

# Der tektonische Bau des Hallein-Dürnberger Salzberges.

Von **Walther Emil Petrascheck**, Grödig bei Salzburg.

Mit 3 Tafeln und 6 Textfiguren.

Die Stollenaufschlüsse und Tiefbohrungen im Hallein-Dürnberger Salzberg sind aus mehreren Gründen beachtenswert. Erstens liegt hier ein Prüfstein für die umstrittenen Fragen, ob das Haselgebirge und die Hallstätter Kalke dieses Gebietes — und damit die Gesteine der alpinen Salzlagerstätten überhaupt — tief eingeklemmte Reste einer tektonisch hoch gelegenen Decke sind oder ob sie hochgepreßte Teile eines verbreiteten Salzgebirges im tieferen Untergrund sind. Zweitens ist hier am ehesten die praktisch bedeutungsvolle Frage zu beantworten, ob unter dem gebauten Salzgebirge noch ein bauwürdiges Salzlager, womöglich von geringerer Gestörtheit, zu erwarten ist. Drittens bieten die Grubenaufschlüsse gute Möglichkeit, die Bewegungs- und Verformungsbilder des Salzgebirges zu studieren.

Da der Haselgebirgskörper des Dürnberges sich mit jedem tieferen AbbauhORIZONT dieses uralten Bergbaus immer mehr verengt hatte, war hier der Wunsch nach Neuaufschlüssen besonders rege. Den stärksten Anstoß zu solchen hatte die 1927 veröffentlichte These E. Seidls gegeben, daß die alpinen Salzvorkommen ähnlich wie die norddeutschen hochgepreßte Salzstöcke seien, die von einem ausgedehnten Salzlager in größerer Tiefe herrühren. Daraufhin wurden in den Jahren 1928 bis 1934 von der tiefsten Sohle des Bergwerkes aus 2 Bohrungen niedergebracht, die zwar beide technische Mängel zeigten, aber doch von den praktischen und wissenschaftlichen Bearbeitern vorerst im Sinne des Vorhandenseins eines tieferen Salzlagers ausgedeutet wurden. Es erhoben sich aber Bedenken und so wurden 1942 und 1943 3 weitere Tiefbohrungen abgeteuft. Ferner ließ die Leitung der Salinen in dem Bestreben, kein Mittel zur Klärung der wichtigen Frage eines tieferen Salzlagers unversucht zu lassen, im Jahre 1933 einen Untersuchungsquerschlag nach Süden auffahren, der schließlich die Länge von 600 m erreichte.

Seit der bedeutsamen Veröffentlichung O. Ampferers über die erste Halleiner Tiefbohrung sind also noch wichtige Aufschlüsse geschaffen worden, so daß eine neue zusammenfassende Untersuchung und Beurteilung des vorliegenden Materials geboten erschien. Der Verfasser hat diese Aufgabe im Auftrage der Geologischen Bundes-

anstalt und des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft und mit tatkräftiger Unterstützung der Generaldirektion der österreichischen Salinen sowie der Betriebsdirektion der Saline Hallein im Jahre 1946 durchgeführt. Dabei wurden rund 16.000 m Streckenlänge geologisch aufgenommen, die Bohrergergebnisse der 5 Bohrungen verglichen und auch Begehungen über Tage und in den unterirdischen Verlagerungsräumen des Grillwerkes bei Hallein vorgenommen. Für die großzügige und verständnisvolle Ermöglichung dieser wissenschaftlichen Arbeit, die daneben allerdings auch praktische Ziele verfolgte, in einem Jahr der allgemeinen Hemmnisse und Schwierigkeiten im Lande sei den obgenannten Stellen aufrichtig empfundener Dank gesagt.

### Die Lagerung des Salzgebirges in der Grube.

Die Namen und mittleren Meereshöhen der Abbauhorizonte sind folgende:

Scheuchenstul . . . . .	875 m
Thienfeld-Kalb . . . . .	835 „
Georgenberg . . . . .	790 „
Obersteinberg . . . . .	750 „
Untersteinberg . . . . .	720 „
Jakobberg . . . . .	680 „
Rupertberg . . . . .	640 „
Wolfdietrichberg . . . . .	595 „

Wie aus Abb. 1 ersichtlich ist, werden die Grenzen des Haselgebirges nach der Tiefe zu immer enger. Bei den höheren Horizonten ist eine Begrenzung des NO-Teiles in der Grube überhaupt nicht feststellbar, während die tieferen Stollen anfangs auf mehrere hundert Meter den Kalk durchqueren. Bezeichnenderweise hat auch nur die südwestlichste Bohrung V in der Tiefe Salz angetroffen. Der Salzgebirgskörper schiebt also nach SW in die Tiefe ein.

Die Grenzen des Salzgebirges auf Abb. 1 wurden den Grubenplänen der Markscheiderei entnommen, aber an einigen Stellen abgeändert. Denn diese Grenzen sind nur stellenweise durch wirkliche Durchörterungen der Grenzstörungen und des anschließenden Kalkes und Schiefers nachgewiesen, zum anderen Teil aber aus einer zunehmenden Vertaubung und dem Auftreten von Gipsadern, welche von den Bergleuten auf Grund überlieferter Erfahrungen als „Grenzer“ bezeichnet werden, vermutet. Es ist nun als wesentlich zu beachten, daß das plastische Salzgebirge sich mit seinem inneren Streichen stets dem starren Rahmen anschmiegt. Wo also durch meine Grubenaufnahmen (Tafel I) auf längere Erstreckung ein Streichen festgestellt wurde, das mehr oder weniger senkrecht zu einer bisher angenommenen nahe gelegenen Salzgebirgsgrenze steht, wurde die Grenze entsprechend dem Konformitätsprinzip abgeändert (Daß dieses Prinzip auch für praktische Untersuchungsarbeiten — etwa Craelius-Horizontalbohrungen — bedeutungsvoll ist, liegt auf der Hand).

Das zweite wesentliche Merkmal der Lagerung des Haselgebirges ist, daß die Fallwinkel mit der Tiefe überwiegend steiler werden. Gewiß sind Streichen und Fallen der Salzsträhne, der Anhydritschuppen, der Polyhalitbrocken und der Tonschieferblöcke in der Riesenbreccie des Haselgebirges von Ort zu Ort oft rasch wechselnd und durch Spezialfaltung und Umfließen starrer Einlagerungen bedingt, aber bei der statistischen Betrachtung ist das Überwiegen flacher Neigungen in den höheren Horizonten und steiler Neigungen in den tieferen unverkennbar. Georgenberg-, Obersteinberg- und Untersteinberg-Horizont zeigen im großen einen flachen, NO—SW streichenden Muldenbau, der Jakobberg-Horizont schließt eine engere, mittelsteile, allseits umschlossene Mulde auf und der Wolfdietrich Stollen durchquert ein Salzgebirge, in welchem die Schichten zumeist mit 60—70 Grad einfallen und z. T. auch senkrecht stehen.

Auch die Auswertung der Tiefbohrungen beweist, wie wir im folgenden Kapitel sehen werden, die Verengung und z. T. Schließung der Mulde mit der Tiefe.

Wir kommen daher zu der Vorstellung einer langgestreckten, von SW nach NO aufsteigenden und dabei nach unten sich trichterförmig verengenden Haselgebirgsmulde, welche in den höheren Randteilen und vor allem an ihrem NO-Endstück auf das triassische und jurassische Kalkgebirge übergequollen ist.

Was die Zusammensetzung des Haselgebirges betrifft, so ist es mir am Dürrnberg nicht gelungen, eine ursprüngliche Schichtfolge der roten, schwarzen und grauen Tone, der Anhydritlagen, der roten und weißen Salzflöze, der Polyhalitbänke usw. aus dem tektonischen Trümmerhaufwerk zu rekonstruieren, wie es O. Schauburger am Hallstätter Salzberg annähernd möglich gewesen ist. Doch läßt sich das Einschieben von „Blockströmen“ verschiedener Haselgebirgskomponenten nach SW (bzw. ihr Aufsteigen von SW nach NO entsprechend dem Bau des Salzgebirgskörpers im ganzen) aus der Verteilung der Häufungsstellen von Kernsalz, Anhydrit, Polyhalit etc. einigermaßen erkennen.

Abb. 1 stellt diese Erscheinung zum Teil dar; die Einzelheiten können wegen der Ortsbezeichnungen nur aus den Originalgrubenplänen ersehen werden. So finden sich mächtige, flach liegende Steinsalzpartien im Georgenberg-Horizont beim Platz Werk, im Obersteinberg-Horizont in der Ferro Schachtricht westlich vom Südknick und im Jakobberg-Horizont westlich vom Leth Schacht. Die salzreichen Abschnitte der Knorr auf Georgenberg entsprechen dem südwestlich und tiefer gelegenen Salz des Helmreich Werkes. Anhydrit- und Polyhalitblöcke finden sich auf Georgenberg beiderseits der Lobkowitzabzweigung, auf Obersteinberg in der Buschmann, auf Untersteinberg westlich vom Jorkasch Schacht und auf Jakobberg südlich vom Jorkasch Schacht. Ein zweiter, besonders auffälliger „Strom“ von Kalisalz- und Anhydritblöcken wird auf Georgenberg in der Knorr,

# VERMUTETE GRENZEN DES SALZKÖRPERS

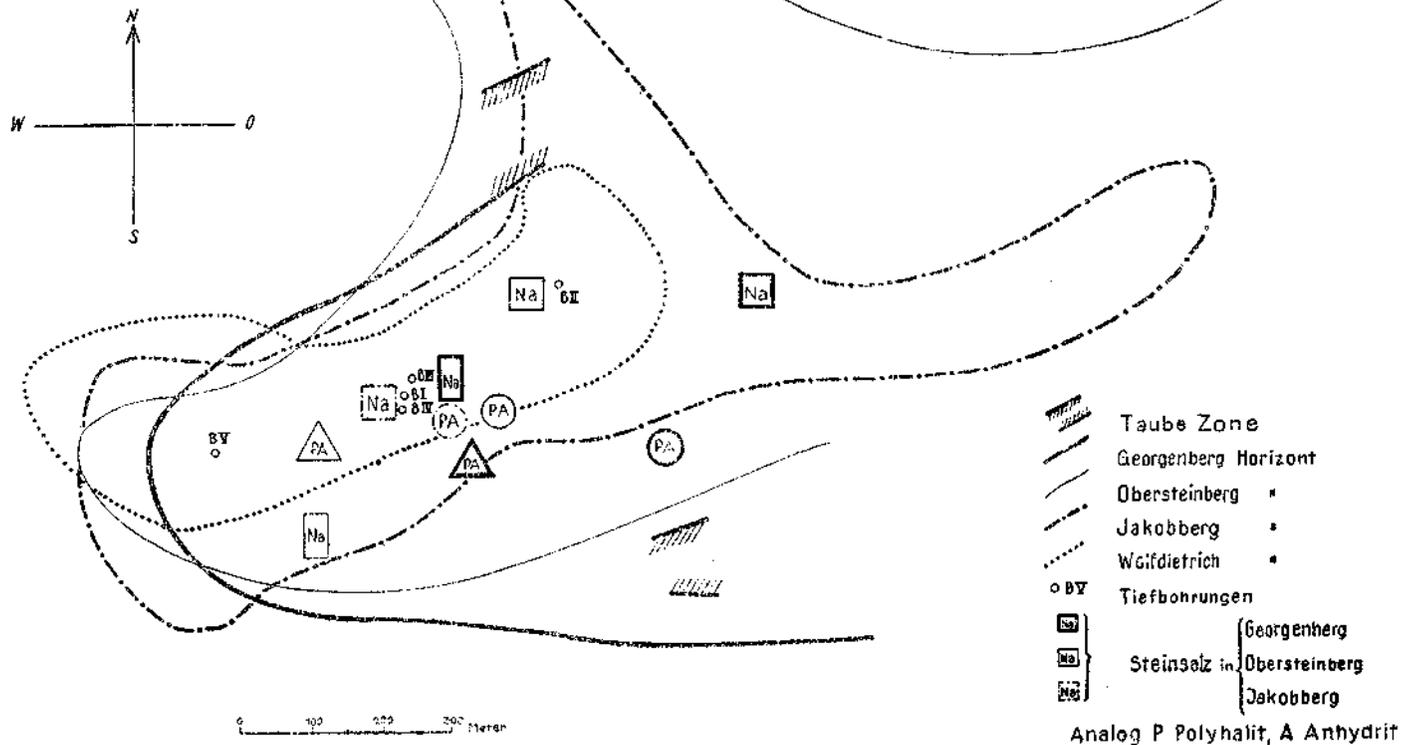


Abb. 1. Die ungefähren Grenzen des Haselgebirgskörpers auf den vier wichtigsten Grubenhorizonten im Dürrenberg. — Das Bild zeigt das Einschieben nach Südwesten. Die gleiche Tendenz gibt sich aus der Verbreitung besonderer Anreicherungsstellen von Steinsalz (Na), Anhydrit (A) und Polyhalit (P) auf den einzelnen Grubenhorizonten zu erkennen.

dann absteigend im Schillerschurf und auf Obersteinberg in der Hofstatt angeschnitten.

In allen diesen Fällen liegen die Fundstellen des jeweils tieferen Horizontes südwestlich oder westlich von denen des höheren.

Auch diese Erkenntnis kann für die Aufsuchung von Steinsalz Beachtung verdienen.

### Die Tiefbohrungen.

Zur Klärung der vielumstrittenen Frage, ob ein tieferes Salzlager vorhanden ist, wurden von der untersten Grubensohle, dem Wolfdietrich-Horizont, 5 Tiefbohrungen abgeteuft. Den auf Tafel II dargestellten Bohrprofilen liegen für alle Bohrungen die Bohrprotokolle, für B I außerdem die geologischen Ergänzungen Ampferers, für B II eine gutachtliche Beurteilung Schaubergers und für B III und B V eigene Beobachtungen an den noch in der Grube gestapelten Bohrkernen zugrunde.

Die Bohrung I, angesetzt beim Leth Schacht in 594 m Meereshöhe und niedergebracht bis 339 m Bohrtiefe, also 255 m Meereshöhe, durchteufte während der ersten 110 m salzführendes Haselgebirge, darunter bis 135 m eine durch Kalk- und Dolomithreccien gekennzeichnete Störungszone, darunter bis 155 m Werfener Sandstein und von da ab die sogenannte untere Salzserie. Das Merkwürdige dieser Salzserie aber war, daß niemals auch nur ein Bröckchen Salz als Bohrprobe hochgebracht wurde, sondern das Vorhandensein desselben nur aus der Zusammensetzung der Spülsole erschlossen wurde. Diese war salzhaltig, stellenweise — vor allem zwischen 250 und 260 m sogar etwas kali- und bittersalzhaltig, — und klar. Kernbruchstücke aus verschiedenen Tiefen waren nur Werfener Sandstein und Anhydrit, alles nach den Feststellungen Ampferers in flacher Lagerung. Das Ausbleiben von Bohrkernen des Salzes wurde mit dem geringen Bohrlochdurchmesser erklärt. Aus all dem wurde auf das Vorhandensein eines tieferen Salzlagers, gekennzeichnet durch eine oben nicht bekannte Wechsellagerung von Steinsalz-, Anhydrit- und Sandsteinbänken, z. T. mit Kalisalzschiechten, in relativ flacher Lagerung geschlossen.

Aus dem Wunsche, das tiefere Salzlager durch Kerne sichtbar nachzuweisen, wurde 1933/34 die Bohrung II bei der Hohen Pütte 250 m nordöstlich von Bohrung I niedergebracht. Sie verunglückte jedoch technisch in 166 m Bohrtiefe (421 m Meereshöhe), nachdem sie das obere Haselgebirge und dann die salzfreie, aus Glanzschieferbreccien, Tonschieferbreccien und spärlichen Kalkbreccien bestehende Störungszone durchfahren hatte, ohne das Niveau des vermuteten unteren Salzgebirges zu erreichen. Das Ende war Breccie aus Unterkreidekalk.

Deshalb wurden in den Jahren 1942 und 1943 unmittelbar neben der Bohrung I die Bohrungen III und IV abgestoßen. Bohrung IV liegt nur 3 m von B I entfernt, B III etwa 20 m. Beide Bohrprofile zeigen größte Ähnlichkeit mit dem von B I, wie auch die Tafel II erkennen läßt.

Das gilt vor allem für B IV. In fast gleicher Tiefe wie bei B I (120 m) wird das obere Salzgebirge verlassen und die Störungszone durchstoßen, welche bei B IV aus einer Kalk-Dolomit-Einlagerung und darunter aus Glanzschiefer besteht. Darunter aber folgt in demselben Niveau, in welchem bei B I das untere Salzgebirge liegt, sowohl bei B III wie bei B IV eine mächtige Serie relativ flach gelagerten Werfener Sandsteines und Schiefers mit eingeschalteten Anhydritbänkchen. Da ja das die Gesteine sind, die auch bei B I allein als Proben bekannt sind, ist nicht zu zweifeln, daß auch B I eine solche Serie durchsunken hat und die Bohrabschnitte mit Kernverlust zu Unrecht als Salz gedeutet wurden (Diese Auffassung wird schon seit Jahren auch von Hofrat Ampferer und vielen Herren der Saline vertreten). Der örtliche Kaligehalt rührt vielleicht von einem durchfahrenen Kalisalzbrocken her.

Es bleibt aber trotzdem unverständlich, wieso bei einem Kernverlust die Spülsole angeblich klar und nicht trüb oder von aufgeschlammtem Schiefer rot war. Auch ihr Salzgehalt ist nicht genau präzisiert. Vielleicht ist der damalige Bohrrapport anfechtbar.

B III ging tiefer als B I und B IV. Die Kerne dieser Bohrung liegen noch in der Grube aufbewahrt. Auch hier wurde zuerst das obere Salzgebirge durchbohrt, dann die Glanzschiefer führende Störungszone, dann die mächtige Serie der Werfener Schiefer und Sandsteine mit Anhydritlagen, die nach unten abermals mit einer stark gestörten Glanzschieferzone abschließt. Unter dieser folgen 30 m Kalk, in dem die Bohrung endet. Es sind vorwiegend graue, dichte, muschelrig brechende Kalke mit dünnen Tonhäutchen und schwarzen Tonspiegeln auf den Schichtflächen und weißen Calcitadern; zum kleineren Teil auch hellgelbliche, rauh brechende Kalke mit Ooidgefüge. Diese Kalke sind nach der freundlichst erteilten Beurteilung der Herren Hofrat Dr. O. Ampferer, Dr. J. Schädler und Bergrat Ing. O. Schauburger, sowie nach meinen eigenen vergleichenden Befunden mit größter Wahrscheinlichkeit als Oberjura Kalk (oder als der ähnliche Schrambachkalk) und nicht als Hallstätter Kalk anzusprechen. Es ist dies von großer tektonischer Bedeutung, da damit die von Ampferer schon 1936 und früher ausgesprochene Ansicht bestätigt wird, daß unter dem Salzgebirge der Hallstätter Decke die Jura-Kreide-Unterlage der tirolischen Decke zu erwarten ist.

Schließlich wurde im Jahre 1943 250 m südwestlich der Lethschachtbohrungen die B V abgeteuft, welche ebenfalls die Schichtfolge: oberes Salzgebirge—Störungszone—Werfener Serie durchhörte, dann aber bei 310 m tatsächlich ein salzreiches Haselgebirge mit Anhydrit- und meist roten Steinsalzschiechten, die mehrere Meter mächtig waren, antraf. Der Anhydrit zeigte bei 330 m die gleiche „perlgneisähnliche“ Ausbildung, wie sie im oberen Salzgebirge der Grube verschiedentlich zu beobachten ist, so in der Panzenberg, im Sorgo Werk Ankehrschurf, in der Buschmann nahe dem Fugger Werk und im Wolfdietrich-Horizont beim Probieroffen Schurf. Es handelt sich dabei um einen grauen Anhydrit, welcher von zahlreichen

hellen, rundlichen oder ovalen Flecken durchsetzt ist, die meist 1—2 cm messen und ziemlich parallel angeordnet sind. Unter dem Mikroskop erwiesen sich die Flecken als hellere, brecciös umgrenzte Anhydritaggregate im pigmentierten Anhydrit. Das äußere Bild ähnelt einem Perlgnais. Bei 460 m Tiefe (134 m Meereshöhe) endet diese Bohrung im Werfener Schiefer mit Gleitharnischen.

Nach meiner Auffassung ist dieses untere Salzgebirge der Bohrung V eine tektonische Fortsetzung, bzw. Abzweigung des oberen und kein neues, tieferes Lager. Dafür spricht das Auftreten des tieferen Salzgebirges nur in dieser Bohrung und das Erscheinen des eigenartigen Perlgnais-Anhydrites oben und unten.

Ein weiterer Grund gegen die Annahme eines tieferen Salzlagers liegt in der Kombination der Bohrlöcher mit den Stollenaufschlüssen. Im Georgenberg-Horizont ist die Lobkowitz Strecke gegen Süden aufgefahren (Tafel I). Diese Strecke tritt aus dem Haselgebirge in Glanzschiefer, dunkle Mergel und etwas Dolomit und dahinter neuerdings in salzhaltiges Haselgebirge. Solange man bei Bohrung I ein tieferes Salzlager als gegeben annahm, verband man dieses mit dem hinteren Lobkowitz Salzgebirge. Entsprechend wurde die salzfreie Dolomit-Zone der Lobkowitz Strecke mit der salzfreien Serie zwischen den beiden Salzlagern der B I verbunden und als „Störungszone“ mit konstruiertem nordwestlichen Einfallen ausgeschieden. Demnach hätte die in den Jahren 1933—1936 vom tiefen Wolfdietrich-Horizont aus gegen Süden vorgetriebene Untersuchungsstrecke ebenfalls jene Störungszone durchörtert und dahinter (etwa bei 350 m) das tiefere Salzlager antreffen müssen (Abb. 2). Die Strecke wurde aber 600 m lang aufgefahren, ohne in ein südliches Salzgebirge zu gelangen. Sie trat nach dem Verlassen des durch die Grubenbaue bekannten Haselgebirges hinter einer Störung in Hallstätter Kalk und Dolomit und blieb bis zum Ende in diesem stecken.

Nachdem alle 5 Bohrungen in durchaus vergleichbarer Weise unter dem Haselgebirge der Grube erst eine Störungszone und darunter eine mächtige Serie von grauen und roten Werfener Schiefem und Sandsteinen mit Anhydritlagen durchteuften, ist es meines Erachtens näherliegend, diese Werfener Serie mit der gleichartig ausgebildeten Serie in der Dunajewski Strecke zu verbinden (Die Dunajewski Strecke ist bekanntlich am Georgenberg-Horizont gegen Norden vorgetrieben. Vgl. Abb. 2b). Die hier hinter dem Haselgebirge angebotenen Werfener Schiefer und Anhydritbänke fallen ziemlich steil nach SO ein und zielen damit auf die entsprechenden Abschnitte der Bohrlöcher.

### **Die Stollenaufschlüsse in der Umrahmung des Haselgebirges.**

Die Stollenaufschlüsse in der Umrahmung und in den tauben Einlagerungen des Haselgebirges verdienen durch eine kurze Beschreibung festgehalten zu werden, zumal sie z. T. allmählich verfallen und für die Auffassung der tektonischen Stellung des Salzes gleichfalls wichtig sind.

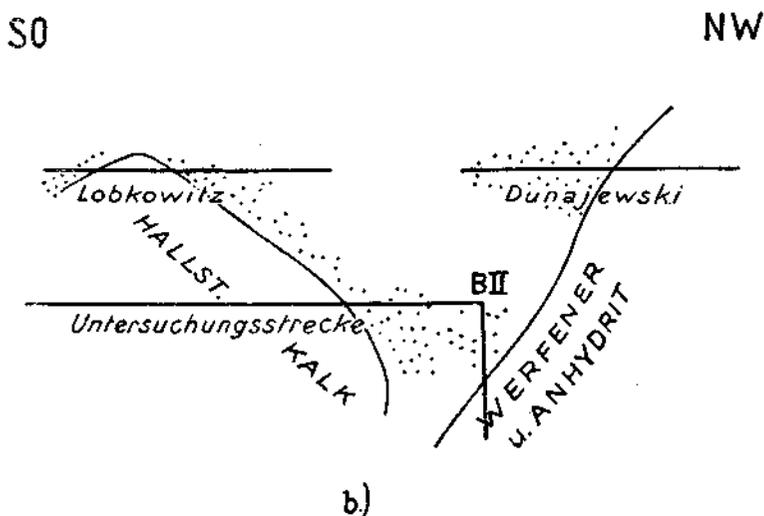
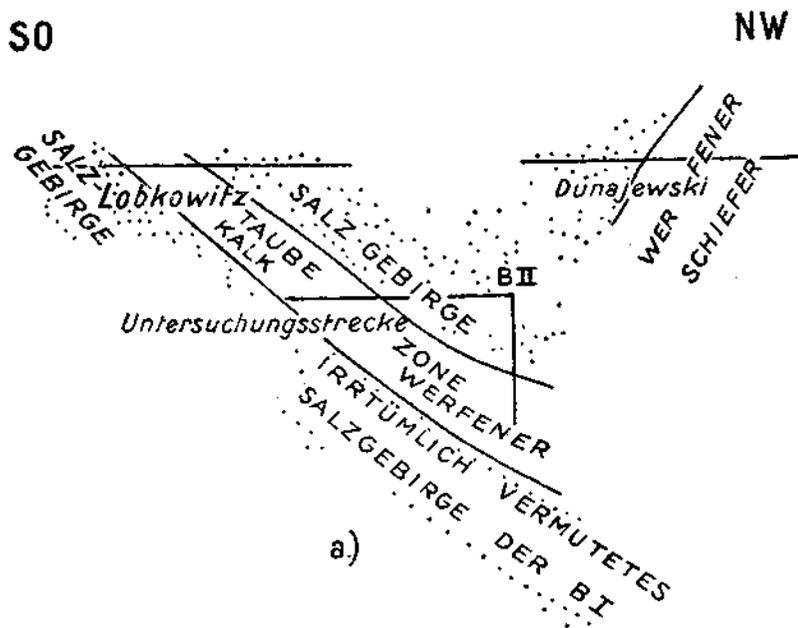


Abb. 2.

Verknüpfung von Stollenaufschlüssen und Tiefbohrungen a) nach der bisherigen Auffassung, b) nach der neuen Auffassung.

Im Georgenberg-Horizont ist nach Süden die Lobkowitz Strecke aufgeföhren. Das vorwiegend aus grauen Tonschieferbrocken bestehende Haselgebirge im Anfangsteil der Strecke fällt mittelsteil nach Norden ein, sich südwärts in Annäherung an die taube Einlagerung steiler stellend. Die Grenze gegen die schwarzen Mergel steht senkrecht. Nahe der Störungsgrenze sind die Mergel zonenweise in schwarze Glanzschiefer umgewandelt und enthalten einen Kalkquetschling. Zur Hauptsache aber ist die Lobkowitz-Einlagerung flach und wenig gestört. Die matten, schwarzgrauen Mergel zeigen eine ebenflächige Feinschichtung. Gelegentlich sind sie aber auch geflasert und glanzschieferig. Am Streckenknicke liegt eine Kalkbank. Weiter südwärts bis zur Grenze gegen das jenseitige Haselgebirge herrscht mittleres Südfallen. Nahe der Grenze stellen sich dünne Streifen von rotem Ton ein.

Bedeutende Untersuchungsquerschlüge gegen Süden liegen unten im Wolfdietrich-Horizont. Der längste ist die in den Jahren 1933—1936 aufgefahrne Untersuchungsstrecke. Ihren ersten Teil hat Ampferer beschrieben. Das Haselgebirge fällt auch hier nordwärts. Es grenzt bei 180 m mit einer ausgeprägten, 55 Grad nordfallenden Störung gegen anthrazitisch glänzende verruschelte Schiefer mit Dolomitlocken. Anschließend werden gleichfalls dunkle, feinschichtige Mergel verquert und dann eine weitere nordfallende Glanzschieferstörung, jenseits welcher rotgrau gebänderter Kalk mit einer Hornsteineinlage (Jurakalk-Schuppe?) eine kleine Mulde bildet. Bei 230 m wird der Südflügel dieser Mulde abermals durch eine Glanzschieferstörung abgeschnitten. Von hier aus ist die Strecke noch 300 m weit gegen Süden vorgetrieben worden. Sie steht auf die ganze Länge in hellem, massigem Hallstätter Kalk und Dolomit. Im ersten Abschnitt desselben wird eine Kluft durchquert, aus welcher eine Schwefelquelle entspringt. Es ist dieselbe Quelle, die früher an der entsprechenden Stelle im Jakobberg-Horizont aufgetreten war. Ein Teil des Schwefelwassers tritt auch an der Grenzstörung von Haselgebirge gegen Kalk in dem am westlichsten gelegenen, parallelen, aber kürzeren Untersuchungsquerschlag des Wolfdietrich-Horizontes aus, der darum den Namen Stinkend Wasserl-Querschlag erhalten hatte. Schon Schauburger hat in einem Bericht darauf hingewiesen, daß das verbreitete Auftreten des Schwefelwassers das bedeutende Ausmaß der Südrandstörung beweist.

Den Ostrahmen durchqueren der Jakobbergstollen und der Wolfdietrichstollen. Der Jakobbergstollen durchfährt nahe von seinem Mundloch eine kleine Haselbergsmulde, die offenbar einen Lappen aus dem Hangenden bildet, da der darunter verlaufende Wolfdietrichstollen auf kein Haselgebirge trifft. Darauf folgt bis 200 m ein dichter grauer Kalk, der tektonisch beansprucht ist. Zwischen 250 und 510 m liegt ein schichtungsloser, massiger, etwas hackig brechender, sehr heller Kalk, welcher jedenfalls der Hallstätter Fazies angehört. Von hier bis 570 m ist dieser Kalk rot geflasert und wird von roten und grünen Glanzschieferlagen durchsetzt, welche offenbar Einpressungen von Werfener Schiefem sind. Bei 570 m liegt eine 1 m starke Störungskluft, die von schwarzem Glanzschiefer erfüllt ist. Von hier an

westwärts kommen wechsellagernd graue Tonmergel und graue Kalke, die der Oberjura-Unterkreide-Serie angehören. Schichtungsloser, hellgraugelber Kalk mit zwei Einpressungen von schwarzgrauen und z. T. roten Werfener Schiefeln liegt zwischen 650 und 800 m. Dann kommen bis zur Haselgebirgsgrenze, welche bei 1200 m liegt, wieder die grauen Kalke und graugrünen Mergel, in plattigen Bänken von 10—20 cm Stärke wechsellagernd und tektonisch gestört. Es sind Unterkreide-Schichten (Schrambachkalke), die flach unter das Haselgebirge einfallen.

Der lange Wolfdietrichstollen durchquert von seinem Mundloch auf rund 1800 m Länge einen meist massigen, selten undeutlich geschichteten, hellgelblichgrauen oder grauen Kalk und Dolomit. Der Dolomit ist aus dem Kalk durch Metasomatose hervorgegangen, wie kennzeichnende krumme Grenzen zwischen beiden Gesteinen z. B. bei 500 m zeigen. Ursprünglich brecciöse Strukturen geben sich dadurch zu erkennen, daß bankweise rundliche helle Kalkbrocken in grauem Kalk eingebettet liegen und ganz gleichartig an anderen Stellen helle Dolomitbrocken in grauem Dolomit. Bei 1800 m durchsetzt den hellen Kalk eine mit schwarzem Schiefer gefüllte Störungskluft und bald westwärts kommt eine Wechsellagerung von Kalkbänken und graugrünen Tonen, welche wieder zur Oberjura-Unterkreide-Serie gehört. Diese Folge ist hier weniger mächtig als auf Jakobberg und wird nach etwa 100 m durch das Haselgebirge abgelöst.

Der Westrand des Salzgebirges wird durch die Stinkend Wasserl Schachtricht im Jakobberg-Horizont erreicht. Mit 60—70 Grad fallen die Salzbänder des Haselgebirges ostwärts ein und ebenso gelagert sind dahinter die Glanzschiefer mit Dolomitbrocken und schließlich helle, massige Kalke.

In die Nordrandzone des Salzgebirges schließlich — oder nur in eine salzarme Einlagerung — führt die schon im vorigen Abschnitt erwähnte Dunajewski Schachtricht im Georgenberg-Horizont. Etwa die ersten 100 m werden von Haselgebirge eingenommen, welches anfangs flach liegende, später steil südfallende Salzschieften enthält. Dann folgt nordwärts fast salzfreies Tonhaselgebirge mit viel rotem Werfener Schiefertone und zahlreichen Anhydritschuppen, welche 1—2 m stark werden können. Diese mächtige Serie fällt mit 60—80 Grad südwärts und wird von mir mit der Werfener-Anhydrit-Serie der Bohrungen verbunden. Im letzten Abschnitt der Strecke kommt nochmals rotes Steinsalz.

### **Die Stellung der Salzlagerstätte im Gebirgsbau.**

Zwei Ansichten über die regional-tektonische Stellung des Hallein-Berchtesgadener Salzgebirges stehen sich extrem gegenüber, andere Auffassungen vermitteln. Das Problem besteht in ganz ähnlicher Weise auch für die anderen alpinen Salzvorkommen.

Die maßgeblichen Aufnahmegeologen der österreichischen Kalkalpen, O. Ampferer und E. Spengler, weisen der aus Haselgebirge und Hallstätter Kalk zusammengesetzten Einheit, der sogenannten Hallstätter Decke, eine hohe tektonische Stellung im alpinen

Deckengebäude zu. Diese Decke liegt nach diesen Forschern über den jünger-mesozoischen Schichten der tirolischen Decke und ist nur in kleineren und größeren isolierten Deckschollen erhalten. Zu den größeren Deckschollen gehören die alpinen Salzberge. Für den Halleiner Salzberg im besonderen hat Ampferer (1936) klargelegt, daß der tirolische Dachsteinkalk des Hohen Göll nach Norden mit einer großen Flexur und mit Staffelbrüchen absinkt, so daß die höheren Schichtglieder der tirolischen Decke, Oberjura und Unterkreide, in der Muldenzone zwischen dem Roßfeld und Gartenau erscheinen. Auf den Unterkreidemergeln des Roßfeldes liegen nun einige kleine Deckschollen, bestehend aus Haselgebirge und Dolomit, welche nach Ampferer unzweifelhafte Reste der Hallstätter Decke sind und als Modell für die nahe nördlich davon auch im Jura-Kreidegebiet gelegene Hallein-Berchtesgadener Scholle aufzufassen sind. Die Untersberg-Decke im NW hat als höhere Schubmasse auch die Hallstätter Decke überfahren und dabei weiter zerlegt und zertrümmert.

Demgegenüber haben E. Seidl und sein Mitarbeiter R. Plank die kalkalpinen Salzberge durchwegs für Aufbrüche gehalten, die an Zerrüttungszonen aus der Tiefe hochgepreßt wurden. Tief unter den kalkalpinen Decken befände sich ein mehr oder weniger zusammenhängendes, mächtiges salzführendes Schichtsystem. Gerade für Hallein wurde dies auch im Hinblick auf angestrebte Tiefenaufschlüsse betont. Auch L. Kober sieht in den Salzbergen Aufbrüche, die aus der nach seiner Auffassung etwas tiefer liegenden Hallstätter Decke gespeist werden. K. Leuchs und F. Trauth schließlich erklärten die Hallein-Berchtesgadener Masse für faziell und tektonisch im wesentlichen bodenständig und nur durch lokale randliche Überschiebungen von der tirolischen Fazies getrennt.

Die Detailaufnahme der Grube und die Auswertung der seitherigen neuen Aufschlüsse lassen erkennen, daß keine der Theorien in einfacher Weise zutrifft. Immerhin sprechen gewichtige Gründe für das Prinzip der Ampfererschen Auffassung.

Jede Deutung der Lagerungsverhältnisse wird den vorerwähnten Hallstätter Deckschollen auf der Roßfeld-Kreide und im Königseegebiet Rechnung tragen müssen. Im selben Sinne spricht, daß die Bohrungen III und II unter dem Salzgebirge und den Werfener Schiefeln in Oberjura-Unterkreide-Kalk gestoßen sind und daß auch Jakobberg- und Wolfdietrichstollen die Jurakreidekalke unter dem Haselgebirge durchfahren. Eine Unterlagerung der Hallstätter Serie des Hallein-Dürrnberger Salzberges durch Oberjura-Unterkreide-Schichten der tirolischen Decke im Sinne der Voraussagen Ampferers ist also zum Teil direkt nachgewiesen.

Dennoch kann eine flache und einfache Deckenauflagerung nicht vorliegen.

Gegen eine solche spricht erstens die am Anfang beschriebene zunehmende Steilerstellung der Bewegungsbahnen mit der Tiefe in der Grube, während bei Annäherung an eine flache Basisüberschiebung das Gegenteil zu erwarten wäre. In den Bohrungen allerdings stellen sich die Neigungswinkel wieder flacher, aber doch keineswegs hori-

zontal. Auch im Salzbergwerk von Berchtesgaden, welches südwestlich vom Dürrnberg und tiefer liegt, zeigen gerade die tiefen Aufschlüsse (500 m Meereshöhe) sehr steiles Einfallen. All dies spricht für das im ersten Kapitel erwähnte Unterlauchen des Salzgebirges nach SW (bzw. für einen Salzaufstieg aus SW).

Westlich der Berchtesgadener Ache legt sich die Untersberg-Decke (Reiteralm-Decke, hochjuvavische Decke) über das Salzgebirge. Auf die Überschiebung durch diese gewaltige Kalkmasse ist nach Ampferer die starke Zertrümmerung des Haselgebirges und seine Verknietung mit Schollen von Hallstätter Kalk, Dolomit und Glanzschiefer zurückzuführen. Eine Folge dieser Überschiebung ist sicher auch die Verflachung des Haselgebirgsgefüges in den oberen Grubenhorizonten des Dürrnberges. Die Profile auf Tafel III lassen diese Ausplättung deutlich erkennen.

Gegen die einfache Formel: Hallstätter Decke über Jura-Kreide-Kalk sprechen ferner die Verhältnisse im Jakobberg- und im Wolfdietrichstollen, welche in Hallstätter Kalk und Dolomit aufgeföhren sind, der zum Teil unter dem Jurakalk liegt. Man muß also hier zur Wahrung der Grundvorstellung eine sekundäre Verschuppung annehmen (siehe Tafel III).

Besonders interessant für die Deutung des Gebirgsbaues sind die gegen Ende des Krieges geschaffenen Aufschlüsse des U-Verlagerungswerkes am Eggl Riedl unmittelbar westlich von Hallein<sup>1)</sup>. Diese U-Verlagerungstollen sind in den Jurakalkrücken des Eggl Riedl hineingetrieben, welcher nach Ampferer der steilgestellte Ostrand der Jura-Kreidemulde sein soll, in die das Salzgebirge von oben hineingeschoben worden sei. Die gegen Westen vorgetriebenen Stollen durchörtern zuerst westfallenden Unterkreidemergel, dahinter, also überlagernd, westfallenden Oberjurakalk, aber bald dahinter, wie schon Dr. Hauser feststellte, steilgestellte Glanzschiefer, rote Werfener Schiefer und Gipsadern — und das überraschenderweise an Stellen, wo übertage Jurakalk ansteht. Man gewinnt also den Eindruck, daß die Juraschüssel „durchlöchert“ und mit Haselgebirge injiziert worden ist, sei es von unten oder schräg von Westen, von der Reinbachstörung her. Die Reinbachstörung trennt den Jurakalk des Eggl Riedl vom Hallstätter Kalk des Wolfdietrichberges. Vom Wolfdietrichberghaus aufwärts schließt der tief eingeschnittene Reinbachgraben in der Talsohle einen schmalen Streifen von Haselgebirge auf. (Er ist auf dem Blatt Hallein—Berchtesgaden gar nicht, auf der Skizze des Hauserschen Berichtes zum kleinen Teil verzeichnet.) Vermutlich handelt es sich um schräg hochgepreßtes Haselgebirge an der Grenze beider Decken.

Alle diese Verhältnisse sind in dem Längsprofil (Tafel III) dargestellt. Dem Profil, welches naturgemäß sämtliche Aufschlüsse und neuen Ergebnisse berücksichtigt, ist die Ampferersche Vorstellung zugrunde gelegt. Allerdings mußten, um den Beobachtungen gerecht

<sup>1)</sup> Herr Dr. O. Hauser hatte als technisch beratender Geologe seinerzeit bei den Verlagerungsarbeiten mitgewirkt und mir freundlicher Weise seine interessanten Aufnahmeergebnisse zur Verfügung gestellt. Ich konnte dann die Stollenaufschlüsse zum großen Teil selbst noch besichtigen.

zu werden, Einmuldungen und einseitige Aufschuppungen der Deckengrenze angenommen werden. Das plastische Salzgebirge hat sich bei diesen Vorgängen beweglich verhalten und ist injektiv noch weiter vorgedrungen. Gegen SW taucht die Decke tief ein. Ob dies tektonisch verursacht ist, oder, wie Herr Hofrat Ampferer in einer freundlichen brieflichen Stellungnahme dem Verfasser dieser Zeilen gegenüber geäußert hat, auf den Einschub der Hallstätter Decke in eine tiefe Reliefdepression oder tirolischen Unterlage zurückzuführen ist, bleibt offen.

Wir entscheiden uns somit für die Auffassung, daß das Salzgebirge auf einer Jura-Kreide-Unterlage der tirolischen Decke liegt, allerdings in diese mehrfach eingemuldet, mit ihr verschuppt und injektiv besonders bewegt.

Es soll aber nicht verhehlt werden, daß das Längsprofil auf der Tafel III unschwer auch im Sinne von Haselgebirgsaufbrüchen an zwei Stellen umgezeichnet werden könnte. Auch die Position der Hallstätter Einheit innerhalb des Jura-Kreide-Gebietes ist nach der alten geologischen Spezialkarte nicht eindeutig synklinal, wie es bei einer Deckscholle zu erwarten wäre, sondern eher durch eine von Jura ummantelte Spezialaufwölbung innerhalb des tektonischen Tiefgebietes gekennzeichnet. Doch würde die (auch bedenkenreiche) Annahme eines Hallstätter Aufbruches sofort die Frage der verschiedenen kleinen Hallstätter Deckschollen aufwerfen, welche dann wohl als Deckschollen der Untersberg-Decke angesprochen werden müßten. Der ganze Fragenkomplex verlangt dringend eine Neuaufnahme des Blattes Hallein—Berchtesgaden.

Eine Erkenntnis aber ergibt sich unzweifelhaft aus dem Vorigen, vor allem aus dem in den U-Verlagerungsstellen beobachteten SW-Fallen, also der Überkipfung von Jurakalk auf Unterkreidemergel, sowie aus dem weiten Übergreifen des Haselgebirges gegen NO: eine Nordostbewegung („Nordost-Vergenz“) im Hallein—Dürrnberger Gebiet. Die Gesamtform des Haselgebirgskörpers und die Unsymmetrie der Jura-Kreide-Mulde zeigen das an. Im allgemeinen sind ja die Querbewegungen in den Alpen gegen Westen gerichtet. Wie hier der abweichende Bewegungssinn in die allgemeinen tektonischen Vorstellungen einzuordnen ist, sei den mit den Kalkalpen vertrauteren Fachgenossen überlassen. Ostvergenz kommt wohl auch am SW-Rand des Beckens von Gosau vor.

### **Das tektonische Gefüge des Haselgebirges.**

Die Frage des Bewegungssinnes des Salzgebirges könnte wahrscheinlich durch systematische Untersuchungen mit den Methoden der Sander-Schmidtschen Gefügekunde geklärt werden. Dabei wird hier weniger an mikroskopische als an makroskopische („klein-tektonische“) Betrachtung gedacht. Aber auch diese erfordert umfangreiche Vorstudien über die Deutung typischer Bewegungsbilder und vielfach auch umfangreiche Präparatherstellung, etwa durch das Heraussägen von Salz- oder Haselgebirgsblöcken, damit täuschende

Zufälligkeiten des Schnittes mit irgendeiner glatten Stollenwand ausgeschaltet werden.

Für das norddeutsche Salz liegen mechanische Verformungsstudien von E. Seidl und F. Lotze vor, für das alpine eine sehr inhaltsreiche Abhandlung von O. Schauburger (1931) über die Fließstrukturen im Hallstätter Salzlager. Es wäre sehr begrüßenswert, wenn Herr Bergrat Schauburger seine seither darüber gesammelten reichen Erfahrungen veröffentlichen würde.

Vonnöten aber wäre für die Gewinnung einer regional-tektonischen und zeitlich-tektonischen Erkenntnis die strenge, raumorientierte Gefügeanalyse nach Sander, welche allein die übereinander geprägten, verschieden orientierten Beanspruchungspläne herauszuschälen ermöglicht. Dazu bedarf es vorerst der genetischen Erklärung der häufigsten Erscheinungen.

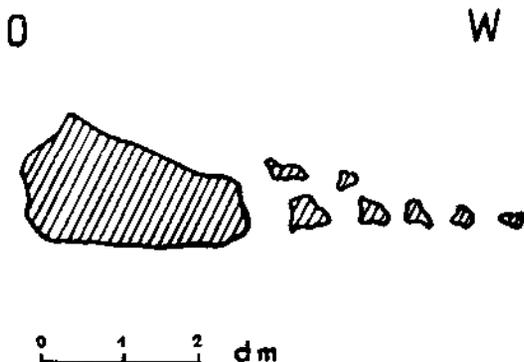


Abb. 3.

Brockenschwanz eines Toneinschlusses im Salz.

Was hier gebracht wird, sind nur Anregungen zu solcher Untersuchung.

Die Einschlüsse von Ton- und Anhydritbrocken im Salz zeigen nicht selten die schon von Schauburger vermerkte Doppelkeilform und einseitigen Brockenschwänze (Abb. 3). Wenn diese in ihrer Symmetrie „polare“ Erscheinung in einer Ebene, die senkrecht zum Streichen des umfließenden Salzes, also in einer ac-Ebene, beobachtet werden kann, dann ist sie zweifellos als eine Folge der Strömung zu bewerten. Der Rückschluß auf den Richtungssinn der Strömung ist aber noch unsicher. Würden die Brocken mit dem Salz, aber schneller als dieses geflossen sein, so würden die Schwänze die Rückseite anzeigen. Das wäre höchstens dann denkbar, wenn die Brocken durch seitlichen Druck infolge ihrer Keilform im Salz vorgequetscht würden — ein für längere Wanderungen schwer vorstellbarer Vorgang. Schauburger nimmt umgekehrt an, daß das bewegliche Salz schneller fließt als die Einschlüsse, diese demnach eine relativ gegenläufige Bewegung ausführen. Für diese Relativbewegung liegt der Brocken-

schwanz hinten, für die Gesamtbewegung aber vorne; er würde in die Richtung der allgemeinen Bewegung weisen.

In der Dürrnberger Grube zeigen die Brockenschwänze in der überwiegenden Mehrzahl gegen Westen oder Südwesten.

Vergleichsweise sind ähnliche Erscheinungen aus dem magnetischen Bereich interessant, da dort der Bewegungssinn meist zweifelsfreier ist. R. Balk (1931) beschreibt von den Adirondacks ein Syenitmagma, das im NO entsprungen und gegen SW aufgestiegen ist. In der zählenden Syenitschmelze drifteten früher erstarrte Einschlüsse von Gabbro und von Anorthosit, welche „Torpedoform“ haben und Brockenschwänze, die schräg nach NO und unten, also nach rückwärts weisen.

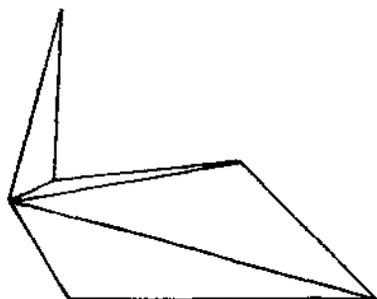


Abb. 4.

Diagramm der Einregelung der längeren Achsen von Toneinschlüssen in die (hier horizontale) Fließbänderung des Salzes im Schnitt senkrecht auf das Streichen. (Dreidimensional betrachtet sind es die mittleren Achsen.)



Abb. 5.

Regelung von Tonbrocken nach ihrer inneren Feinschichtung.

Beobachtung von Einschlüssen im fließenden Gletschereis wären zu empfehlen. Es ist besser, die Erscheinung vorerst bei bekanntem Bewegungssinn vergleichend zu beobachten, als deduktiv den Bewegungssinn abzuleiten.

Auch sonst erfolgt die Einregelung der Tonbrocken nach verschiedenen Prinzipien. Die längste Achse liegt meist im Streichen, die mittlere im Fallen. Das ist gerade bei den ganz großen, plattigen Tonschieferschuppen, an denen die Strecken oft ausbrechen, deutlich.

Bei kleinen Einschlüssen kommen quere Lagen, z. T. offenbar durch Rotation in Salzwirbeln bedingt, häufiger vor. Eine statistische Einregelung der mittleren Achsen in die Fließbänderung des Salzes zeigt Abb. 4. Es ist das also eine „Regelung nach der Korngestalt“.

Es gibt aber auch eine Erscheinung, die der „Regelung nach dem Kornbau“ entspricht. Die schwarzen Schiefertonbrocken zeigen oft eine Feinschichtung, primär an einer schwachen Farbbänderung erkennbar, sekundär durch infiltriertes weißes Blättersalz nachgezeichnet. Die Feinschichtung ist vielfach innerhalb eines und desselben Bereiches gleichgerichtet, auch dann, wenn die Brocken selbst der Form nach quer liegen (Abb. 5).

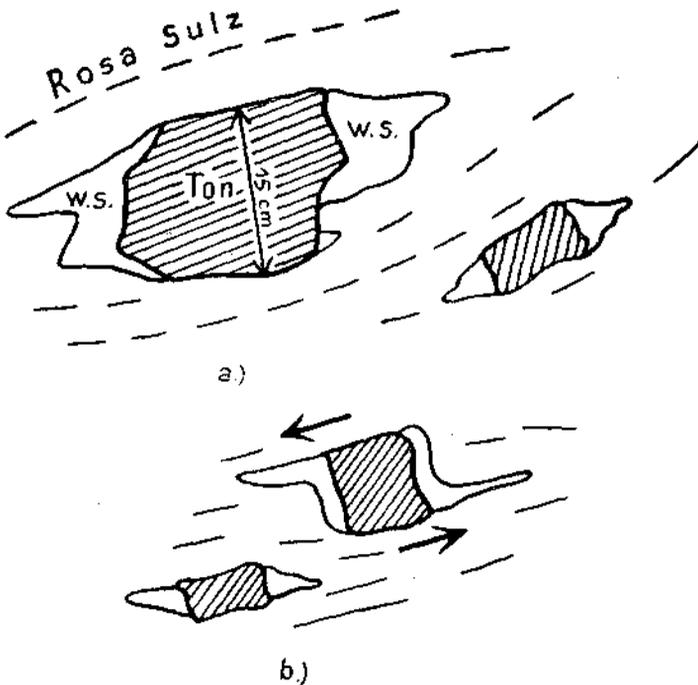


Abb. 6.

a) rhombische Symmetrie der Anlagerung von weißem Lösungsumsatzsalz in Streckungshöfen um Tonbrocken. b) monokline Symmetrie der Anlagerung

Neben der Infiltration von Salz in der Feinschichtung gibt es auch eine solche senkrecht dazu. In der Sigmundsrolle liegen Brocken, wo die Schichtung durch weißes, die Querklüftung durch jüngeres rotes Salz markiert ist.

Kennzeichnende Symmetrieverhältnisse ergeben sich bei den Streckungshöfen um Tonbrocken, welche durch weißes, neugebildetes Salz gefüllt sind. Normalerweise liegt dieses Salz beiderseits in den „Augenwinkeln“ der Einschlüsse (Abb. 6 a), zeigt also im ac-Schnitt (der Ebene senkrecht zum Streichen) rhombische Symmetrie. Nahe der Plenner Schachtricht finden sich im Salz Tonbrocken mit monoklin

symmetrisch angeordnetem Lösungssalz (Abb. 6b)<sup>2)</sup>. Die Erklärung ist vermutlich in einem Darübergleiten der angrenzenden Salzlagen (Gleitlamellen) zu suchen, welche durch Reibung die darunter liegenden Partien der Einbettung, die eigentlich im „Strömungsschatten“ liegen, etwas mitgeschleppt haben, so daß an den senkrecht zu den Fließebenen liegenden Brockenwänden sich kleine Hohlräume oder Auflockerungsstellen gebildet haben, die durch weißes Salz ausgefüllt worden sind. Es ist das also die Folge einer Schiebung, deren Sinn eindeutig aus der Erscheinung ablesbar ist.

Wie oben betont, kann nur eine statistische Erfassung und Auswertung aller derartiger Gefügebilder die Rekonstruktion der großtektonischen Bewegungen ermöglichen. Auch das Kalkgebirge selbst sollte in eine solche gefügekundliche Aufnahme miteinbezogen werden.

#### Benützte Schriften.

O. Ampferer, Die geologische Bedeutung der Halleiner Tiefbohrung. Jb. Geol. Bundesanst. Wien 1936.

R. Balk, Structural Geology of the Adirondack Anorthosite, Tschermaks min. petrograph. Mittlg. 1931.

O. Hauser, Die Untertagebauten der letzten Jahre im Land Salzburg. Salzburg 1947 (im Druck).

M. V. Lipold, Der Salzberg am Dürnberg nächst Hallein. Jb. Geol. Reichsanst. Wien 1854.

O. Schauburger, Die Fließstrukturen im Hallstätter Salzberg. Berg- u. Hüttenm. Jb. Leoben 1931.

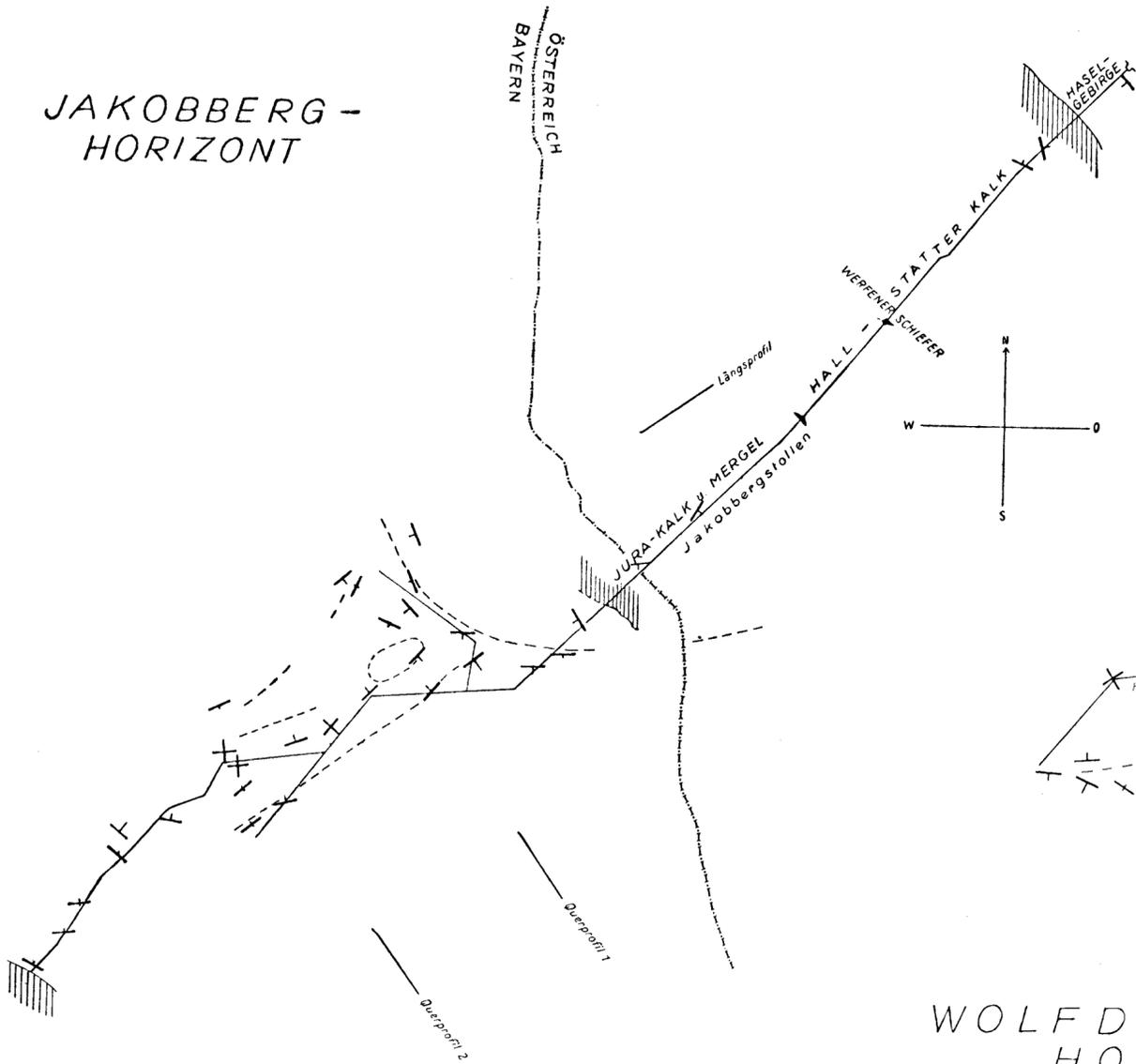
E. Seidel, Die Salzstöcke des deutschen und des Alpen-Permsalzgebietes. Zeitschr. Kali 1927.

F. Trauth, Über die tektonische Gliederung der östlichen Nordalpen. Mittlg. Geol. Ges. Wien für 1936.

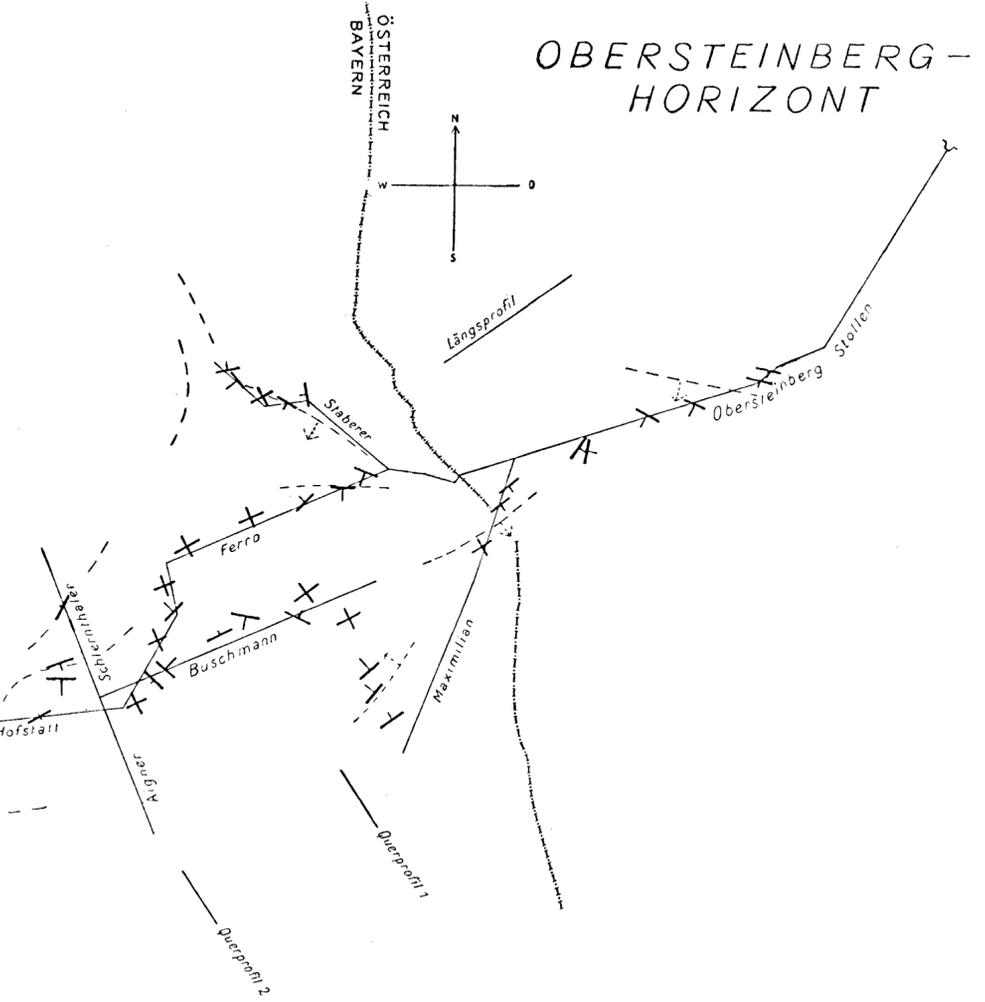
Geologische Spezialkarte der Österr.-ungar. Monarchie, Blatt Hallein-Berchtesgaden, aufgenommen von E. Fngger.

<sup>2)</sup> Auf Abb. 6 a hat es Rosa Salz statt Rosa Sulz zu heißen.

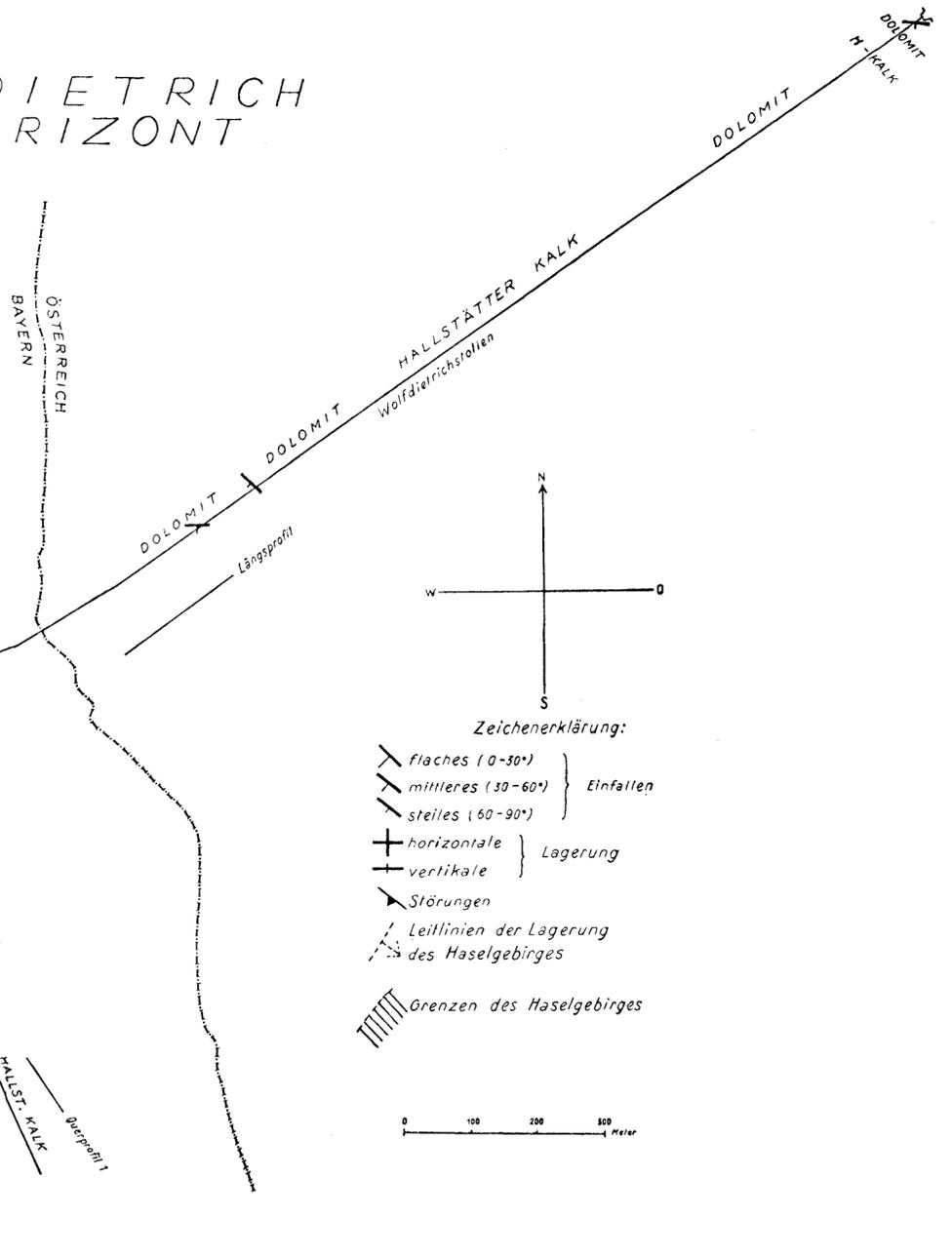
# JAKOBBERG-HORIZONT



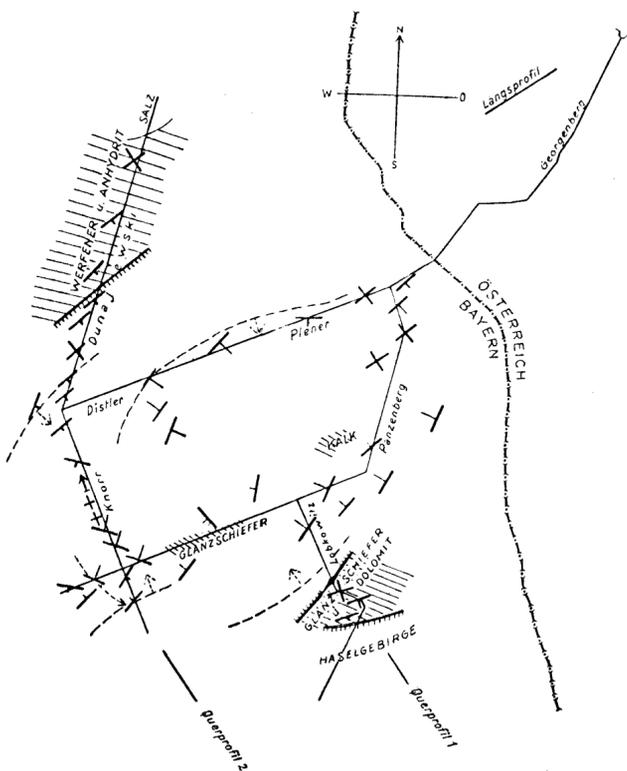
# OBERSTEINBERG-HORIZONT



# WOLFDIETRICH-HORIZONT



# GEORGENBERG-HORIZONT



**Zeichenerklärung:**

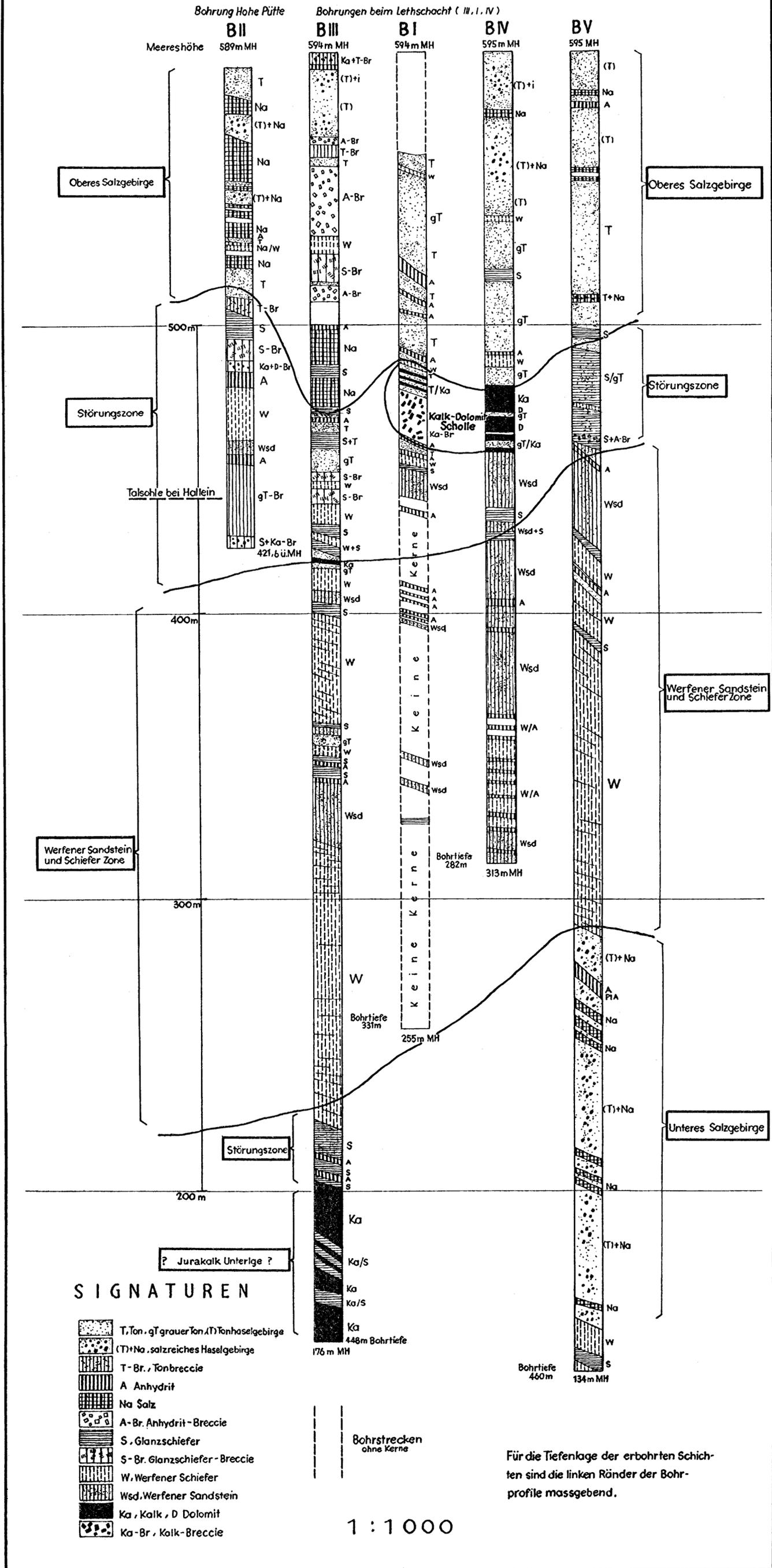
- flaches (0-30°) } Einfallen
- mittleres (30-60°) }
- steiles (60-90°) }
- horizontale } Lagerung
- vertikale }
- Störungen
- Leitlinien der Lagerung des Haselgebirges
- Grenzen des Haselgebirges

0 100 200 300 Meter

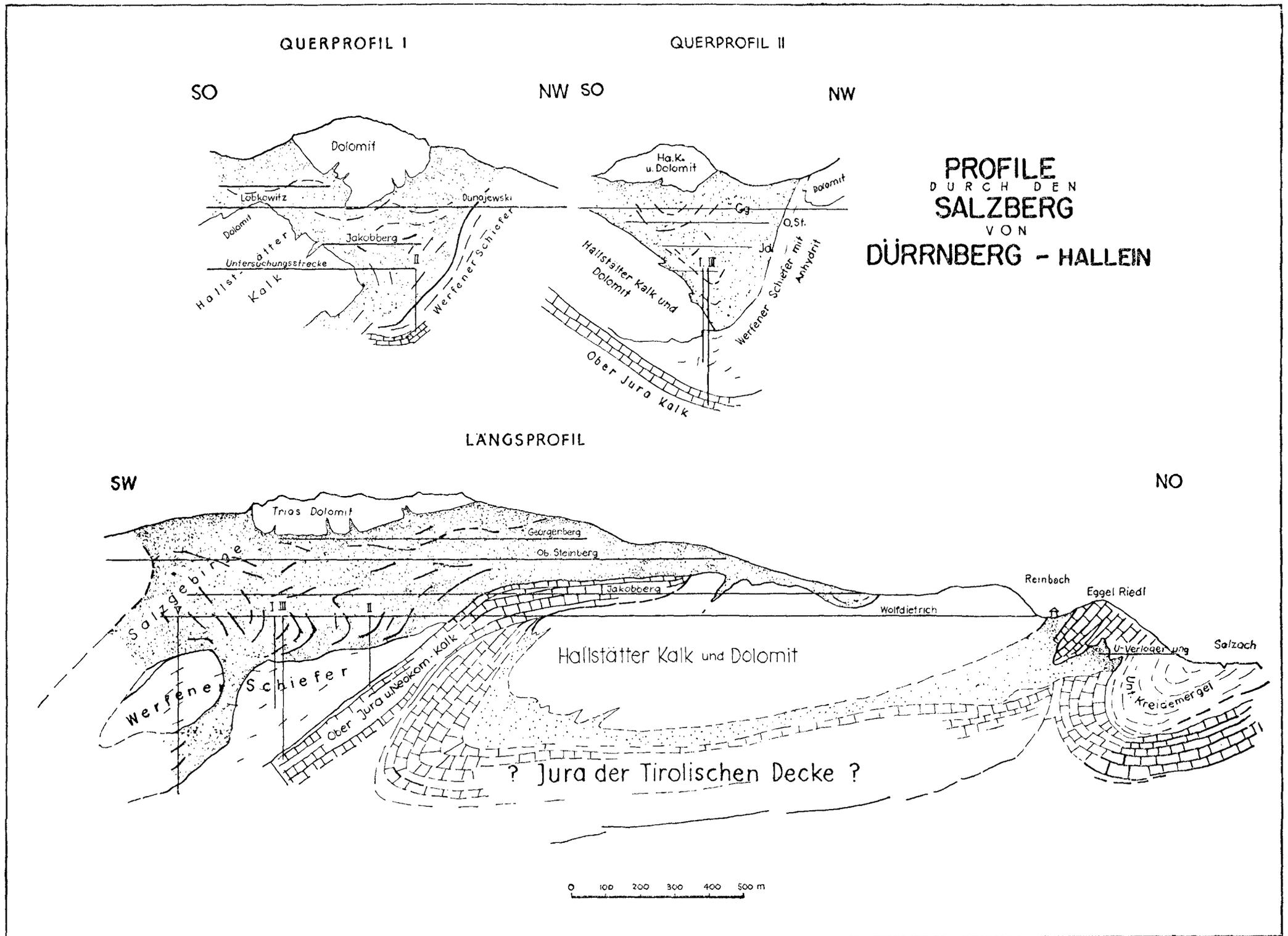
Tafel I. Pläne der Lagerung des Haselgebirges in vier Grubenhorizonten.

Bohrungen von der Wolfdietrich-Stollensohle

# HALLEIN



Tafel II. Profile der fünf Tiefbohrungen am Wolfdietrich-Horizont. (Die Schichtneigungen bei BI nach Ampferer, bei BII nach Schaubberger, bei BIII und BV nach eigenen Feststellungen. Für BIV liegt nur das Bohrprotokoll vor, in dem keine Neigungswinkel angegeben sind.)



Tafel III. Profile durch den Hallein-Dürrenberger Salzberg. — Der hypothetische tiefere Teil des Längsprofils ist schwach gezeichnet.