gruppe. Sie bestehen vor allem aus, in der Regel dunkelgefärbtem Anhydrit mit häufiger Beimengung von Dolomit, örtlich auch Breunnerit. Als verhältnismäßig dünnere Lagen ist ihr Verhalten schon unter Haselgebirge erwähnt worden. Im Haller Salzberg bilden sie aber auch mächtigere Massen, die sich in ihrem tektonischen Verhalten vom übrigen Haselgebirge stärker abheben.

Mit stellenweise intensiven Verfaltungen zeigen sie auch eine wenigstens unter bestimmten Bedingungen größere Teilbeweglichkeit an, antworteten aber vielfach auf Beanspruchungen unter Brucherscheinungen, besonders Breccienbildungen. Hierbei ist allerdings zu beachten, daß sicher auch sedimentär entstandene Breccien vorkommen. Eine Abtrennung beider wäre erst noch genauer zu untersuchen.

Wahrscheinlich, besonders in den letzten Phasen der Durchbewegung, verhielt sich der Anhydrit dem Haselgebirge gegenüber mehr als starrer Körper. Auch mächtigere Anhydritlagen wurden in Schollen zerlegt, die rotiert und z. T. quergestellt, hiebei auch stark abgerundet wurden, wie schon aus den Karten Schaubergers hervorgeht.

Eine gewisse Mittelstellung nimmt das Grausalzgebirge ein, das vielfach eine besonders durch den höheren Salzgehalt bedingte größere Teilbeweglichkeit aufweist, aber doch gegenüber dem Haselgebirge mehr Zusammenhang aufweist. Es wurde daher hier auch mit unter die Anhydritstreifen einbezogen.

Ebenso auch mächtigere Züge von Blättersalzgebirge. Im allgemeinen kann diesbezüglich auf Einzelheiten nicht eingegangen werden.

Besonders in den Auslaugungszonen sind oft recht mächtige Gipslager vorhanden, die zur Hauptsache wohl erst nach der tektonischen Durchbewegung aus dem Anhydrit durch Wasseraufnahme entstanden sind, doch ist es auch möglich, daß jüngere tektonische Bewegungen nach der Umwandlung in Gips erfolgt sind.

Hier ist zu unterscheiden und allenfalls durch eine genauere Gefügeanalyse zu untersuchen, ob eine solche Verformung im Gips

1. eine Abbildung einer älteren, bereits im Anhydrit entstandenen Verformung darstellt,
2. auf eine relativ jüngere Beanspruchung zurückgeht, die das bereits in Gips umgewandelte Gestein erfaßt hat,

3. mit Bewegungen zusammenhängt, die auf Quellungen bei der Umwandlung von Anhydrit in Gips zurückzuführen sind. Letztere können schon durch die Lage der B-Achsen, die mehr örtlichen Bedingungen folgt und daher im ganzen mehr unregelmäßig sein wird, unterschieden werden.

Ohne auf weitere Einzelheiten des Baues der Lagerstätte einzugehen, ergibt sich nach der im bisherigen getroffenen groben Unterscheidung in die zwei Gesteinsgruppen Haselgebirge einerseits und Anhydrit andererseits auf Grund der Karten und Profile Schaubergers folgendes schematisch sehr vereinfachte Bild:

Deutlich heben sich zwei Gesteinszüge heraus, die vorwiegend aus Anhydrit, Grausalzgebirge und z. T. auch Blättersalzgebirge bestehen, die hier kurz als nördlicher und südlicher Anhydritzug bezeichnet werden. Die übrigen Zonen bestehen hauptsächlich aus verschiedenen Arten von Haselgebirge mit Salzstrichen, schmalen Anhydritlagen usw. Es sind eine südliche, eine nördliche und eine breite Zwischenzone. Die Trennung ist nicht immer scharf, es gibt Übergänge und Mischgebiete mit Anhydritschollen. Besonders unklar wird die Scheidung in den ausgelaugten und vergipsten Bereichen. Es kommt aber nur auf die grobe Übersicht an.

Dieses Bild dient z. T. nur als Vorzeichnung für unsere Betrachtung, die Heraushebung der Anhydritzüge ist aber auch oft wegen ihres anderen, dem Haselgebirge gegenüber viel starrereren Verhaltens wichtig. So besonders im unteren Teile des O-Feldes, wo der nördliche Anhydritzug zu einer recht mächtigen Masse bis zu 200 m Mächtigkeit anschwillt. Gegen das Mittel- und W-Feld löst er sich in Einzelschollen auf und geht z. T. in Blättersalzgebirge über.

Der südliche Anhydritzug besteht im W-Feld aus mächtigeren Anhydritschollen oder Lagen, im O-Feld mehr aus Grausalzgebirge.

Auf weitere, tektonisch oft recht interessante Einzelheiten kann hier nicht eingegangen werden.

### Zum tektonischen Gefüge des Haselgebirges

Das Haselgebirge des Haller Salzberges erweist sich als wenig günstig für die Einmessung von Gefügedaten. Sind schon die s-Flächen in großen Bereichen wenig ausgeprägt und kaum oder gar nicht erkennbar, so gilt dies für die B-Achsen noch mehr. Besonders im eigentlichen Haselgebirge sind Verfaltungen oder auch Striemungen, die eine Einmessung linearer Richtungen ermöglichen würden, nur in seltenen Fällen vorhanden. Nur einzelne Einlagerungen, wie besonders die Salzstriche und Salzlagen, dann auch die verschiedenen Anhydriteinschaltungen, zeigen zuweilen Verfaltungen der meist gut ausgeprägten Bänderung. So z. B. die schönen Salzfalten im Utzschneider Werk.

Gute Möglichkeiten zur Einmessung von Gefügedaten bietet vielfach der Anhydrit, der häufig gut erkennbare Schichtung und auch Verfaltungen mit verschiedenen Achsenrichtungen aufweist. Weil er aber dem Haselgebirge gegenüber mehr die Rolle einer starren Masse spielt, ist er eigens für sich zu betrachten.

Da also, abgesehen von den größeren Anhydritlagen, innerhalb des Haselgebirges nur sehr wenig B-Achsen unmittelbar durch freisichtige Beob-

achtung zu erkennen und einzumessen waren, mußten die B-Richtungen aus der Lage der s-Flächen als „ $\beta$ “ festgestellt werden.

Weil eine durchgehende Bearbeitung der Lagerstätte ziemliche Zeit erfordert und bei der schwierigen Erkennbarkeit der s-Flächen auch lückenhaft geblieben wäre, große Teile auch nicht mehr zugänglich sind, lag es nahe, die schon geleistete Arbeit von Dipl.-Ing. Schauburger zu benützen und seine ausgezeichneten Lagerstättenkarten und Profile unmittelbar zu verwenden. Z. T. waren in den Karten die s-Flächen bereits eingetragen, so daß sie gleich auf das Diagramm übertragen werden konnten. Sie konnten aber auch aus der Lage der eingetragenen Schichten aus Karte + Profil konstruiert werden, was den Vorteil größerer Gleichmäßigkeit in der Verteilung ergab und für gewisse Bereiche, in denen wohl wegen schwieriger Erkennbarkeit keine Fallzeichen eingetragen waren, auch notwendig war. Beide Verfahren wurden getrennt nebeneinander durchgeführt und ergaben gute Übereinstimmung im Ergebnis. Es wurde auch versucht, aus dem Generalstreichen der Karten, verbunden mit dem aus den Profilen ersichtlichen Einfallen, die Haupt-s-Flächen und daraus wieder die Haupt- $\beta$ -Richtungen zu konstruieren. Ein Verfahren, das sich für die Deutung mancher auf statistischem Wege erhaltenen Maxima als sehr zweckmäßig erwies und auch gute Übereinstimmung mit diesen Maximas ergab.

Unabhängig von der Auswertung der s-Flächen wurden auch die eingemessenen B-Achsen in ein eigenes Diagramm (Abb. 24) eingetragen und ausgezählt. Da im Bereich des Haselgebirges nur sehr wenig B-Achsen festzustellen waren, bezieht sich das Diagramm eigentlich nur auf die B-Achsen innerhalb der größeren Anhydritlagen und wird deshalb erst mit dem Anhydrit besprochen.

Die wenigen im Haselgebirge auftretenden B-Achsen finden sich fast alle in den Salzeinlagerungen desselben und fallen durchaus mit den Häufungen der B-Achsen des Anhydrits zusammen.

Die wichtigsten sind folgende: Die Verfaltungen im Utzschneider Werk mit  $B = N 50^\circ W$ , horizontal bis  $20^\circ$  nach SE einfallend. Salzlinse im Krippschurf mit  $N 35^\circ W$  horizontal. Auch die im Salz des Heidenreichwerkes (Steinberghorizont) auftretenden B-Achsen  $N 65^\circ E$  und  $N 30^\circ E$ , horizontal, stimmen mit im Anhydrit auftretenden B-Achsen überein.

### Diagramm der s-Flächen und $\beta$ -Richtungen

Zur Feststellung der  $\beta$ -Richtungen wurden die in oben geschilderter Weise erhaltenen Daten der s-Flächen als Flächenpole auf eine Lagenkugel in flächentreuer Projektion (wie üblich auf die untere Halbkugel) eingetragen; zunächst nach Profilen getrennt in verschiedene Diagramme, wobei sie innerhalb dieser wieder mit verschiedenen Farben, je nach dem Horizont und mit verschiedenen Symbolen, je nach dem Gesteinszug, dem sie angehören, bezeichnet wurden. Dadurch war ähnlich wie bei einer Achsenverteilungsanalyse die Möglichkeit gegeben, sich wenigstens ungefähr auf die Ortslagen der eingemessenen Daten beziehen zu können.

Werden die ganzen s-Flächenpole auf ein Sammeldiagramm gezeichnet und gemeinsam ausgezählt, erhält man zwei Häufungen (in der Lage ent-

sprechend den Maximas „W“ und „E“ auf Diagramm Abb. 23), die durch geringere Besetzungen verbunden sind.

Zählt man nach Profilen getrennt in Teildiagrammen aus, so zeigt es sich ganz exakt, daß das eine Maximum („W“) dem W-Feld, das andere („E“) dem O-Feld der Lagerstätte angehört, die recht scharf getrennt sind. Die Übergänge in der Mitte auf Profil 8 gehören der Umbiegung an.

Für die Übersicht genügt es, die Diagramme aus den Profilen 5+6 (W-Flügel) und ebenso die Diagramme aus den Profilen 8+10+11 zusammenzufassen. Diese Gruppen zeigen im großen und ganzen jede für sich ein Anhalten der Häufungen mit einigen Abweichungen, deren Zuordenbarkeit aber aus den Originaldiagrammen jeweils abzulesen ist. Profil 7, das der Umbiegung des Lagerstättenzuges entspricht, nimmt eine Sonderstellung ein.

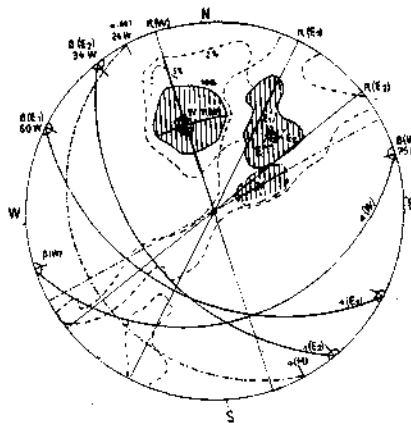


Abb. 23. Lagerstätte. Synoptisches Diagramm der s-Maxima mit  $\pi$ -Kreisen und  $\beta$

Diese so erhaltenen Sammeldiagramme wurden jedes für sich ausgezählt und die sich dabei ergebenden Maxima auf ein synoptisches Diagramm übertragen (Diagramm Abb. 23).

Die s-Flächenpole aus dem W-Flügel, der ein recht gleichmäßiges Streichen und auch Einfallen aufweist, ergeben eine einzige gestreute Häufung „W“ (Streuung  $30^\circ$  in jeder Richtung), deren Schwerpunkt dem Pol einer Fläche mit dem Streichen  $s_w = N 75^\circ E, 40^\circ S$ , entspricht. Ein  $\beta$  läßt sich aus dem Sammeldiagramm nicht herauslesen, da die Streuung nach den verschiedenen Richtungen recht gleichmäßig ist, außer einer noch zu besprechenden geringen Verzerrung der 2%-Linie im Einfallen. Eine Konstruktion der Schnittlinien würde auf der Lagerkugel nur einen breiten Gürtel mit schwachen Häufungen ergeben, die zunächst nicht als unzufällig deutbar sind.

Erst aus den Teildiagrammen, gestützt durch die Kenntnis der Lagerstättentektonik, läßt sich herauslesen und nachweisen, daß einerseits deutliche Biegungen um eine ungefähr horizontale Achse  $\beta = N 75^\circ E$  in den einzelnen Profilen als persistent ersichtlich sind (ihnen entspricht die Verzerrung in azimuthaler Richtung, also dem Einfallen), andererseits

schwächer ausgeprägte Schwankungen um eine nicht genau fixierbare Achse  $\beta'$  mit steilem Einfallen vorhanden sind. Die entsprechenden  $\pi$ -Kreise sind im Diagramm als Teilstücke innerhalb der Häufungen durch verstärkte Linien bezeichnet. Sie sind durch Verzerrungen des Maximums bereits angedeutet, u. zw. das horizontale  $\beta = B$  durch eine Verzerrung der 2%-Linie, d. h. es sind also seltener, aber stärker abgebogene s-Flächen, das steile  $\beta = B$  durch eine allerdings sehr geringe Verzerrung der 10%-Linie, also schwache, aber häufigere Biegungen.

Man sieht also, wie selbst so geringe Verzerrungen deutbar sein können, allerdings ist ihre Unzufälligkeit erst durch Persistenz oder tektonische Beziehungen nachzuweisen. Im Gesamtdiagramm verlieren sich beide, auf verschiedene Ursachen zurückzuführende Verzerrungen in der Gesamtstreuung und werden undeutlich.

Für den O-Flügel (Profile Abb. 8, 10 und 11 auf Tafel XIX) ergibt sich ein Maximum „E“ (über 10% Besetzung) mit gürtelförmiger Ausbreitung der Besetzung über 2%, die deutlich wieder in zwei Gürtel aufgespalten ist. Auch im Maximum selbst tritt die Aufspaltung in die Teile  $E_1$  und  $E_2$  hervor, wenn der entsprechende Bereich mit einem  $\frac{1}{2}$ %-Kreis ausgezählt wird (gestrichelte Linie), statt wie der übrige Teil mit einem 1%-Kreis (ausgezogene Linie). Ein Beispiel, wie wichtig die Wahl des richtigen Auszählkreises sein kann. Der Zerfall in die zwei Gürtel ist, wie die Teildigramme zeigen, auf den ganzen Bereich der drei Profile verteilt, geht also auf zwei über den ganzen O-Flügel sich auswirkende Prägungen zurück. Den zwei senkrecht stehenden  $\pi$ -Kreisen, die sich durch die zwei Gürtel durchlegen lassen, entsprechen die horizontalen B-Richtungen  $\beta$  (für  $E_1$ ) = N 60° W und  $\beta$  (für  $E_2$ ) = N 34° W.

Die Pole der s-Flächen des Mittelfeldes (Profil Abb. 8) ergeben ein recht weit gestreutes Maximum, dessen Schwerpunkt zwischen den Maximas „W“ und „E“ liegt. Die daraus konstruierbaren horizontalen  $\beta$ -Richtungen pendeln einerseits bis N 70° W (einzelne bis zu N 70° E), andererseits bis zu N 10° W.

Dieses Schwanken entspricht der Biegung der Lagerstätte aus dem W- in das O-Feld, wobei eine im Lagerstättenbild deutlich in Erscheinung tretende Ausbuchtung gegen E durch die extreme Abweichung im Streichen bis N 10° W gegeben ist. Im synoptischen Diagramm ist sie als Teilmaximum „M“ wiedergegeben. Es weist eine starke Verzerrung in der Richtung des Einfallens auf, so daß sich ein ausgesprochenes  $\beta$ -Maximum  $\beta$  (M) = N 24° W ergibt.

Gleichzeitig sieht man auch, daß diese Einbuchtung mit einem flacheren Einfallen von 10 bis 35° nach W verbunden ist, während sonst das mittlere Einfallen im W- und O-Feld zwischen 25—60° liegt. Im O-Feld kommen allerdings weniger häufig auch alle möglichen anderen Lagen vor, die tautozonal um die  $\beta$ -Richtungen N 34° W und N 60° W mit geringer Breitenstreuung liegen. Diese Streuung der Häufungen  $E_1$  und  $E_2$  (jedes für sich betrachtet) quer zu den  $\pi$ -Gürteln, also in NW—SE-Richtung, ist nur gering 10° bis höchstens 20°, so daß man jedenfalls aus dem Diagramm nicht auf ein (ungefähr SW einfallendes)  $\beta' \perp \beta$  schließen kann.

Man kann zwar die den Schwerpunkten der Maxima „W“, „E<sub>1</sub>“ und „E<sub>2</sub>“ entsprechenden s-Flächen, also die mittleren Lagen aller dieser durch

die Maxima dargestellten s-Flächen, zum Schnitt bringen und erhält damit folgende Schnittlinien:

$$\begin{aligned} &\text{aus } E_1 \text{ und } W: N 14^\circ W, 40^\circ S, \\ &E_2 \text{ ,, } W: N-S, 40^\circ S, \\ &E_1 \text{ ,, } E_2: N 21^\circ E, 50^\circ SSW, \end{aligned}$$

als mittlere Lage derselben N—S,  $45^\circ S$ . Die Bedeutung derselben ist noch fraglich. Im Bereich des eigentlichen Haselgebirges entsprechen ihnen keine sichtbaren reellen B-Achsen, außer vielleicht der an der Umbiegung vorhandenen kurzen Verschuppung mit steiler Achse (S. 191), wohl aber sind, wie weiter unten (S. 189) noch angeführt wird, im Anhydrit reelle B-Achsen mit gleichen Richtungen festzustellen.

### Tektonisches Gefüge im Anhydrit

Die größeren Anhydritmassen der Lagerstätte sind noch zu wenig gründlich nach B-Achsen und auch nach s-Flächen durchgemessen, auch in der Lagerstättenkarte zu wenig Streichrichtungen angegeben, um immer

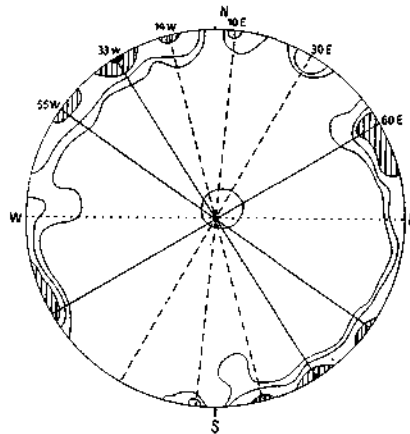


Abb. 24. Salzlagerstätte. Diagramm der B-Achsen (Faltenachsen)

mit genügender Sicherheit  $\beta$ -Richtungen zu konstruieren, vor allem in Anbetracht des raschen Wechsels der Streichrichtungen. Um doch einen Einblick in das Verhalten des Anhydrits zu bekommen, habe ich zunächst die vorderen Stollenteile von Königsberg, Kaisersberg und Erzherzogsberg sowie auch entsprechende Teile des Ferdinandsberges genauer auf s-Flächen und B-Achsen eingemessen sowie auch verschiedene Einmessungen von B-Achsen bei den Befahrungen der übrigen Grubenbaue. Gebietsweise liegen jedoch noch zu wenig Daten von B-Achsen vor.

Es zeigen sich aber auch daraus schon wesentliche einheitliche Züge, so daß die Haupt- $\beta$ -, bzw. B-Richtungen nach denen die ganze Lagerstätte geformt ist, sich auch hier wiederfinden und auch andere immer wiederkehrende, somit persistente B-Richtungen vorhanden sind.

Die eingemessenen B-Achsen (Diagramm Abb. 24) liegen im allgemeinen horizontal oder haben nur geringes Einfallen. Nur wenige hatten eine fast senkrechte Lage. Die Achsenpole besetzen daher außer einem kleinen

Maximum im Zentrum der Projektion einen Horizontalgürtel mit nur geringen Schwankungen in die Breite, in dem aber einige recht deutliche Häufungen auftreten. So zeigt sich ein sehr ausgeprägtes Maximum bei N 33° W, ferner deutliche Maxima bei N 50—60° W, bei N 60° E (bis N 75° E) und bei N 10—20° W, dann weniger besetzte, aber immer noch deutlich erkennbare bei N 7—15° E, bei N 30° E und bei E—W.

Die verschiedenen Streichrichtungen sind im allgemeinen aber nicht als Überprägungen zu erkennen, sondern gehen meist mit dem Schichtstreichen, wobei sich der Übergang entweder mit einem allmählichen Wechsel des Schichtstreichens vollzieht oder auch bruchweise unter Ausbildung einer oft sehr groben Breccie (meist mit Dolomit) vor sich geht.

Besonders die Achsenrichtung WNW geht häufig mit einem länger anhaltenden Schichtstreichen, wobei sehr häufig Verfaltungen nach diesen horizontalen bis schwach geneigten Achsen auftreten und so auch flacheres Einfallen bei sonst vorherrschender steiler Schichtstellung zustande kommt. Ähnlich liegen die Verhältnisse auch bei der Streichrichtung ENE. Beide Richtungen können durch allmähliche Biegung des Streichens ineinander übergehen, wobei die s-Flächen immer steil stehen und gewöhnlich eine Wellung nach steilen, wenig ausgeprägten Achsen aufweisen. (Z. B. Erzherzogsberg-Hauptstollen bei 360—370 m.) Bei kleinerem Radius der Biegung kann es auch zur Ausbildung von Scherflächen kommen, die meist steil stehen und mitunter auch zur Breccienbildung. An einer derartigen Biegung im Erzherzogsberg-Hauptstollen (336 m) sind noch Steilachsen erkennbar (hauptsächlich am S-Ulm), daneben aber auch noch Verfaltungen mit horizontalen Achsen, u. zw. nach beiden Richtungen N 50° W und N 55° E, die hier an einer steilen Bewegungsfläche aneinander stoßen.

Eine wichtige Rolle spielt die Richtung N 30° W, die als örtliche Querfaltung in einer Breite bis zu einigen Meterzehnern auftritt, wobei die ganze Schichtstellung umgefaltet erscheint unter meist ziemlich intensiver Verfaltung. Der Übergang kann entweder stetig oder auch bruchweise vor sich gehen. Verfolgt man das Streichen des Anhydrits im Stollen, so legen sich die etwa N 50° W streichenden, steil stehenden Schichten oft recht unvermittelt oder innerhalb weniger Meter flach und richten sich dann steil mit N 30° W Streichen wieder auf oder zeigen intensive Verfaltung nach N 30° W mit horizontalen Achsen.

Häufig hat sich am Übergang eine oft recht mächtige Breccienzone ausgebildet, in der außer in den einzelnen Bruchstücken selbst kein Streichen, weder flächenhaft noch linear, mehr zu erkennen ist.

Die gleiche Rolle als Querfaltung, doch weniger häufig, spielen auch die den Häufungen N—S und N 10° E angehörigen Achsenrichtungen, doch sind sie etwas weniger verbreitet.

### Tektonisches Gefüge der Lagerstätte

Bringt man die hier aufgezählten und beschriebenen B-Achsen in Übersicht und vergleicht sie mit dem Streichen und den  $\beta$ -Richtungen im Bau der Lagerstätte, so zeigt sich, daß zwischen den B- und  $\beta$ -Richtungen ziemlich weitgehende Übereinstimmung vorhanden ist, daß also den  $\beta$ -Richtungen in der Regel auch ein reelles B entspricht, daß dieses gefundene  $\beta$  wirklich eine Achse der Durchbewegung ist.

Es lassen sich hiebei folgende Gruppen unterscheiden:

1. Vorwiegend horizontale oder nahezu horizontale Achsen, die mit einem Hauptstreichen (Längsstreichen) der Lagerstätte übereinstimmen. Es sind dies die Achsen N 50—60° W und N 60—75° E (ENE), weniger häufig auch E—W. Diese Achsen fallen aber nicht immer in die entsprechenden Bereiche des Längsstreichens der Lagerstätte, sondern finden sich auch in den anderen. Besonders schön sieht man dieses Übergreifen der Achsenrichtungen in der Biegung des Mittelstückes, wo das NW-Streichen der Achsen noch in den W-Flügel übergreift und umgekehrt das ENE-Streichen auch im NW-Flügel, hier sogar bei stellenweise NNW-Streichen, zu finden ist. Leider konnten in diesem Bereich bisher noch zu wenig B-Achsen gemessen werden, um dies statistisch darzustellen.

2. Fast oder ganz horizontale Achsen, die einem Querstreichen der Lagerstätte entsprechen. Es sind dies vor allem die Achse B = N 30—35° W und die übrigen zwischen N 20° W und N 15° E liegenden B-Achsen.

3. Eine dritte Gruppe bilden dann die steilen Achsen, die nicht als intensive Faltung, sondern meist nur als flache Wellung oder Biegung auftreten. Wie ein in der Nusko-Schachtrichte entnommenes, aber noch nicht näher untersuchtes Handstück zeigt, treten sie auch im Korngefüge in Erscheinung. Sie sind darin noch durch genauere Gefügeanalysen zu untersuchen.

Dem Verhältnis der Achsen ENE zu WNW, bzw. NW zueinander scheint eine Biegung der ganzen Lagerstätte unter Einspannung in die neue Beanspruchungs- und Bewegungsrichtung, in die die Lagerstätte damit gebracht wurde, zugrunde zu liegen. Wobei als Biegungsachsen Steilachsen als Überprägungen auftraten, wie sie z. T. auch, allerdings meist nur schwach erkennbar, aufgefunden wurden.

Die Richtungen N 30° W und die anderen Querverfaltungen erscheinen hingegen als Überprägungen, die mit Umfaltungen der bisher nach WNW, bzw. ENE streichenden, z. T. auch nach diesen Richtungen horizontal verfalteten Lagerstätte. Damit verläuft dieses Streichen (N 30° W usw.) in der Regel quer zum Hauptstreichen der Lagerstätte, nur in der großen, in der Mitte gelegenen Umbiegung selbst findet sich auch ein allmähliches Einbiegen des Hauptstreichens mit N 20° W in die Querrichtung. Im Lagerstättenbild tritt dies durch die flache, nach ENE gerichtete Ausbauchung in Erscheinung.

Vergleicht man die Ergebnisse der Gefügediagramme mit dem Bild der Lagerstätte, wie es sich aus den Kartenbildern und Profilen nach Schauburger ergibt, so sieht man, daß der W-Flügel ein im allgemeinen recht gleichmäßiges Streichen und vor allem auch Einfallen hat und größere Abweichungen fehlen. Der O-Flügel bietet hingegen ein viel unruhigeres Bild, es sind einmal die durch die zwei B-Richtungen (WNW und NNW) gegebenen Schwankungen im Streichen, die sich besonders gegen die große Umbiegung hin auswirken, während nach O hin das Streichen im Gesamtbild mehr nach WNW verläuft. Besonders sind es aber die viel stärkeren Schwankungen und Biegungen nach den horizontalen B-Achsen (hauptsächlich der Achse WNW), die, wie besonders aus den Profilen Schauburgers zu ersehen ist, zu beträchtlichen Verfaltungen bis zu Einwickelungen führen.



Gegen das Mittelfeld überwiegt die Richtung  $N 35^{\circ} W$ , die oft auf längere Erstreckung (600 m im Oberberg und Mitterberg) ziemlich gerade verlaufen kann, bis sie scharf gegen das ENE-Streichen des W-Feldes umbiegt. Dabei bildet sie vor allem in mittleren Horizonten die schon erwähnte Einbuchtung, die vorwiegend aus dem leicht beweglichen Haselgebirge und Grausalzgebirge besteht. Sie paßt sich damit mit ihrem Streichen  $N 35^{\circ} W$  dem gleichverlaufenden W-Rand der Karteller Scholle an, mit der die Gesteine des Haselgebirges auch verschuppt sind. Dies wird auch durch das Auflösen der großen Anhydritmasse nach NW hin ermöglicht.

Auffallend ist, daß besonders der südliche Anhydrit-Grausalzzug nicht gleichmäßig um die Umbiegung weiterzieht, sondern die Fortsetzung querversetzt ist, d. h. der W-Flügel etwas nach S gerückt und beide auf kurze Erstreckung etwas übereinander gelagert sind. Es stellt dies wohl eine Verschuppung in E—W-Richtung mit steiler B-Achse dar. In tieferen Horizonten ist dies nicht mehr so deutlich. Der Übergang vollzieht sich auch hier allmählicher von  $N 60^{\circ} W$  des O-Feldes über E—W in der Mitte in  $N 80^{\circ} E$  des O-Feldes.

Diese kurze Verschuppung ist von Bewegungen mit horizontaler Achsen gefolgt und überprägt worden, so daß ihre Spuren im Gefüge ohne nähere Untersuchung nicht mehr hervortreten, möglicherweise ist durch Korngefügeuntersuchungen die größere Verbreitung derartiger steilachsiger Bewegungen noch feststellbar.

Die Verfaltungen, die im O-Felde herrschen, gehen gegen die Tiefe in ein Umbiegen nach N um eine horizontale Achse über. Dies ist deutlich allerdings erst als Ansatz in der südlichen Grausalzzone zu ersehen. Weiter im W kommt es auch in der Tiefe des Jorkasch Koch-Schachtes nicht mehr zum Ausdruck. Dagegen weiter östlich, besonders im Ferdinandsberg. Das Haselgebirge zieht hier unter die nach unten abgerundete und scheinbar endigende Anhydritmasse nach N in die Tiefe. Es scheint, daß auch der Anhydrit eine große Biegung ausführen würde.

Schließlich fallen die nördlichsten Züge des Haselgebirges noch unter die nach N abtauchende S-Grenze der Karteller Scholle, wie man im vorderen Teil des Ferdinandsberges bis hinauf zum Pekin-Schurf, in dem auch flache Lagerung auftritt, sehen kann (Profil 12).

Diese Verhältnisse sind auf Profilen von Schauburger sehr übersichtlich zu ersehen: In Profil 11 die große Anhydritmasse mit der Faltenbiegung, darunter im Ferdinandsstollen das Haselgebirge. Eine Abgrenzung des Anhydrits nach unten ist hier nicht erschlossen, doch wie aus dem Profil 12 zu ersehen ist, in der Gegend des Pekin-Schurfes. Die südliche Grausalzzone reicht nicht so tief, um die Umbiegung erkennen zu lassen. Profil 10 zeigt deutlich das Umbiegen des S-Randes der Anhydritmasse und das darunter Einfallen des Haselgebirges, ebenso auch der Ansatz zur Umbiegung in der südlichen Grausalz-Anhydritzone mit dem begleitenden Haselgebirge. Bemerkenswert ist die z. T. stufenartige Auflösung der großen Anhydritmasse nach oben. Es scheint, als wäre dies unter Einwirkung der darüber bewegten Wildangerscholle als Abscherung erfolgt.

Weiter nach NW ist die große Anhydritmasse schon ganz in einzelne Schollen aufgelöst. Die große Einbuchtung im Mittelfeld erscheint stark flach auseinandergezogen, da das Profil hier z. T. nahe dem Streichen

verläuft. Darunter sind Einwickelungserscheinungen im Haselgebirge sichtbar. Im S Andeutung einer Umbiegung, die im Schacht aber nur mehr als Flexur auftritt. Die Verhältnisse sind in der Tiefe noch ganz ungeklärt.

Die Profile 5 und 6 zeigen das verhältnismäßig gleichmäßige S-Fallen, aber doch Anzeichen geringer Biegungen um eine horizontale Achse.

### Jüngere Bewegungsflächen im Salzgebirge

Im Salzgebirge kommen auch Flächen und Zonen vor, in denen ersichtlich jüngere unstetige Bewegungen erfolgt sind. Es sind Bewegungsflächen, die durch ihre meist sehr glatten Flächen und die Ausbildung von Harnischen gekennzeichnet sind und sich manchmal zu breiteren Zonen häufen.

Es liegen noch zu wenig Messungen vor, um sie statistisch erfassen zu können, doch läßt sich jetzt schon feststellen, daß steilstehende Flächen überwiegen, wenn auch verschiedene Richtungen vorhanden sind. Auch den Harnischrichtungen entsprechen vorwiegend senkrechte bis steile Bewegungen. Damit sind sie wahrscheinlich auch zu den jüngeren Bewegungsvorgängen zu stellen, die mit dem Niedersinken der Inntaldecke zu den vorwiegend E—W streichenden Bruchflächen und Zonen, wie die Halltaler Störung, geführt haben.

### Umgrenzung der Lagerstätte und Einbau in die Gebirgstektonik

Die Grenzen der Lagerstätte sind nur teilweise bekannt, besonders in den tieferen Horizonten. Wo sie aber erschlossen sind, sind sie stets durch einen verschieden mächtigen, im allgemeinen aber nicht sehr starken Mantel aus Rauhacken gegeben, u. zw. durch keine rein tektonische Rauhacke, sondern es ist die Rauhacke der Reichenhaller Schichten, die allerdings fast immer noch stark tektonisch verändert ist. Die Rauhacken umgeben also als relativ dünner Mantel die ganze Lagerstätte und sind mit ihr emporgequollen.

Grenze nach N. Im oberen Isstal (Halltaler Pfeis) ist die N-Grenze des nach N und oben vordringenden Lappens einwandfrei durch die an mehreren Stellen erschlossenen Rauhackenzonen gegeben. Wie aus der Karte (Abb. 2) zu sehen ist, verläuft sie in einem nach N schwach ausgebauchten Bogen und biegt dann begrenzt durch die Karteller Scholle nach SE ab. Am W-Rand der Karteller Scholle ist das Salzgebirge, bestehend aus Haselgebirge, Gips und dem Rauhackenmantel, mehrfach mit dem Wettersteinkalk + Raibler Schichten sowie auch Muschelkalk der Karteller Scholle verschuppt (Profil Abb. 25).

Schon Mojsisovics (L. 12) hat von dieser Stelle, der Mitterberggrunse, ein Profil gegeben. Die komplizierten tektonischen Verhältnisse sind in dem Rutschgehänge im oberen Teil der Runse recht gut erschlossen. Das Streichen ist hier im allgemeinen  $N 45^{\circ} E$ , geht aber gegen N immer mehr in  $N 30^{\circ} E$  über, das Einfallen in der Karteller Scholle selbst etwa  $45^{\circ}$  nach E, im Salzgebirge bis zum anschließenden Muschelkalk mehr senkrecht, wahrscheinlich durch tektonische Bewegungen bedingt.

Von unten nach oben folgt über dem Haselgebirge mit Gips ein Rauhackenzug, der sich im Gelände vom Issjöchl über den Mitterberg bis zu einem hauptsächlich daraus bestehenden Felskopf zwischen Steinberg und der Steinbergwand verfolgen läßt. Dahinter folgt noch einmal ein schmaler

Streifen von Gips mit Haselgebirge, darauf im Steinbergprofil unmittelbar an einer auch mit etwas Rauhwacke belegten tektonischen Grenze (N 40° W, ⊥), die zur Ausbildung der bekannten Steinbergwand führte, der Wettersteinkalk (mit einem Streichen N 45° W, 45° N).

Verfolgt man diese etwas unregelmäßig geformte, aber doch im allgemeinen gleichlaufende, wandbildende tektonische Grenze weiter nach NW, so legt sich bald eine Bank von dunklem Muschelkalk dazwischen, die südöstlich des Issjöchls eine auffallende, senkrecht stehende Felsmauer bildet. Diese streicht bereits N 30° W, macht aber an ihrem N-Ende einen Ansatz

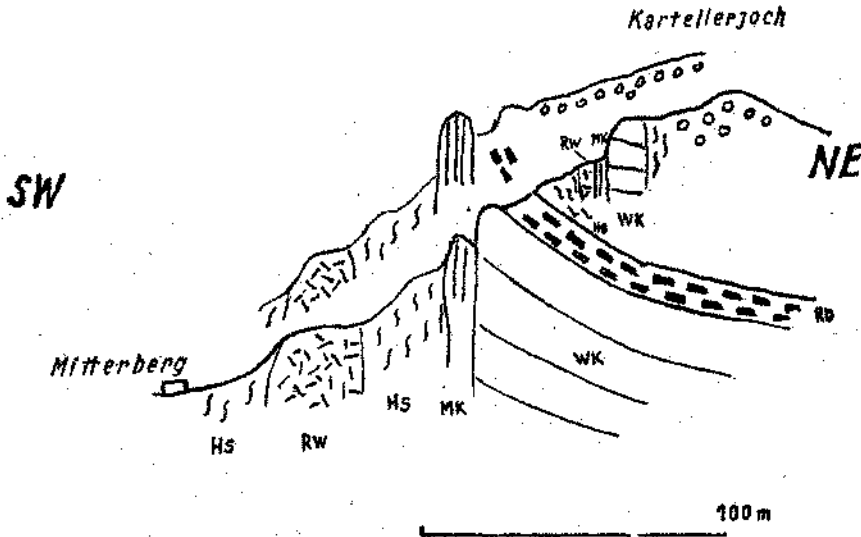


Abb. 25. Profil entlang der Mitterberggrunse

zur Biegung in N 70° W. Auch der Wettersteinkalk der Steinbergwand zieht allmählich schmaler werdend weiter und läßt sich bis zum Weg knapp nördlich des Issjöchls verfolgen. Darüber folgt als nächstes stratigraphisches Glied die Raibler Mergel mit einer Oolithbank (Streichen N 45° W, 45° NE). Über den Raibler Schichten liegt wieder als zweite tektonische Einschaltung ausgelaugter Salzton mit Gips bei gleichem Streichen. Dann weiter in normaler Abfolge, doch tektonisch stark verringerter Mächtigkeit etwas Rauhwacke, die nach O hin stärker wird und eine schmale Bank von dunklem Muschelkalk. Dann wieder eine Scholle aus Wettersteinkalk, verbunden mit Raibler Mergel und Oolith, die Querstörungen nach N 10° W aufweist und nach NE nochmals von einer 3. tektonischen Einschaltung grüner Tonmergel begleitet ist. Die unmittelbar darüber ansetzende flache Kuppe wird von einem Blockwerk aus durch Erosion gerundeten dunklen Kalken gebildet, die am ehesten wohl zu den Raibler Schichten zu stellen sind, besonders nach N hin wird sie auch von Moränen bedeckt.

Es liegt hier also eine Verschuppung von mittlerer Trias (Muschelkalk—Wettersteinkalk—Raibler) mit dem Salzgebirge vor, wobei besonders die

Tonmergel als leicht bewegliches Zwischenmittel wirkten. Nach SE hin keilt diese wahrscheinlich von oben her erfolgte Einschuppung aus und wird von den Raibler Schichten abgelöst.

An der S-Seite der Karteller Scholle sind die letzten obertägigen Aufschlüsse der Felskopf westlich über den Herrenhäusern und die Vorkommen unter der Steinbergwand. Im Ferdinandsberg ist das Haselgebirge 200 m tiefer wieder bis zu Lagerstättengrenze erschlossen, die wie oben durch eine tektonisch stärker durchbewegte Zone mit Rauhwaacke und Muschelkalkschollen gegeben ist, worauf wieder der Wettersteinkalk der Karteller Scholle folgt, in dem zunächst NW-Streichen mit schwachem NE-Fallen, dann aber Streichen N 80° E mit 20° Einfallen nach S durch Feinschichtung sichergestellt ist.

Weiterhin fehlen Aufschlüsse. Erst knapp südwestlich von St. Magdalena bildet wieder mächtige Rauhwaacke einen dicht bewaldeten, steilen Felskopf, an dem noch einige Reste von Gehängebreccie angeklebt erhalten geblieben sind. An dem darunter vorbeiführenden Fahrweg kommt Haselgebirgsschutt zutage, an einer Stelle, die auch durch Quellaustritte gekennzeichnet ist. Nach S grenzt die Rauhwaacke fast unmittelbar — ein paar Meter sind nicht aufgeschlossen — an den Hauptdolomit, bzw. Plattenkalk des Zunkerkopfes, dessen Schichten hier ganz in E—W-Streichen einlenken.

Im ganzen untersten Halltal fehlen Haselgebirgsaufschlüsse, doch wurde angeblich im Eibental an einer nicht mehr bekannten Stelle ehemals Haselgebirge aufgeschürft.

Dagegen konnte ich an der N-Seite des Tales, gegenüber der II. Ladhütte, in einer Kluft eine tektonische Breccie mit Haselgebirge feststellen. Sie liegt am Unterrand der Felsen, die die mächtigen S-Abstürze des Bettelwurfmassivs bilden. Hier befindet sich am oberen Ende eines Schuttkegels eine etwa 6 m tiefe, im Innern nach oben sich wieder öffnende Höhle, die von einer etwa 2 m breiten N 65° E streichenden saigeren Kluft gebildet wird, die im Hintergrund noch mit einem tektonisch stark zerriebenen Gemenge von Rauhwaacke, typischen Dolomiten und Kalken der Reichenhaller Schichten sowie Material aus Haselgebirge gefüllt ist. Unter letzteren fallen besonders grünliche Sandsteine als besser erhalten und typisch auf.

Als nächstes Vorkommen von Haselgebirge nach O ist aus den Beschreibungen Amperers Salzton bei der Walder Alpe (am Weg zur Hinterhorn-Alpe) bekannt. Es ist ein zunächst praktisch wenig bedeutendes Vorkommen, daß es an der hier auch steilstehenden östlichen Fortsetzung der Halltaler Störung liegt und durch Aufschleppung aus wahrscheinlich größerer Tiefe dahin befördert wurde. Es kann aber als Anzeichen eines in der Tiefe liegenden, möglicherweise salzhaltigen Haselgebirges gewertet werden.

Decke der Lagerstätte und S-Grenze. Die Überdeckung der Lagerstätte ist in den mittleren Teilen unter dem im Gelände hervortretenden NO-Sporn des Wildangergebirges aufgeschlossen und am Mitterberg- bis Wasserberghorizont durch Wassergebäude — Grubenbauten zum Abfangen der zuströmenden Wasser — zugänglich.

Es sind die Partnachkalke des Wildanger, die hier stark von Klüften und Bewegungsflächen mit oft schönen Harnischen durchsetzt sind und an den Rauhwaackenmantel mit tektonischer Fläche angrenzen. Jedenfalls zeigt es sich als ein Gebiet stärkerer tektonischer Bewegungen.

Unmittelbar unter den Rauhwacken folgt in der Regel eine verschieden mächtige Lage von nunmehr ganz vergipstem Anhydrit und dann eine Zone von ausgelaugtem Haselgebirge.

Die untere Grenzfläche der Kalke ist nicht eben, sondern zeigt deutliche Wellungen, deren Achse noch nicht genau bestimmbar war, aber ungefähr N 60° W streichen dürfte, also bekannten Achsenlagen des Haselgebirges entspricht.

In tieferen Horizonten unter dem Mitterberg, ist das Deckgebirge, dessen Grenze infolge des steileren Einfallens nunmehr zur S-Grenze der Lagerstätte wird, nirgends mehr erschlossen. Die Grubenbaue reichen nur mehr bis an die Salzgrenze, die Grenze zum Ausgelaugten. Die Grenze zum Deckgebirge läßt sich aber nach der Schichtlage im Salzgebirge ungefähr bestimmen und dürfte im allgemeinen nicht mehr sehr weitab liegen.

Die Rauhwacke kommt im S-Gehänge des Wildanges wieder zutage, u. zw. in beträchtlicher nach W bis zur Thaurer Alm zunehmender Mächtigkeit (bis über 200 m) und mit S-Fallen. Sie muß also im Querprofil gesehen unter dem Wildanger einen muldenförmigen Bau besitzen, wie er auch in den Profilen angedeutet ist. Ob das Salzlager diesen Bogen noch mitmacht oder ob es im aufsteigenden Schenkel schon ganz ausgedünnt ist, darüber läßt sich zunächst nichts sagen. Ein angebliches Vorkommen von Salzton bei der Thaurer Alm gibt noch keinen entscheidenden Hinweis, da es sich in dieser so stark tektonisch gestörten Zone auch um eine weiterreichende Verschleppung handeln kann.

Auffallend ist im Deckgebirge der nördlich des Törlgrabens weit nach E hinunterziehende, schmale Felssporn aus Unterem Muschelkalk bis Reichenhaller Schichten. Er scheint ziemlich in die Tiefe zu reichen, ist aber von der Lagerstätte her nicht mehr aufgeschlossen, doch macht er sich durch Wassereinbrüche (Zacher Wasserbau am Steinberg-Horizont) bemerkbar.

Fortsetzung nach W. In dieser Richtung enden die Grubenaufschlüsse etwa 600 m östlich des Stempeljoches. Der N-Rand der Lagerstätte und auch die nördlichen Haselgebirgszüge biegen zum Schluß etwas gegen S ab, wodurch bei gleichem Streichen der übrigen Gesteinszüge eine geringe Verschmälerung eintritt. Sonst weist aber im Lagerstättenbild noch nichts auf eine wesentliche Einengung oder Aufhören hin. Auch die Überdeckung der Lagerstätte sinkt hier noch nicht merklich gegen W ab.

Projiziert man das letzte Lagerstättenprofil (Tafel XIX, Abb. 5) in das Profil des Stempeljoches (Tafel XIX, Abb. 4), so zeigt sich, daß auch hier noch genügend Raum für die gleiche Ausdehnung der Lagerstätte vorhanden ist, wie im weiter östlich gelegenen Profil. Daß der im Gelände so hervortretende Verbindungsgrat Stempeljoch—Pfeiserspitze auch in der Tiefe weiter hinuntergreift, dafür ist kein Grund vorhanden. Er ist eine mehr morphologische Erscheinung. Auch der stellenweise stärkere Wasserzudrang, der in den rückwärtigen Teilen der oberen Horizonte vorhanden ist und örtlich mit einem größeren Tiefgang der Gipszonen verbunden ist, könnte auch mit einer stärkeren Zerklüftung und größeren Häufigkeit von Störungszonen in dem darüber liegenden Kalkgebiet (siehe S. 179) erklärt werden. Vielleicht mag auch eine herübergreifende Auswirkung des Einzugsgebietes der Pfeis eine Rolle spielen.

Weiter nach W über die Pfeis in das Gleirschtal ist entsprechend dem allgemeinen Absinken der hier nun immer deutlicher werdenden großen Mulde mit einem Tiefergehen der Salzgebirgsdecke zu rechnen. Das zeigen auch die 1949 durchgeführten geophysikalischen Untersuchungen, die südlich der Pfeishütte allerdings nur ergeben haben, daß bis mindestens 1500 m Seehöhe kein Salzgebirge festzustellen war, seine Obergrenze also hier wenigstens 200 m tiefer liegt als im Profil 5. Erst im Samertal gelang es, die Obergrenze des mergeligen Horizontes 200 m unter der Talsohle, also in 1300 m Seehöhe, festzustellen.

### Vermutliche Tiefenausdehnung der Lagerstätte

Nach der Teufe hin ist die Lagerstätte am wenigsten erschlossen, in normaler Breitenausdehnung gegen ihre Grenzen nur bis zum Horizont des Erzherzogberges. Im Ferdinandsberg 1333 m ist fast nur der Hauptstollen vorhanden, der nicht ganz bis zum Profil 3, also noch nicht bis zur Mitte der Lagerstätte reicht. Breitenaufschlüsse fehlen fast ganz. Der Jorkasch-Koch-Schacht reicht zwar bis fast 1000 m SH, doch sind die Angaben über Streichen und Fallen sehr unsicher.

Die Aufschlüsse reichen also gerade nur bis dahin, wo die Lagerstätte beginnt, in eine andere tektonische Ausbildungsform überzugehen. Das allgemeine S-Fallen, das in höheren Teilen vorherrscht, wird in einer Seehöhe von 1400 bis 1500 m steiler und geht wenigstens im O-Flügel z. T. in N-Fallen über. Auch der Anhydrit scheint sich unmittelbar nach unten nicht fortzusetzen, sondern unter Abrundung und Zerschollung aufzuhören oder vielleicht auch nach N abzubiegen. Jedenfalls sind die Verhältnisse hier noch recht ungeklärt.

Auch der S-Rand der Karteller Scholle, die die nördliche Abgrenzung des Salzgebirges bildet, fällt nach N ein, so daß also die Lagerstätte, die das natürliche Liegende der Karteller Scholle bildet, unter den Wettersteinkalk dieser einfällt.

Es ist also zumindest für den O-Flügel eine Verbreiterung der Lagerstätte nach unten, besonders gegen N hin, wahrscheinlich und schließlich auch eine weitere Fortsetzung nach N unter den Bettelwurfkamm, wie dies schon Ampferer in seinem Profil (L. 5, Fig. 36) zeichnet.

Die bei meinen Untersuchungen festgestellten Querverbiegungen geben einen Hinweis, der dieses Weiterreichen der Salzlagerstätte nach N recht wahrscheinlich macht. Es ist sicher kein Zufall, daß diese Querverbiegungen gerade hier im Gebiete des Halltales auftraten. Weder weiter westlich im Gleirschtal noch östlich vom Bettelwurf sind sie in diesem Ausmaß vorhanden. Nur im unteren Gleirschtal findet sich ein kurzer Knick mit  $B=N 30^\circ W$ , der sich besonders im Streichen der Raibler Schichten ausdrückt (siehe Blatt Zirl—Nassereith der geologischen Spezialkarte). Soweit dies ohne nähere Untersuchungen aus der Karte und im Gelände zu überblicken ist, fehlen stärkere Querverbiegungen auch in der nördlich anschließenden Mulde Hinterautal—Vompertal. Wie schon am steilen N-Flügel des Gleirsch—Bettelwurfgewölbes zu sehen ist, streicht sie gleichmäßig E—W mit allmählichem Absinken nach W, abgesehen natürlich von jüngeren Störungen. Auch das Gewölbe der Hinterautalkette weist nur schwache Querverbiegungen auf.

Es ist wohl einer größeren Beweglichkeit des Untergrundes zuzuschreiben, daß die E—W gerichteten Beanspruchungen gerade hier zu tiefergreifenden Querverfaltungen geführt haben. Im allgemeinen haben sich die E—W-Bewegungen mehr in den Gipfelgebieten abgespielt, hier aber durch die Nachgiebigkeit des Untergrundes mehr in die Tiefe gewirkt, wie besonders an der S-Seite des Bettelwurfmassivs. Diese größere Beweglichkeit kann wohl am ehesten durch ein darunter liegendes Salzgebirge mit seiner großen Teilbeweglichkeit bedingt sein.

Gerade an der Südseite des Bettelwurfs erhält diese Annahme noch einen Beweis durch das in einer Kluft emporgedrungene Haselgebirge.

So erscheint also der bisher bekannte Teil der Lagerstätte nur als emporgedrungener Teillappen einer größeren und weiter ausgedehnten Lagerstätte, die in einem tieferen Niveau (1000 m und mehr) liegt.

Während der emporgedrungene Teillappen in seiner Ausdehnung und Beschaffenheit recht gut bekannt ist, auch seine Umgrenzung bis auf die noch fragliche W-Fortsetzung, ist die Ausdehnung und Umgrenzung des tiefergreifenden Hauptteiles noch sehr unsicher. Nur nach S hin ist die Abgrenzung auf jeden Fall durch die Halltaler Störung gegeben, an der die sonst tiefere Lechtaldecke höher gerückt ist und damit die Inntaldecke und damit das ihr angehörige Salzlager abschneidet. Nach N ist, wie schon ausgeführt, ihre Ausdehnung bis wenigstens unter dem Hauptkamm wahrscheinlich, nach O ziemlich sicher bis unter die Biegung des Halltales, nach W wie beim Teillappen wahrscheinlich bis zum Stempeljoch, weiter noch möglich.

Unter dem Druck der aufliegenden Gebirgsmassen ist also ein Teil der Lagerstätte unter Mitnahme eines Rauhwackenmantels, z. T. auch Fetzen von Reichenhaller Schichten und Muschelkalk emporgepreßt und in einen unter geringerem Druck stehenden Raum bewegt worden, immer aber noch unter dem Zwang der tektonischen Beanspruchung. Wir finden das „Amplatzgefüge“ auch stets noch in der Lagerstätte ausgeprägt. Es ist allerdings zu beachten, daß das leicht teilbewegliche Salzgebirge nur mehr die letzten Prägungen zeigt, während frühere bereits überprägt wurden. Es ist also möglich, daß in früheren Phasen wenigstens örtlich ein Einströmungsgefüge bestanden hat und vielleicht auch in Relikten noch nachweisbar ist, in denen die Linearstrukturen in der Fließrichtung liegen und nicht, wie hier besprochen, quer dazu als B-Achsen.

Die größte Belastung erfolgte durch das Gewölbe des Lavatscher—Bettelwurfkammes, das gegenüber der Wildangerscholle tiefer eingesunken ist. Zwischen beiden blieb grob ausgedrückt ein Spalt frei, in dem der emporgepreßte Lappen der Lagerstätte mit dem W-Flügel entsprechend der Richtung dieses Spaltes mit ENE-Streichen der Achsen eingepreßt wurde.

Der O-Flügel mit der Anhydritmasse wurde an die im O das Widerlager bildende Karteller Scholle angepreßt und erhielt bei diesen Bewegungen konform der W-Begrenzung ein Gepräge mit vorwiegend WNW-Achsen in den östlicheren Teilen und mit NNW-Achsen gegen den Mittelabschnitt der Lagerstätte hin. Besonders durch den Schutz der großen Anhydritmasse, die ebenfalls ein starres Widerlager bildete, um das sich das Haselgebirge herumlegte, bedingt, konnte in diesem toten Winkel der Einbuchtung leicht teilbewegliches Haselgebirgsmaterial (+ Grausalzgebirge) hinbewegt

werden. Hier könnten am ehesten auch noch Relikte mit richtigem Einströmungsgefüge gefunden werden. Im wesentlichen ist aber auch dieser Bereich unter Beanspruchung mit NNW-Achsen, z. T. auch steilen B-Achsen (wie die Querverschuppung zeigt) durchbewegt und weist Amplatzgefüge auf.

Die südlichsten Salzgebirgszüge weisen ein gegen S allmählich zunehmendes Anpassen an die vermutliche S-Grenze des Deckgebirges auf, die keinen solchen Knick wie die N-Grenze hat und daher mehr gerade verläuft.

Auf die Anschauungen von Seidl über die Haller Salzlagerstätte (L. 23) brauche ich hier nicht einzugehen, ich verweise nur auf die Ausführungen Ampferers (L. 5), der die Unhaltbarkeit der Deutungen Seidl's gegenüber den Ergebnissen seiner Aufnahmen mit mehreren Gründen belegte, denen ich mich nur anschließen kann.

#### IV. Beziehung zwischen dem tektonischen Gefüge der Salzlagerstätte und der Tektonik des Wettersteinkalkes

Vergleicht man diesbezüglich beide Gebiete miteinander, so sieht man, daß die B-Achsen, bzw. die  $\beta$ -Richtungen, wenigstens in bezug auf das Streichen der Vertikalebene, in denen sie liegen, oft recht gut, sogar genau übereinstimmen.

Für die Achsen der Großfaltung E—W des Karwendels ist allerdings in der Salzlagerstätte kein Korrelat zu finden. Es ist wohl anzunehmen, daß es im Haselgebirge ganz umgeprägt und daher nicht mehr vorhanden ist. Im Anhydrit sind vielleicht noch stellenweise alte Reste vorzufinden.

Dagegen lassen sich die Querverfaltungen in beiden Bereichen mit gleichen Achsenrichtungen wiederfinden. Besonders gilt dies für die am besten vertretene Richtung N 34° W. Sie ist am Kl. Lavatscher als gut ausgeprägtes  $\beta$  vorhanden (siehe Diagramm Abb. 22), tritt in genau derselben Richtung als stärkste Häufung der Faltenachsen im Anhydrit auf (als Überprägung älterer Richtungen) und wieder als  $\beta$ , also als tautozonale Achse der s-Flächen im Haselgebirge (N 34° W). Sie liegen auch in fast unmittelbarer gegenseitiger Fortsetzung.

Auch für die übrigen Richtungen läßt sich zwar nicht so auffallend exakt, aber doch hinreichende Übereinstimmung finden.

Nun ist allerdings noch ein Unterschied vorhanden, nämlich daß die angegebenen Achsen im Salzgebirge fast durchaus mit wenigen Ausnahmen horizontal liegen, während sie im Wettersteinkalk mit oft beträchtlicher Steilheit (die Achse N 33° W mit 48°) nach S einfallen. Dies hängt natürlich mit dem allgemeinen Einfallen als S-Flügel des Lavatschergewölbes zusammen. Man kann nun entweder annehmen, daß die Schichten nach der Überprägung erst steiler gestellt wurden oder, was hier wahrscheinlicher ist, das Gewölbe bereits vorhanden war und die B-Achsen des Planes sich in die Schichtlagen eindrehen mußten.

#### V. Übersicht und Versuche einer Synthese

Mit den Arbeiten von Fuchs (L. 8), die einen weiter östlich folgenden Bereich der nördlichen Kalkalpen bis zum Kaisergebirge umfassen, ergeben sich vor allem, was die Richtungen der B-Achsenlagen (bzw.  $\beta$ -Richtungen)



und damit der Beanspruchungspläne anlangt, weitgehende Übereinstimmung. Es finden sich hier wie dort gleiche Achsenlagen wieder; so besonders die Achse  $B = 34^\circ W$  im Halltal, gegenüber  $N 35^\circ W$  im Achenseegebiet und  $N 38^\circ W$  (Guffert) sowie  $N 39^\circ W$  (Kaisergebirge).

Andererseits ergeben sich auch Verschiedenheiten, vor allem was die Bedeutung und Altersreihung der Pläne anlangt. Fuchs hat für die Untersuchung zeitlicher Verhältnisse hauptsächlich die Methode der Abwicklung und Horizontierung angewendet (siehe auch Sander, L. 17/I, S. 181). Diese Methoden sollen erst im zweiten Teil mehr zur Anwendung kommen. Sie dürfen ja auch nicht schematisch gebraucht werden, sondern erfordern Einfühlung in die jeweilige Tektonik und durch Ausprobieren der Möglichkeiten längere Befassung.

Es zeigten sich aber auch jetzt schon gewisse Hinweise auf Altersbeziehungen. So spricht dafür, daß die Querverfaltungen ( $N 35^\circ W$  bis  $N 20^\circ E$ ) mit wechselndem südlichen Einfallen der Achsen im Wettersteinkalk und horizontal in der Lagerstätte als jünger anzusehen sind:

1. Die Beschränkung der Querverbiegungen auf den S-Schenkel des Lavatscher Bettelwurfgewölbes, während knapp nördlich davon, nur durch den Gewölbeknick getrennt, der steile N-Flügel mit den leicht zu einer Verfaltung neigenden Raibler Schichten keine Verbiegungen mehr zeigt. Die Großfaltung mit den E-W-Achsen ist jedenfalls viel großräumiger und verlangt als Ausgangslage eher eine noch plane Schichtplatte als die nur auf einen Gewölbeflügel beschränkte Querverfaltung.

2. Auch die schönen Querverfaltungen im Anhydrit in gleicher Richtung weisen deutlich auf eine Umprägung vorhandener Längsrichtungen (E-W, ENE u. a.).

3. Eine versuchsweise Anwendung der Horizontierung im untersuchten Einzelbeispiel (Diagramm Abb. 22) des Kl. Lavatscher zeigt, daß die so persistent auftretende B-Richtung  $N 35^\circ W$  durch die Drehung um  $B = E-W$ , horizontal dadurch in eine weniger wahrscheinliche Lage ( $N 10^\circ W$ ) kommt, daher anzunehmen ist, daß sie in der jetzigen Lage des Gewölbe-S-Flügels gebildet wurde, dieses also älter ist.

Auf Grund der bisher dargestellten Analyse ergeben sich zunächst folgende Umrisse einer Synthese:

(1) Als älteste erkennbare Vorgänge in der ursprünglich planen Schichtplatte erscheinen die Deckenüberschiebung und eine Großverfaltung mit schwach nach W einfallender Achse  $B = E-W$ . Beide scheinen gleichen Symmetriepflan zu haben und stehen wahrscheinlich in enger zeitlicher und ursächlicher Beziehung. Die Bewegungsrichtung ist demgemäß S-N, u. zw. wie schon Ampferer zeigte, gegen N.

(2) Als nächste wichtige Verformung erscheinen die Querverbiegungen und Verfaltungen mit den B-Achsen  $N 35^\circ W$  (besonders betont) über N bis zu  $N 20^\circ E$ , u. zw. nur im S-Schenkel des Lavatscher-Bettelwurfgewölbes. Sie setzen sich nicht nach N fort und sind, wie oben gezeigt wurde, als jünger anzusehen als die unter (1) angeführten E-W streichenden Großfalten. Das Einfallen der B-Achsen ist durch die Neigung der Schichten bedingt und daher immer nach S gerichtet. Im Anhydrit des Salzlagers hingegen liegt es horizontal.

Die entsprechenden Bewegungsrichtungen sind vorwiegend N 55° E über E—W bis zu N 70° W.

Im einzelnen sind die Bewegungspläne z. T. nicht deutlich voneinander abtrennbar, wenn auch einzelne, wie besonders N 35° W, durch gut ausgeprägte Maxima hervortreten. Es ist nun möglich, daß hier im großen gesehen nur ein Hauptbewegungsplan vorliegt, dessen Richtung örtlich durch Ablenkung an Inhomogenitäten Änderungen erfuhr und so die Koordinatenlagen der Bewegungspläne verdreht wurden. Es kam dadurch zu einer für den betrachteten Gesamtbereich raumunstetigen Formung. Diese kann aber auch auf zwei oder mehrere zueinander verschieden gelagerte Beanspruchungspläne zurückzuführen sein.

Ob es sich bei diesen quergerichteten Beanspruchungen und Bewegungen um Querdehnungen und daraus entstandene Schubkräfte handelt, die auf andere symmetriegemäß senkrecht dazu stehende Beanspruchungspläne beziehbar sind (Pläne B'  $\perp$  B, Sander, S. 180), oder um selbstständige von außen kommende Beanspruchungen, muß erst noch durch weitere Gefügeanalyse untersucht werden. Für ersteres sind Beziehungen zu Plänen, die allerdings hier im Halltal selbst nicht so ausgeprägt sind, möglich. Letzteres ist für die Richtung N 35° W wegen seiner weiten regionalen Verbreitung (Tauern z. B.) wahrscheinlich.

Die Salzlagerstätte hatte bei (1) auf die Gesamttektonik noch wenig Einfluß. Sie blieb im wesentlichen im Untergrund vielleicht mit einigen Anstauungen in den Aufwölbungen.

Bei (2) waren die durch sie bedingten Inhomogenitäten schon mehr wirksam. Querverfaltungen traten dort ein, wo der Untergrund besonders teilbeweglich war, also vor allem über der Lagerstätte, und wo die seitlichen Schubkräfte sich auswirken konnten.

Letzteres ist nicht der Fall in der Wildangerscholle, da das am Salzbergbruch aufdringende Haselgebirge diese Kräfte auffing. Daher fehlen hier gänzlich Querverfaltungen.

Die Beanspruchung übertrug sich auf die Salzlagerstätte, die mit ihrer großen Teilbeweglichkeit nach Räumen geringeren Druckes auszuweichen versuchte. Nach den derzeit vorliegenden Bewegungsbildern ist dies für den W-Flügel der Lagerstätte in die Richtung zwischen der Wildangerscholle oben und dem tiefer reichenden Fuß des Lavatschergewölbes unten erfolgt, u. zw. mit einem Beanspruchungs- und Bewegungsplan B = N 70° E horizontal.

Der O-Flügel konnte in den NW—SE gerichteten Spalt (Salzbergbruch) zwischen Wildangerscholle im SW und Karteller Scholle im NE ausweichen, die wie zwei feste Backen wirkte. Der Beanspruchungs- und Bewegungsplan hatte hier ein B = N 50° W, das mit einem Plan N 34° W überprägt ist. Nach letzterer Richtung vollzog sich auch mit steilen Bewegungsflächen eine Verschuppung der Lagerstätte mit den nach ihrer Schichtung nach NE einfallenden Gesteinen der Karteller Scholle.

Im Mittelfeld war die Ausweichmöglichkeit des Haselgebirges in etwa NE-Richtung am größten. Die B-Richtung der Verformung war aber auch hier N 35° W horizontal, der auch z. T. die s-Flächen folgen. Es sind aber auch die andern B-Richtungen der beiden Flügel N 70° E und N 50° W im Gefüge örtlich noch festzustellen.

(3) Andere Beanspruchungspläne, die in benachbarten Gebieten eine Rolle spielen, wie etwa N 60 bis 70° E, sind hier nur schwach ausgeprägt. Einzelne ihnen entsprechende Achsen kommen in der Lagerstätte, vor allem im Anhydrit, vor. Im Kalkgebirge sind sie wahrscheinlich aus Klüften erschließbar.

(4) Wahrscheinlich schon während des Ablaufes der bisher besprochenen mehr stetigen Vorgänge kam es zur Ausbildung von Kluftsystemen. Hervorzuheben sind die zahlreichen Querklüfte in Richtung N 20° W, N—S bis N 20° E, verbunden mit geringen horizontalen Verschiebungen, die aber in ihrer Summierung für die Gesamttektonik doch eine Rolle spielen können.

Über die Klüfte kann erst nach ihrer statistischen Zusammenfassung und indem sie mit den gefundenen Beanspruchungs- und Bewegungsplänen in Beziehung gesetzt werden, näheres ausgesagt werden. Wahrscheinlich spielen Pläne mit B = E—W sowie B = N 60—70° E eine Hauptrolle, so daß dabei auch schiefe Überprägungen in Frage kommen.

(5) Längsbrüche mit senkrechten Bewegungsrichtungen haben ein nach N zunehmendes stufenartiges Absinken der Inntaldecke wohl mit der darunter liegenden Lechtaldecke zur Folge. Diese Bewegungen sind im Halltaler Gebiet auf zwei Zonen konzentriert, u. zw. sind dies:

a. die Halltaler Störung, die damit gleichzeitig die flexurartig aufgerichtete Deckengrenze zwischen Inntal- und Lechtaldecke bildet. Durch ihren Verlauf im spitzen Winkel zu den Achsenrichtungen der E—W-Großverfaltung schneiden diese Großfalten an ihr schräg ab.

b. Die Stempeljochstörung. Sie zweigt anscheinend in der Gegend des Bettelwurfecks von der Halltaler Störung ab und klingt vom Stempeljoch nach W hin aus.

Aber auch außerhalb dieser sind mehrfach Bewegungsflächen zu erkennen, die zu diesem Bewegungsbild gehören, u. zw. sowohl Längs- als auch Querbrüche. Auch im Salzgebirge sind hierher gehörige Bewegungsflächen mit senkrechten oder steilstehenden Harnischen zu beobachten.

Damit schließen sich diese Bewegungsvorgänge an die Inntallinie an, denn auch sie ist eine Längsstörung, an der der nördliche Teil gegenüber dem südlichen abgesunken ist.

### Schlußbemerkungen

Diese Arbeit bringt somit ein Beispiel für die Anwendung der gefügekundlichen Arbeitsrichtung nach Sander einerseits auf relativ starre Gebilde, wie sie die Schichtplatten des Wettersteinkalkes darstellen, andererseits auf die Tektonik hochteilbeweglicher Massen wie die Gesteine der Salzlagerstätte. Damit konnte gezeigt werden, daß beide innerhalb dieses Bereiches gleichen Gesetzmäßigkeiten der Verformung unterworfen sind, die sich aber in ihrer Auswirkung unterscheiden.

Auch für den Bau und die Gestaltung der Lagerstätte lassen sich aus den Ergebnissen dieser Untersuchungen Folgerungen ziehen. Besonders für die Tiefenausdehnung werden Hinweise und Grundlagen gegeben, die für die Planung und Durchführung weiterer Aufschlußarbeiten wertvoll sein werden.

## Anhang: Ein Vorkommen von Tertiär im Gebiet des Halltales

Anhangsweise sei noch ein Tertiärvorkommen angeführt, das im SE-Grat des Kl. Lavatscher bei den Begehungen gefunden wurde. Es liegt in einer Seehöhe von etwa 2470 m. In bis 2 m tiefen, taschenförmig ausweiteten Klüften hat sich ein mergelig-sandiges bis konglomeratisches Gestein von gelb-brauner Farbe erhalten, das durch stellenweise zahlreiche Einschlüsse von glattgeschliffenem, schwarzem, Bohnerz auffällt. Letzteres läßt es auch leicht erkennen, während es sonst beim Darübergehen leicht entgehen kann, da im Wettersteinkalk gerade an dieser Stelle zahlreiche Einschaltungen von gelber bis roter Farbe, wie sie S. 167 erwähnt sind, über den Grat streichen.

Ein Dünnschliff zeigte, daß in diesem Gestein z. T. aus kalkig-mergeligen Bruchstücken besteht, von denen einer Querschnitte von Formaniferen (Globigeriden und Rotaliden) enthielt.

Die Bestimmung verdanke ich Herrn Dr. Noth. Eine weitere Untersuchung ist noch beabsichtigt.

## Bemerkungen zu den Abbildungen

Abb. 1—16 auf Tafel XIX, Abb. 17—25 im Text, Abb. 26 und 27 auf Tafel XX.

Abb. 1. Tektonische Übersichtskarte des Halltales. 1:25.000. Diese Karte gibt einen Überblick über die geologischen Verhältnisse des Halltales und seiner nächsten Umgebung. Im Kalkgebirge ist das Schichtstreichen und -fallen einerseits durch eingemessene Fallzeichen wiedergegeben (nur ein Teil der Gesamtzahl von über 1000 Messungen), andererseits wurde versucht, den Verlauf des Schichtstreichens durch nach der Streichrichtung fortlaufende Linien, wobei stellenweise etwas schematisiert werden mußte, darzustellen.

Hiebei ist zu beachten, daß diese Linien in Wirklichkeit nicht in einer Ebene, wie hier in der Zeichnung, liegen, sondern der Oberfläche eines stark vertikal gegliederten Reliefs angehören, was man im groben durch die eingezeichneten Gebirgskämme und Tatverläufe überblickt, besser und genauer durch Vergleich mit der im gleichen Maßstabe gehaltenen Alpenvereinskarte. Am besten wäre natürlich ein Relief geeignet. Selbstverständlich entsprechen die Streichungslinien nicht den Ausstichen der Schichtflächen, was besonders an Schichtgrenzen in Erscheinung tritt (siehe Raibler Schichten am Karteller Jöchl).

Unter der Signatur der Störungsfächen sind alle bruchartig verlaufenden Bewegungsflächen, bzw. Zonen zusammengefaßt, aber nur die wichtigsten und im Gelände auffallenden eingezeichnet.

Das S-Gehänge gegen das Inntal ist in seinen unteren Teilen, westlich der Thaurer Alm unterhalb der Halltaler Störung, nach der Karte von Ampferer gezeichnet. Daher mußten hier die nicht im einzelnen bekannten Streichrichtungen wegleiben.

Abb. 2. Geologische Kartenskizze des Haller Salzberges. 1:10.000. Die Karte ist ein vergrößerter Ausschnitt aus Abb. 1 mit weiteren geologischen Einzelheiten sowie auch mit Angabe der Profilrichtungen (außer Profil 16). Die Salzlagerstätte ist in ihren Streichrichtungen, die hauptsächlich nach den höheren Horizonten eingetragen sind, und ihren Umrissen, soweit sie nach den jetzigen Aufschlüssen bekannt sind, angegeben (nach Karte Schaubberger). Die Signatur ist je nach dem Grade der Überdeckung abgeändert.

Die darüber liegende Kalkscholle des Wildanger ist nach den Umrissen eingezeichnet, sonst nur die Abgrenzung zwischen Oberem und Unterem Muschelkalk.

Abb. 3. Horizont des Königsberges. 1:10.000. Dieser Grundriß stellt nur eine stark vereinfachte Verkleinerung einer Lagerstättenkarte von Schaubberger dar unter Hingewlassung aller Einzelheiten und Feinheiten. Sie soll nur zur Darstellung der Streichrichtungen und ihrer Abhängigkeit von Inhomogenitäten im allgemeinen dienen. Sie wurde durch einige Geländepunkte ergänzt. Zu beachten ist, daß der Horizont nach W um 55 m ansteigt.

Die in Klammern angeführten römischen Ziffern bei den Profilinien entsprechen den bei den Lagerstättenprofilen Schaubergers (am Haller Salzberg) verwendeten.

Abb. 4—16. Geologische Querprofile durch das Halltal. Der Anteil der Lagerstätte ist wieder wie bei Abb. 3 in sehr stark vereinfachter Weise aus den Lagerstättenprofilen von Schauberg, die am Salzberg erliegen, entnommen. Bei Profil 7 und 8 ist er bis auf einige Streichlinien und die Umrahmung der Lagerstätte weggelassen.

Für den Gebrauch im Vergleich mit den Originalkarten Schaubergers, die eine andere Bezifferung führen, gebe ich diese hier an, wobei die zweite Ziffer in Klammer die der Salinenkarte entspricht.

Die Profile sind im allgemeinen möglichst quer zum Streichen gelegt, da aber das Streichen im Kalkgebirge mit dem der Lagerstätte zu einem großen Teile nicht übereinstimmt, sogar oft senkrecht aufeinander steht, so war dies nur zu einem Teile durchführbar und die Profile verlaufen meist jeweils für einen Bereich im Streichen. Es waren daher z. T. sich überkreuzende Profile notwendig, und da der Verlauf oft der Lagerstättenprofile vorgegeben war, außerhalb derselben wieder die Richtung quer zum Gesteinsstreichen gesucht wurde, ergaben sich die mehrmals gewinkelten Profile.

Abb. 17. Ansichtsskizze des Gr. und Kl. Lavatscher von S. vom Wildanger aus gesehen. Im SW-Gehänge herrscht Querstreichen (etwa N 20° E) bei steiler Schichtstellung, die dem Gipfel zu in flacheres O-Fallen umbiegt (mit Achse N 20° E). In der oberen S-Wand des Kl. Lavatscher treten anscheinend Verfaltungen nach wahrscheinlich gleicher Achse auf, die aber noch nicht näher untersucht wurden.<sup>1)</sup> Darunter im Lavatscherk wieder Steilstellung. Nach SE folgt durch eine Knickzone, die am Bild mit \*\*\* markiert ist, im unteren Teil des Gr. Lavatscher flach S-fallende Lagerung, die am Kl. Lavatscher S-Hang in steileres S-Fallen übergeht und nach E allmählich, in oberen Teilen in engerem Bogen, nach NE dreht.

Abb. 18. Kl. und Gr. Lavatscher, Ansichtsskizze von O, gesehen von der Speckkarspitze. Sie zeigt einen Querschnitt durch das Gewölbe der Großfaltung nach der E—W-Achse, den Knick im First mit der nach S geneigten Bruchfläche, den steilstehenden, gegen den Gewölbekern sogar überkippten N-Flügel (der Gschnerkopf besteht bereits aus Raibler Schichten) und den als Ganzes flach nach S fallenden S-Flügel. Letzterer weist aber bereits durch Querverbiegung bedingtes Einfallen nach E auf, das durch die Falteichen angedeutet ist.

Es ist hier die gleiche Ansicht wie auf der Photographie Abb. 27 dargestellt.

Abb. 19. Speckkarspitze, Ansichtsskizze von W, gesehen vom Kl. Lavatscher. Es ist die Fortsetzung des Gewölbes von Abb. 18, nur spiegelbildlich gesehen. Im S-Flügel liegt wieder eine Querfaltung vor, doch sieht man hier auf die nach E, bzw. SE einfallenden Schichtköpfe, daher die Schichtung deutlicher wird. Doch kommt vielfach ein ausgeprägtes  $\perp$  Kluftsystem E—W besser zum Ausdruck.

Abb. 20. Ansichtsskizze der N-Wände Lavatscher—Praxmarerkarspitze, gesehen vom Suntiger aus. Die Wände zeigen eine deutliche Zonengliederung. Im obersten Teil ist das Einfallen der Schichtung nach O gerichtet bei einem quer zum Grat verlaufenden Streichen (meist N 20° E). Darunter folgt eine oft recht schmale Zone, die durch kleine Felswandel gekennzeichnet ist und die Knickungszone des E—W-Gewölbes darstellt. Nunmehr folgt der im oberen Teile nach S fallende, zum größten Teil aber saiger stehende nördliche Gewölbeflügel. Je nach Steilheit der Wand und der Schichtlage treten entweder horizontal verlaufende Schichtbänder oder wie hier besonders am Kl. Lavatscher glatte Wände, die nur durch einige Klüfte unterbrochen sind, im untersten Teile der Wand aber bogenförmige Formen, die durch das Relief (N—S streichender Gratücken) bedingt sind. Es sind also keine Faltenbildungen, wie es zunächst den Anschein hat. Siehe auch Anmerkung <sup>1)</sup> zu Abb. 17.

<sup>1)</sup> Wie mir Herr Dr. Ing. Hießleitner nachträglich noch mitteilte (mit Skizze), konnte er in der N-Seite des Kl. Lavatscher unter dessen Gipfel vom Suntigerkamm aus eine Faltenzeichnung beobachten, die bei meiner Ansicht der Nordwände infolge der ungünstigen Beleuchtung des damaligen Spätherbsttages nicht zu erkennen war.

Diese liegende Falte der Nordseite bildet nach der Skizze Hießleitners das Gegenstück zu der von mir auf der S-Seite festgestellten Falte (Abb. 17). Ihre horizontal liegende Achse würde, wie ich schon oben vermutet habe, etwa N, N—S bis ENE verlaufen und damit ebenfalls in die Gruppe der Querverfaltungen gehören. Genaueres kann erst nach Einmessung an Ort und Stelle ausgesagt werden.

Abb. 21. Ansichtsskizze des Thaurer Zunterkopfes von N mit der restlichen Deckscholle der Inntaldecke (stärker umrandet).

Abb. 22. Diagramm der Pole aller eingemessenen s-Flächen (160 s-Flächen) an der S-Seite des Kl. Lavatscher. Besetzungsdichte in Stufen zu 1—2—5—10%. Sie ergeben drei Hauptmaxima I, II und III und einen breiten Gürtel. Drei  $\pi$ -Kreise wurden konstruiert, ferner drei  $\beta$  als Schnittgerade der den Häufungsschwerpunkten entsprechenden s-Flächen, schließlich Horizontierung der  $\beta$  auf Kleinkreisen mit Drehung um ein  $B = E-W$ , horizontal.

Abb. 23. Lagerstätte (Haselgebirge). Synoptisches Diagramm der s-Flächenmaxima (Pole) aus drei Teildiagrammen: W für das W-Feld (157 Pole), E für das O-Feld (250 Pole) und M für das Mittelfeld (nur ein Teilmaximum).  $\pi$  (W) ... sind die senkrecht stehenden  $\pi$ -Kreise,  $\pi'$  (W) ein Teilstück eines  $\pi$ -Kreises mit steiler Achse.  $\beta$  (W) ... sind die zugehörigen  $\beta$ -Richtungen mit Richtungsangabe, s (W) ... die den Schwerpunkten der Maxima entsprechenden s-Flächen. Weiteres siehe Text S. ....

Die Stufen der Besetzungsdichte betragen 2% (gestrichelte Linie) und 10% (ausgezogene Linie).

Abb. 24. Lagerstätte (hauptsächlich Anhydrit). Diagramm aller eingemessenen B-Achsen (meist Faltenachsen). Stufen der Besetzungsdichte: 2—5—10—15%.

Abb. 25. Profil längs der Mitterberggrunse zeigt die Verschuppung am W-Rande des Karteller Jöchls mit Haselgebirge mit steilstehenden tektonischen Flächen, während die Schichtung meist NE einfällt.

Auf Tafel XX:

Abb. 26. Photographische Aufnahme, Blick von der Bettelwurfhütte (2077 m) in das obere Halltal. Von links (S) nach rechts (N) sind sichtbar: Die Lechtaldecke aus Hauptdolomit mit der aufliegenden Deckscholle, die Halltaler Störungslinie, die Wildangerscholle mit Schichtfallen nach N, der Stempeljoehbruch, der S-Flügel des Gleirsch-Bettelwurfgewölbes mit den gleichmäßig S-fallenden Schichtplatten im Vordergrund und in der Mitte die Karteller Scholle, darüber die Umrisse des unter dem Wildanger liegenden Salzlagers.

Abb. 27. Photographische Aufnahme, Blick von der Speckkerspitze (2021 m) auf die Lavatschergruppe und das Hinterautal. Die Asymmetrie des Lavatschergewölbes ist wie auf Skizze Abb. 19 gut zu sehen. Deutlich auch die senkrechte, bzw. S-fallende Schichtung im N-Flügel, während am flacheren S-Flügel infolge der Querverbiegung fast gar keine Schichtung sichtbar ist, besonders da in den am Bild sichtbaren Teilen die Schichten meist gegen den Beschauer zu fallen. Die feine Riefung am Gr. Lavatscher ist eine  $\perp$  E—W-Klüftung.

Rechts liegt die Lavatscher Mulde mit dem Hinterautal im Hintergrund. In der Mitte der Kern aus Hauptdolomit und ganz rechts die S-fallenden Platten aus hier mit Pb-Zn vererztem Wettersteinkalk.

#### Verwendetes Schrifttum

Im Text ist jeweils unter L. ... darauf verwiesen.

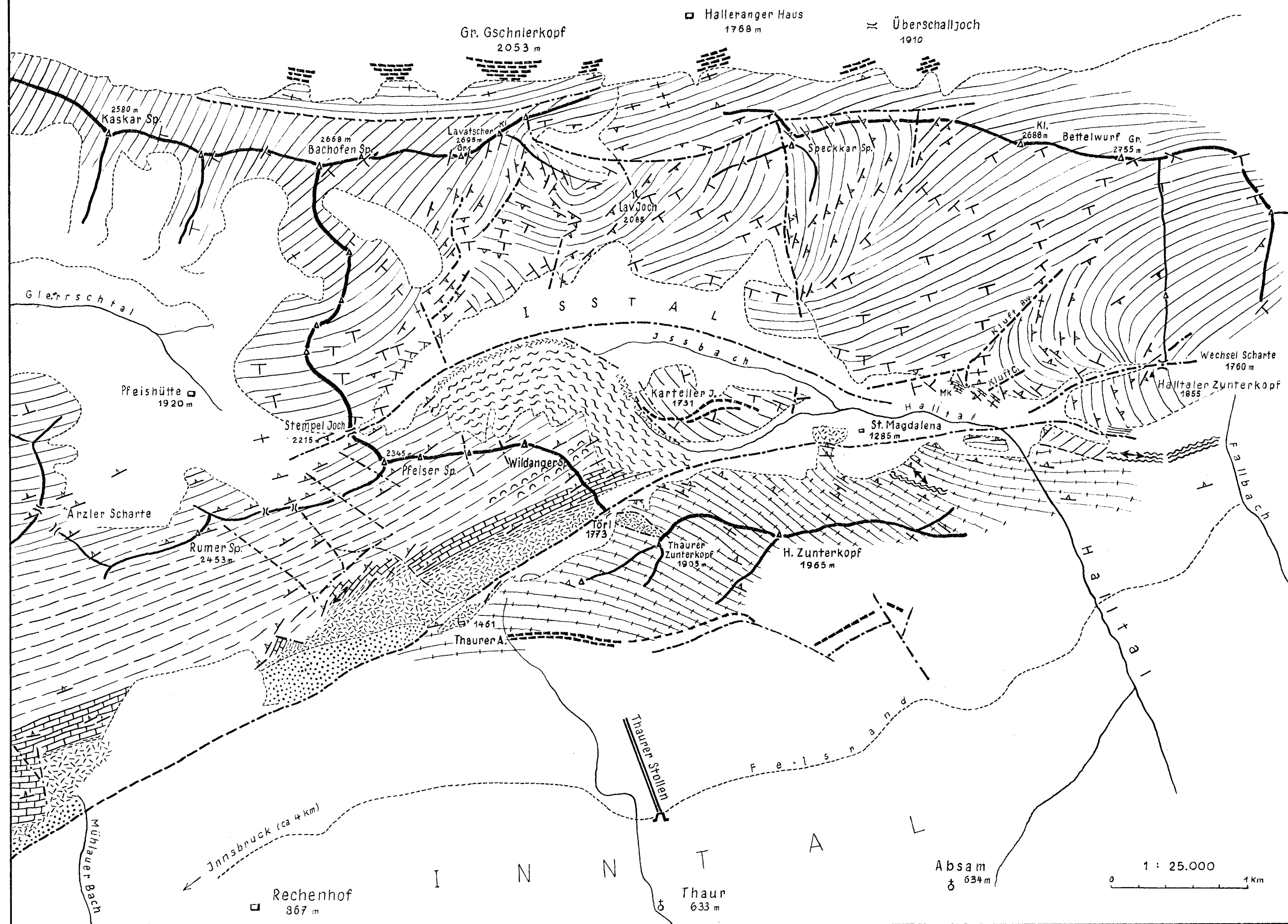
1. Ampferer, O., und Hammer, W.: Geologische Beschreibung des südlichen Teiles des Karwendelgebirges. Jb. d. Geol. R. A. 1898.
2. Ampferer, O.: Geologische Beschreibung des nördlichen Teiles des Karwendelgebirges. Jb. d. Geol. R. A. 1903.
3. Ampferer, O.: Gedanken zur Tektonik des Wettersteingebirges. Verh. d. Geol. R. A. 1912.
4. Ampferer, O., und Ohnesorge, Th.: Erläuterungen zur Geologischen Spezialkarte, Blatt Innsbruck—Achensee. Wien, Geol. B. A. 1924.
5. Ampferer, O.: Über die Einfügung der Salzstöcke in den Bau der Nordalpen. Zs. „Kali und verwandte Salze“ 1928.
6. Ampferer, O.: Über die tektonische Selbständigkeit der Inntaldecke. Ber. d. R. A. f. Bodenf. Wien 1944.
7. Böse, E.: Beiträge zur Kenntnis der alpinen Trias. Zs. d. D. Geol. Ges. 1898.
8. Fuchs, F.: Untersuchungen am Gefüge der Tiroler Alpen II. Jb. f. Min... 1944.

9. Klebelsberg, R.: Geologie von Tirol. Berlin 1935.
10. Lotze, F.: Die Steinsalz- und Kalilagerstätten. Berlin 1938.
11. Mojsisovics, E. v.: Gliederung der Trias in der Umgebung des Haller Salzberges. Verh. d. Geol. R. A. 1868.
12. Mojsisovics, E. v.: Über die Gliederung der oberen Triasbildungen der Alpen. Jb. d. Geol. R. A. 1869.
13. Pichler, A.: Über das Wildangergebirge. Verh. d. Geol. R. A. 1891.
14. Prinzing, H.: Geologische Notizen aus der Umgebung des Salzbergwerkes zu Hall in Tirol. Jb. d. Geol. R. A. 1855.
15. Rothpletz, A.: Das Karwendelgebirge. Zs. d. D. u. Ö. A. V. 1888.
16. Sander, B.: Beiträge zur Kenntnis der Anlagerungsgefüge. Min. und Petr. Mitt. Leipzig 1936.
17. Sander, B.: Einführung in die Gefügekunde geologischer Körper, I und II. Wien 1948 und 1950.
18. Schauberg, O.: Die Fließstrukturen im Halbtätter Salzberg. Berg- und Hüttenm. Jb. Leoben 1921.
19. Schauberg, O.: Die stratigraphische Aufgliederung des alpinen Salzgebirges. Berg- und Hüttenm. Monatshefte 1950.
20. Schmidegg, O.: Über geregelte Wachstumsgefüge. Jb. d. Geol. B. A. 1928.
21. Schmidt, A. R.: Die Quellen-Salinen bei Hall und Thaur vor Entdeckung des dortigen Salzberges. Österr. Zs. f. Berg- und Hüttenw. 1874.
22. Schmidt, A. R.: Erzählungen aus der Geschichte des Haller Salzbergbaues im 16., 17. und 18. Jahrhundert. Berg- und Hüttenm. Jb. 1882.
23. Seidl, E.: Die Salzstöcke des deutschen (germ.) und des Alpen-Permsalzgebietes. Zs. „Kali und verwandte Salze“ 1937.
24. Petrascheck, W.: Lagerstättenlehre. Wien 1950.

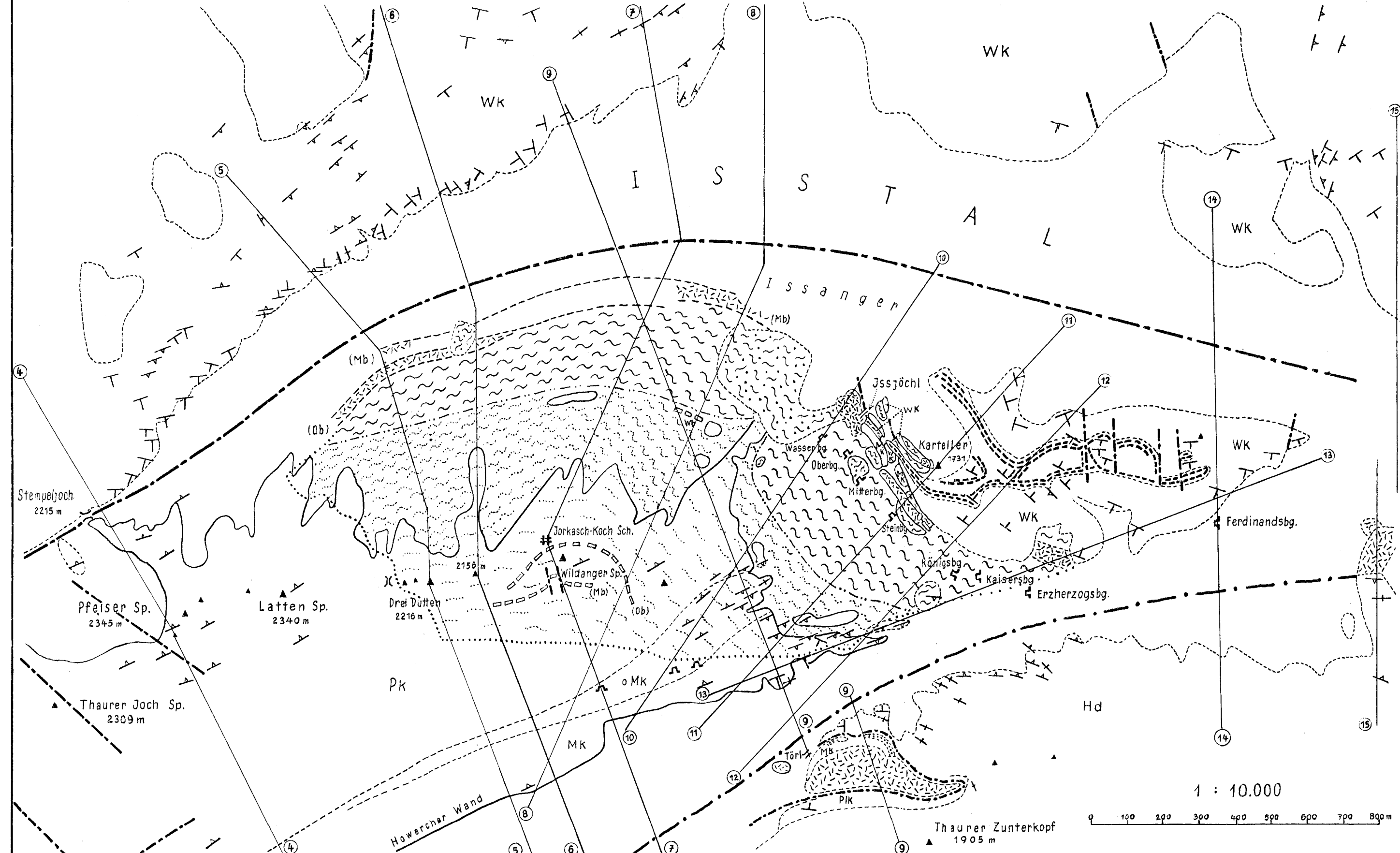
# Die Stellung der Haller Salzlagerstätte im Bau des Karwendelgebirges

von O. Schmidegg Dez. 1950

### Abb.1 Tektonische Übersichtskarte des Halltales

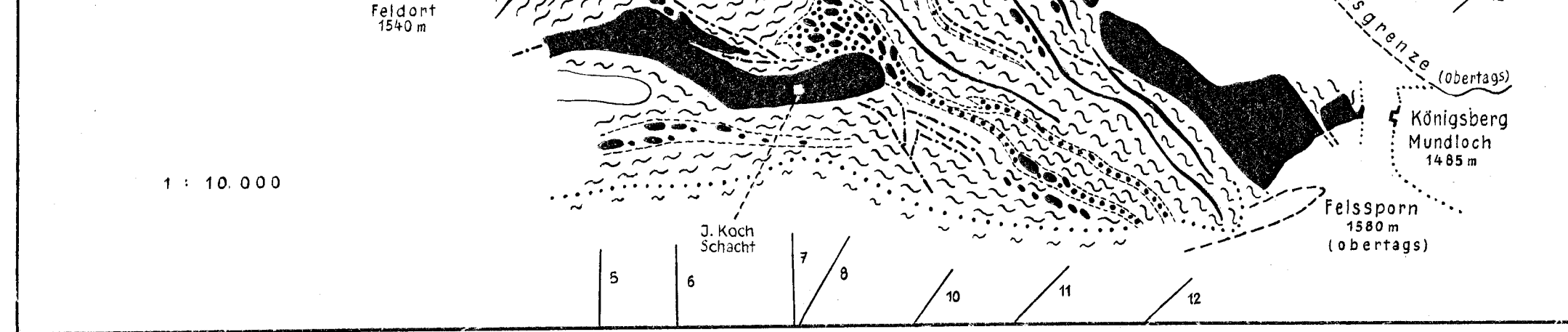


### Abb.2 Geologische Kartenskizze des Haller Salzberges



### Abb.3 Horizont des Königsberges

Schematisiert nach Schaubergern



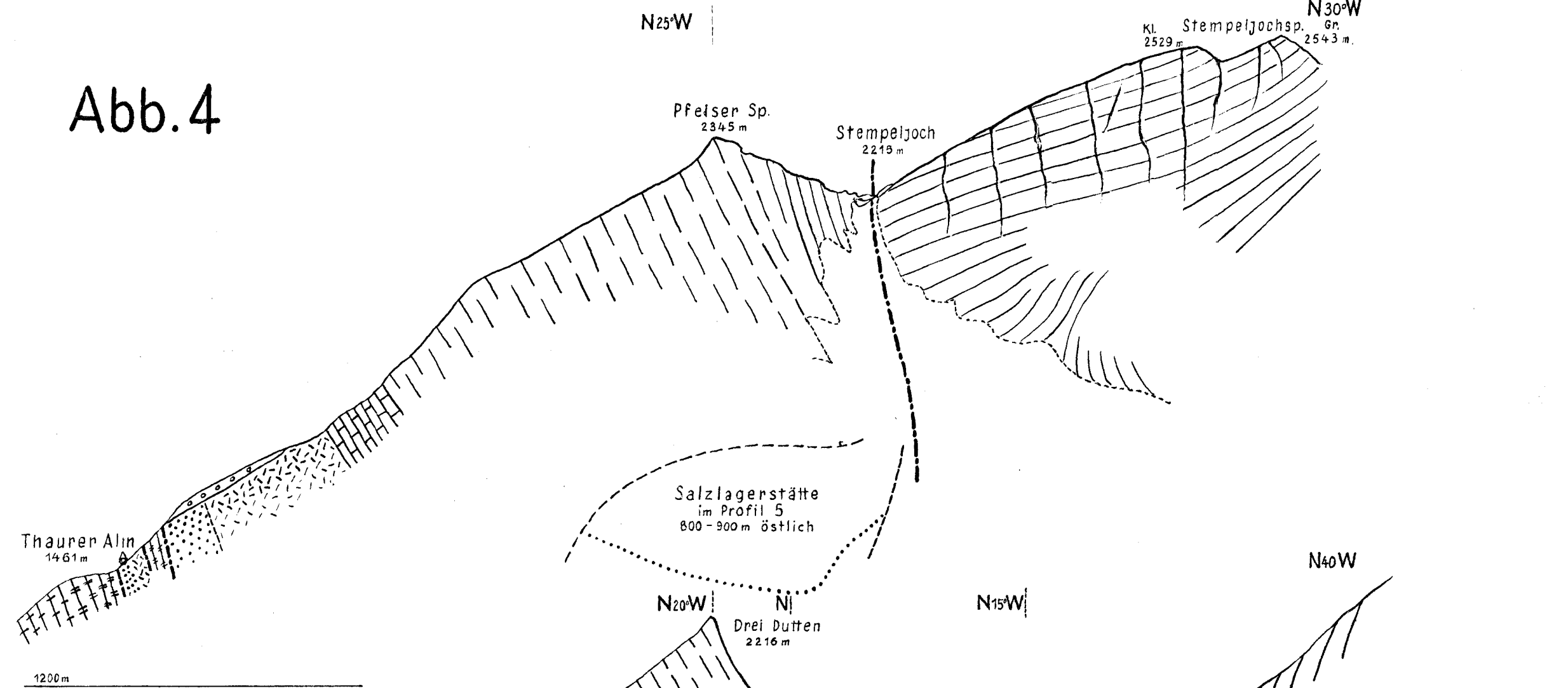
Bezeichnung der Stollenhorizonte

- Wb Wasserberg
- Ob Oberberg
- Mb Mitterberg
- Stb Steinberg
- Kob Königsberg
- Ksb Kaiserberg
- Eb Erzenzogsberg
- Fb Ferdinandsberg

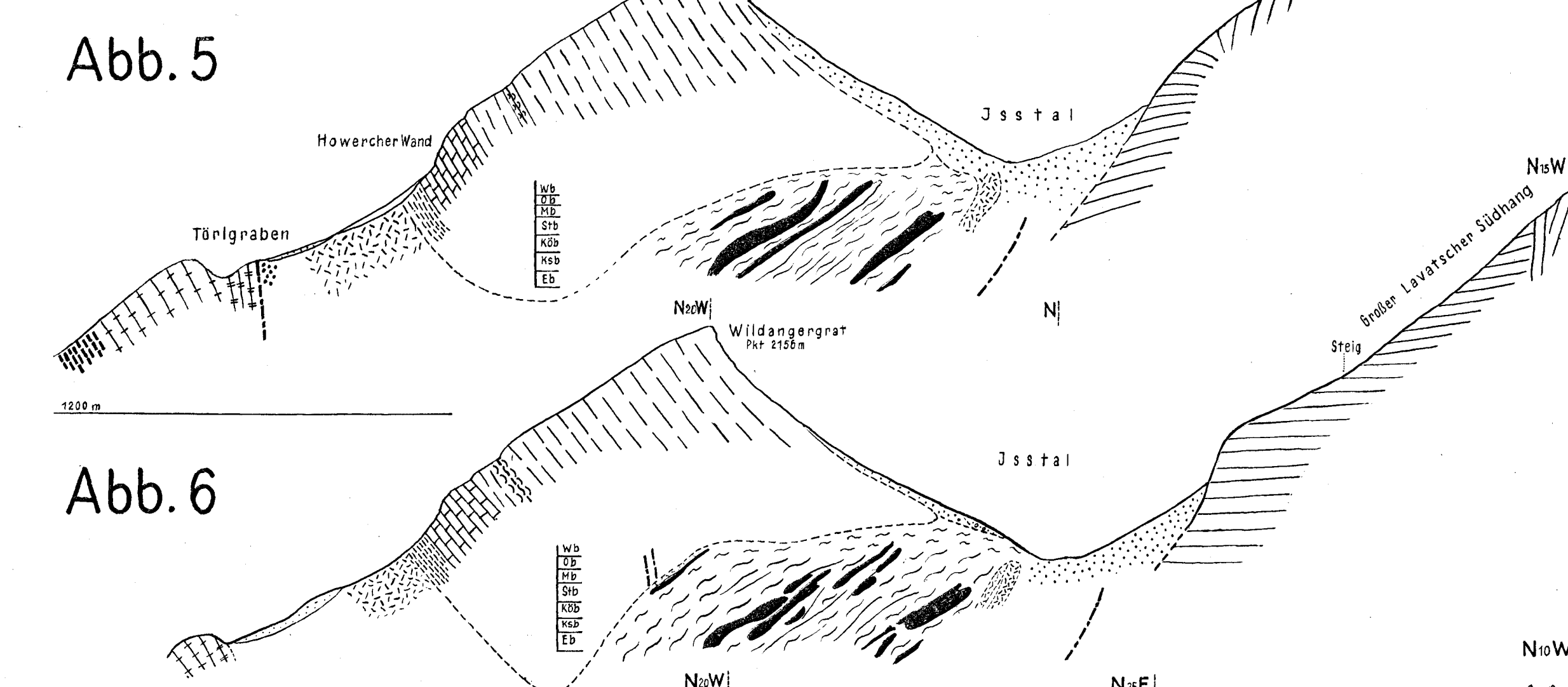
Legende:

- Hg Hangschutt
- Mö Mörtel
- G Gehängeerde
- K.s. Kässener Schichten
- P.k. Plattenkalk
- Hd. Hauptdolomit
- Rb. Raibler Schichten
- W.K. Wettersteinkalk
- P.K. Raitzschalk u. Raitzschalk u. Mitterberg
- M.K. Muschelkalk
- U.M.K. un Muschelkalk
- Rb. Raibler Schichten (Mergel)
- U.M.K. un Muschelkalk

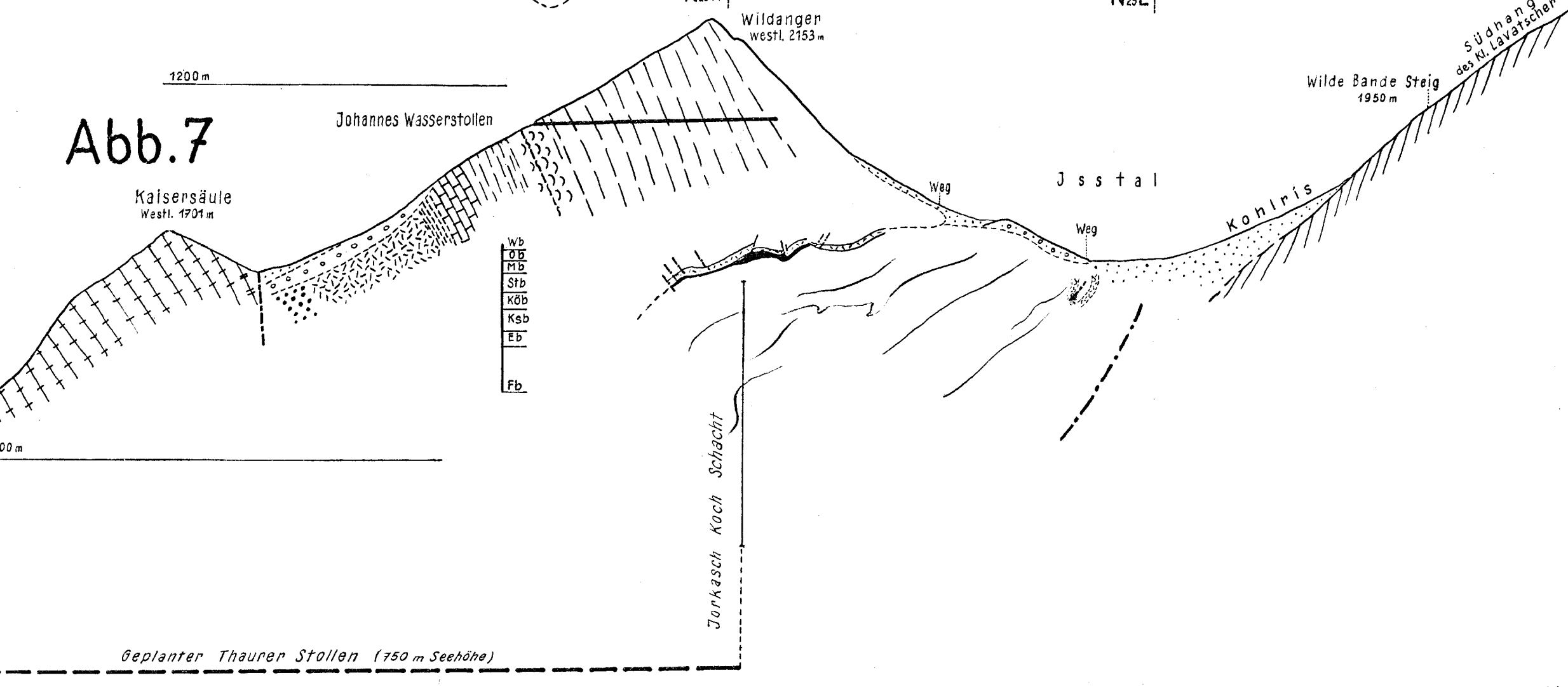
### Abb.4



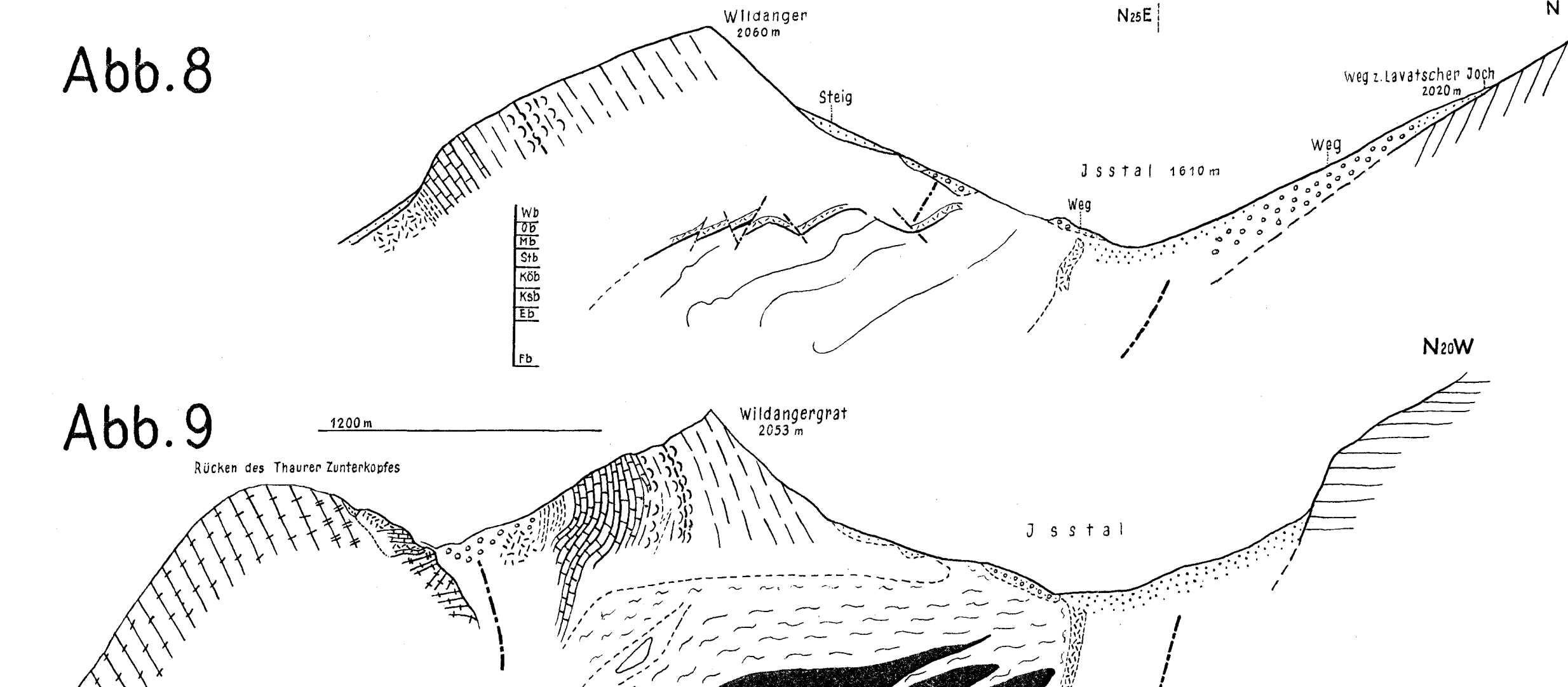
### Abb.5



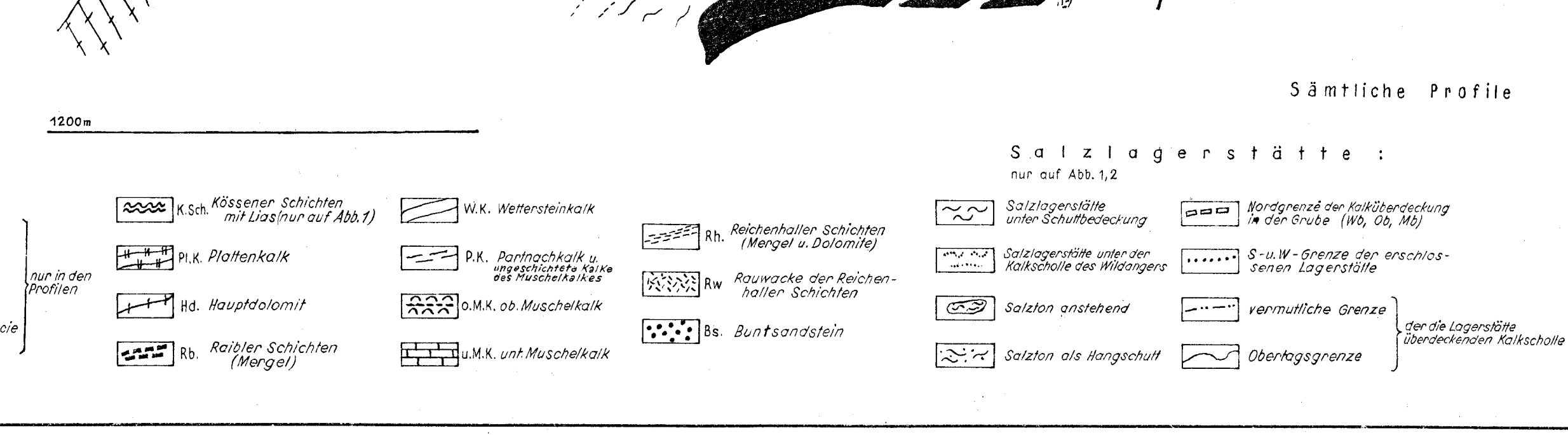
### Abb.6



### Abb.7



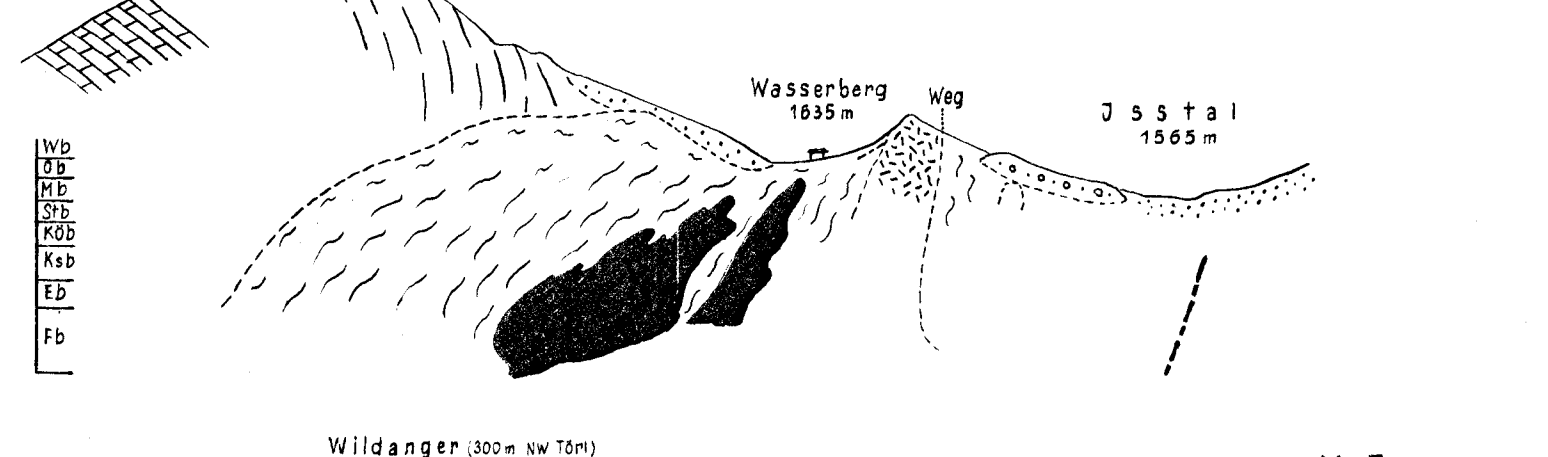
### Abb.8



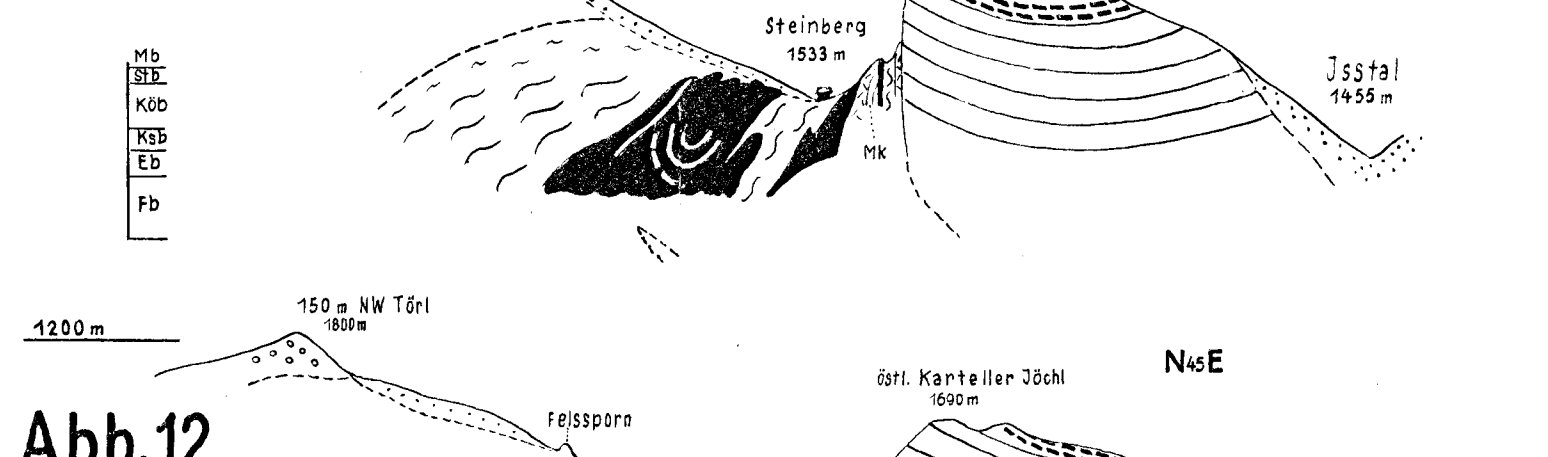
### Abb.9



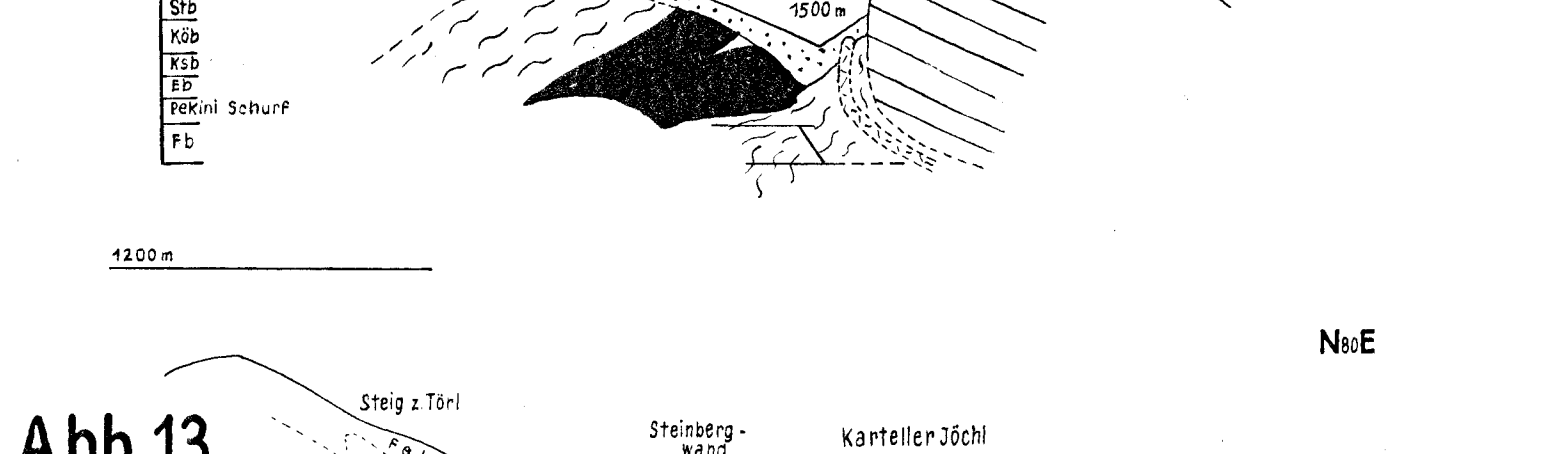
### Abb.10



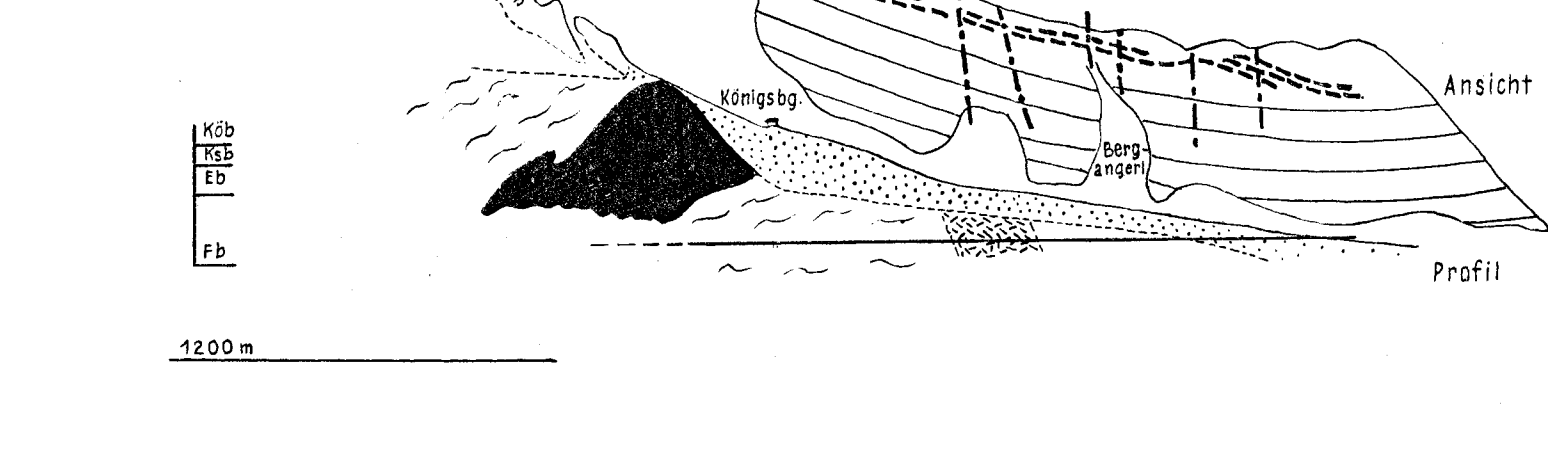
### Abb.11



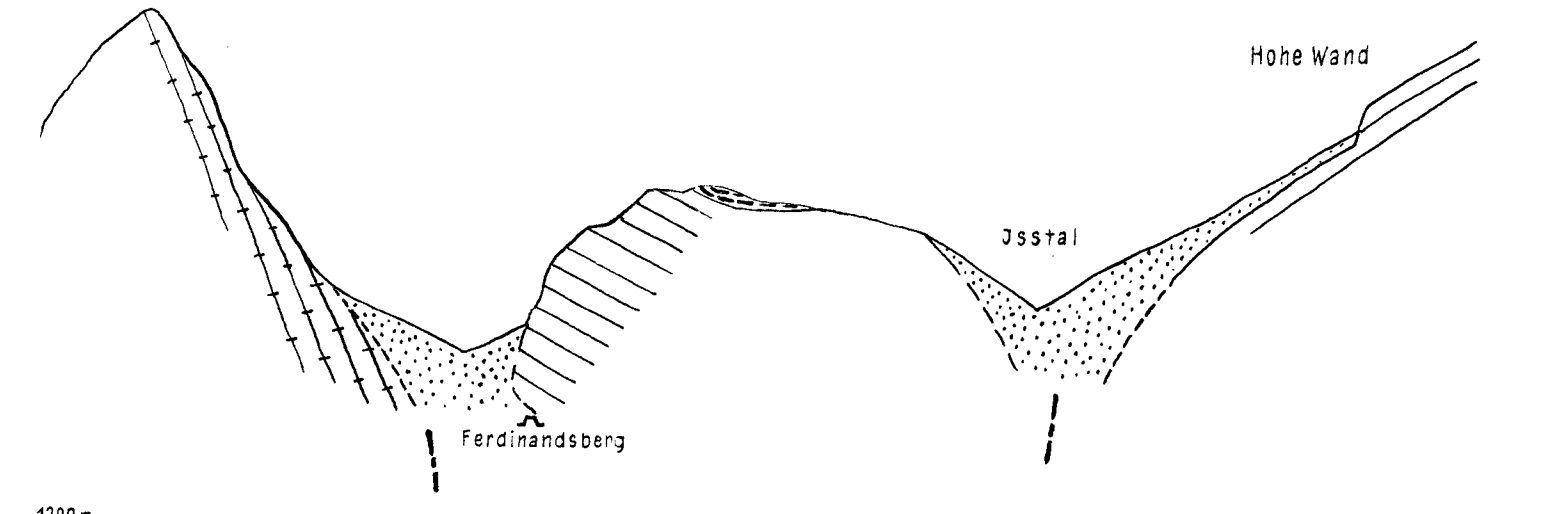
### Abb.12



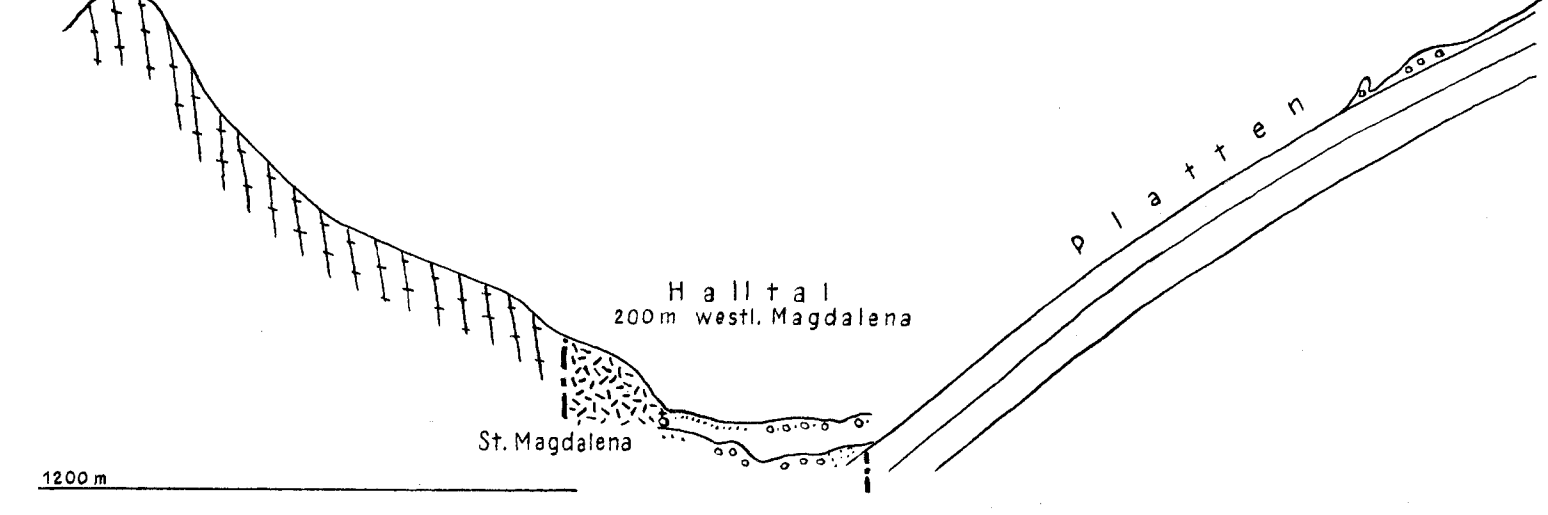
### Abb.13



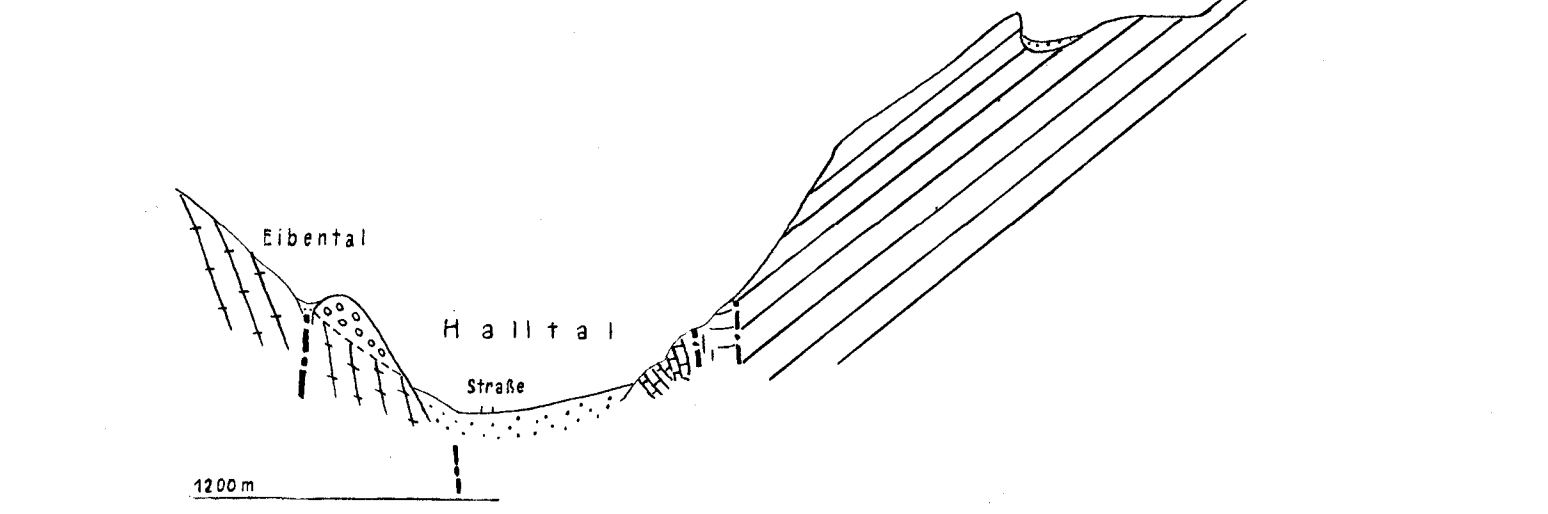
### Abb.14



### Abb.15



### Abb.16



- Salzlagerstätte:
- Salzlagerstätte unter Schuttbedeckung
  - Salzlagerstätte unter der Karwendeldecke
  - Salzton anstehend
  - Gelatin als Hangschutt
  - Wandgrenze der Karwendeldecke
  - S-W-W-Grenze der anstehenden Lagerstätte
  - vermutliche Grenze
  - Grenztalgebirge (mit Anhydritschichten)
  - Oberbergsgrenze

- Gliederung des Salzgebirges auf den Abb. 3-16, vereinfacht nach Schaubergern
- Ausgelagertes Haller Salzgebirge
  - Haller Salzgebirge
  - Salzlagertage
  - Granitgebirge (mit Anhydritschichten)
  - Anhydrit

- Streichen und Fallen der Schichtung
- 0-30°
  - 35-55°
  - 60-80°
  - steiler
  - Faltenachsen
  - Bewegungsflächen, Knicflächen, Störungsflächen
  - Schichtgrenzen
  - Gebirgskämme



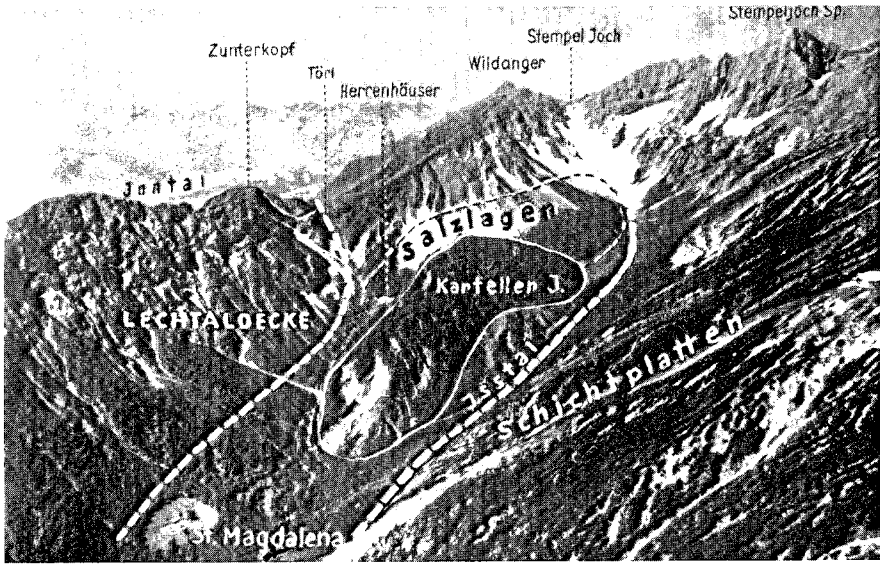


Abb. 26. Blick von der Bettelwurfhütte auf das obere Halltal.



Abb. 27. Blick von der Speckkar-Spitze (2621 m) auf Gr. u. Kl. Lavatscher und das Hinterautal.